

2022

Т. 14, № 4

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ
И ПРИКЛАДНОЙ ЖУРНАЛ**



БИОСФЕРА

ISSN 2077-1371 / www.21bs.ru



16+

**II МЕЖДУНАРОДНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ
И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО
В XXI ВЕКЕ»
(МОСКВА, 3-6 ОКТЯБРЯ 2022 Г.)**

Редакторы:
проф. С.К. Темирбекова
(ФГБНУ ВНИИФ);
проф. О.О. Белошапкина
(МСХА имени
К.А. Тимирязева);
канд. с.-х. наук
М.М. Тареева
(ФГБНУ ФНЦО)

**II INTERNATIONAL
CONFERENCE
«PROBLEMS OF ECOLOGY
AND AGRICULTURE
IN THE XXI CENTURY»
(MOSCOW, 3-6 OCTOBER 2022)**

Edited by:
S.K. Temirbekova,
Prof., PhD;
O.O. Beloshapkina,
Prof., PhD;
M.M. Tareyeva, PhD

Фото: bedneyimage.ru, freepik.com



© ФОНД НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ «XXI ВЕК»
РОССИЙСКАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

БИОСФЕРА

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ И ПРИКЛАДНОЙ ЖУРНАЛ
ПО ПРОБЛЕМАМ ПОЗНАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ БИОСФЕРЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ РЕСУРСОВ

Том 14, № 4

Санкт-Петербург

2022



BIOSPHERE

INTERDISCIPLINARY JOURNAL OF BASIC AND APPLIED SCIENCES DEDICATED
TO COMPREHENSION AND PROTECTION OF THE BIOSPHERE AND TO USAGE OF RESOURCES THEREOF

Vol. 14, No. 4

Saint Petersburg

2022

© «XXI CENTURY» RESEARCH FOUNDATION
RUSSIAN ECOLOGICAL ACADEMY

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

EDITORIAL BOARD

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР EDITOR-IN-CHIEF
Г.С. РОЗЕНБЕРГ (ТОЛЬЯТТИ) G.S. ROZENBERG (TOGLIATTI)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF
А.Г. ГОЛУБЕВ (С.-ПЕТЕРБУРГ) A.G. GOLUBEV (SAINT PETERSBURG)

СЕКРЕТАРЬ РЕДАКЦИИ:

И.М. ТАТАРНИКОВА

EDITORIAL SECRETARY:

I.M. TATARNIKOVA

ДИЗАЙН: Е.А. КОРЧАГИНА

DESIGN: YE.A. KOCHAGINA

ВЕРСТКА: Т.А. СЛАЩЕВА

LAYOUT: T.A. SLASCHEVA

АДМИН САЙТА:

И.В. ПЕРЕСКОКОВ

SITE ADMIN:

I.V.PERESKOKOV

В.Н. Большаков (Екатеринбург) V.N. Bolshakov (Ekaterinburg)

Л.Я. Боркин (С.-Петербург) L.Ja. Borkin (Saint Petersburg)

А.К. Бродский (С.-Петербург) A.K. Brodsky (Saint Petersburg)

Ю.С. Васильев (С.-Петербург) Yu.S. Vasilyev (Saint Petersburg)

Р.М. Вильфанд (Москва) R.M. Vilfand (Moscow)

М.Д. Голубовский (Окленд, США) M.D. Golubovskiy (Oakland, CA, USA)

В.А. Драгавцев (С.-Петербург) V.A. Dragavtsev (Saint Petersburg)

М. Клявинш (Рига, Латвия) M. Klavins (Riga, Latvia)

Г.В. Жижин (С.-Петербург) G.V. Zhizhin (Saint Petersburg)

Г.А. Ивахненко (С.-Петербург) G.A. Ivakhnenko (Saint Petersburg)

Г.А. Исаченко (С.-Петербург) G.A. Isachenko (Saint Petersburg)

Н.А. Кашулин (Апатиты) N.A. Kashulin (Apatity)

С.В. Кривовичев (С.-Петербург) S.V. Krivovichev (Saint Petersburg)

Н.Н. Марфенин (Москва) N.N. Marfenin (Moscow)

М.А. Надпорожская (С.-Петербург) M.A. Nadporozhskaya (Saint Petersburg)

Ю.К. Новожилов (С.-Петербург) Yu.K. Novozhilov (Saint Petersburg)

Г.В. Осипов (Москва) G.V. Osipov (Moscow)

Я. Олексин (Курник, Польша) J. Oleksyn (Kornik, Poland)

В.А. Павлюшин (С.-Петербург) V.A. Pavliushin (Saint Petersburg)

К.М. Петров (С.-Петербург) K.M. Petrov (Saint Petersburg)

О.Н. Пугачев (С.-Петербург) O.N. Pugachev (Saint Petersburg)

Ю.А. Рахманин (Москва) Yu.A. Rakhmanin (Moscow)

В. Реген (Берлин, Германия) W. Regen (Berlin, Germany)

А.А. Редько (С.-Петербург) A.A. Redko (Saint Petersburg)

Г.А. Софронов (С.-Петербург) G.A. Sofronov (Saint Petersburg)

В.М. Тарбаева (С.-Петербург) V.M. Tarbayeva (Saint Petersburg)

И.А. Тихонович (С.-Петербург) I.A. Tikhonovich (Saint Petersburg)

Ю.Г. Тютюнник (Киев, Украина) Yu.G. Tyutyunnik (Kiev, Ukraine)

М.Д. Уфимцева (С.-Петербург) M.D. Ufimtseva (Saint Petersburg)

Г.Н. Фельдштейн (С.-Петербург) G.N. Feldstein (Saint Petersburg)

Е.Я. Фрисман (Биробиджан) Ye.Ya. Frisman (Birobijan)

О. Чертов (Бинген-на-Рейне, Германия) O. Chertov (Bingen am Rhein, Germany)

Л.П. Чурилов (С.-Петербург) L.P. Churilov (Saint Petersburg)

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

**197110, Санкт-Петербург,
Большая Разночинная ул., д. 28;**

Тел./факс: (812) 415-41-61

Эл. почта: biosphaera@21mm.ru

Электронная версия:

http://21bs.ru (ISSN 2077-1460)

POSTAL ADDRESS:

**28 Bolshaya Raznochinnaya,
197110,
Saint Petersburg, Russia;**

Phone/fax: +7 (812) 415-41-61;

E-mail: biosphaera@21mm.ru

Online version:

http://21bs.ru (ISSN 2077-1460)

СОДЕРЖАНИЕ



A3

СОДЕРЖАНИЕ
CONTENTS

ПРАКТИКА / PRACTICE

A4

**II МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
"ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И СЕЛЬСКОЕ
ХОЗЯЙСТВО В XXI ВЕКЕ"**

(МОСКВА 3-6 ОКТЯБРЯ 2022 Г.)

II INTERNATIONAL CONFERENCE

"PROBLEMS OF ECOLOGY AND

AGRICULTURE IN THE XXI CENTURY"

MOSCOW, 3-6 OCTOBER 2022

A7

ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИИ
THE LIST OF ARTICLES RELATED TO THE CONFERENCE

262

ПУБЛИКАЦИИ / ARTICLES

Редакторы:

проф. С.К. Темирбекова (ФГБНУ ВНИИФ)

проф. О.О. Белошапкина (МСХА имени К.А. Тимирязева)

канд. с.-х. наук М.М. Тареева (ФГБНУ ФНЦО)

Edited by:

S.K. Temirbekova, Prof., PhD

O.O. Beloshapkina, Prof., PhD

M.M. Tareyeva, PhD



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
 MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
 РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
 RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИТОПАТОЛОГИИ»
 (ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF PHYTOPATHOLOGY)
 (143050, Россия, Большие Вяземы Одинцовского р-на Московской области,
 ФГБНУ ВНИИФ)
 (143050, RUSSIA, MOSCOW REGION, ODINTSOVO DISTRICT, B. VYAZEMY,
 FGBNU VNIIF)



II Международная научно-практическая конференция
 «ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО В XXI ВЕКЕ»,
 посвященная 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова
 3-6 октября 2022 г.



THE II INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE
 "PROBLEMS OF ECOLOGY AND AGRICULTURE IN THE 21ST CENTURY",
 DEDICATED TO N.I. VAVILOV'S 135TH ANNIVERSARY CELEBRATIONS
 OCTOBER 3-6TH 2022



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ СПОНСОРЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ



Агрохим XXI

syngenta

II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО В XXI ВЕКЕ»

3-6 октября 2022 года в Красном зале Российской академии наук прошла II Международная научно-практическая конференция «Проблемы экологии и сельское хозяйство в XXI веке». Этот форум был посвящен 135-летию со дня рождения Николая Ивановича Вавилова – всемирно известного советского ученого, выдающегося ботаника и растениевода, генетика и дарвиниста, организатора и руководителя сельскохозяйственной науки в СССР, основоположника новых направлений в биологической науке, неустоимого путешественника-исследователя и географа. Юбилейная дата отмечалась по инициативе Всероссийского НИИ фитопатологии в стенах РАН, поскольку Николай Иванович был академиком и президентом ВАСХНИЛ.

Историческая значимость работ Н.И. Вавилова общепризнана в мировом масштабе. Его имя носят Генный банк Бразилии и Бюро растениеводства в Индии. Портреты российского ученого можно видеть в кабинетах директоров генных банков США, Венгрии, Португалии и других стран, и это не случайно: он является основателем важнейшего глобального научного направления, а именно, изучения и сбора генетических ресурсов растений. Дальнейшее развитие этого направления может на 80-90 % обеспечить продовольственную безопасность населения земли.

В Организационный комитет Конференции под председательством доктора биологических наук профессора Сулухан Кудайбердиевна Темирбековой (ФБГНУ Всероссийский НИИ Фитопатологии, Россия) вошли как Российские ученые, так и представители стран СНГ.

В работе конференции приняли участие специалисты в области сельского хозяйства из научно-исследовательских учреждений системы РАН, Министерства науки и высшего образования, сотрудники Министерства сельского хозяйства РФ и аналогичных ведомств из дружественных стран, представители исполнительной и законодательной власти. Более 150 авторов и соавторов представили свои оригинальные научные работы по теме конференции и смежным вопросам.



Приветственное выступление советника-посланника Посольства Социалистической Республики Вьетнам в Российской Федерации господина Ле Куанг Ань (в центре) на сессии под его председательством.
(Справа – сопредседатель сессии, доктор биологических наук Н.Н. Савельева,
Слева – председатель Оргкомитета Конференции проф. С.К. Темирбекова)

«Уважаемые ученые, друзья!

Вчера и сегодня мы участвуем в специальной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения всемирно известного советского ученого, путешественника и географа Николая Ивановича Вавилова. Это выдающийся ученый, известный не только в России, но и во всем мире. Вчера мы слушали сообщение о 180 ботанических и агрономических экспедиций по всему миру, давших «выдающиеся результаты для мировой науки». Итогом научных экспедиций Вавилова стало создание настоящей коллекции как самых уникальных, так и распространенных в мире культурных растений, насчитывающей с 1940 г 250 тысяч образцов. Эта коллекция нашла широкое применение в практике и стала первым в мире важным банком генов.

Н.И. Вавилов любил Россию и мир. Основными его научными разработками стали теория иммунитета растений и теория центров происхождения растений. Он первым в мире определил 7, а сегодня насчитывается 8 центров происхождения сельскохозяйственных культур: 1) Центральная Америка, 2) Южная Америка, 3) Средиземноморье, 4) Передняя Азия, 5) Абиссиния, 6) Центральная Азия, 7) Индостан, 7А) Юго-Восточная Азия, 8) Восточная Азия. Именно из таких центров он и его коллеги получили и собрали много ценных сортов.

Нынешняя мировая ситуация очень сложная. Человечеству грозит разделение из-за «столкновения цивилизаций». Н.И. Вавилов способствовал сближению мира, увеличению взаимопонимания, даже сближению растений.

Поэтому нам больше, чем кому-либо другому, нужно следовать его примеру и способствовать мирному, зеленому и процветающему миру. В этом также смысл международного послания этой Конференции».

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

- Темирбекова Сулухан Кудайбердиевна** – **председатель**; доктор биол. наук, профессор, (ФГБНУ «Всероссийский НИИ фитопатологии», Россия)
- Глинушкин Алексей Павлович** – **зам. председателя**; академик РАН, доктор с.-х. наук, директор ФГБНУ «Всероссийский НИИ фитопатологии», Россия
- Старцев Виктор Иванович** – **зам. председателя**; доктор с.-х. наук, зам. директора ФГБНУ «Всероссийский НИИ фитопатологии», Россия
- Куркиев Киштили Уллобиевич** – доктор биол. наук (ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, Россия)
- Бастаубаева Шолпан Оразовна** – кандидат с.-х. наук, директор Казахского НИИ земледелия и растениеводства, Республика Казахстан
- Саидов Саиджамол Тоджиддинович** – доктор с.-х. наук, чл.-корр. ТАСХН, Институт земледелия ТАСХН, Республика Таджикистан
- Айсувакова Тамара Павловна** – ученый секретарь ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, Россия
- Мелешина Ольга Викторовна** – кандидат с.-х. наук, Россельхозцентр, Россия
- Тареева Марина Михайловна** – кандидат с.-х. наук (ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, ФГБНУ ФНЦО, Россия)
- Белошапкина Ольга Олеговна** – доктор с.-х. наук (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия)
- Калашникова Елена Анатольевна** – доктор с.-х. наук, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия)
- Поливанова Оксана Борисовна** – кандидат биол. наук, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- Председатели:*
- Лачуга Юрий Федорович** – член Президиума РАН, академик РАН
- Багиров Вугар Алиевич** – доктор с.-х. наук, член-корреспондент РАН, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Министерства науки и высшего образования РФ
- Сопредседатели:*
- Глинушкин Алексей Павлович** – зам. председателя, академик РАН, доктор с.-х. наук, директор ФГБНУ «Всероссийский НИИ фитопатологии», Россия
- Косолапов Владимир Михайлович** – академик РАН, заместитель академика-секретаря Отделения сельскохозяйственных наук РАН, директор ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»;
- Карлов Геннадий Ильич** – академик РАН, директор ФГБНУ ВНИИСБ
- Солдатенко Алексей Васильевич** – академик РАН, директор ФГБНУ ФНЦО
- Жевора Сергей Валентинович** – директор Федерального исследовательского центра картофеля им. А.Г. Лорха
- Куликов Иван Михайлович** – директор ФГБНУ ФНЦ садоводства
- Воронов Сергей Иванович** – директор ФГБНУ Московского НИИСХ «Немчиновка»,
- Хлесткина Елена Константиновна** – директор ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
- Ганнибал Филипп Борисович** – директор ФГБНУ ВИЗР

ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

1. Теоретическое наследие Н.И. Вавилова в современной науке.
2. Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке – основа обеспечения продовольственной, экологической безопасности и повышения качества жизни.
3. Экологические аспекты в защите биосферы и биоразнообразия эко систем включая имеющие вулканическое происхождение.
4. Экологическая биологизация и использование органоминеральных удобрений.
5. Экологические последствия изменения климата в различных регионах России и других стран.
6. Экологический мониторинг и контроль качества природных сред – воды, атмосферного воздуха, почвы.
7. Экологические и санитарно-гигиенические аспекты антропогенного воздействия на атмосферный воздух, почву и водоисточники, передовые экологические технологии для борьбы и предотвращения загрязнения различными токсикантами компонентов биосферного комплекса.
8. Экологические последствия селекции и выращивания ГМО (генно-модифицированные растения).
9. Экологические последствия применения пестицидов.
10. Проблемы иммунитета растений к инфекционным заболеваниям и их решение.

Программа конференции доступна по ссылке:

[https://www.timacad.ru/uploads/files/20221012/1665582848_Programma_2022%20\(1\).pdf](https://www.timacad.ru/uploads/files/20221012/1665582848_Programma_2022%20(1).pdf)

**ПЕРЕЧЕНЬ ПУБЛИКАЦИЙ
ПО МАТЕРИАЛАМ II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО В XXI ВЕКЕ»**
Редакторы: проф. С.К. Темирбекова, проф. О.О. Белошапкина, канд. с.-х. наук М.М. Тареева

ПУБЛИКАЦИИ	Стр.
Ахмедова П.М. <i>Урожайность и товарность плодов томата разных групп спелости в условиях Дагестана</i>	262
Аширбеков М.Ж. <i>Комплексное применение разновидностей фосфорных удобрений с органическими на хлопковых севооборотах Юга Казахстана</i>	264
Аширбеков М.Ж. <i>Экологические аспекты применения органоминеральных удобрений при возделывании хлопчатника в Южном Казахстане</i>	265
Белошапкина О.О., Калашников А.Д., Калашников Д.В., Кислин Е.Н. <i>Иммунологическая оценка видов и сортов винограда на микозы в Воронежской области</i>	270
Богомолов М.А., Вострикова Т.В. <i>Сравнение продуктивности селекционного материала сахарной свеклы</i>	275
Будников А.С., Лопатьева Е.Р., Крылов И.Б., Шевченко М.И., Иловайский А.И., Терентьев А.О. <i>Открытие 4-нитропиразолин-5-онов в качестве нового легкодоступного структурного класса фунгицидов для защиты растений</i>	276
Вайсфельд Л.И., Боме Н.А. <i>Теоретические аспекты химических мутагенов и фенотипических активаторов роста растений, разработанные И.А. Рапопортом</i>	279
Велижанов Н.М. <i>Взаимосвязь устойчивости томата к фузариозным корневым гнилям и низким положительным температурам</i>	280
Ветрова С.А., Козарь Е.Г., Енгальчева И.А., Мухина К.С. <i>Оценка устойчивости селекционного материала свеклы столовой к болезням хранения</i>	282
Гаврилова М.Ю., Стогниенко О.И. <i>Влияние агроэкологических условий на видовой состав почвенных фитопатогенных нематод</i>	288
Гармаш Н.Ю., Марченкова Л.А., Гармаш Г.А., Павлова О.В., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г. <i>Биологическая эффективность гуминовых препаратов на проростках пшеницы</i>	289
Гармашов В.М., Нуржона Н.А., Гармашова Л.В. <i>Азотобактер в агроценозах, насыщенных глифосатсодержащими гербицидами</i>	292
Герр Е.С., Стогниенко О.И. <i>Гнили сахарной свёклы, сопряженные с повреждениями минирующими фитофагами</i>	295
Герр Е.С., Стогниенко О.И. <i>Фитоплазмоз сахарной свёклы (Candidatus Phytoplasma solani): симптомы, распространенность, переносчики</i>	299
Головин С.Е., Копина М.Б. <i>Виды из рода Colletotrichum, вызывающие антракноз ягод крыжовника в средней полосе России</i>	302
Давыдова Н.В., Марченкова Л.А., Павлова О.В., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г., Широколава А. В. <i>Адаптивность сортов и линий яровой пшеницы к искусственно создаваемым осмотическому, солевому и кислотному стресс-факторам на ранних этапах онтогенеза</i>	306
Евстратова Л.П., Николаева Е.В., Евсеева Г.В. <i>Эффективность использования многолетних трав в решении проблемы биологизации земледелия Республики Карелия</i>	310
Енгальчева И.А., Козарь Е.Г., Каменева А.В., Корнилова М.С. <i>Состав и агрессивность микромицетов патокмплекса Cuscutis melo L. в условиях богары Волгоградской области</i>	311
Ерохова М.Д., Кузнецова М.А. <i>Аспекты интегрированной защиты картофеля от болезней в современных условиях устойчивой интенсификации сельского хозяйства Европы</i>	315
Ерошенко Л.М., Марченкова Л.А., Павлова О.В., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г. <i>Оценка сортов ярового ячменя на устойчивость к солевому и водным стрессам на фонах различного уровня азотного питания</i>	316
Еськов И.Д., Теняева О.Л., Шаповалов А.Г. <i>Защита картофеля от болезней при гребневой технологии возделывания в Лесостепной зоне Поволжья</i>	319

Жемчужина Н.С., Киселева М.И., Елизарова С.А. <i>Состав патогенной и сапрофитной микофлоры на посевах озимой пшеницы в Клинском районе Московской области в 2021 году</i>	322
Зейрук В.Н., Васильева С.В. <i>Актуальные направления защиты картофеля</i>	325
Зинченко А.В., Лынный Д.А., Сидорик И.В. <i>Масличные культуры в Костанайской области.</i>	328
Иванов Д.А. <i>Мониторинг как научная основа современного кормопроизводства</i>	331
Калашникова Е.А., Киракосян Р.Н., Сумин А.В., Абубакаров Х.Г., Темирбекова С.К. <i>Клеточная селекция батата <i>Ipomoea batatas</i> (L.) на устойчивость к положительным низким температурам</i>	331
Калинченко В.П., Глинушкин А.П., Свидзинский А.В., Минкина Т.М., Будынков Н.И. <i>Методология биогеосистемотехники для здоровья и продуктивности почвы (обзор)</i>	333
Князева И.В., Вершинина О.В., Титенков А.В., Джос Е.А. <i><i>Vaccillus cereus</i> усиливает процесс биосинтеза органических кислот в плодах томатов</i>	333
Колупаева В.Н. <i>Методы изучения миграции пестицидов: анализ, сравнение, рекомендации по использованию при оценке риска воздействия на грунтовые воды</i>	337
Коновалов С.Н., Бобкова В.В. <i>Агроэкологическое значение биологизированных методов удобрения яблони колонновидной (<i>Malus domestica</i> Borkh.)</i>	338
Костылев П.И., Голубова В.А., Вожжова Н.Н., Калинин Н.В. <i>Новый метод защиты риса от сорных растений с помощью длительного погружения в воду</i>	343
Ларина Г.Е., Серая Л.Г. <i>Экологические аспекты применения препаратов на основе штаммов ассоциативных микроорганизмов в повышении устойчивости саженцев плодовых культур к микозам</i>	346
Некляев С.Э., Серая Л.Г., Ларина Г.Е. <i>Экологические последствия современных изменений климата, негативно влияющие на устойчивость хвойных растений к вредителям и афиллофоровым грибам</i>	351
Новиков С.Ю., Соломатин А.В., Гармаш Г.А., Политыко П.М., Гармаш Н.Ю. <i>Влияние температуры почвы и технологий возделывания на урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья</i>	352
Пахолкова Е.В., Сальникова Н.Н., Панкратова Л.Ф., Коломиец Т.М. <i>Иммунологическая оценка сортов яровой пшеницы селекции КАСИБ на устойчивость к возбудителю септориоза колоса <i>Parastagonospora nodorum</i></i>	355
Песцов Г.В., Третьякова А.В., Прокудина О.В. <i>Изучение влияния зоогумуса на рост и развитие съедобного гриба <i>Pleurotus ostreatus</i></i>	358
Г.В. Песцов, О.В. Прокудина, А.В. Третьякова <i>Изучение роста и развития грибов-антагонистов на различных питательных средах и субстратах</i>	360
Песцов Г.В., Третьякова А.В., Прокудина О.В. <i>Экологически безопасная утилизация отходов сельского хозяйства с использованием насекомого вида <i>Hermetia illucens</i></i>	362
Пискарев В.В., Бойко Н.И., Апарина В.А., Зуев Е.В. <i>Характеристика образцов пшеницы мягкой яровой устойчивых к поражению мучнистой росой в условиях лесостепи Приобья Новосибирской области</i>	364
Подковыров И.Ю., Сметанников А. П. <i>Эффективность гербицидной борьбы с однодольными сорными растениями в посевах фасоли на дерново-подзолистой почве</i>	367
Поливанова О.Б., Темирбекова С.К., Тюрин К.Н., Калашникова Е.А., Афанасьева Ю.В., Кабашов А.Д., Колупаева А.С., Сардарова И.И. <i>Влияние искусственного заражения фузариозом в сочетании с обработкой регуляторами роста растений на антиоксидантную систему и продуктивность овса</i>	369
Розенберг Г.С. <i>Гомологические ряды и теоретическая экология</i>	374
Романов В.С., Романова О.В., Логунова В.В., Тареева М.М. <i>Ускоренное получение одного поколения лука за год технологией культуры цветочных бутонов <i>in vitro</i></i>	375
Рустамов Х.Н. <i>Биоразнообразие и ареал распространения ди- и тетраплоидных видов <i>Triticum</i> L. в Азербайджане</i>	379

Савельева Н.Н., Юшков А.Н., Земисов А.С., Борзых Н.В., Чивилев В.В. <i>Обеспечение стабильности устойчивости генотипов яблони к грибу <i>Venturia inaequalis</i> (Cooke) Wint</i>	384
Садиков А.Т., Драгавцев В.А., Саидзода С.Т. <i>Особенности динамики прохождения роста и развития сортов средневолокнистого хлопчатника</i>	387
Садиков А.Т., Драгавцев В.А., Саидзода С.Т. <i>Экологическая адаптивность и продуктивность новых перспективных сортов хлопчатника при выращивании их в различных условиях Республики Таджикистан</i>	389
Саидзода С.Т., Драгавцев В.А., Садиков А.Т. <i>Генетико-физиологическая система аттракции на формирование листовой поверхности и распределение ассимилятов по органам хлопчатника</i>	393
Саидзода Р.Ф., Саидзода С.Т., Пирзода Т.Т., Садиков А.Т. <i>Влияние режимов орошения на формирование элементов продуктивности и урожайности хлопчатника</i>	395
Саидзода С.Т., Суярова С.Д., Садирова С.С. <i>Гетерозис на технологические свойства волокна хлопчатника</i>	398
Сердеров В.К., Сердерова Д.В. <i>Влияние климатических условий высокогорья на устойчивость картофеля к вирусным болезням</i>	400
Сердеров В.К., Сердерова Д.В. <i>Ресурсосберегающая технология возделывания картофеля и других сельскохозяйственных культур</i>	402
Смирнов А.Н., Смирнова О.Г. <i>Тиростромоз липы в условиях урбанизированной городской среды</i>	404
Тебердиев Д.М., Родионова А.В., Запивалов С.А. <i>Продуктивность и плодородие почвы сенокоса при долголетнем использовании</i>	406
Темирбекова С.К., Афанасьева Ю.В. <i>О пшенице тургидной (теоретическое и практическое значение)</i>	409
Тетяников Н.В. <i>Изучение генетических ресурсов голозерного ячменя в условиях Центрального региона РФ</i>	412
Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Емельянов А.В., Скрипникова Е.В. <i>Агротландшафтно-экологическое районирование для защиты и сохранения почвенных и земельных ресурсов Центрального Черноземья</i>	415
Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Шпедт А.А., Асеева Т.А. <i>Агротландшафтно-экологическое районирование – основа устойчивого развития сельского хозяйства Восточной Сибири и Дальнего Востока</i>	419
Худаев Ф.А., Гаджиева С.К., Гаджиева С.Т. <i>Роль исходного материала при создании новых сортов пшеницы твердой</i>	420
Шамин А.А., Стогниенко О.И. <i>Изменения в комплексе почвенных микроскопических грибов (чернозем выщелоченный) в свекловичном агроценозе</i>	422
Шестеперов А.А., Лычагина С.В., Грибедава О.Г., Зейрук В.Н., Захарова В.В. <i>Полевая оценка сортов картофеля на устойчивость к клубневой нематоды и дитиленхозу в условиях полевого опыта</i>	427
Шихалиева К.Б. <i>Роль чечевицы (<i>Lens culinaris</i> Medik.) из коллекции зернобобовых культур в решении задач селекции в Азербайджане</i>	429
Щекленна Л.М. <i>Спорынья в посевах яровой пшеницы и поиск устойчивых сортов</i>	432
Янгибоев Д., Абдуллоев М., Абдуллоев А. <i>Особенности развития генеративных почек местных сухофруктовых сортов абрикоса в Согдийской области Таджикистана</i>	435

УДК:631.527:633:574

УРОЖАЙНОСТЬ И ТОВАРНОСТЬ ПЛОДОВ ТОМАТА РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ В УСЛОВИЯХ ДАГЕСТАНА

П.М. Ахмедова

Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Российская Федерация

Эл. почта: apm64@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В Дагестане томаты являются ведущей овощной культурой и основным консервным сырьем, спрос на которые с каждым годом растет со стороны как консервной промышленности, так и населения. В объеме производства овощей в республике за 2021 г. на долю сельхозпредприятий приходится 4,3%; крестьянско-фермерских хозяйств - 0,9%; личных подсобных хозяйств - 94,7%. В статье изложены результаты изучения сортов томата отечественной селекции по основным хозяйственно-ценным показателям, выделены сорта по срокам созревания, по выходу валовой и товарной продукции. Для получения высоких и качественных урожаев плодов томата при капельном орошении рекомендуется выращивать сорта ранней группы Патрис, Перст, среднеранней Дина, Атаман и среднепоздней Астраханский

Ключевые слова: томат, сорт, группа спелости, плоды, урожайность, качество, товарность.

YIELD AND MARKETABILITY OF TOMATO FRUITS OF VARIETIES OF DIFFERENT RIPENESS GROUPS IN DAGESTAN

P.M. Akhmedova

Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, The Russian Federation

Email: apm64@mail.ru

In Dagestan, tomatoes are the leading vegetable crop and the main canning raw material, the demand for which is increasing every year both by the growing canning industry and the population. In the volume of vegetable production in the republic in 2021, agricultural enterprises account for only 4.3%; peasant farms 0.9%; personal subsidiary farms 94.7%. The article presents the results of the study of tomato varieties of domestic selection according to the main economic and valuable indicators, varieties are distinguished by maturation dates, by the yield of gross and marketable products. To obtain high and high-quality yields of tomato fruits with drip irrigation, it is recommended to grow varieties of the early group Patrice, Finger, middle-early Dina, Ataman and middle-late Astrakhan.

Keywords: tomato, variety, ripeness group, fruits, yield, quality, marketability.

Введение

Плодоовощной бизнес – одно из наиболее динамически развивающихся направлений в экономике Дагестана. Почвенно-климатические условия республики Дагестан позволяют возделывать широкий ассортимент овощных и бахчевых культур и получать продукцию из открытого грунта в течение почти круглого года. Условия низменного Дагестана позволяют успешно возделывать томаты в открытом грунте и регулировать поступление продукции с набором сортов разной скороспелости [1].

В южных регионах России для томата, особенно в период цветения растений и созревания плодов, наиболее неблагоприятными абиотическими факторами среды являются высокая температура воздуха и почвы, солнечная инсоляция, недостаток влаги в период вегетации. Неблагоприятный температурный режим часто выступает сдерживающим фактором получения высоких урожаев, вследствие опадения цветков и завязи. Высокая инсоляция вызывает у сортов и гибридов со слабой облиственностью растений «солнечные ожоги» плодов [2].

Урожайность служит основным показателем экономической целесообразности выращивания того или иного сорта или гибрида. У томата она сильно зависит от количества плодов на растении [3, 4].

Целью наших исследований являлось изучение урожайности, показателей качества и товарности плодов томата разных групп спелости в открытом грунте в условиях низменного Дагестана.

Материалы и методы

Изучение продуктивности и сохранности плодов томата сортов разных групп спелости при капельном орошении проводили на экспериментальном участке Федерального аграрного научного центра Республики Дагестан, находящемся в приморской низменности, на высоте 17 м выше уровня моря. Изучали следующие сорта томата: Факел (контр.), Перст, Патрис, Валентина, Дина, Огни Москвы, Атаман, Астраханский, Новичок (контр.).

При постановке опыта руководствовались нормативными документами [5, 6]. Оценку на содержание сухого вещества проводили полевым рефрактометром. Учет пораженных растений проводили визуально по методике ВИРА.

Статистическую обработку опытных данных осуществляли по Доспехову [7] с использованием программы Excel.

Опыт закладывали на светло-каштановых почвах. Содержание подвижного азота в 100 почвы составляет 3,5-4,7 мг, подвижного фосфора (фосфаты) – 3,0-4,1 мг, обменного калия – 40-50 мг. Мощность пахотного слоя – 30-35 см, окультуренность почвы хорошая. Агротехника – общепринятая в Республике Дагестан для культуры томата.

После уборки предшественника поле дисковали, затем вносили минеральные удобрения и делали зяблевую вспашку. Весной поле бороновали, а перед высадкой проводили маркировки рядов, закладывали капельную ленту с одновременным внесением тукосмеси (300 кг/га), также вносили гербицид «Зенкор» (3,5 л/га). Применялся рассадный способ выращивания томатов. В открытый грунт вручную высаживали рассаду в возрасте 45-50 дней. Способ посадки однорядный. Ширина междурядий – 150 см, расстояние между растениями – 25 см, густота стояния растений – 27 тыс. шт./га. За время вегетации проводили три междурядных культивации и осуществляли химическую защиту растений против сорняков и вредителей. Поливная норма менялась от 30 до 100 м³/га в зависимости от фазы развития культуры. Оросительная норма составила 5500 – 6000 м³/га. Уборку урожая томата проводили вручную. Учет урожая проводили методом взвешивания всего урожая с учетной деланки.

Результаты и обсуждение

В среднем за годы исследований наибольшее количество плодов с одного куста среди сортов ранней группы формировал сорт Перст (56 шт.), а средняя масса одного плода у него была наименьшей (60 г) (табл. 1). Наибольшим данный показатель в этой группе был у сорта Огни Москвы (103 г). В среднеранней группе наибольшее среднее количество плодов с одного куста формировал сорт Факел (контр.) (44 шт.). Наибольшая средняя масса одного плода была у сорта Дина (115 г).

Наибольшая средняя масса плодов с одного куста в среднеранней группе была у сорта Дина (4,1 кг). В позднеспелой группе преобладал по данному показателю сорт Астраханский с показателем средней массы плодов с одного куста 4,2 кг. Результаты наших исследований показали, что исследуемые сорта сформировали хорошую урожайность (табл. 2).

Табл. 1.

Показатели структуры урожая сортов томата

Сорта	Среднее количество плодов с одного куста, шт	Продуктивность куста, кг	Средняя масса одного плода, г
<i>Ранние</i>			
Перст	56	3,8	60
Патрис	54	4,3	72
Валентина	37	3,6	85
Огни Москвы	40	4,0	103
<i>Среднеранние</i>			
Факел (контр.)	44	3,9	90
Дина	43	4,1	115
Атаман	41	3,7	107
<i>Среднепоздние</i>			
Астраханский	47	4,2	105
Новичок	39	4,0	93

Табл. 3.

Товарность плодов томата разных групп спелости.

Сорта	Доля стандартных плодов, %	Доля нестандартных плодов, %	Брак, %
<i>Ранние</i>			
Перст	93,0	3,4	2,5
Патрис	93,3	2,8	2,3
Валентина	92,1	3,2	4,8
Огни Москвы	92,0	3,1	4,0
<i>Среднеранние</i>			
Факел (контр.)	87,5	4,3	7,6
Дина	91,2	3,0	4,0
Атаман	90,1	3,1	3,5
<i>Среднепоздние</i>			
Астраханский	92,2	1,8	2,7
Новичок	89,1	3,3	2,9

Табл. 2.

Урожайность томата в зависимости от сорта

Сорта	Урожайность, т/га		Форма плода	Масса плода, г
	общая	ранняя		
<i>Ранние</i>				
Перст	45,6	21,0	овальная	60
Патрис	68,2	23,7	округлая	72
Валентина	52,8	21,5	овальная	85
Огни Москвы	53,0	22,2	округлая	103
<i>Среднеранние</i>				
Факел (контр.)	47,2	15,1	округлая	90
Дина	57,6	18,6	округлая	115
Атаман	54,1	18,3	округлая	107
<i>Среднепоздние</i>				
Астраханский	66,6	14,2	округлая	105
Новичок (контр.)	48,9	11,3	овальная	93
НСР ₀₅ т/га	3,1т/га	-	-	-

Табл. 4.

Показатели качества плодов томата разных групп спелости.

Сорта	Содержание сухих веществ, %	Активная кислотность (рН)	Содержание нитратов, мг/кг
<i>Ранние</i>			
Перст	5,8	4,3	37
Патрис	5,8	4,3	37
Валентина	5,5	4,4	38
Огни Москвы	5,7	4,4	39
<i>Среднеранние</i>			
Факел (контр.)	5,3	4,5	39
Дина	6,2	4,4	38
Атаман	6,3	4,4	38
<i>Среднепоздние</i>			
Астраханский	6,7	4,3	37
Новичок	5,4	4,4	41

В условиях Дагестана ранним считается урожай, полученный до 20.07. Основной задачей агротехники и селекции по культуре томата является разработка технологии и выведение сортов, обеспечивающих получение до 20.07 не менее 25,0 т/га плодов томата. Из данных табл. 2 видно, что в среднем за годы исследований в группе ранних сорт Патрис сформировал наивысшую урожайность 68,2 т/га, что выше стандарта Факел на 44,4 %, сортов Валентина и Огни Москвы 52,8-53 т/га, что превысили контроль на 11,8-12,2%, а сорт Перст с урожайностью 45,6 т/га, уступил контролю Факел на 1,3%. В группе среднеранних наибольшую урожайность образовал сорт Дина 57,6 т/га, сорт Атаман соответственно 54,1 т/га, урожай их выше по сравнению с контролем на 22 и 14,6%, а в группе среднепоздних – Астраханский 66,6 т/га, что на 40 % больше стандарта Факел и на 36,1% больше стандарта Новичок. Наивысшую урожайность в опыте сформировали сорта Патрис и Астраханский.

В среднем за годы исследований наибольшая доля стандартных плодов в ранней группе получена у сорта Патрис (93,3 %), а количество бракованных плодов у этого сорта было наименьшим (2,3%), в среднеранней – у сортов Дина и Атаман (соответственно 91,9 и 91,8 %), а количество бракованных плодов у этих сортов на уровне (3,5 - 4,0%) (табл. 3).

В среднепоздней группе наибольшее количество стандартных плодов сформировал сорт Астраханский (92,2 %), а количество бракованных плодов было в пределах (2,7 %). Наибольшее количество бракованных плодов получено у сорта среднеранней группы Факел (контр.).

Содержание нитратов в плодах томатов гибридов ранней, среднеранней и среднепоздней групп составляло 38–41 мг/кг, что не превышало ПДК (150 мг/кг) (табл. 4).

Важно получить не только высокий урожай плодов, но и плоды хорошего качества. Содержание сухих веществ в плодах томата является одним из решающих факторов хранения, степени заболевания и качества плодов. Плоды изучаемых сортообразцов во время массового сбора содержали 5,3-6,7% сухих веществ.

Активная кислотность в плодах томата находилась на уровне 4,3–4,5 и не зависела от сортового состава.

Выводы

В условиях Дагестана для получения высоких и качественных урожаев плодов томата при капельном орошении рекомендуется выращивать сорта ранней группы Патрис, Перст, среднеранней - Дина, Атаман и среднепоздней - Астраханский.

Литература

- Ахмедова ПМ, Велижанов НМ. Оценка коллекционного материала сортов томата в условиях Дагестана в целях выделения наиболее перспективных форм для селекции томата. Овощи России. 2022;(1):46-50.
- Hasanuzzaman M. et al. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. Int J Mol Sci. 2013;14(5):9643-84.
- Авдеев, АЮ. Наследование признаков у гибридов первого поколения томатов. В кн.: Актуальные вопросы природопользования в аридной зоне Северо-Западного Прикаспия. М.; 2012. С. 141-4.

4. Гурин МВ, Крутько Р. В. Сопряжённая изменчивость хозяйственно ценных признаков у томата. В кн.: Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы. М.: ВНИИССОК; 2012. С. 213-21
5. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. М.: ВНИИССОК; 1986.
6. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 4. Картофель, овощные и бахчевые культуры. М.: Колос, 1975. С. 51-155.
7. Доспехов БА. Методика полевого опыта. М.; 1979.
8. Алпатьев АВ, Алпатьева ЛА. Помидоры. М.: Россельхозиздат; 1980.

References

1. Akhmedova PM, Velizhanov NM. [Evaluation of a collection of tomato varieties in Dagestan for identification of the most promising forms for tomato selection]. *Ovoschi Rossii*. 2022;(1);46-50. (In Russ.)
2. Hasanuzzaman M. et al. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *Int J Mol Sci*. 2013;14(5):9643-84.
3. Avdeyev AYU. [Trait inheritance in first-generation tomato hybrids]. In: *Aktualnye Voprosy Prirodopolzovaniya v Aridnoy Zone Severo-Zapadnogo Prokapsiya*. Moscow; 2012. P. 141-4. (In Russ.)
4. Gurin MV, Krut'ko RV. [Covariation of tomato traits important for industry]. In: *Sovremennye Tendentsii v Selektcii i Semenovodstve Ovoschnykh Kultur. Traditsii i Perspektivy*. Moscow: VNISSOK; 2012. P. 213-21. (In Russ.)
5. Anonymous. *Metodicheskiye Urazaniya po Selektcii Sortov i Gibrinov Tomata dlia Otkrytogo i Zashchennogo Grunta*. Moscow: VNISSOK; 1986. (In Russ.)
6. Anonymous. *Metodika Gosudarstvennogo Sortoispytaniya Selskokhoziaystvennykh Kultur*. Vyp. 5. Kartofel, Ovoschnye i Bakhchevye Kultury. Moscow: Kolos; 1975. P. 51-155. (In Russ.)
7. Dospikhov BA. *Metodika Polevogo Opyta*. Moscow; 1979. (In Russ.)
8. Alatyev AV, Alpayeva LA. *Pomidory*. Moscow: Rosselkhozizdat; 1980. (In Russ.)

⟷

УДК:633.31:575.55

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАЗНОВИДНОСТИ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ С ОРГАНИЧЕСКИМИ НА ХЛОПКОВЫХ СЕВООБОРОТАХ ЮГА КАЗАХСТАНА

М.Ж. Аширбеков

НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», Петропавловск, Казахстан

Эл. почта: mukhtar_agro@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 05.12.2022

Приведены данные по влиянию разных форм внесения фосфорных удобрений на содержание в почве подвижного фосфора и подвижных элементов питания, а также на урожай хлопка-сырца. Показано положительное влияние применения двух видов простого суперфосфата – порошковидного и гранулированного в дозе 50 кг/га P_2O_5 на фоне азотного питания (N_{130}), а также органоминеральной смеси на их основе (с хорошо перепревшим навозом в соотношении 1 : 5) на рост, развитие и урожайность хлопчатника. Обоснована возможность сокращения минерального азота за счёт совместного внесения с фосфором и навозом без ущерба для плодородия почвы и урожайности хлопчатника.

Ключевые слова: Махтаарал, урожай, хлопок, хлопковый севооборот, минеральные удобрения, засоленность почвы, плодородие почвы, продуктивность.

COMPLEX APPLICATION OF A VARIETY OF COMBINED PHOSPHORUS AND ORGANIC FERTILIZERS ON COTTON CROP ROTATIONS IN THE SOUTH OF KAZAKHSTAN

M. Zh. Ashirbekov

North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan

Email: mukhtar_agro@mail.ru

The article presents data on the effect of various forms of phosphorus fertilizers on soil content of mobile phosphorus and nutrients, and on raw-cotton yield. A positive effect of the use of two types of simple superphosphate, powdered and granular, at a dose of 50 kg/ha of P_2O_5 in combination with nitrogen nutrition (N_{130}) and an organo-mineral mixture thereof with well-rotted manure (1:5) on the growth, development and yield of cotton is shown. The possibility of reducing mineral nitrogen by co-application with phosphorus and manure without affecting soil fertility and cotton yield is substantiated.

Keywords: Makhtaaral, harvest, cotton, cotton crop rotation, mineral fertilizers, soil salinity, soil fertility increase, productivity.

Введение

Применение минеральных удобрений в хлопководстве требует научного обоснования. Актуальность этого вопроса связана с охраной окружающей среды. Высокие нормы минеральных удобрений могут вызвать избыточное накопление различных зольных элементов в почве и в растениях, а их проникновение в грунтовые воды становятся опасными для флоры и фауны в целом.

Для снижения вредоносности минеральные туки вносили вместе с органическими удобрениями. Органическое удобрение положительно повлияло и на качество хлопкового волокна. Но важно определить оптимальные нормы внесения минеральных удобрений в оптимальные сроки с учётом особенностей зон хлопкосеяния. В Южно-Казахстанской области наибольшие площади посевов хлопчатника (около 70 %) размещены в Махтааральском районе.

Плодородие почв, в том числе обеспеченность их фосфорным питанием, зависит от рационального применения органических и минеральных удобрений. Если их не применять, то плодородие наших земель будет снижаться, что может стать причиной недополучения высоких урожаев сельскохозяйственных культур [1, 2].

По вопросу о роли внесения минеральных и органических удобрений на хлопковых полях Средней Азии и Казахстана и их влиянию на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур имеется обширная специальная литература, например [3-6]. В этих и многих других работах утверждалось, что основой повышения плодородия староорошаемых почв является правильное ведение системы земледелия с соблюдением агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур в регионах.

Азот нужен хлопчатнику на протяжении всей жизни, но более всего – в период бутонизации и цветения. Азот способствует максимальному увеличению роста и развития. Растения, обеспеченные азотом, имеют хорошо развитый куст с темно-зеленой окраской листьев.

Хорошее фосфорное питание в начальных фазах развития хлопчатника приводит к более ранней закладке плодовых органов и более дружному прохождению фаз бутонизации и цветения, что ускоряет темпы созревания коробочек.

Наличие в почве легко усвояемых форм фосфора в период цветения способствует лучшему плодообразованию, увеличению крупности коробочек и значительному улучшению качества семян и волокна, значительно увеличивают его крепость.

При малом запасе фосфора в почве и при избытке азота растения могут иметь хороший рост, но дадут меньше коробочек с пониженным качеством волокна, слабыми семенами. Растения имеют карликовый вид с мелкими темно-зелеными листьями. При недостатке фосфора внесение азотных удобрений не оказывает должного действия.

В вегетационных опытах, проведенных в условиях Казахской части Голодной степи (Махтааральский район Южно-Казахстанской области, Пахтааральская опытная станция хлопководства) было установлено, что на засоленной почве удобрения могут замедлять темпы появления всходов и снижать конечную всхожесть.

Объекты и методы исследований

В многолетнем комплексном опыте, заложенном на староорошаемом серозёме в севообороте и на монокультуре хлопчатника в условиях Казахской части Голодной степи (Махтааральский район Южно-Казахстанской области), основное внимание уделено изменению плодородия почв. На опытном участке возделывали выведенный селекционерами Пахтааральской опытной станции хлопководства сорт хлопчатника «Пахтаарал-3031», районированный по хлопкосеющей зоне юга Казахстана. По своим морфологическим и биологическим признакам этот сорт близок к стандартному сорту С-4727, который в свое время стал широко распространённым в Средней Азии.

Агротехника для хлопчатника была общепринятой для хозяйств Казахской части Голодной степи (южных районов Южного Казахстана). Полевые и лабораторные исследования провели по методикам, описанных в [7-9]. Опыт проводили на территориях Казахского НИИ хлопководства МСХ РК (бывшая Пахтааральская опытная станция хлопководства) Южно-Казахстанской области. Глубина среднеминерализованных (4-5 г/л) грунтовых вод – 2,5-3,5 м. Почва опытного участка серозёмно-луговая, по механическому составу среднесуглинистая.

В этом полевом опыте ставилась цель выявить возможность снижения минерального азота за счёт сочетания с внесением других форм удобрений и навоза без ущерба для плодородия почвы и урожайности хлопчатника местного сорта Пахтаарал-3031.

В задачи исследований входило следующее:

– Оценить рост и развитие хлопчатника сорта Пахтаарал-3031 при различных питательных режимах.

– Выявить потенциальные возможности по урожаю у нового сорта хлопчатника в различных полях хлопкового севооборота (1-й, 2-й и 3-й годы после распашки посева люцерны).

– Добиться эффективного и рационального использования минерального азота за счёт сочетания с фосфорным и органическим удобрением.

– Добиться экологически безопасного применения минеральных удобрений в полях хлопкового севооборота.

Для уточнения эффективности внесения на фоне азотного питания (N130) применяли два вида простого суперфосфата – порошковидный и гранулированный в дозе 50 кг P₂O₅/га, а также органоминеральную смесь на их основе с хорошо перепревшим навозом в соотношении 1 : 5.

Результаты и обсуждение

Эффективность фосфорных удобрений заметно повышается при их внесении с органическими удобрениями, в частности с навозом. Вопрос комплексного применения фосфорных удобрений с органическими удобрениями на почвах Средней Азии изучен недостаточно. В решении этой проблемы были получены положительные результаты [10-12]. Однако в этих исследованиях не была изучена эффективность применения в составе органоминеральных смесей разных видов фосфорных удобрений, в частности порошковидного и гранулированного суперфосфата.

Такие исследования нами проведены в 2016-2020 годы в многолетнем полевом опыте (см. Материалы и методы).

Агрохимические исследования, проведенные в разные фазы вегетации хлопчатника, явно показали повышение подвижности фосфатов в пахотном слое почвы (0-30 см) в результате внесения органической добавки в суперфосфат при извлечении фосфатов углекислотной (метод Мачигина) и углекислотной вытяжкой (метод Чирикова) (рис. 1).

Применение органоминеральных смесей обеспечило устойчивую прибавку урожая хлопка-сырца. При этом их эффективность практически не зависела от вида суперфосфата, применяемого в составе этой смеси по пласту распашки однолетней люцерны, где при урожайности хлопчатника на азотном фоне около 52 ц/га прибавка урожая при их использовании повышалась на 5-6 ц/га (табл. 1).

Табл. 1.

Эффективность внесения форм суперфосфата в сочетании с навозом (перегной) в хлопково-люцерновом севообороте (среднее за 2016-2020 гг.).

Вариант	По пласту		По обороту пласта		На 4-й год после распашки люцерны	
	урожай хлопка-сырца	прибавка	урожай хлопка-сырца	прибавка	урожай хлопка-сырца	прибавка
N ₁₃₀ – фон	51,9	–	29,7	–	49,2	–
Фон + Pс ₅₀ порошковидный	55,6	1,7	32,3	2,6	50,8	1,6
Фон + Pг ₅₀ гранулир.	52,9	1,0	32,9	3,2	57,8	8,6
Фон + Pс ₅₀ порошковидный + навоз (перегной) – 1:5	57,3	5,4	34,9	5,2	59,1	9,9
Фон + Pг ₅₀ гранулир.+навоз (перегной) – 1:5	58,3	6,4	33,4	3,7	58,2	9,0
HCP ₀₅ ц/га	0,3		0,2		0,7	

При распашке двухлетней люцерны (с оборотом пласта) урожай хлопка-сырца снижался до 29,7 ц/га. Однако в варианте с внесением порошковидного суперфосфата и перепревшего навоза рост урожайности хлопчатника составил 18% к варианту с односторонним применением азотного удобрения. Урожай хлопка-сырца при использовании гранулированного суперфосфата в составе органоминеральной смеси снизился на 1,5 ц/га относительно применения порошковидного суперфосфата с перегноем, но прибавка урожая к азотному фону была существенной и составила 3,7 ц/га. На четвертый год после распашки люцерны от внесения в почву органоминеральных смесей, эффект от их последствий составил 18 - 20 %.

Выводы

Установлено, что внесение оптимальных норм азотных и фосфорных удобрений под хлопчатник, повышая плодородия почвы, значительно увеличивает урожай хлопка-сырца и улучшает качества хлопкового волокна.

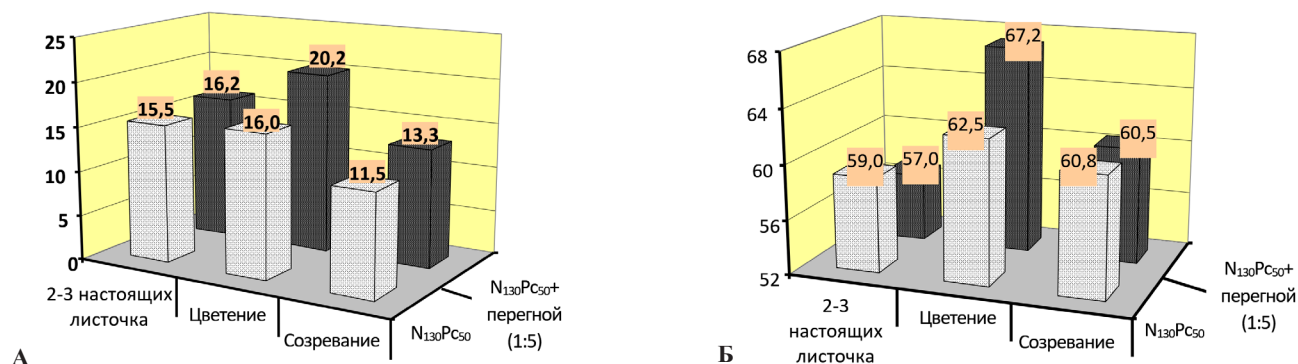


Рис. 1. Содержание подвижного фосфора (мг/кг) в пахотном слое почвы (0-30 см) под хлопчатником, извлекаемого углеаммонийной (А) и углекислой (Б) вытяжкой

Содержание фосфора на засоленных и подверженных засолению серозёмных почвах Голодной степи незначительно, и поэтому необходимо применять фосфорные удобрения только в оптимальных соотношениях с нормой азота и органических удобрений.

При хлопково-люцерновом севообороте хороший эффект получен на фоне азотного питания (N₁₃₀) применением двух видов простого суперфосфата – порошкового и гранулированного – в дозе 50 кг P₂O₅/га, а также приготовленной на их основе в соотношении 1 : 5 органоминеральной смеси с хорошо перепревшим навозом.

Литература

1. Сокаев КЕ, Бестаев ВВ, Сокаева РМ, Цагараева РМ. Фосфатный режим почв сельхозугодий РСО-Алания. Известия Горского государственного аграрного университета. 2016;53(2);53-8.
2. Аширбеков МЖ, Дригидер ВК, Батъкаев ЖЯ. Урожайность хлопчатника в зависимости от сроков и норм внесения фосфорных удобрений на орошаемых сероземах Южного Казахстана. Нива Поволжья. 2018;(2):73-80.
3. Батъкаев ЖЯ. Удобрения хлопчатника в условиях Голодной степи. Ташкент; 1978. С.119-31.
4. Батъкаев ЖЯ, Мустафаев АБ, Умбетаев И. Влияние органических удобрений на плодородие почвы и урожайность хлопчатника. В кн.: Рекомендация по применению минеральных и органических удобрений под хлопчатник в Южно-Казахстанской области. Алма-Ата: Кайнар; 1993. С.148-52.
5. Бабикова ГГ. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность хлопчатника на светлых серозёмах Голодной степи. Автореферат дисс... канд. с.-х. наук. Ташкент; 1969.
6. Умбетаев И, Батъкаев ЖЯ. Система возделывания хлопчатника на юге Республики Казахстан. Алматы: Кусжолы; 2000.
7. Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах. Ташкент; 1977.
8. Воробьев СА, Лощаков ВГ, Болкунов АС. Методика по изучению севооборотов на орошаемых землях. Москва: ТСХА; 1991.
9. Дорман ИА, ред. Методика полевых опытов с хлопчатником в условиях орошения. Ташкент; 1981.
10. Жориков ЕА. Влияние органических веществ на превращение питательных элементов в почве и использование их хлопчатником в условиях Средней Азии. Дисс... д-р биол. наук. Ташкент: 1946.
11. Муханова В.Л. Эффективность минеральных, органоминеральных и гранулированных удобрений, вносимых под хлопчатник и травы. В кн.: Сборник научных трудов ЦСУА по применению удобрений под хлопчатник. Ташкент; 1957. С.47-50.
12. Султанов А. Эффективность органоминеральных смесей в подкормки хлопчатника. В кн.: Сборник научных трудов аспирантов СоюзНИХИ. Ташкент; 1959. С. 75-80.

References

1. Sokayev KYe, Bestayev VV, Sokayeva RM, Tsagarayeva RM [Phosphate regimen of farmland soils of the Republic of Northern Ossetia-Alania] RSO-Alania. Izvestiya Gorkogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2016;53(2);53-8.
2. Ashirbekov MZh, Drigider VK, Bat'kayev ZhYa. [Cotton yield depending on the timing and norms of application of phosphorus fertilizers on irrigated grey soil of Southern Kazakhstan]. Niva Povolzhya 2018;(2):73-80.
3. Bat'kayev ZhYa. Udobreniya Khlopchatnika v Usloviyakh Golognoy Step. Tashkent: 1978. P.119-31.
4. Bat'kayev ZhYa. [The influence of organic fertilizers on soil fertility and cotton yield] In: Rekomendatsii po Primeneniyu Mineralnykh i Organicheskikh Udobreniy pod Khlopchatnik v Yuzhno-Kazakhstanskoj Oblasti. Alma-Ata: Kainar; 1993. P.148-52.
5. Babikova GG. [The Influence of Doses and Ratios of Mineral Fertilizers on Cotton Yield on Light Gray Soils of Golodnaya Steppe]. PhD Theses. Tashkent; 1969.
6. Umbetayev I, Bat'kayev ZhYa. Sistema Vozdelyvaniya Khlopchatnika na Yuge Respubliki Kazakhstan. [Cotton Cultivation System in the South of the Republic of Kazakhstan]. Almaty, Kus Zholy; 2000.
7. Anonymous. Metody Agrokhimicheskikh, Agrofizicheskikh i Mukrobiologicheskikh Issledovaniy v Polivnykh Khlopkovykh Rayonakh [Methods of Agrochemical, Agrophysical and Microbiological Studies in Irrigated Cotton Areas. Tashkent; 1977.
8. Vorobyev SA, Loshchakov VG, Bolkunov AS. Metodika po Izucheniyu Sevooborota na Oroshayemykh Zemliakh [Methodology for Studying Crop Rotations on Irrigated Lands]. Moscow: TSHA; 1991.
9. Dorman IA, ed. Metodika Polevykh Opytov s Khlopchatnikom v Usloviyakh Orosheniya. [Methodology of Field Experiments With Cotton under Irrigation Conditions]. Tashkent; 1981.
10. Zhorikov YeA. The Influence of Organic Substances on the Transformation of Nutrients in the Soil and Their Use by Cotton in the Conditions of Central Asia. PhD Dissertation. Tashkent; 1946.
11. Mukhanova VL. [The effectiveness of mineral, organo-mineral and granular fertilizers applied to cotton and herbs]. In: Sbornik Nauchnykh Trudov TsSUA po primeneniyu Udobreniy pod Klopchatnik. Tashkent; 1957. P.47-50.
12. Sul'tanov A. [The effectiveness of organo-mineral mixtures in cotton fertilizing]. In: Sbornik Nauchnykh Trudov Aspirantov SoyuzNIKhl. Tashkent; 1959. P. 75-80.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ХЛОПЧАТНИКА
В ЮЖНОМ КАЗАХСТАНЕ**

М.Ж. Аширбеков

НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», Петропавловск, Казахстан

Эл. почта: mukhtar_agro@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 05.12.2022

В статье приводятся данные по влиянию минеральных и органических удобрений на содержание в почве гумуса и подвижных элементов питания. Показана положительная роль навоза на рост, развитие и урожайность хлопчатника. Обоснована возможность сокращения минерального азота вдвое за счёт совместного внесения с навозом без ущерба на плодородие почвы и урожайность хлопчатника. Рациональное использование органоминеральных удобрений под хлопчатник имеет положительное экономическое и экологическое значение.

Ключевые слова: *Махтаарал, хлопчатник, серозёмные почвы, плодородие почвы, гумус, минеральные и органические удобрения, урожай хлопка-сырца.*

**ECOLOGICAL ASPECTS OF THE USE OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF COTTON
IN SOUTHERN KAZAKHSTAN**

M.Zh. Ashirbekov

North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan

Email: mukhtar_agro@mail.ru

The article presents data on the effect of mineral and organic fertilizers on the content of humus and mobile nutrients in the soil. The positive effects of manure on the growth, development and yield of cotton is shown. The possibility of reducing mineral nitrogen by half due to combined application with manure without affecting soil fertility and cotton yield is substantiated. The rational application of organic-mineral fertilizers to cotton has a positive economic and environmental significance.

Keywords: *Mahtaaral, cotton, gray-earth soils, soil fertility, humus, mineral and organic fertilizers, raw cotton yield.*

Одной из важнейших задач орошаемого земледелия является достижение высокой урожайности сельскохозяйственных культур при наименьших затратах на средства производства, сохранение и улучшение плодородия почвы и получение высокой прибыли.

Широкое применение минеральных удобрений в хлопководстве требует научного обоснования к их использованию. Актуальность этого вопроса связана с проблемой охраны окружающей среды. Высокие нормы минеральных удобрений могут вызвать избыточное накопление в почве и в растениях различных зольных элементов, а проникновение их в грунтовые воды становятся опасными для флоры и фауны в целом.

Плодородие почв, в том числе обеспеченность их элементами питания, очевидно зависит от рационального применения органических и минеральных удобрений. Если их не применять, то эффективное плодородие наших земель будет снижаться, приводя к недополучению высоких урожаев сельскохозяйственных культур [1, 2].

Ежегодно в мире еще в 1990-х применяли более 60 млрд. тонн удобрений. Коэффициент использования азота составляет в среднем 50%. Остальная часть азота минерального удобрения различными путями попадает в окружающую среду и становится источником её загрязнения. Поэтому оптимизация доз внесения минеральных удобрений с учётом особенностей зон хлопководства имеет приоритетное значение [3].

Но резкое снижение в последние десятилетия объёмов применения минеральных и органических удобрений из-за диспаритета цен на их поставку и произведённую продукцию, привело к деградации почвы, сокращению площадей обрабатываемой пашни [4].

В сложившихся хозяйственно-экономических условиях наиболее доступным низкзатратным, экономически и экологически выгодным из возможных направлений развития земледелия, является то, которое базируется на биологизации земледелия [5].

Тем не менее, применение минеральных удобрений в хлопково-люцерновых севооборотах, создавая высокоплодородный фон и обеспечивая растений хлопчатника необходимыми элементами питания, формирует наибольший урожай хлопка-сырца высокого качества.

В связи с этим обращает на себя внимание важность сочетания органических и минеральных удобрений для снижения излишков нитратов в почве и в продуктах. При совместном применении наполовину уменьшенных норм органических и минеральных удобрений в сочетании прибавки урожая повышаются на 20-60 %, при сравнении с раздельном внесении полных норм этих удобрений [6].

В совхозе «Пахтаарал» и в целом Казахской части Голодной степи проведены широкие исследования влияния минеральных и органических удобрений (навоза) на содержание гумуса, агрохимические свойства почвы и на урожай хлопка-сырца [7, 8]. Показано, что на рост и развитие хлопчатника существенно влияли различные водные и питательные режимы почв. С увеличением норм минеральных и органических удобрений растёт урожайность, снижается расход воды на единицу его образования. Содержание ядра в семенах с повышением влажности почв и норм удобрений возрастает, а масса кожуры снижается [9, 10].

В Южно-Казахстанской области наибольшие площади посевов хлопчатника (около 70 %) размещены в Махтааральском районе. Почвы староорошаемой зоны Голодной степи характеризуются слабой выраженностью структуры почвы, малым содержанием гумуса и азота, подвержены вторичному засолению. На засоленных почвах, плохо промытых от солей, применяемые удобрения замедляют темпы появления всходов, снижают полевую всхожесть и в конечном итоге не дают должного эффекта или даже снижают урожай. Поэтому важным условием высокого действия удобрений – хорошее мелиоративное состояние почвы.

В связи с этим на этих почвах велика роль хлопковых севооборотов с трёхлетним возделыванием люцерны, внесением минеральных и органических удобрений, в частности навоза. Последний активизирует деятельность полезных почвенных микроорганизмов, способствует, улучшению агрофизических свойств староорошаемых серозёмов, усиливает процессы нитрификации.

Минеральные азотные удобрения очень подвижны, и поэтому часть их используется непродуктивно, теряется с поверхностным стоком и вертикальной миграцией, особенно при систематическом внесении высоких доз. В то же время навоз малоподвижен и экологически чист, и даёт меньший эффект, чем минеральный азот.

В свое время академик Д.Н. Прянишников (1953) указывал: «Без азота не могут организоваться белковые вещества, без белковых веществ не может быть протоплазмы, а, следовательно, и жизни» [11]. Азот нужен хлопчатнику на протяжении всей жизни, но более всего – в период бутонизации и цветения. Однако при недостатке фосфора внесение азотных удобрений не оказывает должного действия. Подвижные формы фосфора в почве в период цветения способствует лучшему плодoобразованию, увеличению крупности коробочек и значительному улучшению качества семян и волокна, значительно увеличивают его крепость.

Разные биологические сорта хлопчатника имеют существенные сортовые особенности по реакции на засоление почвы, условия минерального питания, водный режим, плодородие почвы и т.д. Новый районированный сорт хлопчатника «Махтаарал-3044» характеризуется сильно развитой корневой системой и отличается от стандартного ранее районированного сорта «С-4727» меньшей требовательностью к условиям питания, к засолению почвы и водному режиму [12].

Большая часть территории Казахской части Голодной степи занята светлыми сероземами, до орошения в различной степени солончаковатыми. К характерным особенностям светлых сероземов следует отнести невысокое содержание гумуса (не превышающее 1,5 %), высокую карбонатность, относительно низкую величину емкости поглощения. Профиль светлого серозема характеризуется серовато-палевой окраской гумусового горизонта, непрочной комковатой структурой, более или менее равномерным уплотнением, небольшим содержанием влаги и легкорастворимых солей, наличием ярко выраженных карбонатных горизонтов. В связи с этим почвы малогумусные. Мощность гумусового горизонта достигает 35-40 см с содержанием гумуса 0,65-0,98 %, а иногда и меньше.

По результатам проведенных исследований, содержание гумуса в горизонте почвы 0-30 см в среднем составляло 0,985%, в подпахотном горизонте его количество снизилось примерно в 1,3 раза и в горизонте 30-60 см составило до 0,635 %. Почвы бедны общим азотом, в слое 0-30 м его содержится 0,06-0,09 %. Также они бедны валовым фосфором, величина которого в пахотном горизонте составляет 0,087-0,148%. Почвы слабо обеспечены подвижным фосфором, в пахотном слое величина его варьирует от 21,4 до 23,9 мг/кг при постепенном убывании вниз. Почвы средне- и высоко обеспечены обменным калием. Содержание его в пахотном горизонте составляет 357-468 мг/кг. В нижележащих горизонтах содержание гумуса, общего азота и валового фосфора резко снижается.

В опыте изучили влияние пониженных норм азотных удобрений на фоне применения фосфорных удобрений без навоза и с его внесением на плодородие почвы и урожайность хлопчатника сорта «Махтаарал-3044».

Исследования выполнены в краткосрочном полевом опыте в 2018-2020 годы. Годовые дозы азота изучали в хлопковом севообороте 3:7 (3 года люцерна и 7 лет хлопчатник). Азотные удобрения вносили по пласу распашки люцерны: в 1-й год – 50 кг/га (0,5 рекомендуемой дозы) и 100 кг/га (полная доза); по обороту пласта (2-й год) – соответственно 60 кг/га и 120 кг/га, по распашки 3-х летней люцерны – 70 кг/га и 140 кг/га. Доза применения фосфорных удобрений по мере отдаления от года распашки люцерны в севооборотных полях уменьшалась со 150 до 140 и 130 кг/га. Опыт проводили без внесения навоза или с внесением в дозе 30 т/га.

Проведены наблюдения за содержанием нитратного азота под хлопчатником в пахотном (0-40 см) и подпахотном (40-60 см) горизонтах почвы. В задачу также входило установление оптимальной дозы азота по данным структурного анализа урожая хлопчатника.

В полевом опыте ставилась задача выявить возможность снижения нормы минерального азота за счёт внесением навоза без ущерба для плодородия почвы, при этом без снижения урожайности хлопчатника сорта «Махтаарал-3044». Из табл.1 следует, что содержание гумуса в пахотном (0-40 см) и в подпахотном (40-60 см) слоях почвы по фону минеральных удобрений повышалось, как правило вследствие большего оставления растительных остатков хлопчатника и их разложения после уборки. При использовании 30 т/га навоза за счет его гумификации и разложения растительных остатков содержание гумуса в пахотном слое почвы в этом варианте опыта повысилось в среднем за 3 года на 0,07 % относительно контроля. При сочетании минеральных удобрений и навоза гумус увеличился на 0,08-0,11 % в пахотном слое почвы, а в подпахотном – на 0,01-0,05 %.

При рассмотрении изменения содержания подвижных фосфатов под влиянием внесения минеральных удобрений и навоза можно отметить постепенное их увеличение при весеннем отборе почвенных образцов. Ежегодное применение фосфорных удобрений в дозе P₁₃₀ в среднем за 3 года увеличило содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы с 23 до 28-29 мг/кг, в подпахотном – с 6,5 до 8,8-9,9 мг/кг.

В вариантах, где фосфорные удобрения применяли на фоне 30 т/га навоза, подвижных фосфатов накапливалось больше. Только от одного навоза прирост составил 8% по отношению к контролю, а в сочетании с минеральными удобрениями содержание подвижного фосфора в пахотном слое возросло до 31-34 мг/кг, в подпахотном – на 11-12 мг/кг почвы. Это ещё раз подтверждает тот факт, что при совместном внесении фосфорных и органических удобрений за счет меньшего контакта с почвой и как следствие снижения перехода доступных фосфатов в труднодоступную форму подвижность почвенного фосфора увеличивается, и они лучше используются растениями.

Совершенно по-иному изменяется содержание нитратов в почве при внесении азотных удобрений. Они не поглощаются почвой и обладают высокой подвижностью. Поэтому часть их выносится на поверхность и накапливается в гребнях борозд, то есть там, где нет практически корней хлопчатника. Другая часть нитратов с поливной водой выносится за пределы хлопкового поля, т.е. теряется окончательно для питания растений.

При совместном применении навоза и азотных удобрений грибки и бактерии при разложении органики связывают минеральный азот. После того как весь навоз разложится микроорганизмы начинают отмирать, минерализоваться и освобождать азот в нитратной форме, который продуктивно используется растениями. Это подтверждается результатами наших исследований. В вариантах, где вносили минеральные удобрения, особенно с навозом, содержание нитратов в пахотном слое почвы возрастало (рис. 1). Низкое содержание нитратов в 2020 году связано с обильными весенними осадками, что способствовало вымыванию минерального азота.

Урожайность любой культуры является результатом развития структурных элементов. У хлопчатника – это число плодовых ветвей и число коробочек, на которые оказывает непосредственное влияние высота главного стебля.

Табл. 1.

Влияние удобрений на содержание гумуса и подвижного фосфора в пахотном и подпахотном слое почвы (весна), среднее за 2018-2020 гг.

Варианты	Гумус, %		P ₂ O ₅ , мг/кг (по Мачигину)	
	0-40 см	40-60 см	0-40 см	40-60 см
Без удобрений (контроль)	0,727	0,481	23,0	6,5
P ₁₃₀	0,735	0,495	28,0	8,0
N ₇₀ P ₁₃₀	0,743	0,520	28,9	8,8
N ₁₄₀ P ₁₃₀	0,771	0,531	29,0	9,9
Навоз (30 т/га)	0,800	0,529	24,9	8,3
P ₁₃₀ + навоз (30 т/га)	0,806	0,484	30,6	12,5
N ₇₀ P ₁₃₀ + навоз (30 т/га)	0,820	0,495	32,5	12,2
N ₁₄₀ P ₁₃₀ + навоз (30 т/га)	0,835	0,527	34,4	11,1

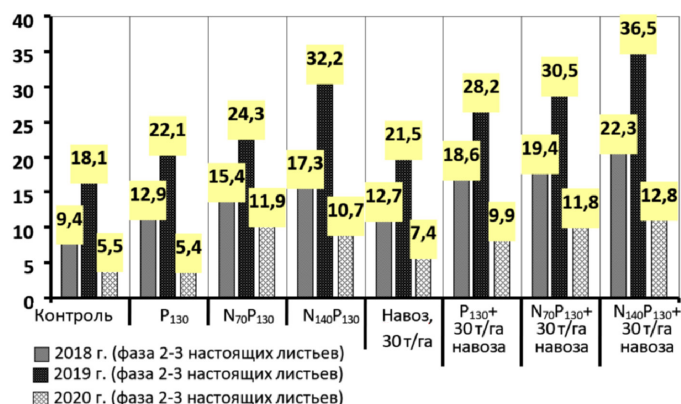


Рис. 1. Содержание нитратов в пахотном слое почвы (0-40 см) в посевах хлопчатника, мг/кг

В нашем опыте вначале по пласту распашки люцерны (2018 г.) показатели высоты главного стебля в вариантах с минеральными удобрениями были близкими (88-89 см), т.е. внесение в почву дополнительного минерального азота не сказывалось на высоте растений. На фоне навоза растения были выше на 3-9 см. На второй и третий год по обоим фонам, как минеральному, так и органоминеральному прослеживается положительное влияние уровня удобрённости на рост главного стебля хлопчатника, особенно азотных удобрений (таблица 2).

Табл. 2.

Структура урожая и урожайность хлопчатника при минеральной и органоминеральной системах удобрения

Показатель	Год	Вариант							
		без удобрений (контроль)	P ₁₃₀	N ₇₀ P ₁₃₀	N ₁₄₀ P ₁₃₀	навоз (30 т/га)	P ₁₃₀ + навоз (30 т/га)	N ₇₀ P ₁₃₀ + навоз (30 т/га)	N ₁₄₀ P ₁₃₀ + навоз (30 т/га)
Высота растений, см	2018	88,4	88,1	89,5	87,2	90,9	90,8	94,8	96,9
	2019	66,9	72,7	79,0	85,6	70,0	74,5	86,5	94,7
	2020	48,0	54,5	71,9	77,3	49,3	59,0	73,0	77,9
Число плодовых ветвей, шт.	2018	10,0	11,0	11,1	11,2	11,8	11,4	12,2	12,4
	2019	11,0	11,8	12,5	13,4	11,2	11,9	13,2	13,9
	2020	12,2	12,8	13,7	13,8	12,9	13,4	14,7	14,3
Число коробочек, шт.	2018	7,2	9,0	9,2	9,3	7,7	7,3	9,1	9,1
	2019	4,3	5,0	5,8	6,2	4,1	5,3	6,2	6,5
	2020	3,4	3,7	4,7	5,5	3,9	4,2	5,9	6,3
Урожай хлопка-сырца, т/га*	2018	2,12	2,26	2,51	2,70	2,36	2,54	2,69	2,95
			0,14	0,39	0,58	0,24	0,42	0,57	0,83
		<i>HCP₀₅ = 0,09 м/га</i>							
	2019	1,80	2,01	2,27	2,53	2,04	2,12	2,42	2,77
			0,21	0,47	0,73	0,24	0,32	0,62	0,97
	<i>HCP₀₅ = 0,05 м/га</i>								
2020	1,24	1,43	2,00	2,27	1,52	1,82	2,39	2,44	
		0,19	0,76	1,03	0,28	0,58	1,15	1,20	
	<i>HCP₀₅ = 0,03 м/га</i>								
Средний урожай за 3 года, т/га		1,72	1,90	2,26	2,50	1,97	2,16	2,50	2,72
Прибавка к контролю, т/га		–	0,18	0,54	0,78	0,25	0,44	0,78	1,00

*Примечание: в числителе – урожай хлопка-сырца; в знаменателе – прибавка к контролю.

Число плодовых ветвей на абсолютном контроле в годы исследований колебалось в пределах 10,0-12,2, а на навозном контроле – 11,2-12,9 шт. Применение минеральных удобрений положительно влияло на формирование плодовых ветвей, число которых увеличивалось до 11,1-13,8 шт. в вариантах совместного внесения азота и фосфора, а с внесением на фоне навоза – до 12,2-14,7 шт.

На формирование полноценных коробочек большое влияние в годы исследований оказали погодные условия. При благоприятных условиях в 2018 году число сформированных коробочек в удобряемых вариантах варьировало от 7,3 до 9,3. Лучшие показатели отмечались при внесении парной комбинации минеральных удобрений N₁₄₀P₁₃₀ как отдельно, так и в сочетании с навозом. В 2019 году погодные условия были оптимальными, но из-за массового повреждения посевов хлопчатника коробочным червём, совкой и карадриной формирование коробочек снизилось, соответственно это сказалось на урожае хлопка-сырца. Из-за поздних обильных атмосферных осадков весной в 2020 году посев хлопчатника был проведён с задержкой на 20-25 дней. По этой причине, а также, по всей вероятности, в связи с ухудшением питательного режима растений сформировалось меньшее число коробочек, и произошло снижение урожая хлопка сырца.

Из табл. 2 видно, что в 2018 году сформировался самый высокий урожай хлопка-сырца. При урожайности в контроле 2,12 т/га, прибавка от фосфорных удобрений составила 0,14 т/га. На их фоне применение азотных удобрений повысило урожай хлопка-сырца на 0,39-0,58 т/га, а в сочетании с навозом – на 0,57-0,83 т/га. В 2019 году в контроле и в варианте с одним навозом урожай был ниже на 0,32 т/га в сравнении с предыдущим годом. Такая же тенденция прослеживается по удобряемым вариантам. Однако внесение минеральных удобрений и навоза улучшило питание хлопчатника, что сказалось на росте урожайности. С применением азотно-фосфорных удобрений урожай вырос на 0,47-0,73 т/га к контролю, а на фоне навоза – на 0,62-0,97 т/га. В 2020 году при отмечаемых обильных осадках урожай хлопка-сырца в контроле был самым низким – 1,24 т/га. Применение минеральных удобрений нивелировало этот спад. Дополнительный сбор урожая хлопка-сырца в вариантах с азотными удобрениями на фоне P₁₃₀ составил 0,76-1,03 т/га, а при их сочетании с навозом в норме 30 т/га – около 1,20 т/га.

В среднем за 3 года с внесением половинной нормы азота (N₇₀) в сочетании с фосфорным удобрением в дозе P₁₃₀ урожай хлопка-сырца увеличился на 0,54 т/га (30%), а на фоне навоза – 0,78 т/га (45%). При полной норме внесения азота рост урожайности составил соответственно 0,78 (45%) и 1,00 т/га (58%).

Выводы

При внесении в почву фоном 30 т/га навоза нормы промышленных азотных удобрений могут быть снижены с 200-250 до 70-140 кг/га то есть в 2-3 раза. При этом улучшается плодородие почвы и не снижается выход товарной продукции.

Применение навоза сокращает нормы внесения минеральных удобрений без ущерба для плодородия почвы и урожайности хлопчатника, что очень важно в деле сохранения и улучшения экологической среды в орошаемой зоне хлопководства Южного Казахстана.

Литература

- Сокаев КЕ, Бестаев ВВ, Сокаева РМ, Цагараева РМ. Фосфатный режим почв сельхозугодий РСО-Алания. Известия Горского государственного аграрного университета. 2016;53(2):53-8.
- Аширбеков МЖ, Дригидер ВК, Батьяев ЖЯ. Урожайность хлопчатника в зависимости от сроков и норм внесения фосфорных удобрений на орошаемых сероземах Южного Казахстана. Нива Поволжья. 2018;(2):73-80.
- Набиев М. Не допускать загрязнения окружающей среды минеральными удобрениями. Сельское хозяйство Узбекистана. 1996;(3):49.

4. Каштанов АН. Роль биологических факторов в интенсификации земледелия. В кн.: Агрехимические проблемы биологической интенсификации земледелия. Владимир: ГНУ ВНИПТИОУ; 2005. С.3-12.
5. Минеев ВГ, Дебрецени В, Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос; 1993.
6. Кореньков ДА. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. М.: ГУП Агроконсалт; 1999.
7. Баткаев ЖЯ. Экологически безопасная система удобрения хлопчатника на юге Казахстана. В кн.: Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды. Алматы: Рауан; 1997. С. 162-3.
8. Баткаев ЖЯ. Удобрение хлопчатника на сероземах юга Казахстана и пути их рационального использования. Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Алматы; 2000.
9. Умбетаев И, Баткаев ЖЯ. Система возделывания хлопчатника на юге Республики Казахстан. Алматы: Құс жолы, 2000.
10. Умбетаев И. Баткаев ЖЯ. Эффективность удобрений на хлопчатнике. В кн.: Научное обеспечение Государственной агропродовольственной программы РК на 2003-2005 годы. Астана; 2003.
11. Прянишников ДН. Азот в жизни растений и в земледелии. М.: Сельхозгиз, 1953.
12. Аширбеков МЖ, Дридигер ВК. Урожайность и качество хлопчатника в зависимости от размещения в севообороте на орошаемых сероземах Южного Казахстана. Вестник АПК Ставрополя. 2018;(1):73-8.

References

1. Sokayev KYe, Bestayev VV, Sokayeva RM, Tsagarayeva RM [Phosphate regimen of farmland soils of the Republic of Northern Ossetia-Alania] RSO-Alania]. Izvestiya Gorkogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2016;53(2);53-8.
2. Ashirbekov MZh, Drigider VK, Bat'kayev ZhYa. [Cotton yield depending on the timing and norms of application of phosphorus fertilizers on irrigated grey soil of Southern Kazakhstan]. Niva Povolzhya 2018;(2):73-80.
3. Nabyev M. [Do not allow environmental pollution with mineral fertilizers]. Selskoye Khoziaystvo Uzbekistana. 1996;(3):49.
4. Kashtanov AN. [The role of biological factors in the intensification of agriculture]. In: Agrokhimicheskiye Problemy Biologicheskoy Intnsifikatsii Zemkedekiya [Agrochemical Problems of Biological Intensification of Agriculture]. Vladimir: GNU VNIPTIOU; 2005. P. 3-12.
5. Mineyev VG, Debretseni V, Mazur T. Biologicheskoye Zemledeliye i Mineralnye Udobreniya [Biological Agriculture and Mineral Fertilizers]. Moscow: Kolos; 1993.
6. Korenkov DA. Agroekologicheskiye Aspekty Primeneniya Azotnykh Udobreniy [Agroecological Aspects of the Use of Nitrogen Fertilizers]. Moscow: GUP Agrokonsult; 1999.
7. Batkaev, Zh.Ya. Ecologically safe system of cotton fertilizers in the south of Kazakhstan / Zh.Ya. Batkaev // In the collection «Problems of ecology of agro-industrial complex and environmental protection». – Алматы: Рауан, 1997. – pp. 162-163.
8. Bat'kayev ZhYa. [Fertilization of Cotton on the Gray Soils of the South of Kazakhstan and Approaches to Their Rational Use]. PhD Theses. Almaty; 2000.
9. Umbetayev I, Bat'kayev ZhYa. Sistema Vozdelyvaniya Khlopchatnika na Yuge Respubliki Kazakhstan [The System of Cotton Cultivation in the South of the Republic of Kazakhstan]. Almaty: Kus Zholy; 2000.
10. Umbetayev I, Bat'kayev ZhYa. [Efficiency of fertilizers applied to cotton]. In: Nauchnoye Obespecheniye Gosudarstvennoy Agroprodovolstvennoy Programmy RK na 2003-2005 Gody [Scientific Support of the State Agro-Provision Program of the Republic of Kazakhstan for 2003-2005]. Astana; 2003.
11. Prianishnikov DN. Azot v Zhizni Rasteniy i v Zemledelii [Nitrogen in Plant Life and in Agriculture]. Moscow: Selkhozgiz; 1953.
12. Ashirbekov MZh, Dridiger VK. [Yield and quality of cotton depending on position in crop rotation on irrigated serozems of Southern Kazakhstan]. Vestnik APK Stavropolya. 2018;(1):73-8.

«»

УДК:632.4:634.8.06

ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВИДОВ И СОРТОВ ВИНОГРАДА НА МИКОЗЫ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

О.О. Белошапкина^{1*}, А.Д. Калашников¹, Д.В. Калашников¹, Е.Н. Кислин²

¹Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева; ²Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР)»

*Эл. почта: beloshapkina@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию: в редакцию 18.09.2022; принята к печати 18.11.2022

Исследования проведены в 2020–2021 гг. на юге Воронежской области (г. Павловск) – в северной зоне неукрывного виноградарства в частной коллекции винограда, заложенной в 2015 г. с целью иммунологической полевой оценки видов и сортов винограда при визуальных покустовых обследованиях растений. Выявлено, что доминирующими грибными болезнями были милдью, оидиум и антракноз. Все 7 испытываемых сортов разного происхождения поразились милдью, причем сильнее в более дождливом 2021 г., чем в 2020 г. Высокая устойчивость к милдью отмечена у сортов Либерти, Прайм Сидлес и Маршал Фош (показатель развития до 12%). Поражения ягод не было отмечено. Вид *Vitis vulpina* не был поражен милдью в оба года исследований. Виды *V. amurensis* и *V. labrusca* проявили высокую устойчивость, распространенность болезни на них не превышала 9%, а развитие было до 1 %. Все испытываемые сорта поразились оидиумом, причем сильнее в 2020 г., чем в 2021 г. У сортов Надежда АЗОС и Сурхак развитие болезни в среднем было на уровне 25%, что было значительно меньше, чем у других сортов (32–45%). Поражения ягод не отмечено. Виды *V. amurensis*, *V. labrusca* и *V. vulpina* не были поражены грибами оидиум в оба года исследований. Наибольшую устойчивость к стеблевой форме антракноза выявили у сортов Либерти, Маршал Фош и Прайм Сидлес. Виды *V. amurensis*, *V. labrusca* и *V. vulpina* оба года были поражены антракнозом в минимальной степени с показателями распространенности болезни не более 30%, а развитие было от 0,5 до 5 %. Выделенные относительно устойчивые к данным вредоносным грибным заболеваниям сортообразцы винограда могут быть использованы в качестве исходного материала для селекции на устойчивость к микозам.

Ключевые слова: виноград, грибные болезни, мониторинг устойчивость сортов и видов

IMMUNOLOGICAL ASSESSMENT OF GRAPE SPECIES AND VARIETIES FOR MYCOSES IN THE VORONEZH REGION

O.O. Beloshapkina^{1*}, A.D. Kalashnikov¹, D.V. Kalashnikov¹, Ye.N. Kislin²

¹Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow) and ²Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (Saint-Petersburg), Russia

E-mail: beloshapkina@rgau-msha.ru

The study was carried out in 2020-2021 in the south of the Voronezh Region (Pavlovsk), which is the northern zone of uncovered viticulture, in a private collection of grapes laid in 2015 for immunological field assessment of grape species and varieties during visual field surveys of plants. It was ascertained that powdery mildew, oidium and anthracnose were the dominant fungal diseases. All 7 tested varieties of different origin were affected by mildew, more strongly

in a rainy 2021 than in 2020. High resistance to powdery mildew was noticed in the varieties Liberty, Prime Seedless and Marshal Foch (development rate within 12%). Berry lesions were not noted. *Vitis vulpina* was not affected by powdery mildew in both years of research. *V. amurensis* and *V. labrusca* showed high resistance, disease prevalence being within 9%, and disease development, within 1%. All tested varieties were affected by oidium more strongly in 2020 than in 2021. In the varieties Nadezhda AZOS and Surkhak, disease development was on average about 25%, which was significantly less than in other varieties (32–45%). Berry lesions were not noticed. The species *V. amurensis*, *V. labrusca* and *V. vulpina* were not affected by oidium in both years of the study. The greatest resistance to the stem form of anthracnose was found in the varieties Liberty, Marshal Foch and Prime Seedless. The species *V. amurensis*, *V. labrusca* and *V. vulpina* were affected by anthracnose to a minimal extent in both years, disease prevalence being within 30% and development ranging from 0.5 to 5%. The indicated grape varieties and species that are relatively resistant to fungal diseases may be used as a starting material for selection for resistance to mycoses.

Keywords: grape, fungal pests, monitoring of species and varieties resistance

Введение

Развитие виноградарства – одна из приоритетных отраслей сельского хозяйства юга России. По своей пользе для организма человека виноград занимает одно из первых мест среди плодово-ягодных культур. Отрасль виноградарства может приносить доход с 1 га плодоносящих насаждений в 8,7 раза больше, чем от производства зерна озимой пшеницы.

Виноградная лоза относится к числу наиболее поражаемых болезнями растений. Обусловлено это такими особенностями возделывания культуры, как отсутствие плодосмена, многолетний возраст растений, большие площади массивов насаждений, различия в устойчивости сортов. Проблему не всегда решить можно применением химических средств защиты [4]. В связи с интенсификацией виноградарской отрасли в современных ампелоценозах отмечены изменения ареала и вредоносности некоторых болезней, происходят значительные изменения патоккомплексов под влиянием меняющихся метеорологических условий [2, 3]. Многие болезни со временем прогрессируют, усиливая свою вредоносность для культуры винограда, появляются новые физиологические расы и виды патогенов. Например, недавно стало известно о вредоносных видах фузариевых грибов, вызывающих усыхание генеративных органов винограда [14]. Анализ литературных данных и практический опыт показывают, что наибольший экономический ущерб культуре винограда причиняют вирусные и грибные заболевания [1].

К наиболее распространенным микозам относятся милдью, оидиум и антракноз [7], которые, несмотря на используемые защитные мероприятия, распространяются, и вредоносность их усиливается. В настоящее время во всех регионах виноградарства мира совершенствуются зональные системы защиты от болезней с учетом степени устойчивости к ним сортифта, агротехники выращивания, эффективности применяемых фунгицидов, факторов, способствующих усилению вредоносности, а также в связи с изменением погодных условий [6, 9, 11].

Для сдерживания наиболее опасных болезней в период вегетации многократно применяют фунгициды. Снизить их количество и улучшить экологическую обстановку на виноградниках можно за счет использования здорового посадочного материала и устойчивых сортов. Поэтому, выведение устойчивых сортов, поиск доноров устойчивости среди разных видов и сортов в современных условиях является важным элементом совершенствования системы защиты винограда от наиболее вредоносных болезней.

Цель данного исследования – уточнение сортовой и видовой устойчивости рода *Vitis* L. к грибным заболеваниям (милдью, оидиум и антракноз) в северном ареале виноградарства России.

Материал и методы исследования

Оценку видов и сортов винограда рода *Vitis* на устойчивость к микозам проводили по общепринятым и модифицированным методикам дважды за сезон - в 1 декаде июля и в 1 декаде августа в 2020 – 2021 гг. при визуальных покустовых обследованиях растений (по 4-8 шт.) на юге Воронежской области (г. Павловск) в частной коллекции винограда, заложенной в 2015 году, где представлено более сотни сортов, форм и видов.

Выбор сортов и видов для исследования основан на их перспективности для северной зоны выращивания винограда, поскольку в данных условиях они не требуют зимнего укрытия. Сорта относятся к сложным межвидовым гибридам (кроме сорта Сурхак, относящегося к классическим сортам вида *V. vinifera*).

Условия выращивания идеальны для развития грибных заболеваний, поскольку посадки были явно загущены, формирование кустов и прочие действия по обрезке проводятся нерегулярно, что приводит к загущению и недостаточному проветриванию кустов. Средства защиты и искусственный полив на винограднике не применялись.

Милдью, или ложную мучнистую росу вызывает оомицет *Plasmopara viticola* Berl. et de Toni, который поражает листья, в меньшей степени - побеги, усы, соцветия и ягоды. Болезнь сильно ослабляет виноградную лозу, которая хуже переносит зиму и может подмерзнуть [13]. На листьях с верхней стороны образуются желтоватые округлые пятна, а впоследствии - красновато-коричневые некрозы, на нижней стороне листа заметен белый мучнистый налет, состоящий из зооспорангиеносцев с зооспорангиями. Молодые побеги, соцветия, завязи во влажную погоду покрываются налетом, а в более сухую погоду буреют и засыхают. Патоген может дать за вегетационный период до 16 поколений зооспор, которыми распространяется в период вегетации. Возбудитель болезни зимует в форме ооспор в растительных остатках и в почве, реже - в форме мицелия в почках пораженной лозы.

Возбудитель оидиума, или мучнистой росы — гриб-аскомицет *Erysiphe necator* Schwein (син. *Uncinula necator* Burt.), анаморфа *Oidium tuckeri* Berk. Поражаются листья, побеги, гребни, соцветия и ягоды. Листья часто с обеих сторон покрываются белым, впоследствии пепельно-серым налетом, который состоит из мицелия и конидиального спороношения гриба. Пораженные листья становятся хрупкими, преждевременно засыхают. Больные побеги плохо одревесневают, легко подмерзают. При раннем поражении прекращается рост ягод, они усыхают, не опадая, а при более позднем развитии оидиума - растрескиваются, обнажая семена [12]. Перезимовывает возбудитель в форме мицелия в зараженных почках, реже - в форме клейстотециев на пораженных частях [10]. Перезаражение растений происходит многократно за сезон конидиями с помощью ветра и воды.

Антракноз вызывает гриб *Sphaeloma ampelinum* dBy (син. *Gloeosporium ampelophagum* Sacc.). Поражает все зеленые органы растения. На листьях болезнь может появиться вскоре после их образования сначала в виде слабо заметных мелких светло-коричневых некрозов, которые увеличиваются, становятся бурыми с темно-фиолетовой каймой. На пораженных черешках и побегах такие же пятна, переходящие в язвы разной глубины темного цвета с темно-фиолетовой каймой. Побеги легко подмерзают. На ягодах пятна округлые, слегка вдавленные, они засыхают, оставаясь висеть на гроздьях. Сохраняется гриб в виде мицелия в пораженных побегах, перезаражение в период вегетации происходит конидиями воздушно-капельным способом.

Наблюдения за развитием и интенсивностью поражения микозами проводили дважды: в первой декаде июля и в первой декаде августа при визуальных покустовых обследованиях растений по общепринятым и модифицированным методикам [5]. Обследовали по 6-12 однолетних растений каждого сорта.

Листья сортов и видов винограда отличаются высокой степенью полиморфизма. Поэтому мы сделали фотоскалы интенсивности поражения листьев милдью и оидиум. Определяли интенсивность поражения листьев по модифицированной 4-х балльной шкале от 1 до 4. (рис. 1-4).

Распространенность (P%) и развитие (R%) болезней рассчитывали по стандартным формулам:

1) $P = n \times 100 / N$, где n – число больных растений в пробе; N – общее число растений в пробе (больных и здоровых);

2) $R = \Sigma (a \times b) \times 100 / N \times K$, где R – развитие болезни, $\Sigma (a \times b)$ – сумма произведений числа больных растений (a) на соответствующий им балл поражения (b); N – общее число растений в пробе (больных и здоровых); K – высший балл шкалы учета.

Ниже приводится характеристика используемых в обследовании видов и сортов винограда из литературных источников [8] и на основании собственных наблюдений.

Марс (Mars). Американский столовый сорт среднего срока созревания. В условиях юга Воронежской области период от распускания почек до полного созревания ягод составляет 130-135 дней. Кусты сильнорослые. Лист крупный, круглый, цельный и трёхлопастной. Гроздь мелкая и средняя, плотная, весом 80-200 г. Ягоды округлые, массой 3,0-4,5 г, бессемянные, карминного цвета, устойчивы к избытку влаги, не растрескиваются. Мякоть слизистая, с земляничным ароматом. Сахаристость 16-20 г/100 см³, кислотность 7-10 г/л. Побеги вызревают очень хорошо. Высокоурожайный сорт. По литературным данным устойчив к грибным заболеваниям. Морозоустойчивость до -27°C.

Маршалл Фох (Marshall Foch). Американский винный сорт раннего срока созревания. Лист среднего размера, округлый, слаборассеченный, поверхность гладкая с обеих сторон. Цветок обоеполюй. Гроздь мелкая, цилиндрико-коническая, плотная, весом от 40 до 60 г, ягода круглая, мелкая (1,0-1,3 г), черная, с сильно красящим соком. Сахаристость 22-25% при кислотности 7-10 г/л. Урожайность высокая. По литературным данным сорт устойчив к милдью и оидиуму. Морозоустойчивость до -32°C.

Либерти (Liberty). Американский столово-винный сорт ранне-среднего созревания, но ягоды могут долго оставаться на кустах. Лист крупный от цельного до рассеченного 3-х и 5-ти лопастного, гладкий с обеих сторон. Цветок обоеполюй. Гроздь средней плотности и плотная, цилиндрикоконическая, средним весом 120 г. Ягода мелкая, круглая, черная, сочная, средний вес 1,3 г. Сахаристость 22 - 27% при кислотности 7-12 г/л. Урожайность высокая. Морозоустойчивость высокая (до -30°C). По литературным данным сорт обладает высокой устойчивостью к болезням и вредителям.

Прайм Сидлес (Prime seedless). Американский бессемянный сорт раннего срока созревания. От распускания почек до полного созревания ягод - 120-130 дней. Лист крупный, цельный и 3-х лопастной, с сильным опушением снизу. Гроздь средняя, цилиндрико-коническая, средней плотности и плотная, массой 120-200 г. Ягода средняя, массой около 2,0 г, округлая, бледно-розовая. Мякоть мясисто-сочная со слабым ароматом. Сахаристость 22-23% при кислотности 6 г/дм³. Плодоносных побегов 80-85%, число гроздей на побег 1,5-1,8 шт. Морозоустойчивость до -26°C. По литературным данным сорт устойчив к милдью, оидиуму и серой гнили.

Эйнсет Сидлес (Einset seedless). Американский бессемянный сорт раннего срока созревания. Лист крупный, цельный и 3-х лопастной. Гроздь средняя, весом 120-200 г, средней плотности, коническая. Цветок обоеполюй. Ягода ярко-красная, среднего размера, овальная, средним весом 2,5 г. Кожица плотная, устойчивая к растрескиванию, отделяется мешочком. Мякоть с приятным ароматом. Сахаристость достигает 20-22%, кислотность 5-6 г/л. Морозоустойчивость до -25°C. В информационных источниках данных по устойчивости к болезням нет.

Сурхак рассеченнолистный. Узбекский сорт очень раннего срока созревания из восточной группы европейско-азиатского винограда. Лист среднего размера, округлый, глубоко рассеченный, пятилопастный. Цветок обоеполюй. Гроздь средняя, коническая, средней плотности. Ягода средняя, овальная, розовая и красная. Мякоть плотная, хрустящая. Сахаристость сока 20% при кислотности 4,5 г/л. В условиях Воронежской области вызревание побегов удовлетворительное, закладка плодовых глазков - слабая. Морозоустойчивость слабая, на уровне сортов восточной группы (-16°C). По литературным данным сорт сильно поражается милдью и оидиумом.

Надежда АЗОС. Отечественный сорт столового назначения, ранне-среднего срока созревания. Кусты сильнорослые. Лист крупный, цельный и 3-х лопастной, верхняя и нижняя поверхность гладкие, без опушения. Цветок обоеполюй. Гроздь крупная, рыхлая, коническая или ветвистая, весом 250-500 г. Ягода крупная, удлинённо-овальная, простого вкуса, черная, от 6 до 8 г. Сахаристость 15-17%, кислотность – от 5 до 7 г/л. Транспортабелен. Урожайность высокая, склонен к перегрузкам. Морозоустойчивость низкая (до -22°C), требует укрытия. По лит. данным устойчив к милдью, серой гнили ягод, к оидиуму.

Виноград амурский *V. amurensis* Rupr. Восточноазиатский вид с коротким периодом вегетации, мощным ростом - лианы 5-10 см в диаметре, длиной до 15-18 м, обвивают различные опоры. Листья могут быть цельные, 3- или 5-лопастные, яйцевидные, округлые, края с пильчатыми зубцами, сверху голые, снизу густо опушены. Чаще растения двудомные. Плоды шаровидные чёрные или фиолетовые до 12 мм с толстой кожицей. Мякоть сочная, кисловатая, но у отдельных форм содержание сахара до 22%. Грозди могут быть крупными, сравнимыми по числу ягод с гроздьями культурного винограда. Северный экотип произрастает на широте г. Хабаровска, южный - на широте г. Владивостока. Выносит зимние температуры до -45°C, а в корнеобитаемом слое почвы до -16°C. Хорошо переносит городские условия (копоть, пыль, газы). Влаголюбив: нужно около 700 мм осадков в год. Сравнительно устойчив к болезням, к милдью устойчивы отдельные формы, неустойчив к филлоксере. Имеет значение для селекции винограда, как донор морозоустойчивости.

Лабруска *V. labrusca* L. Американский вид. Лианы, оплетающие деревья в юго-восточной Канаде и на северо-востоке США. Растения двудомные, раздельнополюе. Грозди небольшие рыхлые, ягоды мелкие, черные, со специфическим «лисий» (земляничным) вкусом. Высокоустойчив к морозам (переносит морозы до -30°C), устойчив к грибным заболеваниям — средняя, но выше, чем у европейско-азиатского винограда. Слабо заражается филлоксерой, но в почвах с повышенным содержанием извести заболевает хлорозом. Вид используют в селекции для получения морозоустойчивых и филлоксероустойчивых сортов.

***V. vulpina* L. = *V. riparia* Michx.** Американский вид, распространенный в восточной части Северной Америки — от северных районов Канады до южных штатов США. Грозди мелкие, рыхлые, ягоды небольшого размера, черные, несъедобные. Основная практическая ценность вида — использование в селекционной работе в качестве донора групповой устойчивости к грибным болезням, филлоксере и низким зимним температурам, а также как исходная форма при выведении филлоксероустойчивых подвоев.

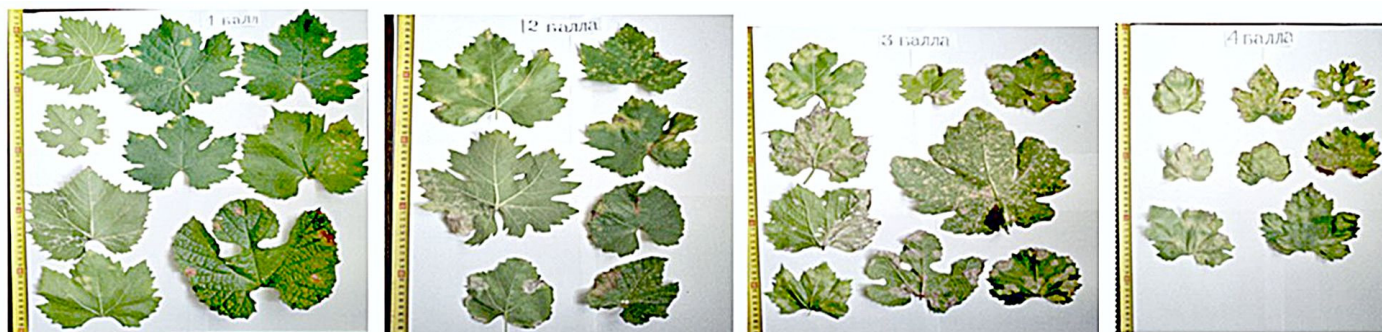


Рис. 1. Фототочка интенсивности поражения листьев милдью

Результаты и обсуждение

Общезвестно, что развитие патогенов во многом зависит от погодных-климатических условий, особенно, температуры и влажности. По температурным параметрам погодные условия в годы обследований виноградника были близки к среднегодовому показателю, а по сумме выпавших осадков годы заметно отличались, как от среднегодовых данных, так и друг от друга (рис.2).

Воронежская область находится на границе Среднерусской и Окско-донской низменности. Климат Воронежской области умеренно континентальный, средняя температура января на юге, в районе Павловска -8,5°С, а самого жаркого месяца, июля +21,8°С. Различия показателя с севера на юг составляют 1,7°С. Среднегодовая температура 6,2°С. Отмечено, что среднегодовая температура воздуха с конца 1950-х годов к началу XXI века увеличилась на 1°С, в основном за счет повышения температуры в холодные сезоны. Так температура воздуха с ноября по март увеличилась на 2,1°С. Продолжительность безморозного периода увеличилась на 3-5 дней. Но экстремальность появления самых ранних и самых поздних заморозков нарастает. Характерна солнечная радиация умеренных широт, средние показатели – 3780 мДж/м². Средние многолетние показатели скорости ветра 3,8 м/сек; относительная влажность воздуха 74%.

Среднегодовое количество осадков - 575 мм; на юго-востоке области – 435-525 мм. Увлажненность убывает с северо-запада на юго-восток. В связи с глобальным потеплением доля жидких осадков в годовой сумме нарастает.

В период обследования коллекции винограда в начале вегетации, в апреле и мае погодные условия были практически одинаковыми, как в 2020, так и в 2021 году. Примерно одинаковыми были температурные характеристики и в летние периоды. Однако, по количеству выпавших осадков за лето эти годы радикально различались. Лето 2020 года можно характеризовать как засушливое, а лето 2021 года было дождливое. Особенно много осадков выпало в июне 2021 года что провоцировало развитие грибных заболеваний, особенно милдью. Во второй половине лета этого года из-за дождливой погоды в середине августа, создались благоприятные условия для развития антракноза и, в меньшей степени, оидиума.

В ходе проведенного мониторинга на листьях винограда отмечали поражение разными грибными болезнями. В первой половине лета доминировала милдью, в конце июля появлялись на отдельных сортах признаки оидиума, в этот же период увеличивалось количество листьев, пораженных антракнозом. Отмечали также поражение серой гнилью, фомозом и краснухой. На неодревесневших побегах на восприимчивых к антракнозу сортах с июля отмечали увеличение количества мелких некрозов и язв. Плоды винограда при обследованиях в 2020-2021 годах не имели визуальных признаков инфекционных заболеваний.

При поражении милдью на многих листьях с верхней стороны были заметны желтоватые, округлые пятна, а на других листьях, зараженных раньше, пятна были красновато-бурыми, некротизированными. На нижней стороне пораженных листьев имелся белый мучнисто-плотный налет. Отмечено, что почти все выращиваемые в нашей стране сорта восприимчивы к милдью. Среди исследуемых нами сортов иммунных к данному заболеванию выявлено не было. Распространенность болезни и интенсивность поражения различались и в зависимости от генетических особенностей сортов, и в зависимости от условий года обследований (табл.1).

В среднем за 2 обследования в 2020 году минимальную распространенность милдью – около 20% отмечали на раннем американском сорте Прайм Сидлес; развитие болезни в данном году было также самым низким - 5,2%. Однако, в следующем, более дождливом 2021 году этот сорт практически не отличался по полевой устойчивости к милдью от большинства других сортов. Распространенность болезни существенно зависела от агроклиматических условий года, в первую очередь от количества осадков, коэффициент корреляции (r=0,91).

Самую высокую полевую устойчивость в 2021 году отметили у относительно нового американского ранне-среднего сорта Либерти, в засушливом 2020 году развитие милдью на нем было 10,4%. Но в оба года показателя соответствуют депрессивному и умеренно-депрессивному уровню болезни. Хотя распространенность этой болезни оба года была практически одинаковой на российских и узбекском сортах, но они проявили относительно высокую устойчивость (по комплексному показателю – развитию – менее 20%) во влажный 2021 год, сходную с таковой у американских сортов Маршал Фош и Эйнсет сидлес.

Для большинства обследуемых сортов не выявлено достоверного влияния погодных условий на развитие милдью. Развитие этой болезни за счет более интенсивного поражения листьев значительно было выше в более влажном 2021 году только на сортах Прайм Сидлес и Марс.

Широкое распространение на промышленных виноградниках имеет оидиум, или мучнистая роса. Это опасное заболевание при сильном развитии может привести к полной потере урожая. На обследуемом коллекционном винограднике массовое поражение растений в 2020 году наблюдали с первой декады июля, а в 2021 году раньше – со второй декады июня. Листья очагами или полностью, больше с верхней стороны покрывались тонким белым, впоследствии сероватым налетом. На плодах и побегах налет практически не образовывался, поэтому учет проводили только на листьях. Все исследуемые сорта в оба года исследований поражились болезнью.

Более высокие показатели распространенности и развития оидиума отмечены в 2021 году, когда создались наиболее оптимальные условия для развития болезни — влажность воздуха выше 70 % и температура в пределах 18-25 °С. (табл. 2).

В оба года исследований максимальное поражение болезнью было отмечено у американского сорта Эйнсет Сидлес раннего срока созревания. Хотя считается, что оидиумом сильнее поражаются сорта с поздними сроками вызревания лозы. Минимальное развитие болезни, соответствующее умеренно-среднему уровню поражения, было у сортов Надежда АЗОС и Сурхак, в 2020 году – 14,6 и 17,7 %, соответственно. По литературным

Табл. 1

Распространенность (P%) и развитие (R%) милдью на листьях винограда в Воронежской области

Сорт	Год			
	2020		2021	
	P%	R%	P%	R%
Liberty	37,5	10,4	20,8	5,2
Marshal Foch	50,0	12,5	45,8	17,7
Einset seedless	50,0	16,7	50,0	18,8
Prime seedless	20,8	5,2	50,0	27,1
Mars	50,0	13,5	50,0	27,1
Надежда АЗОС	50,0	24,0	50,0	18,8
Сурхак	50,0	29,2	50,0	19,8
<i>V. amurensis</i> Rupr.	3,0	0,1	8,8	0,5
<i>V. labrusca</i> L.	5,0	0,1	8,8	0,6
<i>V. vulpina</i> L.	0	0	0	0

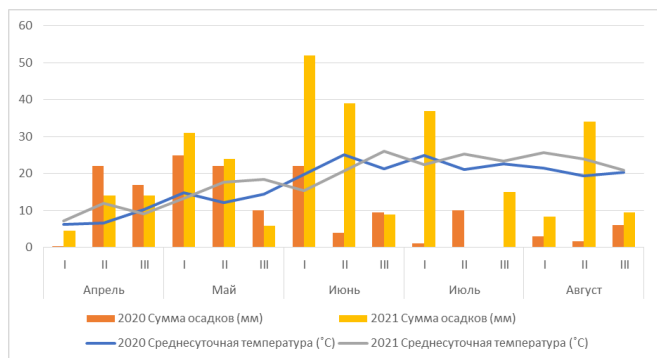


Рис. 2. Погодные условия (температура и количество осадков) юга Воронежской области (г. Павловск) в вегетационные сезоны 2020-2021 гг.

данным, сорт Сурхак в южных регионах сильно поражается оидиумом. В 2021 году на этих же сортах отметили минимальное развитие, но в связи с благоприятными для возбудителя условиями, этот показатель был вдвое больше. Сорта Либерти и Прайм Сидлес в 2020 году имели развитие 25%, а в 2021 году – 45% в среднем, что считается показателем развития болезни среднего и выше среднего уровня. Значительное развитие оидиума могло быть связано с периодически возникающей почвенной засухой и загущенной посадкой растений в рядах.

Первые симптомы антракноза в виде мелких темно-коричневых некрозов появились на листьях растений в середине июня, а язвы на зеленых побегах – к концу июля. Хорошо были заметны язвы, более серые и крупные, на одревесневших побегах прошлых лет. Учеты болезни мы проводили на лозе, не учитывая пораженность листьев, которая была незначительной. Антракноз на винограднике имел не очаговое, а диффузное распространение. Условия вегетационного периода фактически не отразились на пораженности коры побегов. Развивающийся в растительной ткани побега мицелий не подвергался воздействию переменных температур и влажности. Все исследуемые сорта поражались, хотя и в разной степени (табл. 2).

Распространенность (P%) и развитие (R%) оидиума на листьях и коре побегов винограда в Воронежской области

Сорт	Листья				Кора побегов			
	2020 г.		2021 г.		2020 г.		2021 г.	
	P%	R%	P%	R%	P%	R%	P%	R%
Liberty	62,5	26,0	100,0	41,7	66,7	16,7	66,7	16,7
Marshal Foch	70,8	30,2	100,0	50,0	50,0	13,5	54,2	16,7
Einset seedless	50,0	28,1	100,0	62,5	100,0	25,0	100,0	30,2
Prime seedless	50,0	24,0	100,0	47,9	62,5	16,7	41,7	11,5
Mars	50,0	26,0	100,0	54,2	100,0	26,0	95,8	28,1
Надежда АЗОС	41,7	14,6	100,0	36,5	100,0	45,8	100,0	54,2
Сурхак	50,0	17,7	100,0	33,3	100,0	30,2	100,0	32,3
<i>V. amurensis</i> Rupr.	0	0	0	0	30	5,1	30	5,1
<i>V. labrusca</i> L.	0	0	0	0	10	3,0	10	3,0
<i>V. vulpina</i> L.	0	0	0	0	10	0,5	10	0,5

Табл. 2 Стабильно одинаковое среднее развитие болезни в оба года наблюдали на растениях сорта Либерти. Минимальное развитие антракноза в оба года было отмечено нами на сорте Маршал Фош. Но в 2021 году слабее всего было поражение у сорта Прайм сидлес - на уровне 11%, и в предыдущем году показатель развития болезни на нем был менее 17%. Самый высокий показатель развития антракноза на стеблях был у сорта Надежда АЗОС. Виды *V. amurensis*, *V. labrusca* и особенно *V. vulpina* имели гораздо меньшую распространенность и развитие антракноза, чем испытываемые сорта.

По итогам проведенных на юге Воронежской области обследований коллекции сортов винограда можно сделать предварительное заключение о высокой устойчивости сортов Либерти, Маршал Фош, в меньшей степени бессемянных сортов Эйнсет сидлес и Прайм сидлес к поражению милдью. Сорта Надежда АЗОС и Сурхак в средней степени поражались оидиумом, развитие болезни было на уровне 25%, что значительно меньше, чем у других сортов. Наибольшую устойчивость к стеблевой форме антракноза выявили у сортов Либерти, Маршал Фош и Прайм сидлес, которые имели и минимальную пораженность милдью. В заключении можно отметить, что в ходе проведенного фитосанитарного мониторинга получены новые знания об интенсивности поражения важнейшими грибными заболеваниями – милдью, оидиумом и антракнозом разных видов и сортов винограда в Воронежской области - зоне северного неукрывного виноградарства. Выделенные нами относительно устойчивые к данным вредоносным грибным заболеваниям сортообразцы винограда могут быть использованы в качестве исходного материала для селекции данной культуры на устойчивость к микозам.

Выводы

1. В условиях юга Воронежской области все 7 испытываемых сортов разного происхождения поражались милдью, причем сильнее в 2021 г., чем в 2020 г. Высокая устойчивость отмечена у сортов Либерти, Прайм сидлес и Маршал Фош (R до 12%). Поражения ягод не отмечено. Вид *V. vulpina* не был поражен милдью в оба года исследований. Виды *V. amurensis* и *V. labrusca* проявили высокую устойчивость, распространенность болезни на них не превышала 9%, а развитие было до 1 %.
2. Испытываемые сорта поражались оидиумом, причем сильнее в 2020 г., чем в 2021 г. У сортов Надежда АЗОС и Сурхак развитие болезни в среднем было на уровне 25%, что значительно меньше, чем у других сортов (32-45%). Поражения ягод не отмечено. Виды *V. amurensis*, *V. labrusca* и *V. vulpina* не были поражены оидиумом в оба года исследований.
3. Наибольшую устойчивость к стеблевой форме антракноза выявили у сортов Либерти, Маршал Фош и Прайм сидлес. Виды *V. amurensis*, *V. labrusca* и *V. vulpina* были поражены антракнозом в оба года исследованы в минимальной степени с показателями распространенности болезни не более 30%, а развитие было от 0,5 до 5 %.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Агапова СИ, Толокова РП, Бурдинская ВФ. Болезни и вредители на виноградниках Ростовской области в 1984-2000 годах. Виноград и вино России. 2001;(3):28-9.
2. Алейникова НВ, Галкина ЕС, Радионовская ЯЭ. Болезни и вредители виноградной лозы. Ялта; 2018.
3. Арестова НО, Рябчун ИО. Развитие фитопатогенов виноградных растений в условиях Ростовской области. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2016;42(06).
4. Галкина ЕС, Алейникова НВ. Особенности развития резистентности возбудителя оидиума винограда (*Uncinula necator* Burr) к стробилуринам в условиях Южного берега Крыма. Современная микология в России. 2015;5:33-5.
5. Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ; 2010.
6. Петров ВС. Формирование адаптивного сортимента винограда в нестабильных условиях среды. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013;20(2):15-30.
7. Талаш АИ. Защита растений винограда от болезней и вредителей. Краснодар: ФГБУ СКЗНИИСиВ; 2015.
8. Трошин ЛП. Ампелография и селекция винограда. Краснодар: Изд. «Вольные мастера»; 1999.
9. Якушина НА, Галкина ЕС, Шапоренко ВН, Саколина ЕА. Оптимизация применения фунгицидов в виноградном агроценозе Южного берега Крыма. Виноградарство и виноделие: сборник научных трудов НИВиВ «Магарач». 2011;41(1):38-41.
10. Якушина НА, Болотянская ЕА. Обоснование усиления вредоносности оидиума на виноградниках Южного берега Крыма в современных условиях. Виноградарство и виноделие: сборник научных трудов НИВиВ «Магарач». 2012;(2):6-8.

Общий список литературы/List of References

1. Agapova SI, Tikikova RP, Burdinskaya VF. [Diseases and pests in vineyards of Rostov Region in 1984-2000. Vinograd i Vino v Rossii. 2001;(3):28-9.
2. Aleynikova NV, Galkina YeS, Radionovskaya YaE. Bolezni i Vrediteli Vonogradnoy Lozy. Yalta; 2018.
3. Arestova NO, Riabchun IO. [Vine phytopathogens development in Rostov Region conditions]. Plodovodstvo i Vinogradorstvo Yuga Rossii. 2016;42(06).

4. Galkina YeS, Aleynikova NV. [Specific features of the development of resistance of vine oidium agent *Uncinula necator* Burr to strobilurins under the condition of the southern coast of Crimea]. *Sovremennaya Mikologiya v Rossii*. 2015;5:33-5.
5. Anonymous. *Metodicheskoye i Analiticheskoye Obespecheniye Issledovaniy po Sadovodstvu*. Krasnodar: GNU SKZYNIISiV; 2010.
6. Petrov VS. [The development of an adaptive assortment of vine under unstable environmental conditions]. *Plodovodstvo i Vinogradorstvo Yuga Rossii*. 2013;20(2):15-30.
7. Takash FI. *Zaschita Rasteniy Vinograda ot Bolzney i Vrediteley Krasnodar*: FGBNU SKZYNIISiV; 2015.
8. Troshin LP. *Ampelografiya i Seleksiya Vinograda*. Krasnodar: Volnye Mastera; 1999.
9. Yakushina NA, Galkina YeS, Shaporenko VN, Sakolina YeA. [Optimization of fungicide use in the vine agrocenoses of the southern coast of Crimea]. *Vinogradarstvo i Vinodeliye*. 2011;41(1):38-41
10. Yakushina NA, Blotianskaya YeA. [A rational for considering the hazard by oidium to vineyards as currently increasing at the southern coast of Crimea]. *Vinogradarstvo i Vinodeliye*. 2012;(2):6-8.
11. Batukaev AA, Palaeva DO, Batukaev MS, Sobralieva EA. In vitro reproduction and ex vitro adaptation of complex resistant grape varieties. *Adv Engineering Res*. 2018: 895-9.
12. Calonnec A et al. Effects of *Uncinula necator* on the yield and quality of grapes (*Vitis vinifera*) and wine. *Plant Pathol*. 2004;53(4):434-45.
13. Jermini M, Blaise P, Gessler C, Jermini M. Quantitative effect of leaf damage caused by downy mildew (*Plasmopara viticola*) on growth and yield quality of grapevine «Merlot» (*Vitis vinifera*). *Vitis*. 2010;49(2):77-85.
14. Yurchenko EG, Savchuk NV, Porotikova EV, Vinogradova SV. First report of grapevine (*Vitis* sp.) cluster blight caused by *Fusarium proliferatum* in Russia. *Plant Disease*. 2020;104(3):991.

«»

УДК:631.527:633:574

СРАВНЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

М.А. Богомолов, Т.В. Вострикова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара им. А.Л. Мазлумова», Воронежская область, Россия

*Эл. почта: bogomolov47@bk.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Цель исследования состояла в оценке продуктивности мужскостерильных форм и гибридов свеклы отечественной и иностранной селекции по признакам: урожайность, сахаристость, сбор сахара. В качестве материала были использованы уже отобранные по комбинационной способности мужскостерильные формы, скрещенные с дикими формами свёклы, подвергнутыми гамма-облучению пыльцы для увеличения частоты полезных рекомбинаций, а также гибриды отечественной и иностранной селекции. Не во всех случаях гибрид превосходил по своим свойствам родительские компоненты и проявляет гетерозис. Наилучшими показателями были у многосемянного опылителя-синтетика, превышающий стандарт по урожайности корнеплодов на 2,5 %, по сахаристости на 11,4% и сбору сахара на 14,2 %. Невысокую урожайность зарубежных гибридов по сравнению с отечественными можно объяснить недостаточной адаптивностью к условиям Центрального Черноземья. Наиболее оптимально выращивать в этой зоне отечественные материалы и использовать их полезные признаки.

Ключевые слова: сахарная свёкла, гибрид, мужскостерильные формы.

COMPARING THE PRODUCTIVITY OF SUGAR BEET BREEDING MATERIAL

M.A. Bogomolov*, T.V. Vostrikova

A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, Voronezh Region, Russia

*E-mail: bogomolov47@bk.ru

The purpose of the study was to evaluate the productivity of male-sterile forms and hybrids of sugar beet varieties resulting from domestic and foreign breeding. The characteristics taken into account were: yield, sugar content, and sugar yield. Male-sterile specimen selected for their combinatorial abilities and crossed with wild-type specimen irradiated to increase the rate of useful recombination as well hybrids selected in Russia and abroad were used as starting materials. Hybrids not always had characteristic that were better than the parental ones and manifested heterosis. The best characteristics were found in a synthetic pollenizer that surpassed the control variety by 2.5% in crop yield, by 11.4% in sugar content, and by 14.2% in sugar yield. The not so high crop yield of foreign hybrids may be explained with their poor adaptability to conditions prevalent in Central Chernozem area. Domestically breed products are more advisable for farming in this area. **Keywords:** sugar beet, hybrid, male sterile forms.

Переход от популяционной к гибридной селекции перекрёстноопыляющихся культур, к которым относится сахарная свёкла, потребовал привлечения совершенно нового исходного материала – гомозиготных инбредных линий. Особая роль в успешной селекционной работе отводится исходному материалу, его разнообразию и качеству. Чем разнообразнее исходный материал, используемый для селекции, тем большие возможности дает он для отбора и гибридизации. Н.И. Вавилов [1] указывал, что одним из условий, способствующих созданию нового сорта, служит исходное сортовое и видовое разнообразие. Чем больше это разнообразие, тем эффективнее будут результаты селекции.

Одним из главных путей дальнейшего повышения продуктивности сахарной свёклы и производства сахара является создание и внедрение высокопродуктивных и высокорентабельных гибридов на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС), устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды и обладающих высокой технологичностью при уборке. Задачи селекции сахарной свёклы за последнее время сильно усложнились в связи с повышением требований производства к ряду признаков и с переходом к использованию контролируемого гетерозиса. Сейчас необходимы прогрессивные научные решения, которые позволяют максимально использовать эффект гетерозиса и создавать гибриды с высокой продуктивностью и комплексом полезных признаков [2].

Особую ценность представляют генетические источники и доноры наиболее важных признаков, значимость которых неизменно возросла в связи с широким использованием в селекции явлений гетерозиса, ЦМС, полиплоидии и раздельноплодности [3].

Гибридизация с дикими сородичами и заведомо генетически отдалёнными представителями того же вида позволяют расширить вариабельность и соответственно норму реакции, а иногда получать непредсказуемые сильные селекционные усовершенствования. Дикие виды являются источником не только признаков, совершенствующих адаптивность к биотическим и абиотическим факторам среды, но и таких, которые принципиально изменяют жизненно важные системы развития и формирования растений, оказывают влияние на продуктивные показатели и показатели качества, что в свою очередь может радикально изменить селекционные технологии.

Цель нашего исследования состояла в оценке продуктивности мужскостерильных форм и гибридов отечественной и иностранной селекции.

В качестве материала для исследования были использованы уже отобранные по комбинационной способности мужскостерильные формы (МС-формы), скрещенные с дикими формами свёклы, подвергнутыми гамма-облучению пыльцы для увеличения частоты полезных рекомбинаций, а также гибриды отечественной и иностранной селекции. Оценка продуктивности МС-форм и гибридов сахарной свёклы проводилась по признакам: урожайность, сахаристость, сбор сахара. Стандартом служил гибрид селекции ВНИИСС РМС-46. Исследования производили по стандартным методикам [2].

По результатам оценки образцов сравнительного испытания выделился № 1, представляющий собой многосемянный опылитель-синтетик, превышающий стандарт по урожайности корнеплодов на 2,5 %, по сахаристости на 11,4% и сбору сахара на 14,2 %. Его гибридная комбинация с МС-2113 (№ 2) проявила повышение сахаристости по сравнению со стандартом, как и исходная форма МС-2113 (на 2,3-2,4 %), но не увеличила урожайность. У № 6 (гибрид Витязь) отмечено увеличение урожайности корнеплодов на 41,5%, сахаристости на 0,1% и сбору сахара на 41,8% по сравнению со стандартом. Также высокие показатели выявлены и у гибрида фирмы «Lion Seeds» Портланд, превысившего стандарт по урожайности на 33%, сахаристости на 6,0% и сбору сахара на 41,4%. Урожайность остальных гибридов иностранной селекции была значительно ниже стандарта, а сахаристость увеличивалась на 3,3-7,8 %. Невысокую урожайность зарубежных гибридов по сравнению с отечественными материалами можно объяснить недостаточной адаптивностью к условиям выращивания в Центральном Черноземье. Таким образом, не во всех случаях гибрид превосходит по своим свойствам родительские компоненты и проявляет гетерозис. Наиболее оптимально выращивать в зоне Центрального Черноземья отечественные материалы и использовать их полезные признаки.

Табл. 1.

Оценка продуктивности селекционного материала

№	Материал	Густота насаждений, тыс. шт.	% от стандарта		
			урожайность	сахаристость	сбор сахара
Стандарт	РМС-46	109,4	37,38 т/га	18,83	7,03 т/га
1	Σ ОП 1	120,1	102,5	111,4	114,2
2	МС -2113x Σ ОП 1	90,6	92,0	102,3	94,2
3	МС-2093	81,1	79,7	101,7	81,2
4	МС-2113	70,6	68,2	102,4	69,9
5	МС-Перла	72,8	69,7	102,5	71,5
6	Витязь	93,3	141,5	100,1	141,8
7	Земис	86,7	74,5	103,3	77,2
8	Шанон	93,9	78,8	103,7	79,4
9	Муррей	103,9	86,4	106,1	98,1
10	Хамбер	94,4	81,7	107,8	88,2
11	Гранате	87,8	83,6	103,9	86,9
12	Портланд	107,8	133,0	106,0	141,2
НСР ₀₅			4,98	0,37	0,94

Выведение и внедрение новых высокопродуктивных раздельноплодных гибридов сахарной свёклы, наиболее полно отвечающих требованиям индустриальных технологий возделывания, является одним из путей повышения экономической эффективности ее производства. Создание таких сортов связано с необходимостью решения ряда теоретических вопросов и дальнейшим совершенствованием методов селекции. В связи с необходимостью создания раздельноплодных сортов и гибридов свёклы с заданными параметрами, возрастает значимость разнообразного, хорошо изученного исходного материала. Успешному использованию в селекции способствует фактическое знание закономерностей наследования и взаимосвязей таких важных признаков как продуктивность, скороспелость, устойчивость к болезням, качество продукции, пригодность к механизированному возделыванию и уборке и др. Особую ценность представляют доноры этих признаков, в связи с использованием методов гибридной селекции: эффекта гетерозиса, цитоплазматической мужской стерильности.

Литература

1. Вавилов НИ. Селекция как наука. В кн.: Теоретические основы селекции растений. Общая селекция растений. Л.: ГИСХ совхозной и колхозной литературы; 1935; С. 17-74.
2. Ошевнев ВП., Грибанова НП. Улучшение компонентов гибридов сахарной свёклы в процессе поддерживающей селекции и первичного семеноводства. Доклады РАСХН. 2003;(1):11-15.
3. Буренин ВИ. Генетические ресурсы рода Beta L. (свёкла). СПб; 2007.

References

1. Vavilov N.I. [Selection as a science]. In: Teoreticheskiye Osnovy Selektzii Rasteniy. Obschaya Selektziya Rasteniy. Leningrad: GISH Sovkhoznoy i Kolkhoznoy Literatiry; 1935. P. 17-74.
2. Oshevnev VP, Gribanova NP. [Improving the components of sugar beet hybrids in supportive selection and primary seed farming]. Doklady RASKhN. 2003;(1):11-5.
3. Burenin VI. Geneticheskie Resursy Roda Beta L. (sviokla)]. Saint Petersburg; 2007.

«»

УДК:547.39

ОТКРЫТИЕ 4-НИТРОПИРАЗОЛИН-5-ОНОВ В КАЧЕСТВЕ НОВОГО ЛЕГКОДОСТУПНОГО СТРУКТУРНОГО КЛАССА ФУНГИЦИДОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

А.С. Будников^{1,2*}, Е.Р. Лопатьева¹, И.Б. Крылов^{1,2}, М.И. Шевченко¹, А.И. Иловайский^{1,2}, А.О. Терентьев^{1,2}

¹Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Москва, Россия; ²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская область, Россия

*Эл. почта: alsbudnikov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Разработка новых видов фунгицидов для сельского хозяйства и медицины необходима из-за повышения резистентности грибов к часто используемым соединениям. В качестве нового структурного класса фунгицидов нами были предложены 4-нитропиразолин-5-оны (нитропиразолоны, НПЗ) и разработан первый масштабируемый и практически применимый метод синтеза НПЗ, позволяющий получать их в мультиграммовых количествах без необходимости в дальнейшей очистке. Синтезированные НПЗ показали высокую фунгицидную активность в отношении широкого спектра

фитопатогенных грибов (*Venturia inaequalis*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium moniliforme*, *Bipolaris sorokiniana*, *Sclerotinia sclerotiorum*). По ингибированию роста мицелия они сравнимы или превосходят крезоксим-метил – широко применяемый и доступный фунгицид. Активность *in vitro* в отношении *S. aureus*, *C. albicans* и *A. niger* показала, что НПЗ перспективны против патогенов человека. Ключевыми для проявления их высокой фунгицидной активности являются ароматический заместитель у атома N1 и малые заместители, такие как метильные, в положениях C3 и C4 пиразолонового цикла.

Ключевые слова: нитрование, пиразолин-5-оны, фунгициды, защита растений, диоксид азота.

DISCOVERY OF NEW READILY AVAILABLE FUNGICIDES OF A NOVEL STRUCTURAL TYPE FOR CROP PROTECTION – 4-NITROPYRAZOLIN-5-ONES

A.S. Budnikov^{1,2*}, E.R. Lopat'eva¹, I.B. Krylov^{1,2}, M.I. Shevchenko¹, A.I. Ilovaisky^{1,2}, A.O. Terent'ev^{1,2}

¹N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; ²All-Russian Research Institute for Phytopathology, Moscow, Russia

*E-mail: alsbudnikov@gmail.com

The development of new types of fungicides for agriculture and medicine is necessary because of the increase in fungal resistance to commonly used compounds. As a new structural class of fungicides, we have proposed 4-nitropyrzolin-5-ones (nitropyrzolinones, NPZ), which express fungicidal activity against a wide range of phytopathogenic fungi (*Venturia inaequalis*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium moniliforme*, *Bipolaris sorokiniana*, *Sclerotinia sclerotiorum*). Inhibition of mycelial growth with NPZ is comparable or superior to the activity of kresoxim-methyl, a widely used and commercially available fungicidal drug. *In vitro* activity against *S. aureus*, *C. albicans* and *A. niger* suggest that NPZ are promising candidates against human pathogens. It was found that the key factors for the manifestation of the high fungicidal activity of NPZ are an aromatic substituent at the N1 atom and small substituents, such as methyl substituents, at the C3 and C4 positions of the pyrazolone ring.

Keywords: nitration, pyrazolin-5-ones, fungicidal compounds, crop protection, nitrogen dioxide.

Фитопатогенные грибы представляют одну из основных угроз для растениеводства.¹ Подсчитано, что в 2006 г. микробными болезнями было поражено 16% посевов в мире, причем 70–80% этих потерь были вызваны грибами.² По другим оценкам, в 2012 г. грибковые патогены уничтожили более 30% всех продовольственных культур в мире.^{3,4} Грибковые поражения растений не только наносят значительный экономический ущерб, но и представляют опасность для здоровья человека.^{4,5} Примерами опасных токсинов, продуцируемых фитопатогенными грибами, являются алкалоиды спорыньи (высокотоксичные соединения, продуцируемые грибами рода *Claviceps*),^{6–10} афлатоксины (канцерогенные микотоксины, продуцируемые некоторыми грибами рода *Aspergillus*)^{6–9,11,12} и трихотецены (микотоксины, продуцируемые в основном видами *Fusarium*).^{6–9}

Фунгициды являются основными средствами борьбы с грибковыми заболеваниями из-за их относительно низкой стоимости, простоты использования и эффективности.¹³ Долгосрочное использование фунгицидов со схожими механизмами действия оказывает значительное селекционное давление на популяции патогенов и повышает риск развития резистентности к противогрибковым препаратам.^{14–18} Только четыре типа фунгицидов, среди них дитиокарбаматы, ингибиторы деметилирования, стробилурины и ингибиторы сукцинатдегидрогеназы, составляют примерно 76% мирового рынка фунгицидов¹⁹. Вызывает озабоченность и развитие перекрестной резистентности у патогенных штаммов грибов вследствие использования подобных соединений как в медицине, так и в сельском хозяйстве.^{20–22} Таким образом, открытие новых классов фунгицидов с новым механизмом действия является важной задачей как для медицины, так и для защиты растений.^{23–28}

Ранее²⁹ нитропиразолоны (НПЗ) были обнаружены как новый класс сильнодействующих фунгицидов, но практический подход к их синтезу не был предложен, что ограничивало их потенциал для защиты растений. Разработанный ранее метод не был эффективен для синтеза N1-замещенных нитропиразолонов, тогда как заместитель при N1 был необходим для проявления фунгицидной активности. Основными целями настоящего исследования были разработка универсального, атомно-эффективного и масштабируемого метода синтеза фунгицидных НПЗ и установление ключевых структурных закономерностей, ответственных за их высокую фунгицидную активность. Использование оксида азота (IV), являющегося массовым промежуточным продуктом производства удобрений при синтезе азотной кислоты,³⁰ делает предлагаемый способ перспективным для практического применения.

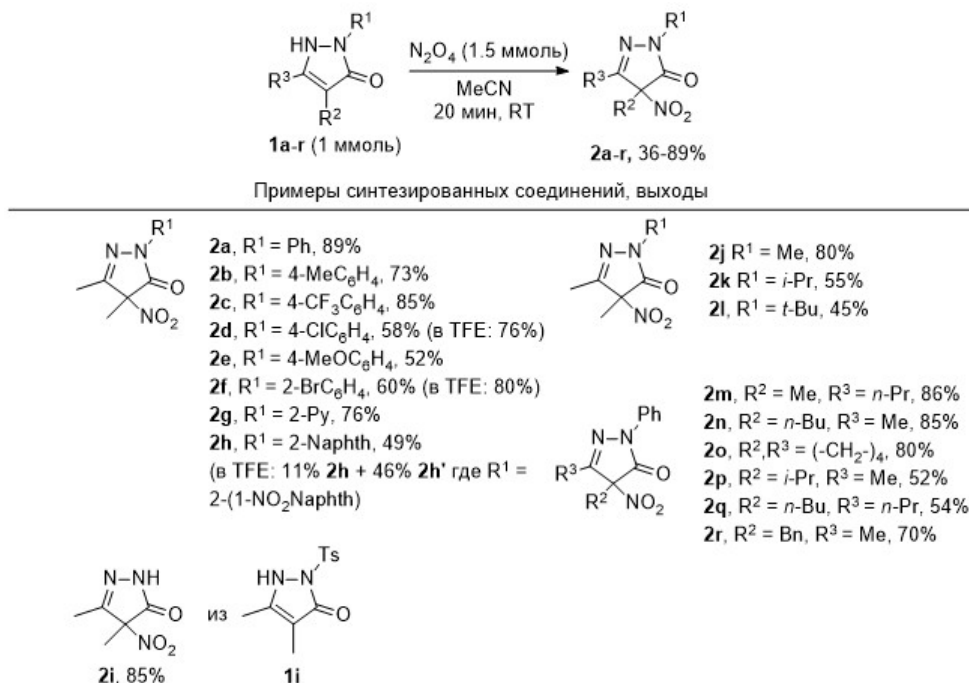


Рис. 1. Синтез нитропиразолонов 2а–г нитрованием пиразолин-5-онов 1а–г

Важной особенностью целевых НПЗ-фунгицидов является их структурная новизна. Наличие пиразолонового цикла и фрагмента *трет*-C(sp³)-NO₂ (необычное для известных нитросодержащих биоцидов) открывает новые перспективы в борьбе с резистентностью у фитопатогенных грибов. Уникальная структура, высокая активность, а также эффективность и экспериментальная простота предложенного в настоящей работе метода синтеза делают нитропиразолоны перспективными кандидатами на роль фунгицидов нового класса.

Разработан подход к селективному синтезу 4-нитропиразолин-5-онов с использованием диоксида азота в качестве нитрующего агента (Рис. 1).

Различные N-замещенные пиразолин-5-оны были превращены в 4-нитропиразолин-5-оны с выходами от умеренных до хороших. Разработанный метод совместим как с электронодефицитными, так и с электронно-избыточными арильными заместителями при атоме азота N1 (продукты 2a–h, выходы 49–89%). В некоторых случаях выходы были улучшены при проведении реакции в трифторэтанол (продукты 2d, 2f). Нитрование пиразолин-5-она 1h с 2-нафтильным заместителем в положении N1 в трифторэтаноле приводит к снижению выхода моонитропродукта 2h и образованию динитропродукта 2h' с выходом 46%. Введение нитрогруппы в нафтильное кольцо в среде трифторэтанола свидетельствует о том, что кислая природа этого растворителя активирует N₂O₄ для электрофильного нитрования. Необычную реакционную способность проявил пиразолин-5-он 1i с тозилльным заместителем у N1: наблюдалось образование N-незамещенного 4-нитропиразолин-5-она 2i. N-Алкилзамещенные пиразолоны 1j–l превращаются в соответствующие нитропродукты 2j–l с выходами от умеренных до хороших (45–80%). N-Фенил-4-нитропиразолин-5-оны 2m–г были успешно синтезированы из пиразолонов с различными заместителями R² и R³. Нитрование протекает гладко даже при легко окисляемой бензильной группе в реакционном центре (продукт 2r). Умеренный выход 2r был получен в случае пиразолин-5-она, содержащего изопропилный заместитель в положении C4, что можно объяснить стерическими затруднениями при реакционном центре.

На рис. 2 показана практическая применимость разработанного метода синтеза нитропиразолона 2a в многограммовом масштабе.

Этот простой и практически безотходный метод позволяет получать большое количество целевого НПЗ за короткое время.

На втором этапе исследования синтезированные нитропродукты были испытаны на фунгицидную активность в концентрации 10 мкг/мл в отношении 6 фитопатогенных грибов из разных таксономических классов: *V.i.* - *Venturia inaequalis*, *R.s.* - *Rhizoctonia solani*, *F.o.* - *Fusarium oxysporum*, *F.m.* - *Fusarium moniliforme*, *B.s.* - *Bipolaris sorokiniana*, *S.s.* - *Sclerotinia sclerotiorum* (Табл. 1). В качестве эталонного соединения использовали коммерчески доступный фунгицид крезоксим-метил.

Как видно из таблицы, соединение 2d проявляет наибольшую активность в отношении фитопатогенных грибов. В целом нитропиразолоны с электронодефицитными ароматическими системами при N1 (2c, 2d, 2f) демонстрируют более высокую активность по сравнению с 4-нитропиразолин-5-онами с электронно-богатыми ароматическими заместителями при N1 (2b, 2e). Соединение 2g с 2-пиридильной группой не проявляет значительной фунгицидной активности. Нитропиразолоны 2i–j, имеющие атом водорода или алкильный заместитель в положении N1, заметно уступают по активности 4-нитропиразолин-5-онам, содержащим арильные заместители в положении N1 (2a–2h'), вероятно, из-за недостаточной липофильности.^{17,31} N-Фенилзамещенные нитропиразолоны 2m–q с R² и R³ больше Me значительно менее активны, чем нитропиразолон 2a, у которого R² = R³ = Me. 4-Нитропиразолин-5-оны 2a, 2c, 2d превосходят по активности широко используемый в сельском хозяйстве коммерчески доступный фунгицид крезоксим-метил.

Лидерные фунгицидные нитропиразолоны 2a и 2d были исследованы на стандартных тест-культурах грибов и бактерий, патогенных для человека (табл. 2). В качестве стандартных соединений использовали флуконазол, клотримазол и рифабутин.

Соединения 2a и 2d оказались неактивными в отношении грамотрицательных *E. coli*, но проявляли активность в отношении грамположительных *S. aureus*. Выявленная селективность фунгицидного действия нитропиразолонов 2a и 2d перспективна для предотвращения дисбактериоза

Табл. 1.

In vitro фунгицидная активность синтезированных нитросоединений.

№	Соединение	Ингибирование роста мицелия (%) при 10 мг/л					
		<i>V. i.</i>	<i>R. s.</i>	<i>F. o.</i>	<i>F. m.</i>	<i>B. s.</i>	<i>S. s.</i>
1	2a	100	83	76	68	95	68
2	2b	64	46	26	58	47	40
3	2c	78	57	80	80	91	35
4	2d	98	100	89	98	97	78
5	2e	24	89	17	30	35	1
6	2f	92	88	27	38	89	58
7	2g	11	41	11	15	30	10
8	2h	52	61	26	62	63	37
9	2h'	29	94	10	53	51	4
10	2i	14	30	14	21	29	7
11	2j	8	35	6	3	6	10
12	2k	4	35	6	0	6	10
13	2l	10	26	6	2	9	17
14	2m	62	63	50	64	75	17
15	2n	33	52	21	37	44	17
16	2o	71	45	46	66	72	58
17	2p	33	52	19	31	23	7
18	2q	22	56	25	29	40	6
19	2r	22	50	37	43	34	19
20	4a	18	44	17	36	59	3
21	6a	0	38	6	16	2	13
22	6b	16	30	12	19	30	2
23	2a'	80	100	76	69	91	26
24	Крезоксим-метил	89	100	69	59	53	47

Табл. 2.

Бактерицидная и фунгицидная активность синтезированных нитропиразолонов in vitro в отношении патогенов человека в сравнении с известными противогрибковыми соединениями (флуконазол, клотримазол) и антибиотиками (рифабутин).

№	Соединение	Минимальная концентрация ингибирования (мкг/мл)			
		<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. albicans</i>	<i>A. niger</i>
1	2a	8	>256	2	4
2	2d	4	>256	1	16
3	флуконазол	>256	>256	4	8
4	клотримазол	4	>256	1	1
5	рифабутин	0.0019	8	-	-

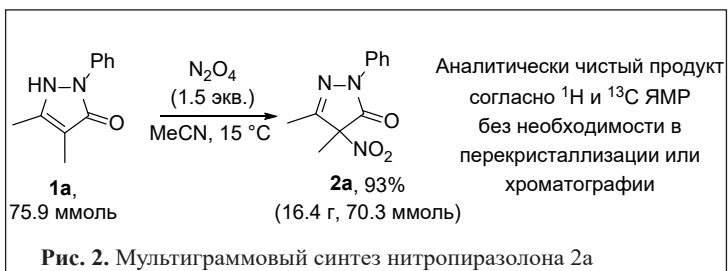


Рис. 2. Мультиграммовый синтез нитропиразолона 2a

при лечении грибковых заболеваний. Активность нитропиразолонов **2a,d** в отношении *C. albicans* и *A. niger* сравнима с активностью широко используемых противогрибковых препаратов флуконазола и клотримазола. Эти результаты показывают, что синтезированные нитропиразолоны представляют интерес не только для защиты растений, но и имеют потенциал для разработки противогрибковых препаратов.

Таким образом, разработан простой и масштабируемый метод синтеза фунгицидных нитропиразолонов, представляющих новый класс фунгицидов, по активности сравнимых или превосходящих коммерческие фунгициды. Определены ключевые структурные закономерности, ответственные за высокую фунгицидную активность. Помимо активности в отношении фитопатогенных грибов, синтезированные НПЗ также обладают высокой активностью в отношении патогенов человека (*S. aureus*, *C. albicans*, *A. niger*).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-73-20190.

Литература/References

1. Brauer VS, Rezende CP, Pessoni AM et al. Antifungal agents in agriculture: Friends and foes of public health. *Biomolecules* 2019;9(10):521.
2. Oerke E-C. Crop losses to pests. *J Agric Sci.* 2006;144(1):31-43.
3. Fisher MC, Henk D.A, Briggs CJ et al. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*, 2012;484(7393):86-94.
4. Tleuova AB, Wielogorska E, Talluri VSSLP et al. Recent advances and remaining barriers to producing novel formulations of fungicides for safe and sustainable agriculture. *J Controlled Release.* 2020;326:468-481.
5. Strange RN, Scott PR. Plant disease: a threat to global food security. *Annu Rev Phytopathol.* 2005;43(1):83-116.
6. Bennett JW, Klich M. Mycotoxins. *Clin Microbiol Rev.* 2003;16(3):497-516.
7. Richard J L. Some major mycotoxins and their mycotoxins—an overview. *Int J Food Microbiol.* 2007;119(1–2):3-10.
8. Luo Y, Liu X, Li J. Updating techniques on controlling mycotoxins - a review. *Food Control.* 2018;89:123-32.
9. De Ruyck K, De Boevre M, Huybrechts I, De Saeger S. Dietary mycotoxins, co-exposure, and carcinogenesis in humans: short review. *Mutat Res.* 2015;766:32-41.
10. Debegnach F, Patriarca S, Brera C, et al. Ergot alkaloids in wheat and rye derived products in Italy. *Foods.* 2019;8(5):150.
11. Ingenbleek L, Sulyok M, Adegboye A, et al. Regional Sub-Saharan Africa total diet study in Benin, Cameroon, Mali and Nigeria reveals the presence of 164 mycotoxins and other secondary metabolites in foods. *Toxins.* 2019;11(1):54.
12. Strosnider H, Azziz-Baumgartner E, Banziger M, et al. Workgroup report: public health strategies for reducing aflatoxin exposure in developing Countries. *Environ Health Perspect.* 2006;114(12):1898-903.
13. Cooper J, Dobson H. The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Prot.* 2007;26(9):1337-48.
14. Lesemann SS, Schimpke S, Dunemann F, Deising HB. Mitochondrial heteroplasmy for the cytochrome b gene controls the level of strobilurin resistance in the apple powdery mildew fungus *Podosphaera leucotricha* (Ell. & Ev.) E.S. Salmon. *J Plant Dis Prot.* 2006;113(6):259-66.
15. Baibakova EV, Nefedjeva EE, Suska-Malawska M, Wilk M, Sevriukova GA, Zheltobriukhov VF. Modern fungicides: mechanisms of action, fungal resistance and phytotoxic effects. *Annu Res Rev Biol.* 2019:1-16.
16. Lucas JA, Hawkins NJ, Fraaije BA. The evolution of fungicide resistance. *Adv Applied Microbiol.* 2015; 90:29-92.
17. Zhang Y, Lorsbach BA, Castetter S, et al. Physicochemical property guidelines for modern agrochemicals. *Pest Manag Sci.* 2018;74:1979-91.
18. Ishii H, Hollomon DW, Eds. *Fungicide Resistance in Plant Pathogens.* Tokyo: Springer Japan; 2015.
19. Jeschke P. Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. *Pest Manag Sci.* 2016;72(3):433-55.
20. Myung K, Klittich CJR. Can agricultural fungicides accelerate the discovery of human antifungal drugs? *Drug Discov Today.* 2015;20:7-10.
21. Jampilek J. Potential of agricultural fungicides for antifungal drug discovery. *Expert Opin Drug Discov.* 2016;11(1):1-9.
22. Roilides E, Iosifidis E. Acquired resistance in fungi: how large is the problem? *Clin Microbiol Infect.* 2019;25(7):790-1.
23. Blokhina SV, Sharapova AV, Ol'khovich MV, Doroshenko IA, Levshin IB, Perlovich GL. Synthesis and antifungal activity of new hybrids thiazolo[4,5-d]pyrimidines with (1H-1,2,4)triazole. *Bioorg Med Chem Lett.* 2021;40:127944.
24. Yang Y-D, He Y-H, Ma K-Y, et al. design and discovery of novel antifungal quinoline derivatives with acylhydrazide as a promising pharmacophore. *J Agric Food Chem.* 2021;69(30):8347-57.
25. Xia D, Cheng X, Liu X, et al. Discovery of novel pyrazole carboxylate derivatives containing thiazole as potential fungicides. *J Agric Food Chem.* 2021;69(30):8358-65.
26. Wang W, Li Z, Gao W, et al. Design, synthesis, and evaluation of novel isothiazole-purines as a pyruvate kinase-based fungicidal lead compound. *J Agric Food Chem.* 2021: acs.jafc.1c01651.
27. Long Z-Q, Yang L-L, Zhang J-R, et al. Fabrication of versatile pyrazole hydrazide derivatives bearing a 1,3,4-oxadiazole core as multipurpose agricultural chemicals against plant fungal, oomycete, and bacterial diseases. *J Agric Food Chem.* 2021;69(30):8380-93.
28. Obydenov KL, Kalinina TA, Galieva NA, Beryozkina TV, Zhang Y, Fan Z, Glukhareva TV, Bakulev VA. Synthesis, fungicidal activity, and molecular docking of 2-acylamino and 2-thioacylamino derivatives of 1H-benzo[d]imidazoles as anti-tubulin agents. *J Agric Food Chem.* 2021;69(40):12048-62.
29. Krylov IB, Budnikov AS, Lopat'eva ER, Nikishin GI, Terent'ev AO. Mild nitration of pyrazolin-5-ones by a combination of Fe(NO₃)₃ and NaNO₂: discovery of a new readily available class of fungicides, 4-nitropyrazolin-5-ones. *Chem Eur J.* 2019;25(23):592233.
30. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 1st ed. John Wiley & Sons; 2000.
31. Dehne H-W, ed. *Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI: Proc 16th Int Reinhardtsbrunn Symp April 25-29 2010 Friedrichroda Germany.* Braunschweig: Spectrum Phytomedizin DPG: 2011.

<>

УДК 575.25.4; 575.224.46.044; 631.8; 661.162.66

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ И ФЕНОТИПИЧЕСКИХ АКТИВАТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ, РАЗРАБОТАННЫЕ И.А. РАПОПОРТОМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ)*

Л.И. Вайсфельд¹, Н.А. Боме²

¹Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук (Москва)

и ²Тюменский государственный университет (Тюмень), Россия

Эл. почта: ¹liv11@yandex.ru; ²bomena@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; принята к печати 21.11.2022

В условиях климатических колебаний, нередко приводящих к возникновению различных стрессов в течение вегетационного периода, все большую актуальность приобретает необходимость увеличения генетического разнообразия сельскохозяйственных растений с привлечением различных методов. Одним из них является метод экспериментального мутагенеза, зарекомендовавший себя перспективным для сельскохозяйственной практики как в России, так и за рубежом. На основе литературных источников изложена краткая история открытия мутагенеза, индуцированного ионизирующей радиацией и химическими веществами. Дан обзор материалов по разработке И.А. Рапопортом принципиально новой теории химического мутагенеза и методам его применения. Открытие И.А. Рапопортом фенотипических активаторов роста и развития растений позволяет в современных условиях повысить устойчивость растений к воздействию абиотических и биотических факторов окружающей среды и существенно снизить пестицидную нагрузку на агроценозы, что подтверждено исследованиями и проверкой пара-аминобензойной кислоты (ПАБК) на практике. Приводятся исторические факты, касающиеся событий, связанных с борьбой генетиков, крупнейших физиков и известных ученых биологических специальностей в постсталинский период с ненаучными и разрушительными для сельского хозяйства тенденциями, реализуемыми Лысенко.

Ключевые слова: радиационный и химический мутагенез, дрозофила, сессия VASKhNIL, пара-аминобензойная кислота.

THEORETICAL ASPECTS OF CHEMICAL MUTAGENS AND PHENOTYPIC GROWTH ACTIVATORS DEVELOPED BY I.A. RAPOPORTOM (A REVIEW)*

L.Y. Weisfeld¹, N.A. Bome²

N.M. Emanuel Institute of Biochemical Physics, the Russian Academy of Sciences (Moscow) and Tyumen State University (Tyumen), Russia

Email: ¹liv11@yandex.ru; ² bomena@mail.ru

Under the conditions of climatic fluctuations, which often lead to various stresses during the growing season, the need to increase the genetic diversity of agricultural plants by various methods is becoming increasingly important. One of the methods is experimental mutagenesis, which has proved to be promising for agricultural practice both in Russia and abroad. Based on literature sources, a brief history of the discovery of mutagenesis induced by ionizing radiation and chemicals is presented. Information about the development of a fundamentally new theory of chemical mutagenesis by I.A. Rapoport and of methods of its application is reviewed. The discovery of phenotypic activators of plant growth and development makes it possible under current conditions to increase plant resistance to the effects of abiotic and biotic environmental factors and to reduce significantly pesticide load on agroecosystems. These claims are confirmed by studies and practical tests of para-aminobenzoic acid (PABA). Some facts related to the struggle of outstanding geneticists, physicists and biologists in the post-Stalin period against the anti-scientific trends implemented by Lysenko, which were destructive for agriculture, are presented.

Keywords: radiation and chemical mutagenesis, *Drosophila*, VASKhNIL session, para-aminobenzoic acid.

* Полный текст статьи опубликован в журнале Биосфера (2022;14(3):245-53), DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.689

«»

УДК:631.527:633:574

ВЗАИМОСВЯЗЬ УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТА К ФУЗАРИОЗНЫМ КОРНЕВЫМ ГНИЛЯМ И НИЗКИМ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Н.М. Велижанов

ГБПОУ Республики Дагестан «Аграрный колледж», г. Дагестанские Огни, Дагестан, Российская Федерация

Эл. почта: nizamivelijanov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Выращивание томата в Дагестане имеет свои особенности, связанные с климатическими условиями региона. С одной стороны, прохладные погодные условия в ранневесенний период после высадки рассады в открытом грунте, начиная с середины апреля; с другой стороны, высокие летние температуры, сопровождающиеся воздушной засухой, создающие стрессовые условия для роста и развития генеративных органов растений среднеспелого, среднепозднего и позднего сроков созревания. Целью наших исследований было выявление взаимосвязи фузариозоустойчивости с устойчивостью к холоду на ранних этапах развития растений, а также влияния условий года на поражаемость томата фузариозной корневой гнилью. Установлена положительная корреляция между степенью всхожести и длиной корешка при низких положительных температурах в контролируемых условиях, а также между уровнем холодостойкости и фузариозоустойчивостью в полевых условиях. Выявлены эффективные доноры устойчивости и перспективные популяции для использования в селекции томата. Выявлено, что контрастные по устойчивости генотипы томата формируют общие или близкие генотипы с родственными потомственными популяциями, особенно с бек-кроссными, что свидетельствует о высокой наследственности фузариозоустойчивости. Установлена ведущая роль наследственности в проявлении устойчивости к фузариозу при взаимодействии с условиями года, свидетельствующая о том, что устойчивые сорта томата (Новичок, Грант, Топаз) являются надежными донорами фузариозоустойчивости и обладают высоким потенциалом для селекционных программ.

Ключевые слова: генотип, сорт, селекция, томат, среда, стресс, фузариоз, корешок, всхожесть.

CORRELATION BETWEEN TOMATO RESISTANCE TO FUSARIUM WILT AND TO LOW POSITIVE TEMPERATURES

N.M. Velizhanov

Agrarian College, Dagestanskiye Ogn, the Republic of Dagestan, the Russian Federation

*Email: nizamivelijanov@mail.ru

Growing tomatoes in Dagestan is peculiar because of the climatic conditions of the region. On the one hand, the weather is cool in early spring, after planting seedlings in the open ground, starting in mid-April; on the other hand, high summer temperatures associated with an air drought create stressful conditions for the growth and development of the generative organs of plants featuring medium, medium-late and late ripening. The purpose of our research was to identify relationships between resistance to fusariosis and resistance to cold at the early stages of plant development, as well as the impact of yearly conditions on the susceptibility of tomato to fusariosis root rot. There was found a significant positive correlation between the degree of germination and the length of roots at low positive temperatures under controlled conditions, as well as between the levels of resistance to cold and fusariosis in the field. Effective donors of resistance and promising populations for use in tomato breeding have been identified. It has been revealed that the contrasting genotypes of tomato form common or close genotypes with related hereditary populations, especially backcrosses, which indicates a high heritability resistance to fusariosis. The leading role of genotype in the manifestation of resistance to fusariosis as it relates to yearly conditions has been established, indicating that sustainable varieties of tomato (Novichok, Grant, Topaz) are reliable donors of resistance to fusariosis and have high potential for breeding programs.

Keywords: genotype, variety, selection, tomato, environment, stress, fusarium, root, germination.

Достижение устойчивости томата к биотическим и абиотическим стрессам является важной практической задачей во многих регионах возделывания этой культуры [1,2], включая Республику Дагестан. Распространность грибов рода *Fusarium* в почве и частые случаи снижения температуры после посадки растений томата в поле являются весьма благоприятными условиями для развития фузариозной корневой гнили. С каждым годом в зоне наших исследований наблюдается возрастание вредоносности развития фузариозного увядания. Его распространению благоприятствуют климатические условия приморских районов Дагестана, а также недостаточно эффективные защитные мероприятия и нарушение севооборота. При высокой температуре агрессивность грибов по отношению к рассаде объясняется ослабленным иммунитетом растений и отсутствием в почве активных антагонистов и конкурентов патогенов [3]. В условиях Республики Дагестан болезнь отмечается на протяжении всего вегетационного периода, но особенно вредоносна она на ранних этапах онтогенеза, проявляясь в виде гниения семян, побуревших, некротических семян и/или глубоких язв на корнях, а на более поздних этапах вегетации – в виде увядания растений. Вид *Fusarium oxysporum* и особенно его разновидность *F. oxysporum* var. *orthoceras* выделяются из больных корней с наибольшей частотой [3, 4].

Для формирования фенотипа большое значение имеет взаимодействие генотип-среда. Согласно некоторым данным, некоторые блоки генов особо чувствительны к изменению среды, и их исключение из селекционных программ может быть эффективной стратегией в разрешении проблем, связанных с таким взаимодействием [5, 6].

При оценке селекционного материала важным является удачный выбор тест-параметров. По мнению некоторых авторов, многочисленные характеристики корня делают его удобным объектом для системного подхода и анализа [6, 7]. Выявлено, что холодовой стресс на ранних стадиях спорофита томата оказывает значимое влияние на длину корешка, что позволяет проводить отбор холодоустойчивых генотипов по данному показателю [8].

Целью наших исследований было выявление взаимосвязи фузариозоустойчивости с устойчивостью к холоду на ранних этапах развития растений, а также влияния условий года на поражаемость томата фузариозной корневой гнилью.

Материалы и методы

В качестве материала были выбраны 10 образцов-родителей и 8 гибридов томата: Новичок, Л 20/07, Л 20/11, Грант, Топаз, Марти, Бела, Лотос, Спартак, Колорадо, F3(Новичок×Грант)×Грант, F4 Новичок×Грант, F3 (Топаз×Марти)×Л 43/2, F3 (Бела×Лотос)×Новичок, F4 Бела×Лотос, F3 (Талисман×Спартак)×Л 41/4, F3 Колорадо×Марти.

Устойчивость к холоду оценивали по всхожести семян, длине корешка, биомассе растений, выращенных в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге при температуре 10°C в течение 21 суток в условиях климатической камеры. Опыт проводили в 3 повторностях. Проанализировали по 90 растений у родительских форм и 150 у гибридов. Устойчивость к фузариозной корневой гнили оценивали на этапе созревания плодов по 6-бальной шкале: 0 – иммунные, 1 – высокоустойчивые, 2 – устойчивые, 3 – средневосприимчивые, 4 – восприимчивые, 5 – сильновосприимчивые (гибель растения). Полученные данные были обработаны методами факторного и кластерного анализов в пакете программ STATISTICA 7 [9, 10].

Результаты исследований

Было установлено, что всхожесть семян томата при температуре 10° С варьировала у родительских форм в пределах 62,4–100%, а у гибридных – 84,3–96,4%. Наибольшей всхожестью отличались сорта Новичок, Марти, Лотос и Колорадо (92,6–97,2%), а наименьшей – Грант, Бела (61,6%) и Л 20/07, Л 20/11 (81,7%). Следует отметить, что гибридные популяции, полученные при участии родительских форм Новичок и Лотос, отличались наиболее высокой всхожестью по сравнению с популяциями, полученными при участии сорта Бела, характеризующегося более низким уровнем показателя.

Измерение длины корешка у родительских форм растений показало довольно высокую варибельность признака: 6,6–23,2 мм. Наибольшие значения отмечены у сорта Новичок, а наименьшие – у сорта Грант. У гибридных форм также наблюдается значительная гетерогенность признака. Вклад генетического фактора в показатель «длина корешка» особенно очевиден у бек-кроссной популяции F3(Новичок × Грант) × Грант. Следовательно, генетическая детерминизм устойчивости к холоду проявляется как в способности семян к всхожести, так и влиянию на рост корешка при 10°C.

Кроме того установлено, что между уровнем всхожести семян и длиной корешка существует положительная корреляция ($r = 0,58$). Таким образом, длина корешка является не только характеристикой сорта, но и показателем устойчивости томата к холоду. Представляют интерес особенности сходства/отличия родителей и популяций-потомков. Так, установлена высокая степень сходства бек-кроссной популяции F3(Новичок × Грант) × Грант и простой популяции F4 Новичок × Грант с родительской формой Новичок, а также бек-кроссной популяции F3 (Бела × Лотос) × Новичок и простой популяции F4 × Лотос с устойчивой родительской формой Лотос, что свидетельствует о значительном вкладе генных аллелей резистентных родителей в проявление реакции потомков к холоду. Выявлено, что в 2018 году, характеризующем сильной засухой, родительские формы, за исключением сорта Колорадо, дифференцировались довольно слабо по степени поражаемости фузариозной корневой гнилью. В 2020 и 2021 годах – более благоприятных по погодным условиям для развития томата - сорта практически разделились на 2 группы. Наиболее поражаемыми оказались Марти, Лотос, Бела.

Свойства гибридов, созданных с участием родителей Новичок, Грант, Спартак, Колорадо, особенно при бек-кроссных скрещиваниях, свидетельствуют о целесообразности их использования в качестве надежных доноров устойчивости к фузариозной корневой гнили томата.



Рис. 1. Рассада томата (Новичок), пораженная фузариозом

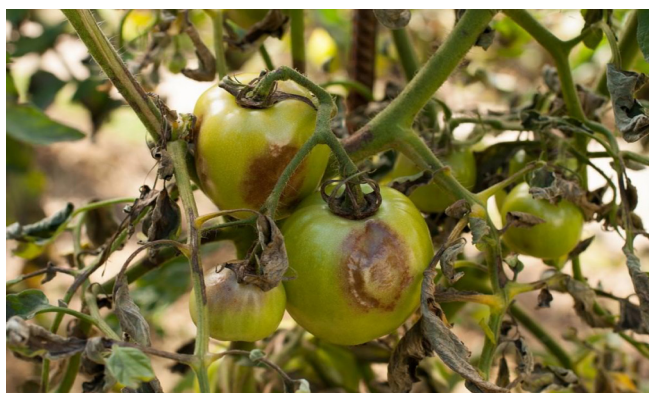


Рис. 2. Растения томата (сорт Лотос), пораженные фузариозом

Заключение

Устойчивость томата к низким положительным температурам на раннем этапе развития растений генетически детерминирована и взаимосвязана с устойчивостью взрослых растений к фузариозной гнили в полевых условиях. Контрастные по устойчивости генотипы томата формируют общие или близкие генотипы с родственными потомственными популяциями, особенно с бек-кроссными, что свидетельствует о высокой наследственности фузариозоустойчивости. Установлена ведущая роль генотипа в проявлении устойчивости к фузариозу при взаимодействии с условиями года, свидетельствующая о том, что устойчивые сорта томата (Новичок, Грант, Топаз) являются надежными донорами фузариозоустойчивостью и обладают высоким потенциалом для селекционных программ.

Литература

1. Андрищенко ВК. Селекционно-генетические методы улучшения качества овощей. Кишинев: Штиинца; 1987.
2. Буренин ВИ, Пискунова ТМ. Потенциал наследственной изменчивости овощных растений по важным хозяйственным признакам. В кн.: 3-я Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы». Москва; 2012. С. 157-67.
3. Мамедов МИ, Пышная ОН., Пивоваров ВФ. Селекция томата, перца и баклажана на адаптивность. М.: 2002.
4. Белика ВФ, ред. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве М.: Агробиоиздат; 1992.
5. Доспехов БА, ред. Методика полевого опыта. М.; 1985.
6. Карбанович ТМ. Методы биотехнологии в современной селекции овощных культур. В кн.: Овощеводство на рубеже третьего тысячелетия: Минск; 2004. С. 141-150.
7. Пивоваров ВФ, Добруцкая ЕГ. Экологические основы селекции и семеноводства. М.; 2000.
8. Кулинцев ВВ, Чумакова ВВ, Кравцов ВВ. Сорта и гибриды сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНЦ». Ставрополь; 2018.
9. Шульгин ИА, Страшная АИ. Солнечная радиация и агрометеорологическая оценка состояния посевов сельскохозяйственных культур и их урожайности. В кн.: VIII съезд Общества физиологов растений России и Всероссийская научная конференция «Растения в условиях глобальных и локальных природно-климатических и антропогенных воздействий». 2015. С. 603.

References

1. Andriushenko VK. Seleksionno-Geneticheskiye Metody Uluchsheniya Kachestva Ovoschte [Selection Genetic Methods for Improving the Quality of Vegetables]. Kishinev: Shtiintsa; 1987.
2. Burenin VI, Piskunova TM. [Potential of hereditary variability of vegetable plants for important economic characteristics. In: 3-ya Mezhdunarodnaya Nauchno-Prakticheskaya Konferentsiya "Sovremennyye Tendentsii v Seleksii i Semenovodstve Ovoschnykh Kultur. Traditsii i Perspektivy. [3 International Scientific and Practical Conference "Modern Trends in Selection and Seed Production of Vegetable Crops. Traditions and prospects". Moscow; 2012. P. 157-167.
3. Mammadov MI, Pyshnaya ON, Pivovarov VF. Seleksiya Tomaata, Pertsy i Baklazhana na Adaptivnost [Selection of Tomato, Pepper and Eggplant for Adaptability]. Moscow; 2002.
4. Belik VF, ed. Metodika Opytnogo Dela v Ovoschevodstve i Bakhchevodstve. [Methods Experimentation in Vegetable and Melon Culturing]. Moscow: Agrokhimizdat; 1992.
5. Dospikhov BA. Metodika Polevogo Opyta [Techniques of Field Experiments]. Moscow: Agropromizdat; 1985.
6. Karbanovich TM. [Methods of biotechnology in the modern selection of vegetable cultures]. In: Ovoschevodstvo na Rubezhe Tretyego Tssiacheletiya [Vegetable Growing at the Turn of the Third Millennium]. Minsk; 2004. P. 141-50.
7. Pivovarov VF, Dobrutsкая YeG. Tkologicheskiye Osnovy Seleksii i Semenovodstva [Ecological Foundations of Selection and Seed Production. Moscow: 2000.
8. Kulintsev VV, Chumakova VV, Kravtsov VV. Sorya i Gibridy Selskokhoziaystvennykh Kultur Seletsii FBGNU "Severo-Kavkazskiy FNATs Stavropol; 2018.
9. Shulgin IA, Strashnaya AI. [Solar radiation and agrometeorological assessment of the state of agricultural crops and of their yields]. In: VIII Syezd Obschestva Fiziologov Rateniy Rossii i Vserossiyskaya Nauchnaya Konfrentsiya "Rasteniya v Usloviyakh Globalnykh i Lokalnykh Prirodno-Klimaticheskikh i Antropogennykh Vozdeystviy. 2015. P. 603 congress of the society of plant physiologists of Russia and the all-Russian scientific conference "Plants in the conditions of global and local natural-

<>

УДК:633.63:632:631.8

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ К БОЛЕЗНЯМ ХРАНЕНИЯ

С.А. Ветрова*, Е.Г. Козарь, И.А. Енгальцева, К.С. Мухина

ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», пос. ВНИИССОК, Одинцовский район, Московская область, Россия

*Эл. почта: lana-k2201@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 07.12.2022

Ввиду ухудшения фитопатологической обстановки актуальным в селекции свеклы столовой стало повышение устойчивости сортов и гибридов к возбудителям болезней. В Московской области потери урожая свеклы во время длительного хранения могут достигать 25-60%, в связи с чем большое значение имеет использование существующих и выведение новых устойчивых к болезням хранения сортов и гибридов F₁. Цель публикуемых исследований - оценка линейного материала свеклы столовой и выделение источников со стабильной устойчивостью к кагатным гнилям, в сочетании с требуемым комплексом хозяйственно ценных признаков. В нашу работу были включены 244 стерильных линии ms-A и 187 фертильных линий mf-B (закрепители стерильности), которые были получены в лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов. Корнеплоды выращивали в пленочной теплице опытно-производственной базы ФГБНУ ФНЦО (Одинцовский район, Московская область) в 2017-2021 годах и хранили в контейнерах при температуре 1...2°C и влажности 90-92% семь месяцев. Фитосанитарный мониторинг распространенности болезней при хранении корнеплодов свеклы столовой, идентификацию выделенных возбудителей проводили на базе лаборатории иммунитета и защиты растений согласно общепринятым методикам. Показано, что основу патогенного комплекса микозных болезней в нашем материале составляют представители родов *Fusarium*, *Phoma* и *Alternaria*, реже стали встречаться грибы из родов *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Penicillium*. В большинстве случаев на пораженных корнеплодах одновременно присутствуют несколько видов возбудителей. Выявлены особенности распределения образцов по устойчивости к болезням хранения в группах фертильных линий mf-B и полученных с их участием стерильных линий ms-A на разных этапах селекционного процесса. Отобраны 30 перспективных линий и шесть изогенных пар на основании стабильной по годам устойчивости к болезням хранения и других хозяйственно ценных признаков, которые включены в селекцию новых трехлинейных гибридов свеклы столовой.

Ключевые слова: свекла столовая, линейный материал, устойчивость, корнеплод, хранение, кагатные гнили, отбор.

ASSESSMENT OF THE RESISTANCE OF THE BREEDING MATERIAL OF TABLE BEET TO STORAGE DISEASES

S.A. Vetrova*, E.G. Kozar, I.A. Engalycheva, K.S. Muhina

Federal Scientific Vegetable Breeding Center (VNISSOK), Odintsovo District, Moscow Region, Russia

*E-mail: lana-k2201@rambler.ru

Because of the deterioration of the phytopathological situation, it is expedient to increase the resistance of varieties and hybrids to plant disease agents. In the Moscow Region, beet crop losses during long-term storage can reach 25-60% or more. Therefore, the use of existing and the development of new storage-disease resistant varieties and hybrids becomes increasingly important. The aim of the present study was to evaluate table beet lines and to identify sources of stable resistance to clamp rot and associated valuable traits. The work included 244 sterile ms-A lines and 187 fertile mf-B lines (sterility fixers) of table beet developed at the Laboratory of Breeding and Seed Production of Table Root Crops. The beet plants were grown in a film greenhouse at the Experimental Production Unit of the Federal Scientific Vegetable Breeding Center (Odintsovo District, Moscow Region) in 2017-2021 and stored in containers at 1...2 °C temperature and 90-92% humidity for seven months. Phytosanitary monitoring of the prevalence of diseases during storage and identification of isolated pathogens were carried out using the facilities of Laboratory of Plant Immunity and Protection according to generally accepted methods. It was shown that, under the current conditions in Moscow Region, the basis of the pathogenic complex of mycotic diseases of table beet root crops is formed by pathogens from the genera *Fusarium*, *Phoma* and *Alternaria*, fungi from the genera *Botrytis*, *Sclerotinia*, and *Penicillium* becoming less common. In most cases, several types of pathogens are simultaneously present on affected beet roots. The characteristics of the distribution of samples by their resistance to storage conditions at different stages of breeding process were determined in the groups of fertile mf-B lines and of the sterile ms-A lines that were obtained using the former ones. The lines were identified that were promising from the point of view of stable long-term resistance to storage diseases and of other economically valuable and thus should be used in breeding for creating new three-line hybrids of table beet.

Keywords: beetroot, resistance, linear material, root crop, storage, cahate rot, selection.

Введение

В современной селекции свеклы столовой актуальным является повышение устойчивости сортов и гибридов к возбудителям наиболее вредоносных болезней, что обусловлено значительными потерями урожая в поле и при хранении [1, 2, 3]. В последние годы наблюдается ухудшение фитопатологической обстановки, что связано с нарастанием агрессивности местных рас патогенов, а также интродукцией новых рас, источниками которых являются импортный семенной материал и ввозимая товарная продукция [4]. В условиях Московской области наибольшие потери урожая свеклы столовой - до 25-60% - отмечаются во время длительного хранения. В этот период патоконкомплекс пораженных корнеплодов представлен широким спектром возбудителей, состав и соотношение которых меняется в зависимости от года, сорта и места выращивания [5]. Использование химических препаратов при борьбе с болезнями зачастую неэффективно или неприемлемо. Поэтому в интегрированной системе защиты большое значение имеет как использование существующих, так и выведение новых устойчивых к болезням хранения сортов и гибридов. Это позволяет снизить пестицидные нагрузки и избежать больших потерь урожая [6, 7]. Важным этапом при создании таких сортов и гибридов является ежегодная оценка разнообразного селекционного материала и поиск источников со стабильной устойчивостью к кагатным гнилям в сочетании с требуемым комплексом хозяйственно ценных признаков.

Большинство возбудителей кагатных гнилей относятся к неспециализированным патогенам, устойчивость к которым во многом определяется неспецифическими защитными реакциями растений при инфицировании. Этот тип устойчивости имеет сложный генетический контроль, обусловленный взаимодействием ряда независимых наследуемых генов в сочетании со многими второстепенными. При этом многие возбудители гнилей продуцируют токсины, механизм генетического контроля устойчивости к которым отличается от устойчивости к самому патогену. Считается, что эти два механизма наследуются различно и независимо, в первом случае - ядерными генами, во втором - цитоплазматическими, что осложняет селекцию на групповую устойчивость [8].

При создании устойчивых к болезням межлинейных гибридов F_1 на основе ЦМС большую роль играет подбор родительских компонентов, что определяет не только продуктивность, но и устойчивость к биотическим факторам [9, 10]. Поэтому иммунологическая оценка на устойчивость к болезням у создаваемых стерильных ms-линий (А) и фертильных mf-линий закрепителей стерильности (В) является важным этапом селекционного процесса.

Материал, условия и методы исследований

Материалом исследований являлись корнеплоды селекционных линий свеклы столовой, выращенные в пленочной теплице опытно-производственной базы ФГБНУ ФНЦО (Одинцовский район, Московская область) в 2017-2021 годах. Корнеплоды хранили в контейнерах, в овощехранилище, при температуре 1...2°C и влажности 90-92%, в течение семи месяцев (со 2 декады сентября по 2 декаду апреля). Были изучены 244 стерильных линий ms-A и 187 фертильных линий mf-B (закрепители стерильности), полученных из сортовых и гибридных популяций отечественного и иностранного происхождения.

Фитосанитарное обследование в период хранения, отбор пораженных корнеплодов при весеннем анализе, идентификацию видового состава патогенов, степень поражения и уровень устойчивости селекционного материала проводили на базе лаборатории селекции и семеноводства столовых корнеплодов и лаборатории иммунитета и защиты растений, используя соответствующие методики и определители [4, 11-16, 18]. Дифференциацию селекционного материала по группам устойчивости проводили по следующей градации в зависимости от показателя распространенности (Р) болезни в образце: I - практически устойчивые (P=0%); II - относительно устойчивые (P=1-20%), III - средневосприимчивые (P=21-50%) и IV - восприимчивые (P=51-85%).

Для иммунологической оценки устойчивости сортопопуляций свеклы столовой *in vitro* использовали наиболее вирулентные изоляты разных грибов из родов *Fusarium* (фузариоз), *Phoma* (фомоз), *Sclerotinia* (белая гниль) из коллекции лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФНЦО, путем нанесения агаровых блоков десятисуточной культуры возбудителей на среде Чапека (в контроле - стерильный агаровый блок) на высеченные из корнеплодов диски. Повторность десятикратная. Для изучения полиморфизма по устойчивости индивидуальных генотипов в каждой линейном образце отбирали наиболее типичные маточные корнеплоды без внешних признаков поражения, у которых отрезали 1/3 нижней части, делили на диски и проводили инфицирование аналогичным способом. Учет степени поражения делали на седьмые сутки после заражения измерением диаметра и глубины зоны поражения и расчетом объема зоны поражения ($V_{п}$, см³), который является наиболее информативным критерием оценки уровня устойчивости как сортопопуляции в целом, так и внутривоупуляционного полиморфизма ($Cv > 60\%$). Статистического обработку данных проводили по [17] с использованием программ LightCycler® 480 SW 1.5.1 и MS EXEL 2010.

Результаты

В результате фитопатологической экспертизы корнеплодов свеклы столовой с признаками поражения было выявлено, что в большинстве случаев на пораженных корнеплодах одновременно присутствовали несколько видов возбудителей (смешанные гнили). Основу патогенного

комплекса микозных гнилей составляли грибы из родов: *Fusarium* (фузариоз), *Phoma* (фомоз), *Alternaria* (черная сухая гниль), *Botrytis* (серая гниль), *Sclerotinia* (белая гниль), *Penicillium*, *Cladosporium*. В 2018 и 2020 годах доминирующим видом в составе фитокомплекса были грибы из рода *Phoma*, а в 2017 и 2019 годах преобладали грибы рода *Fusarium*. (рис. 1). Из менее распространенных болезней в 2018 году наблюдали рост распространения кладоспориоза, а в 2017 и 2019 году – альтернариоза. В 2020 году когда было отмечено значительное распространение фомоза, на корнеплодах отсутствовали возбудители пенициллеза и кладоспориоза.

При проведении фитопатологической оценки учитывали также место локализации патогена при поражении корнеплодов. Наиболее опасным для свеклы столовой является поражение головки корнеплода, которое приводит к потере селекционно ценных генотипов в результате невозможности получения их семенного потомства. Среди зарегистрированных болезней в этом плане наиболее вредоносен фомоз, который более чем в 70% случаев поражает именно головку корнеплода (рис. 2). Это связано с тем, что данный возбудитель поражает все органы растений и в первую очередь – листовую розетку и черешки листьев, и заражение головки происходит еще в период вегетации, до закладки корнеплодов на хранение.

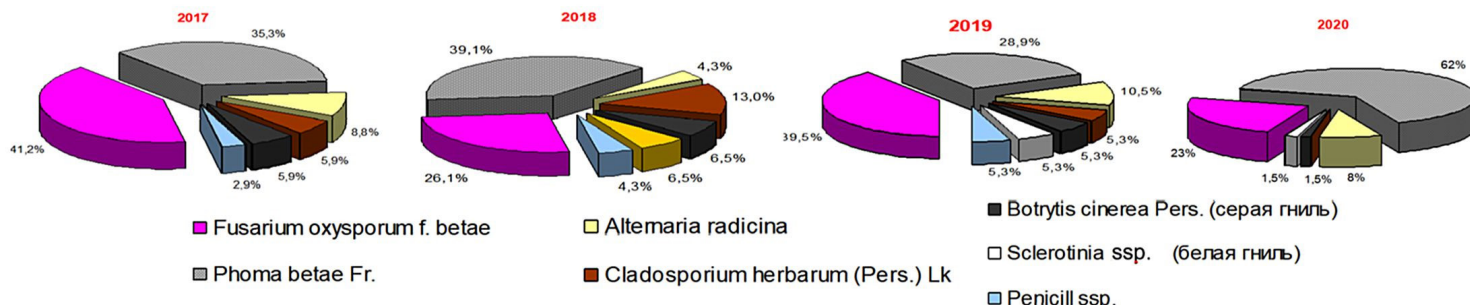


Рис. 1. Структура патогенного комплекса кагатных гнилей, выделенного из пораженных корнеплодов свеклы столовой (2017-2020 гг.)

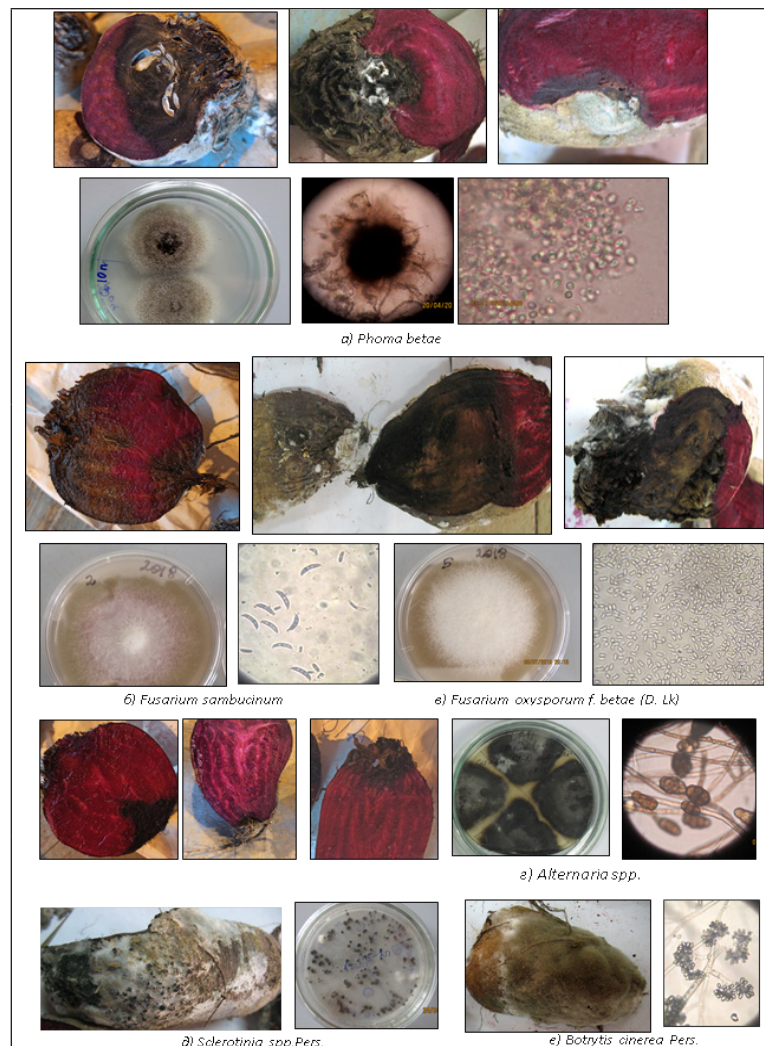


Рис. 3. Симптомы поражения корнеплодов болезнями хранения (а-фомоз, б и в - фузариум, г - альтернариоз, д - белая гниль, е - серая гниль) и культуральные признаки их возбудителей на питательной среде Чапек.

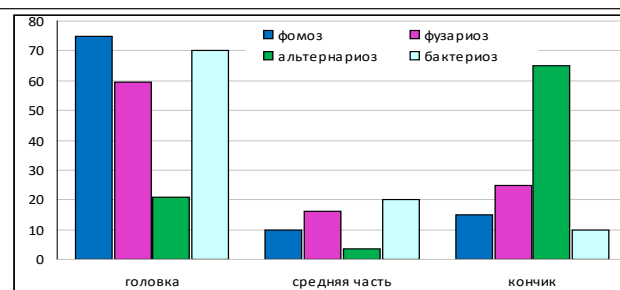


Рис. 2. Встречаемость основных болезней хранения на культуре свеклы столовой в зависимости от места локализации симптомов поражения корнеплодов (2017-2020 годы).

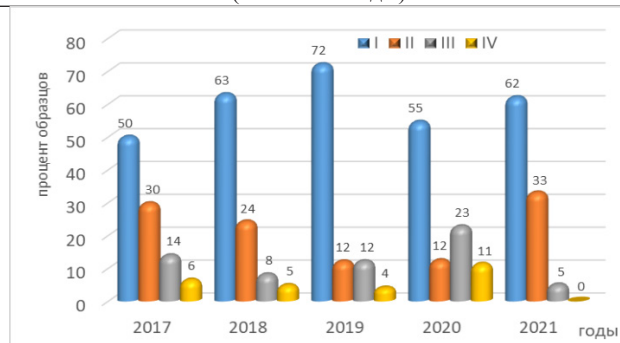


Рис. 4. Распределение селекционных линий свеклы столовой по группам устойчивости корнеплодов к кагатным гнилям в общей совокупности изученных образцов в разные годы.

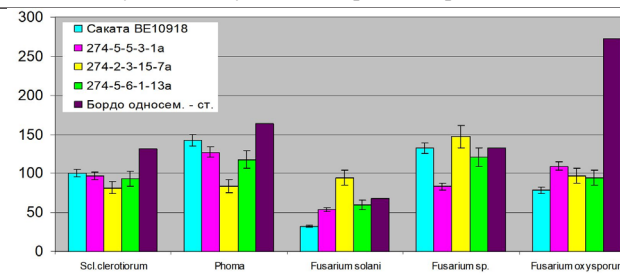


Рис. 5. Средний объем зоны поражения корнеплодов свеклы столовой разных потомств при искусственном заражении наиболее агрессивными изолятами микромицетов.

Фузариоз – вторая по вредоносности болезнь, и, хотя он может быть локализован в разных частях корнеплода, в 60 % случаев он встречается в патоккомплексе пораженной головки. Наиболее часто встречаемыми видами возбудителей фузариозной гнили являются виды *Fusarium sambucinum* Fuck. и *Fusarium oxysporum* (D. Lk). Альтернариоз, в отличие от фомоза и фузариоза, в 65% случаев повреждает кончик корнеплода, хотя может присутствовать в составе кагатной гнили головки, как и белая и серая гнили. Характер проявления наиболее типичных симптомов поражения корнеплодов основными микозами и культуральные признаки выделенных из пораженных частей растений возбудителей представлены на рис. 3. Выделенные в чистую культуру изоляты грибов проверяли на патогенность методом искусственного заражения дисков корнеплодов, и наиболее агрессивные из них использовали в дальнейшем для иммунологической оценки селекционного материала.

По результатам фитопатологического весеннего анализа состояния хранения линейный материал свеклы столовой был ранжирован на четыре основные группы в зависимости от показателя распространенности болезней в образце. При этом отмечено, что частота встречаемости смешанных инфекций в группе восприимчивых образцов существенно выше, чем в группе относительно устойчивых.

В целом и в пределах отдельных выборок линейного материала соответственно их использованию в селекционном процессе (стерильные линии ms-A и фертильные линии-закрепители mf-B), наиболее многочисленной как среди стерильных, так и среди фертильных инбредных линий закрепителей стерильности является группа I устойчивости (рис. 4, табл. 1). Их доля в общей совокупности изученных образцов в среднем увеличилась с 50% в 2017 году до 70% в 2019 году. В 2019 году также отмечено снижение доли восприимчивых генотипов по сравнению с 2017 годом. Увеличение числа практически устойчивых образцов в ряду инбредных поколений и стерильных потомств обусловлено, в том числе, и ежегодным напряженным отбором устойчивых генотипов в пределах каждой селекционной линии, а также обязательной браковкой линий с высокой распространенностью патогенов.

На следующем этапе селекционного процесса, после проведения сестринских скрещиваний в пределах линий mf-B с целью преодоления инбредной депрессии в полученных потомствах (2020 год), произошло снижение доли относительно устойчивых селекционных образцов (рис. 4, табл. 1). Это связано с повышением уровня их гетерогенности и появлением генотипов с различным уровнем устойчивости в результате перераспределения генов резистентности [19]. Соответственно, такую же тенденцию отмечали и среди их стерильных аналогов линий ms-A, где доля образцов группы I устойчивости составила всего около 55%. При этом, изменилось и распределение образцов в рамках отдельных болезней по группам устойчивости среди стерильных и фертильных линий (табл. 2).

Табл. 1.

Распределение селекционных образцов свеклы столовой по группам устойчивости к кагатным гнилям у изученных стерильных (ms-A) и фертильных (mf-B) линий (естественный инфекционный фон).

Группа устойчивости	Доля образцов в группах устойчивости, %									
	2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	ms-A	mf-B	ms-A	mf-B	ms-A	mf-B	ms-A	mf-B	ms-A	mf-B
I	52	48	60	71	70	74	51	58	58	67
II	24	35	29	12	13	11	14	12	37	28
III	17	10	7	12	13	11	22	22	5	5
IV	7	6	4	6	4	4	13	8	0	0
Число образцов	75	48	48	17	46	27	56	73	19	18

Табл. 2.

Распределение селекционных образцов свеклы столовой по группам устойчивости к отдельным болезням (2020 год).

Болезнь	Доля образцов, %							
	линии ms-A				линии mf-B			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Фомоз	61	24	11	4	41	24	29	6
Фузариоз	76	15	4	6	88	12	0	0
Альтернариоз	78	22	0	0	94	6	0	0
Бактериз	98	0	2	0	94	6	0	0
Белая гниль	100	0	0	0	100	0	0	0

Табл. 3.

Список и посевные номера выделенных линий ms-A и mf-B свеклы столовой, представляющий наибольший интерес для селекции на устойчивость к болезням.

Селекционный шифр потомства	I группа устойчивости		II группа устойчивости	
	ms-A	mf-B	ms-A	mf-B
2-3-15-7a	623/18, 453/19, 472/19, 334/20, 653/21	619/18, 332/20	762/18, 448/19, 350/20, 671/21	513/19, 669/21, 670/21
5-5-3-1a	603/18, 638/18, 450/20, 605/20	604/18		637/18
5-6-1-1a	615/18, 329/20			
5-6-1-10a	627/18, 516/19, 336/20		521/19	
5-6-1-12a	608/18, 513/19, 327/20	611/18, 439/19, 325/20, 326/20, 603/21		
5-6-1-13a	465/19	432/19		

Табл. 4.

Степень поражения маточных корнеплодов различных инбредных потомств к наиболее агрессивным изолятам возбудителей болезней хранения.

Образец	Пораженность in vivo, P%	№ корн.	Объем зоны поражения диска корнеплода, V мм ³				
			Phoma-betae	F. solani	F. sp.	F. oxysporum	Scl. clerotium
Саката BE10918 (стандарт устойчивости)	0	1	53	290	31	91	9
		2	491	75	9	76	226
		3	126	277	2	57	288
		4	385	152	15	25	20
		5	18	107	23	13	13
274-5-6-1-13a	58	1	42	96	49	203	123
		2	42	119	90	119	114
		3	69	38	15	25	18
		4	159	53	35	49	90
		5	38	113	53	123	57
274-5-5-3-1a	14	1	256	57	53	49	102
		2	49	80	71	75	91
		3	401	145	49	75	113
		4	63	53	96	161	85
		5	63	62	28	114	119
274-2-3-15-7a	18	1	85	166	62	96	62
		2	38	215	141	66	45
		3	35	102	62	80	185
		4	96	196	113	126	152
		5	45	102	49	71	38
Бордо односем. (стандарт восприимчивости).	62	1	198	215	62	251	126
		2	75	141	31	53	159
		3	283	91	28	636	126
		4	98	85	71	152	113

Табл. 5.

Характеристика хозяйственно-ценных признаков перспективных изогенных пар mf-B и ms-A линий, полученных с участием выделенных по результатам иммунологической оценки устойчивости маточных корнеплодов к комплексу болезней (2020 год).

Потомство	Линия	№ пос.	Товарная урожайность, кг/м ²	Средняя масса товарного корнеплода, г	Товарность, %	Форма корнеплода		Диаметр головки корнеплода	
						индекс	V, %	см	V, %
274-5-6-1-13a	ms-A	465	3,9	153	85	0,9	7	2,3	13
	mf-B	515	3,8	148	86	0,9	12	1,8	14
274-5-5-3-1a	ms-A	450	3,3	126	87	1,6	13	2,5	11
	mf-B	441	2,4	100	83	1,7	10	2,6	15
274-2-3-15-7a	ms-A	511	3,5	131	97	1,0	9	2	17
	mf-B	448	3,1	127	82	1,0	11	2,3	15



Рис. 6. Перспективные изогенные пары свеклы столовой: линии mf-B закрепители стерильности и линии ms-A, полученные на их основе (2020 год).

Как видно из табл. 2, в группе стерильных линий ms-A устойчивость образцов к фомозу и фузариозу существенно варьировала. Доля образцов, практически устойчивых к фомозу, составил 61%, а к фузариозу - 76%. Среди фертильных линий-закрепителей mf-B эти показатели составили 41% и 88% соответственно, причем, в отличие от стерильных аналогов, среди них отсутствовали образцы, восприимчивые к фузариозу. В то же время в обеих группах присутствовали образцы, восприимчивые к фомозу, доля которых составила 4-6%. К альтернариозу, бактериозу и белой гнили большинство проанализированных линий были относительно устойчивыми.

Дальнейший отбор наиболее устойчивых генотипов среди и mf-линий после проведения повторного инбридинга и ms-линий, полученных на их основе, привел к выравниванию структуры их потомств по устойчивости корнеплодов к кагатным гнилям, и общая доля образцов группы I устойчивости в 2021 году достигла 62% (рис. 4, табл.1). По всей совокупности изученных образцов доля пораженных болезнями корнеплодов составила менее 10% от общего числа проанализированных, и отсутствовали восприимчивые образцы группы IV, что свидетельствует о низкой степени инфицированности созданного селекционного линейного материала свеклы столовой в целом.

В результате проведенной оценки из разных инбредных потомств свеклы столовой был выделен перспективный селекционный материал с высокой устойчивостью корнеплодов (табл. 3), среди которого с точки зрения стабильности признака по годам представляют потомства 2-3-15-7a (14 линий) и 5-6-1-12a (8 линий). По комплексу других хозяйственно ценных признаков наиболее интересный представляют линии №№ 513, 448, 453. Все три линии имеют высокую всхожесть семян (95-100%), прямостоячую листовую розетку, выровнены по форме и величине головки корнеплодов, характеризуются интенсивно красной окраской мякоти без ярко выраженных колец, высокой товарностью корнеплодов со средней массой 143-188 г.

Определенный интерес для селекции также представляют образцы с требуемым комплексом хозяйственно-значимых признаков из групп устойчивости II и III, в пределах популяций которых присутствуют отдельные устойчивые генотипы. В данных образцах отбор проводится на основании результатов ежегодной иммунологической оценки индивидуальных корнеплодов в лабораторных условиях методом высечек с нанесением агаровых блоков или суспензии наиболее агрессивным изолятам основных возбудителей болезней хранения. В иммунологическую оценку устойчивости маточных корнеплодов были включены перспективные линии mf-B из потомств 5-5-3-1a, 2-3-15-7a и 5-6-1-13a. В качестве стандарта устойчивости был взят иностранный образец Саката ВЕ10918, а стандарта восприимчивости – сорт Бордо односемянная.

По результатам опыта видно, что в среднем все селекционные образцы показали относительно высокую устойчивость к *S. sclerotiorum* (на уровне стандарта устойчивости) и к *F. oxysporum* - объем зоны поражения был в 2,5 раза меньше, чем у сорта Бордо односемянная (рис. 5). По устойчивости к *F. solani* инбредные линии уступали стандарту устойчивости Саката. Наиболее восприимчивым к этому виду возбудителя фузариоза являются линии из потомства 274-2-3-15-7a, которые в тоже время проявили наибольшую устойчивость к *Phoma betae* и *S. sclerotiorum*. По устойчивости к неидентифицированному до вида, но высоко агрессивному изоляту *F.sp.* наибольший интерес представляет потомство 274-5-5-3-1a.

Из самых ценных трех инбредных линий для проведения индивидуальной иммунологической оценки взяли по пять маточных корнеплодов с наилучшим сочетанием хозяйственно важных признаков, без внешних симптомов поражения. Как видно в табл. 4, индивидуальная устойчивость корнеплодов к различным видам патогенов существенно различалась как в пределах инбредных потомств, так и у стандартов. Объем зоны поражения дисков грибом *Ph.betae* варьировал от 18 до 491 мм³, *S. sclerotiorum* – от 9 до 288 мм³, *F. oxysporum* – от 13 до 636 мм³, *F. solani* – от 38 до 290 мм³, *F. sp.* – от 2 до 290 мм³.

По итогам оценки в пределах каждого потомства были выделены корнеплоды с наименьшим объемом зоны поражения всеми возбудителями. В потомстве 274-5-6-1-13a корнеплод № 3, в 274-5-5-3-1a корнеплод № 2, в 274-2-3-15-7a корнеплод № 5. Эти корнеплоды были высажены в групповые изоляторы совместно с выделенными по устойчивости стерильными материнскими линиями для получения как инбредного потомства линий mf-B, так и гибридных комбинаций ms×mf с их участием, т.е. линий ms-A. Семена собирали отдельно с каждого растения.

Полученное семенное потомство и семена исходных форм были высеяны в 2019 году в блочной теплице. Выращенные корнеплоды были заложены на хранение и весной 2020 года была проведена оценка их пораженности болезнями. Анализ полученных результатов показал высокую результативность проведенного отбора на основе комплексной оценки устойчивости в условиях *in vivo* и *in vitro*. В отличие от исходных форм, все полученные инбредные потомства и гибридные комбинации имели 100%-ю сохранность корнеплодов, без признаков поражения болезнями хранения.

Из полученных потомств были выделены наиболее ценные изогенные пары линий mf и ms по сочетанию и выровненности хозяйственно ценных признаков, описание которых приведено в табл. 5, а внешний вид корнеплодов на рис. 6.

Данные изогенные пары, имея сравнимую товарную урожайность (более 3 кг/м²), отличаются по средней массе и форме корнеплода. Пары mf-B/ms-A образцов №№ 515/ 465 и №№ 448/511 перспективны для создания гибридов свеклы столовой с округлой формой корнеплодов, а №№ 450/441 – с цилиндрической.

Заклучение

Представленные результаты подтверждают важность поэтапного ежегодного фитопатологического анализа и иммунологической оценки селекционного материала и актуальность поиска источников со стабильной устойчивостью к болезням хранения в сочетании с требуемым комплексом хозяйственно ценных признаков. Наибольший интерес представляют образцы группы I, характеризующиеся отсутствием поражения корнеплодов в период хранения разными патогенами в условиях *in vivo*. Образцы групп II и III также могут являться ценными источниками устойчивости к отдельным видам болезней и не исключаются из селекционного процесса, если они обладают необходимым сочетанием других хозяйственно ценных признаков. Восприимчивые образцы группы IV с высокой распространенностью болезней подлежат обязательной ежегодной выбраковке при весеннем анализе корнеплодов после хранения. За годы исследований из различных поколений и потомств были выделены источники устойчивости к болезням хранения (35 образцов) и изогенные пары на основе устойчивых линий mf-B и их стерильных аналогов как основа линии ms-A - материнского компонента гибридов свеклы столовой для различных направлений селекции.

Литература

1. Буренин В.И. К проблеме церкоспороустойчивости сахарной свеклы (задачи селекции и исходный материал). Сахарная свекла. 2018;(10):2-5.
2. Козарь Е.Г., Ветрова С.А., Енгальчева И.А., Федорова М.И. Оценка устойчивости селекционного материала свеклы столовой к церкоспорозу на фоне эпифитотии в условиях защищенного грунта московской области. Овощи России. 2019;(6):121-9.
3. Степанов В.А., Федорова М.И., Ветрова С.А., Заячковский В.А., Заячковская Т.В., Вюртц Т.С. Новый сортимент для селекции овощных корнеплодов и технологии его поддержания. Овощи России. 2018;2(40):28-31.
4. Левитин М.М. Современные видовые названия фитопатогенных грибов. Защита и карантин растений. 2018;(8):8-11.
5. Левитин М.М., Новожилов К.В., Афанасенко О.С., Михайлова Л.А., Мироненко Н.В., Гагкаева Т.Ю., Ганнибал Ф.Б. Миграции фитопатогенных грибов и ареалы популяций. В кн.: Микология сегодня. Москва; 2011. С. 261-74.
6. Волгин В.В. Теория и практика создания гетерозисных гибридов сахарной свеклы на основе ЦМС. Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Краснодар; 2007.
7. Свиридов А.В. Защита корнеплодов сахарной свеклы от кагатной гнили. Защита и карантин растений. 2014;(5):25-30.
8. Стогниенко О.И., Мелькумова Е.А., Корниенко А.В. Церкоспороз сахарной свеклы и методы снижения его вредоносности. Воронеж, 2016.
9. Балков И.Я. Возникновение стерильных по пыльце форм сахарной свеклы в процессе инцухтирования. Вестник с.-х. науки. 1976;(12):20-6.
10. Грибанова Н.П. Создание, оценка линий О-типа и их МС-аналогов в селекции сахарной свеклы на гетерозис. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Рамонь: Всероссийский НИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова; 1995.
11. Билай В.И., Элланская И.А. Основные микологические методы в фитопатологии. В кн.: Методы экспериментальной микологии. Киев; 1982. С.418-30.
12. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. Москва; 1989.
13. Ганнибал Ф.Б., Ордина А.С., Левитин М.М. Альтернариозы сельскохозяйственных культур на территории России. Защита и карантин растений. 2010;(5):30-2.
14. Рекомендации по учету и выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений. Воронеж; 1984.
15. Gannibal PhB., Levitin MM. Monitoring of Alternarioses of Crops and Identification of Fungi of the Genus *Alternaria*. St.-Petersburg; 2011.
16. Johnson DA, Simmons EG, Miller JS, Stewart EL. Taxonomy and pathology of *Macrospora/Nimbya* on some North American bulrushes (*Scirpus* spp.). Mycotaxon. 2002;(84):413-28.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва; 1985.
18. Селиванова Г.А., Смирнов М.А. Видовой состав возбудителей кагатной гнили маточной сахарной свеклы при хранении. Сахар. 2019;(8):22-5.
19. Tesoriere L, Allegra M, Butera D, Livrea MA. Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant beta-lainsin LDLs: potential health effects of beta-lains in humans. Am J Clin Nutr. 2004;80(4):941-5.

References

1. Burenin VI. [The problem of Cercospora tolerance of sugar beet (breeding objectives and source material). Sapharnaya Sviokla. 2018;(10):2-5. (In Russ.)]
2. Kozar YeG, Vetrova SA., Yengalycheva IA, Fedorova MI. [Evaluation of the resistance of the breeding beetroot material to Cercospora upon epiphytotic in greenhouses of the Moscow region]. Ovoschi Rossii. 2019;(6):121-9.
3. Stepanov VA, Fedorova MI, Vetrova SA, Zayachkovsky VA, Zayachkovskaya TV, Wurtz TS. [A new assortment for the selection of root vegetables and a technology for its maintenance]. Ovoschi Rossii. 2018;2(40):28-31. (In Russ.)]
4. Levitin MM. [Modern species names of phytopathogenic fungi]. Zashchita i Karantin Rasteniy. 2018;(8):8-11. (In Russ)
5. Levitin MM, Novozhilov KV, Afanasenko OS, Mikhaylova LA, Mironenko NV, Gagkayva T.Yu, Gannibal FB. [Migration of phytopathogenic fungi and areas of their populations]. In: Mikologiya Segodnya [Mycology Today]. Moscow; 2011. P. 261-74. (In Russ)
6. Volgin VV. [Theory and Practice of Creation of Heterosis Hybrids of Sugar Beet based on CMS]. PhD Theses. Krasnodar; 2007. (In Russ.)]
7. Sviridov AV. [Protection of sugar beet root crops from clamp rot]. Zashchita i Karantin Rasteniy. 2014;(5):25-30. (In Russ)
8. Stognienko OI, Melkumova YeA, Korniyenko AV. Tserkosporoz Sakharnoy Sviokly i Metody Snizheniya Yego Vredonosnosti [Cercosporosis of Sugar Beet and Methods of Reducing its Harmfulness]. Voronezh; 2016. (In Russ.)]
9. Balkov IYa. [The emergence of pollen-sterile forms of sugar beet in the process of inbreeding]. Vestnik Selskokhoziaystvennoy Nauki. 1976;(12): 20-6. (In Russ.)]
10. Griбанова NP. [Creation and Evaluation of O-type Lines and Their MS Analogues in Selection of Sugar Beet for Heterosis]. PhD Theses. Ramon'; A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar; 1995. (In Russ.)]
11. Bilay VI, Ellanskaya IA. [Basic mycological methods in phytopathology]. In: Metody Eksperimentalnoy Mikologii [Methods of Experimental Mycology]. Kiev; 1982. P. 418-30. (In Russ.)]
12. Pausheva ZP. Praktikum po Tsitologii Rasteniy [Plant Cytology Practicum]. Moscow: Vysshaya Shkola. 1989. (In Russ.)]
13. Gannibal FB, Orina AS., Levitin MM. [Alternarioses of agricultural crops in Russia]. Zashchita i Karantin Rasteniy 2010;(5):30-2. (In Russ)
14. Anonymous. [Recommendations on Registering and Identification of Pests and Diseases of Agricultural Plants]. Voronezh; 1984. (In Russ.)]
15. Gannibal PhB, Levitin MM. Monitoring of Alternarioses of Crops and Identification of Fungi of the Genus *Alternaria*. St.-Petersburg; 2011.
16. Johnson DA, Simmons EG, Miller JS, Stewart EL. Taxonomy and pathology of *Macrospora/Nimbya* on some North American bulrushes (*Scirpus* spp.). Mycotaxon. 2002;(84):413-28.
17. Dospikhov BA. Metodika Polevgo Opyta [Technique of Field Experiments]. Moscow; 1985. (In Russ.)]
18. Selivanova GA, Smirnov MA. [Species composition of the causative agents of calcareous rot of stock sugar beet during storage]. Sakhar. 2019;(8):22-5. (In Russ)
19. Tesoriere L, Allegra M, Butera D, Livrea MA. Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant beta-lainsin LDLs: potential health effects of beta-lains in humans. Am J Clin Nutr. 2004;80(4):941-5.

УДК:631.467.2:633.63

ВЛИЯНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ ПОЧВЕННЫХ ФИТОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД

М.Ю. Гаврилова*, О.И. Стогниенко

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова, Воронежская область, Российская Федерация

*Эл. почта: masha83-1983@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 07.12.2022

Проанализирована сезонная динамика численности нематод в паровом и клеверном звене в почве под сахарной свеклой в зависимости от фона удобрения и способа основной обработки почвы. Проведен мониторинг численности свободноживущих и фитопатогенных нематод. Установлено влияние протравителей семян сахарной свеклы на численность фитопатогенных нематод в ризосфере.

Ключевые слова: сахарная свекла, нематоды, севооборот, основная обработка почвы, протравители.

INFLUENCE OF AGROECOLOGICAL CONDITIONS ON THE SPECIES COMPOSITION OF SOIL PHYTOPATHOGENIC NEMATODES

M.Yu. Gavrilova*, O.I. Stognienko

A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, Voronezh Region, Russia

*E-mail: masha83-1983@mail.ru

Seasonal changes in nematode numbers in fallow and clover layers of sugar beet fields as they depend on fertilizer background and tillage method were analyzed. The number of free-living and phytopathogenic nematodes were monitored. The influence of sugar beet protectants on the number of phytopathogenic nematodes in the rhizosphere was determined.

Keywords: sugar beet, nematodes, crop rotation, main tillage, treaters.

Немаловажное значение в почвообразовательных процессах играют нематоды – одна из самых многочисленных групп беспозвоночных животных. Почти все почвенные нематоды прямо или косвенно связаны с растениями. Они используют их органы как источник питания, а во многих случаях как среду размножения и обитания [1].

Некоторые виды нематод способны вызывать массовое поражение сельскохозяйственных культур. Причиняемый вред усугубляется тем, что они способствуют распространению грибных, вирусных и бактериальных заболеваний растений, повышая патогенный эффект от комплексного заражения. При исследовании почвы, кроме фитопаразитических, встречаются и свободноживущие нематоды в большом количестве [2]. Интенсификация сельскохозяйственного производства при возделывании немногих видов сельскохозяйственных культур увеличивает опасность размножения фитопатогенных нематод. В результате ежегодно теряются большие количества ценных пищевых и кормовых продуктов. Фитогельминты принадлежат к наиболее патогенным организмам, связанных с растениями.

Почва содержит многообразный комплекс нематод различных эколого-трофических групп: бактериотрофы (питаются бактериями), микотрофы (грибами), фитотрофы (паразиты растений) и политрофы (всеядные). Обычно в 100 см³ пахотной почвы или садовой земли содержится 4000—5000 нематод, нередко даже больше. Большое внимание уделяется изменениям сообществ паразитических нематод, приносящих значительный ущерб урожаю сельскохозяйственных культур [3].

Для нематод наиболее важны экологические факторы, к которым приходится приспосабливаться в природных условиях (климат, погода, тип почвы, почвенный биоценоз и растения, служащие нематодам временным или постоянным местом обитанием и источником питания) [4].

Симптомы, наблюдающиеся у растений при поражении нематодами, зависят от видовой принадлежности паразита, возраста и вида растения-хозяина, а также от места поражения [5].

В последние годы заметно повысилась вредоносность и расширилась распространение фитогельминтов. Нематоды являются одной из наиболее распространенных причин повреждения сельскохозяйственных культур и уменьшения их урожайности. Неспособность контролировать влияние нематод является одним из основных факторов гибели урожая. Пораженная нематодами корневая система утрачивает способность эффективно усваивать из почвы воду и питательные вещества. В худшем случае растение может погибнуть. Особую опасность эти паразиты представляют для крупных специализированных хозяйств [1].

Цель наших экспериментов – определить влияние систем обработки почвы, фона удобрения и протравителей на распространенность свободноживущих и фитопатогенных нематод почвы в свекловичном агроценозе.

Полевой опыт проводили на стационарном севообороте в 2022 г. в ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Малумова». Высеян 24 мая был гибрид РМС 127, семена которого были либо обработаны инсектицидными протравителями, либо в контроле не были. Использовали пневматическую сеялку для точного высева семян.

Семена обработаны по следующей схеме:

1. Контроль (без инсектицидов);
2. Круйзер Форс: Инсектициды – Тиаметоксам 45 г д.в./1 п.е., Тифлутрин 6 г д.в./1 п.е. Фунгициды – Тирам 6 г д.в./1 п.е., Гимексазол 14,5 г д.в./1 п.е. Севооборот заложен в 1985 году с чередованием культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень с подсевом клевера – клевер на 1 укос – озимая пшеница – сахарная свекла – однолетние травы – кукуруза на зеленый корм.

В двухфакторном полевом опыте изучены 3 обработки почвы:

А: разноглубинная отвальная обработка почвы под все культуры: под сахарную свеклу – на глубину 30-32 см по схеме улучшенной зяби (дисковое лущение – на 6-8 см, плоскорезное рыхление – 12-14 см);

Г: безотвальная (плоскорезная) обработка почвы под все культуры: под сахарную свеклу плоскорезная обработка по схеме улучшенной зяби (дисковое лущение – на 6-8 см, плоскорезное рыхление – 12-14 см, глубокая плоскорезная обработка – на глубину 30-32 см);

Д: комбинированная (отвально-безотвальная) обработка в севообороте: под сахарную свеклу улучшенная отвальная зябь (дисковое лущение – на 6-8 см, плоскорезное рыхление – 12-14 см, вспашка – на глубину 30-32 см).

И также изучалось два варианта удобрений: без удобрений (контроль) (А1, Г1, Д1) и удобрения внесены под все культуры (N59P59K59 + 11 т навоза на 1 га севооборотной площади) (А3, Г3, Д3).

Пробы почвы были отобраны с прикорневой зоны в посевах сахарной свеклы в паровом и клеверном звене девятипольного стационарного севооборота ежемесячно в период с июня по август. Для учета численности свободноживущих нематод использован модифицированный вороночный метод Г. Ваертманн (1917).

В паровом и клеверном звене на комбинированной обработке почвы (Д) наблюдали наименьшее количество нематод, фон удобрения (3) повышает их количество. Семена, обработанные средством Круйзер Форс, значительно снижают количество нематод в обоих звеньях (рис. 1).

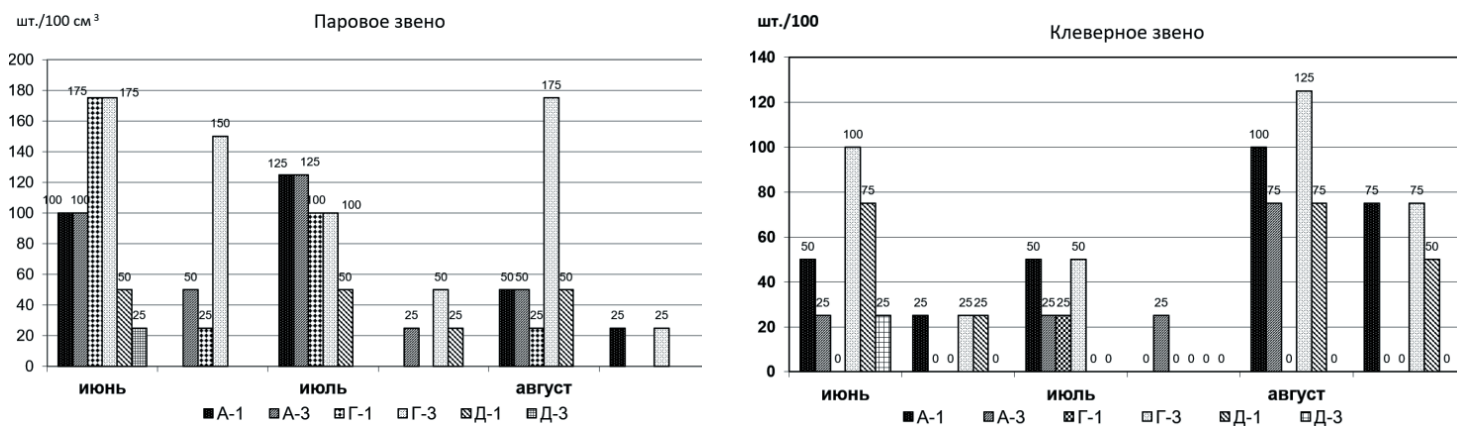


Рис. 1. Сезонная динамика численности нематод в почве под сахарной свеклой (шт. / 100 см³ почвы)

Наибольшая численность нематод приходится на июнь, когда в почве содержится влага. В течение вегетации численность снижалась из-за засушливых погодных условий, а после дождей в августе численность повысилась. Разница в численности нематод между паровым звеном и клеверным незначительна, их меньше в клеверном звене.

С увеличением фона удобрения численность нематод повышается, что объясняется ростом количества органики, которая способствует распространению микробиоты почвы и нематод.

При обработке средством Круйзер Форс происходит снижение численности нематод в прикорневой зоне в почве парового и клеверного звена.

Таким образом, одним из способов снижения численности нематод и их вредоносности является инсектицидная защита семян, которая позволяет предотвратить развитие вторичных болезней (корнед, корневые гнили).

Были обнаружены такие нематоды, как эктопаразиты *Aphelenchoides* Fischer 1894, *Pratylenchoides* Winslow 1985, *Paratylenchus* Micoletzky 1922, *Rotylenchus* Filipjev 1936, и свободноживущие *Rhabditida* Chitwood 1933. Эктопаразиты, передвигаясь внутри тканей растений и питаясь ими, вызывают механические повреждения корней в результате чего растения сильно отстают в росте. Пораженный корень разветвляется, причем кончики корней могут прекращать развитие в длину. После укола нематод вторичным фактором является развитие бактериальной или грибной инфекции.

В почве большей частью преобладают свободноживущие нематоды. Они не способны самостоятельно вызывать болезни растений, но играют огромное значение в процессах разрушения органических веществ. Гибель корнеплодов сахарной свеклы происходит в 2 раза быстрее в присутствии сапрозойных нематод, чем при их отсутствии [2].

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные, внесли равный вклад в работу, в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2021 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (соглашение № 22-16-20007 от 25.03.2022 г.).

Литература

1. Деккер Х. Нематоды растений и борьба с ними (фитонематология). Москва: Колос; 1972.
2. Кирьянова ЕС, Кралль ЭЛ. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними. Ленинград: Наука; 1969.
3. Зиновьева СВ, Чижов ВН. Фитопаразитические нематоды России. Москва: КМК; 2012.
4. Стогниенко ОИ, Гаврилова МЮ. Изменение численности почвенных свободноживущих нематод в свекловичном агроценозе. Сахарная свекла. 2021;(10):31-2.
5. Стогниенко ОИ, Гаврилова МЮ, Герр ЕС, Шамин АА, Боронтов ОК. Влияние нематод на развитие болезней корневой системы и методы снижения их численности. Сахарная свекла. 2022;(5):27-30.

References

1. Dekker Kh. Nematody Rasteniy i Borba s Nimi. Moscow: Kolos; 1972.
2. Kiryanova YeS, Krall EL. Paraziticheskiye Nematody Rasteniy i Mery Borby s Nimi. Leningrad: Nauka; 1969. (In Russian)
3. Zinovyeva SV, Chizhov VN. Fitoparaziticheskiye Nematody Rossii. – Moscow: KMK; 2012. (In Russian)
4. Stognienko OI, GavriloVA MYu. [Changes in the number of free-living soil nematodes in a sugar beet agroecosystem]. Sakharnaya Sviokla. 2021;(10): 31-2. (In Russian)
5. Stognienko OI, GavriloVA MYu, Gerr YeS, Shamin AA, Borontov OK. [The influence of nematodes on the development of diseases of the root system and the methods for reducing their numbers]. Sakharnaya Sviokla. 2022;(5):27-30. (In Russian)

«»

УДК:631.527:633:574

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ

Н.Ю. Гармаш*, Л.А. Марченкова, Г.А. Гармаш, О.В. Павлова, Р.Ф. Чавдарь, Т.Г. Орлова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Сколково, Россия

*Эл. почта: niicrnz@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Представлены результаты исследований по влиянию гуминовых веществ, полученных различными способами (щелочной гидролиз и ультразвуковое кавитационное диспергирование) из торфа, в концентрациях 0,01% и 0,001%, на ростовые параметры семян сортов яровой пшеницы Злата и озимой – Московская 39 урожаев 2019 и 2020 годов. Концентрацию раствора для обработки семян рассчитывали в соответствии с содержанием гуминовых кислот в препаратах. Выявлены существенные различия по биологической активности гуминовых кислот в зависимости от используемых концентраций и

установлена на обеих культурах более высокая эффективность концентрации 0,01% по сравнению с 0,001%. У сортов яровой и озимой пшеницы отмечена разная степень интенсивности формирования органов проростков в зависимости от применяемых препаратов, концентраций, условий выращивания и генетических особенностей культур. Достоверно доказаны более высокие темпы роста длины ростков и корешков под влиянием гуминовых препаратов у растений озимой пшеницы, по сравнению с яровой и более эффективное их воздействие корневую систем (длину корешков). Различия в ростовых параметрах яровой и озимой пшеницы под действием гумусовых веществ наблюдались также и в зависимости от года получения семян.

Ключевые слова: гумусовые вещества, биологическая активность, яровая пшеница, озимая пшеница, посевные качества семян.

BIOLOGICAL EFFICIENCY OF HUMIC PREPARATIONS APPLIED TO WHEAT GERM

N.Yu. Garmash*, L.A. Marchenkova, G.A. Garmash, O.V. Pavlova, R.F. Chavdar, T.V. Orlova,
Nemchinovka Federal Research Center, Skolkovo, Russia

*E-mail: niicrnz@mail.ru

This article presents the results of laboratory studies of the effect of humic substances obtained by various methods (alkaline hydrolysis and ultrasonic cavitation dispersion) from peat, at concentrations of 0.01% and 0.001%, on the growth parameters of seeds of spring wheat Zlata and winter wheat Moskovskaya 39, crops of 2019 and 2020. The concentration of the solution for seed treatment was calculated by the content of humic acids in preparations. Significant differences in the biological activity of humic acids depending on the concentrations used were revealed, and a higher concentration efficiency of 0.01% compared to 0.001% was established on both cultures. In plants of spring and winter wheat varieties, different degrees of intensity of seedling organs formation were noticed depending on a preparation used and its concentration, growing conditions, and genetic characteristics of the crops. Higher rates of growth of the length of sprouts and roots under the influence of humic preparations in winter wheat plants, compared with spring wheat, and a stronger effect on the root systems (length of roots) have been proven. Differences in the growth parameters of spring and winter wheat under the action of humic substances were also observed depending on the year of seed production.

Keywords: humus substances, biological activity, spring wheat, winter wheat, sowing qualities of seeds.

Введение

На протяжении последних лет получено и внедрено в производство большое количество гуминовых препаратов, обладающих стимулирующими и защитными свойствами для растений. Известно их влияние на продуктивность, урожайность и подавление развития болезней, укрепление иммунитета растений [1, 2, 3]. Гумусовые вещества (ГВ) присутствуют во всех природных органосодержащих объектах – торфах, углях, сапропеле, леонардите и других. Наибольшее их количество содержится в леонардите (до 85%). Источником ГВ являются также торф и сапропель. Гуминовые препараты получают из разного сырья различными способами. Спектр их применения очень разнообразен и включает практически все сельскохозяйственные и декоративные культуры. Но до сих пор у исследователей, занимающихся применением гуминовых препаратов, нет единого мнения по вопросу оптимальной концентрации гуминовых веществ для обработки вегетативной части растений и семенного материала. На посевах яровой пшеницы в фазу кущения получили положительный эффект при применении препарата Плдородие в концентрации 0,01% по гуминовым кислотам, препарата Биоплант Флора – 0,001% [4], и препаратов гумата калия в концентрации 0,03% и натрия – 0,05% [5]. Исследования на семенном материале проводятся в меньшем объеме, хотя действующее вещество в препаратах и дозы применения также значительно варьируют [4, 5, 6].

При работе с гуминовыми препаратами в растениеводстве очень сложно получать четко выраженные закономерности и воспроизводимость экспериментов из-за большого разнообразия сырья, условий производства и, как следствие, различного содержания действующих веществ в препаратах. На вышеперечисленное накладываются такие фундаментальные свойства гуминовых веществ, как нестехиометричность состава, нерегулярность строения, гетерогенность структурных элементов и полидисперсность. Соответственно, к гуминовым веществам невозможно применить традиционный способ численного описания строения органических соединений — определить количество атомов в молекуле, число и типы связей между ними [7].

Многочисленными исследованиями установлено ростостимулирующее и защитное влияние гуматов в растениеводстве. Изучение реакции семян зерновых культур на диапазон концентраций гуминовых препаратов, полученных из различного сырья разными методами, позволят повысить уровень экологической надежности создаваемых сортов. Несмотря на то, что в последние годы состояние семеноводства зерновых культур в стране улучшилось, до сих пор значительные площади засеваются низкокачественным семенным материалом [8]. Поэтому поиск препаратов стимулирующих прорастаемость семян и ростовые процессы растений является актуальной селекционного и семеноводческого процесса, которая позволяет определить потенциальные возможности семян в формировании урожайности зерновых культур. Изучение данных вопросов должно проводиться с учетом районированных сортов и местных условий выращивания.

Целью работы является определение биологической эффективности разных концентраций гуминовых препаратов, полученных из различного сырья, на проростках яровой и озимой пшеницы.

Материалы и методы

В исследованиях применяли гуминовые препараты, полученные из торфа методами щелочного гидролиза и ультразвукового кавитационного диспергирования. В препаратах не обнаружено макро- и микроэлементов в количествах, способных значительно повлиять на результаты биологической эффективности. Содержание сухого вещества в гуматах определяли высушиванием препарата при 105°C, органического вещества – окислением раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте с последующим определением трехвалентного хрома (эквивалентного содержанию органического вещества) на фотоэлектроколориметре, гуминовых кислот – осаждением в кислой среде. В качестве тестовой культуры использовали семена яровой и озимой пшеницы сортов Злата и Московская 39 урожая 2019 и 2020 годов. Год 2019 год характеризовался дождями с понижением температуры в предуборочный и уборочный периоды, что сказалось на снижении всхожести. Год 2020 отличался обилием дождей ливневого характера и резким понижением температуры в период формирования семян, а развитие растений в 2021 г., наоборот, проходило в условиях дефицита осадков и повышенного температурного режима, что и явилось причиной понижения полновесности семян.

Семена обрабатывали гуминовыми веществами в концентрациях 0,001% и 0,01%, выделенных путем осаждения в кислой среде (pH<2,0) из гуминовых препаратов. Проращивание обработанных семян проводили в рулонах фильтровальной бумаги в термостате при температуре 20°C в течение 5 суток. Посевные показатели определяли по ГОСТ 12038-84, морфометрические – по общепринятым методикам. В качестве контроля применяли вариант с дистиллированной водой. Для изучения рост-стимулирующего действия препаратов применяли биологические показатели – прорастаемость, длину ростков, длину корешков, массу 100 ростков, массу 100 корешков.

Результаты

Препараты значительно отличаются между собой по содержанию органического вещества и гуминовых кислот, но во всех гуминовые кислоты в составе органического вещества преобладают (23,47 – 56,73%). Фульвокислоты составляют незначительную часть и в гуматах (0,50– 0,64%) и в органическом веществе (5,96–8,02%). Основным действующим веществом изучаемых препаратов являются гуминовые кислоты (табл. 1).

Сравнительная характеристика гуминовых препаратов.

Препарат/показатель	Торф, кавитация	Торф, щелочной гидролиз
Сухое вещество, %	10,4	6,7
Органическое вещество, %	10,74	6,24
Органическое вещество, % на сухое в-во	51,64	93,14
рН	4,1	9,0
Гуминовые кислоты, %	2,52	3,54
Гуминовые кислоты, % на органическое в-во	23,47	56,73
Фульвокислоты, %	0,64	0,50
Фульвокислоты, % на органическое в-во	5,96	8,02

При обработке семян раствором гуминовых кислот получены ростовые характеристики проростков яровой пшеницы сорта Злата и озимой - Московская 39.

Препараты стимулировали развитие проростков сортов обеих культур. Растения сорта Московская 39 более отзывчивы к использованию биостимуляторов, чем растения сорта Злата. Физиологическая активность биологических соединений зависит не только от способа получения препаратов, но и от концентраций. С их увеличением, на обеих культурах наблюдалось увеличение ростовых процессов (табл. 2 и 3).

Это проявилось на одних вариантах в ускорении начальных ростовых процессов, на других – в увеличении морфометрических показателей растений наземных и подземных органов растений. При изучении воздействия препаратов на посевные качества семян обеих культур выявлено их слабое стимулирующее влияние на всхожесть и энергию прорастания у растений сорта Злата (не превышающее 2 %) и практически отсутствие эффекта у растений сорта Московская 39.

На изменения морфометрических показателей растения обеих культур реагировали по-разному. Воздействие на длину ростков оказалось эффективным только для растений озимой пшеницы. Увеличение данной величины по сравнению с контролем колебалось в пределах 5,3 - 8,3 мм (7,2 - 11,2%). У озимой пшеницы произошло в 2019 году увеличение длины ростков на всех вариантах опыта. В то же время длина корешков достоверно увеличивалась на вариантах с применением гуминовых кислот, полученных из торфа щелочным гидролизом. Наилучшие результаты обеспечило применение гуминовых кислот указанных препаратов в концентрации 0,01% (табл. 2). Различия по влиянию гуминовых кислот, выделенных из разных препаратов в семенах, полученных в разные годы, на ростовые процессы у яровой и озимой пшеницы были недостоверны.

Табл. 2.

Влияние гуминовых препаратов на биологическую активность семян пшеницы, урожай 2019 г.

Способ получения/ концентрация, %	2019 г.						2020 г.						
	Энергия %	Всхожесть %	Длина ростков, мм.	Длина корешков, мм.	Масса ростков, г.	Масса корешков, г.	Энергия %	Всхожесть %	Длина ростков, мм.	Длина корешков, мм.	Масса ростков, г.	Масса корешков, г.	
Озимая пшеница Московская 39													
Контроль	60	70	74	96,2	7,5	4,88	97	97	77,7	111,5	6,91	4,49	
Торф кавитация	0,001	61	71	79,3	95,1	10,33	6,13	94	97	81,1	126,1	7,02	4,55
	0,01	68	79	81,5	97,6	11,5	5,16	92	95	79,4	119,7	6,80	4,50
Торф гидролиз	0,001	61	71	79,9	101,7	11,6	6,48	93	94	79,9	124,8	6,34	3,98
	0,01	65	64	82,3	105,3	11,66	6,51	90	92	82,8	126,8	7,24	4,80
Яровая пшеница Злата													
Контроль	77,8	88,5	73,4	124,5	6,81	6,14	86	91	81,5	126,0	7,32	6,46	
Торф кавитация	0,001	63,3	92,5	75,4	122,3	9,21	10,50	86	95	82,0	132,4	7,51	6,72
	0,01	60,0	84,3	74,7	115,2	8,28	8,45	81	91	73,4	129,0	6,86	5,83
Торф щелочной гидролиз	0,001	61,0	90,0	70,6	115,0	8,05	8,88	95	95	78,0	123,7	7,58	6,27
	0,01	64,5	91,5	82,6	129,4	10,08	11,59	90	96	83,4	133,8	8,23	6,74
НСР ₀₅			2,86	4,84	0,98	0,63	94		3,30	3,92	0,38	0,31	

Что касается влияния гуминовых веществ на накопление биомассы ростков и корешков, то положительное достоверное воздействие их на него у растений озимой и яровой пшеницы выявлено на семенах урожая 2019 года. В 2020 году достоверное положительное увеличение массы ростков и корешков наблюдалось только на вариантах с применением 0,01% концентрации ГК из торфа, полученного щелочным гидролизом (Табл. 2).

Полученные результаты имеют значение для включения гуматов в обработку семенного материала.

Установлено, что 0,01% концентрация ГК оказала большее положительное влияние на ростовые процессы яровой и озимой пшеницы, чем 0,001%.

Яровая пшеница сорта Злата менее отзывчива на применение гуматов, чем озимая сорта Московская 39.

Обнаружены различия по биологической активности на яровой и озимой пшенице между гумусовыми веществами, полученными разными способами. Установлено достоверное различие между влиянием гуминовых кислот одной и той же концентрации, но полученных разными методами из торфа, на длину корешков озимой и яровой пшеницы.

Литература

1. Воронина ЛП, Якименко ОС, Терехова ВА. Оценка биологической активности промышленных гуминовых препаратов. *Агрехимия*. 2012;(6):45-52.
2. Гармаш ГА, Гармаш НЮ, Берестов АВ. Гуматизированные удобрения и их эффективность. *Агрехимический вестник*. 2013;(2):11-3.
3. Graham L, Genc Y. Commercial humates in agriculture: real substance or smoke and mirrors. *Agromomy*;2016:6:1-8.
4. Лучник НА, Хитрова ВИ. Действие органоминерального удобрения гумат «Плорододие» на урожай и качество яровой пшеницы. *Агрехимический вестник*. 2010;(5):36-7.

5. Пашкова ГИ, Кузьминых АН. Роль гуматов в повышении урожайности зерна яровой пшеницы. Вестник Марийского государственного университета. 2016;(2):48-51.
6. Bezuglova OS, Polienko EA, Gorovtsov AV, Lyhman VA, Pavlov PD. The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem. Ann Agrar Sci. 2017;15(2):239-42.
7. Перминова ИВ. Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века. Химия и жизнь. 2008;(1):50.
8. Марченкова ЛА, Павлова ОВ, Чавдарь РФ, Орлова ТГ. О посевных качествах семян в Центральном федеральном округе России и Федеральном исследовательском центре «Немчиновка». АгроЭкоИнфо;2018;(4):1-13.

References

1. Voronina LP, Yakimenko OS, Terekhova VA. [Assessment of the biological activity of industrial humic preparations]. Agrokimiya. 2012;(6):45-52. (In Russ.)
2. Garmash GA, Garmash NYu, Berestov AV. [Humated fertilizers and their effectiveness]. Agrokhimicheskiy vestnik. 2013;(2):11-3. (In Russ.)
3. Graham L, Genc Y. Commercial humates in agriculture: real substance or smoke and mirrors. Agronomy. 2016;6:1-8.
4. Luchnik NA, Khitrova VI. [The effect of the humic organo-mineral fertilizer «Plodorodiyе» on the yield and quality of spring wheat. Agrokhimicheskiy Vestnik. 2010;(5):36-7. (In Russ.)
5. Pashkova GI, Kuzminykh AN. [Humates role in increasing the crop yield of spring wheat]. Vestnik Mariyskogo Gosudarstvennogo Universiteta. 2016;(2)48-51. (In Russ.)
6. Bezuglova OS, Polienko EA, Gorovtsov AV, Lyhman VA, Pavlov PD. The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem. Ann Agrar Sci. 2017;15(2):239-42. (In Russ.)
7. Perminova IV. [Humic substances - a challenge to chemists in the XXI century]. Khimiya i Zhizn. 2008;(1):50. (In Russ.)
8. Marchenkova LA, Pavlova OV, Chavdar RF, Orlova TG. [On seed quality in the Central Federal Okrug of Russia and the Federal Research Center Nemchinovka]. AgroEkoInfo. 2018;(4):1-13. (In Russ.)

«»

УДК:631.461; 631.432.5

АЗОТОБАКТЕР В АГРОЦЕНОЗАХ, НАСЫЩЕННЫХ ГЛИФОСАТСОДЕРЖАЩИМИ ГЕРБИЦИДАМИ

В.М. Гармашов*, Н.А. Нужная, Л.В. Гармашова

ФБГНУ «Воронежский Федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», Каменная Степь, Россия

*E-mail: garmashov.63@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В связи с постоянным ростом площадей нулевой обработки почвы и активным применением гербицидов сплошного действия на основе глифосата, исследованиями, проведенными в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР с целью выявления влияния глифосатсодержащих препаратов на экологические условия почвенной среды при нулевой обработке почвы, в стационарном и микрополевым опытах изучена динамика развития азотобактера методом учета микроорганизма на почвенных пластинах. Исследованиями установлено, что применение глифосат-содержащего гербицида сплошного действия наиболее сильное негативное влияние на почвенную среду оказывает в поверхностном слое почвы 0-5 см, тогда как при увеличении мощности изучаемого слоя до 0-20 см действие глифосата кислоты на почвенную биоту проявляется и сказывается значительно меньше. Увеличение нормы применения глифосатсодержащего препарата (Торнадо 500, ВР) от рекомендуемой (3,0 л/га) в три раза (9,0 л/га) снижает численность азотобактера в слое почвы 0-5 см в 20 раз. После семилетнего ежегодного применения гербицида Торнадо 500, ВР (500 г/л глифосата кислоты) в дозе 2,5 л/га два раза за вегетационный период (всего 35 л/га) происходит снижение численности азотобактера в поверхностном слое 0-5 см в черноземе обыкновенном на фоне с ежегодным применением удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку почвы почти в три раза, на фоне без применения удобрений в семь раз по сравнению с почвой, где глифосатсодержащие препараты не применялись.

Ключевые слова: агроценоз, чернозем обыкновенный, азотобактер, гербицид, глифосатсодержащий препарат.

AZOTOBACTER IN AGROCENOSES SATURATED WITH GLYPHOSATE-CONTAINING HERBICIDES

V.M. Garmashov*, N.A. Nuzhnaya, L.V. Garmashova

V.V. Dokuchaev Voronezh Federal Agrarian Research Center, Kamennaya Steppe, Russia

*E-mail: garmashov.63@mail.ru

Due to the constant growth of the areas of zero tillage and the active use of continuous herbicides based on glyphosate, studies conducted in the soil and climatic conditions of the south-east of the Central Asian Republic in order to identify the effect of glyphosate-containing preparations on the environmental conditions of the soil environment with zero tillage, in stationary and micro-field experiments, the dynamics of the development of azotobacter by taking into account the microorganism on soil plates. Studies have found that the use of a glyphosate-containing herbicide of continuous action has the strongest negative effect on the soil environment in the surface layer of the soil 0-5 cm, whereas with an increase in the thickness of the studied layer to 0-20 cm, the effect of glyphosate acid on the soil biota manifests and affects significantly less. An increase in the rate of use of a glyphosate-containing drug (Tornado 500 BP) from the recommended (3.0 l / ha) three times (9.0 l / ha) reduces the number of nitrogen bacteria in the soil layer 0-5 cm in ordinary chernozem, against the background with the annual use of fertilizers $N_{60}P_{60}K_{60}$ for basic tillage, almost three times, against the background without the use of fertilizers, seven times compared to the soil where glyphosate-containing preparations were not used.

Keywords: agroecosis, common chernozem, azotobacter, herbicide, glyphosate-containing preparation.

Введение

Постоянное увеличение площадей, где применяют минимализацию обработки почвы и прямой посев, приводит к росту использования гербицидов, особенно глифосатсодержащих. В последние годы все чаще отмечается, что насыщение сельскохозяйственного производства пестицидами приводит к загрязнению агроэкосистем и ухудшению экологической ситуации в агроландшафтах [1, 2, 3].

Есть мнение, что глифосат малотоксичен для млекопитающих, птиц, рыб и насекомых и не накапливается в клетках животных [3], однако в последнее время все чаще отмечается, что неоправданно широкое применение препаратов на основе глифосата приводит к загрязнению почвы, воды и воздуха продуктами его распада. Такие препараты наряду с высоко выраженным гербицидным эффектом наносят вред многим «нецелевым» организмам, включая полезных насекомых и дождевых червей [3, 4], ингибируют развитие азотфиксирующих бактерий, подавляют рост грибной микрофлоры, помогающей растениям усваивать влагу и питательные вещества, делают растения более уязвимыми для болезней [4, 5, 6].

Отмечается высокая способность глифосата разлагаться в почве: период полуразложения не более 20 суток [7, 8, 9]. По другим данным, период его полуразложения длится до 174 суток [10]. Поэтому с учетом неоднозначности мнений и остроты проблемы применения и последствия глифосатсодержащих гербицидов на почву, агроценозы и окружающую среду изучение и проведение битестирования почвы в агроценозах, насыщенных глифосатсодержащими гербицидами, является весьма актуальным.

Цель нашего исследования состояла в том, чтобы дать оценку многолетнего применения глифосатсодержащего препарата при нулевой обработке (прямом севе) на почву – чернозем обыкновенный в условиях юго-востока Центральной черноземной зоны (ЦЧЗ) России.

Условия материалы и методы

Многолетнее воздействие глифосатсодержащего препарата на агроценоз оценивали в стационарном опыте, заложенном в 2014 году в отделе адаптивно-ландшафтного земледелия ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», и в микрополевым опыте.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднегумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый, с благоприятными физико-химическими и агрохимическими характеристиками 30-сантиметрового слоя: гумус (по Тюрину в модификации В.Н. Симакова, ГОСТ 2613-91) – 6,48%, общий азот (по Гинзбург) – 0,36%, общий фосфор (по Гинзбург и Щегловой) – 0,35%, общий калий (по Ожигову) – 1,85%, азот гидролизующий (по Тюрину и Кононовой) – 61,2 мг/кг почвы, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 66,4 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки – 6,99, гидролитическая кислотность – 0,57 мг-экв./100 г почвы.

В стационарном опыте приемы обработки почвы изучаются в зернопропашном севообороте: горох - озимая пшеница - кукуруза на зерно – однолетние травы (гороховая смесь) – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень.

Изучение активности свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов (азотобактера) в почве проводили на вариантах со вспашкой на глубину 20-22 см, поверхностной обработкой на глубину 6-8 см (обычная обработка в ЦЧЗ, без использования глифосатсодержащих препаратов) и нулевой обработкой почвы, предусматривающей ежегодное применение препаратов на основе глифосата – осенью по стерне и весной до всходов культуры. В качестве глифосатсодержащего препарата использовали гербицид Торнадо-500, ВР в норме 2,5 л/га.

Для оценки воздействия повышенных норм глифосата был заложен микрополевым опыт. В нем на фоне нулевой обработки почвы было изучено действие 3,0, 6,0 и 9,0 л/га препарата Торнадо-500, ВР.

Для микробиологических анализов отбирали репрезентативные смешанные почвенные образцы с каждого исследуемого объекта. Отбор почвенных образцов в стационарном опыте производили из слоя 0-20 см, два раза за вегетационный период под культурами севооборота на первом поле стационарного опыта. В микрополевым опыте отбор проб осуществляли из поверхностного слоя почвы 0-5 см на третий день после обработки гербицидом. Анализ проводили на свежих образцах, хранившихся не более 24 часов при температуре 5°С. Учет численности азотобактера проводили на почвенных пластинах.

Для статистической обработки экспериментальных данных применяли дисперсионный анализ (Доспехов, 1985) с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2010.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были различными по температурному режиму и влагообеспеченности с ГТК за май-август 0,31-1,09, но в целом, аналогичными среднемуголетним для юго-востока ЦЧЗ, что позволяет достаточно объективно проанализировать действие изучаемых факторов.

Результаты и обсуждение

Была изучена динамика одного из наиболее чувствительных [11, 12, 13] и важных показателей как для плодородия [14, 15], так и для индикации почвы на химическое загрязнение [11, 12] – интенсивности развития бактерий рода *Azotobacter*.

По мнению многих исследователей, азотобактер является весьма чувствительным микроорганизмом, реагирующим на изменение агроэкологических условий почвенной среды [11, 12, 13, 14]. Эти микроорганизмы хорошо развиваются в почве с нейтральной реакцией среды, хорошо обеспеченной запасами органических веществ и доступными соединениями фосфора [16, 17]. Азотобактер отрицательно реагирует на ухудшение агрономических качеств почв: реакции почвенной среды, обеспеченности почвы фосфором, некоторыми микроэлементами и доступным ему органическим веществом, чувствителен к недостатку влаги, поставляет в почву биологически активные вещества, подавляет продукты метаболизма фитопатогенных грибов. Поэтому многие исследователи [1, 18] рекомендуют оценивать наличие токсинов в почве по численности колоний азотобактера.

При анализе почвенных образцов, ежегодно отбираемых из слоя 0-20 см чернозема обыкновенного, значительная депрессия микроорганизма при использовании Торнадо 500 ВР при сравнении с фоном (без использования препарата) не выявлена, но прослеживается четкая тенденция к снижению его активности после пятилетнего применения препарата (рис. 1).

В слое с наибольшим воздействием гербицида на почву (0-5 см) отмечается снижение численности азотобактера в четыре раза при сравнении со слоем 20-22 см (74 и 305 КОЕ на 50 г. почвы соответственно).

В микрополевым опытах было изучено влияние дозы 500 г/л Торнадо 500 ВР на развитие азотобактера в черноземе обыкновенном в условиях нулевой обработки почвы (табл. 2). Была выявлена четкая зависимость численности бактерий рода азотобактер в черноземе обыкновенном от дозы Торнадо 500 ВР (500 г/л глифосата кислоты) (табл. 1).

Увеличение дозы гербицида в два раза относительно рекомендуемой (3 л/га) в регламенте нормы до 6,0 л/га привело к снижению численности азотобактера в слое почвы 0-5 см в два раза, а увеличение дозы применения препарата в три раза до 9,0 л/га привело к снижению численности азотобактера почти в 20 раз – до 8 КОЕ в 50 г почвы (при 157 КОЕ в 50 г почвы при рекомендуемом регламенте).

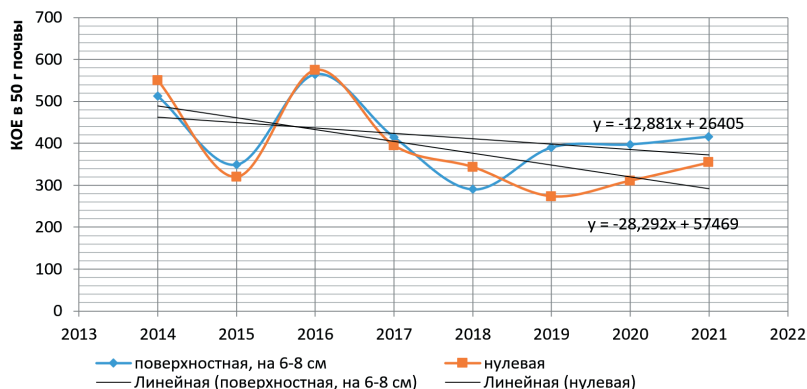


Рис. 1. Развитие азотобактера в слое 0-20 см при различных фонах применения глифосатсодержащего гербицида

Табл. 1.

Развитие азотобактера в слое почвы 0-5 см при применении различных доз Торнадо 500 ВР 2019-2020 гг.

Доза Торнадо 500 ВР	Азотобактер, КОЕ в 50 г почвы
3,0 л/га (контроль)	157
6,0 л/га	83
9,0 л/га	8

Многолетние исследования в условиях стационарного опыта позволили выявить зависимость численности бактерий азотобактер от срока применения глифосат-содержащего препарата (табл. 3). После семилетнего применения Торнадо 500 ВР (500 г/л) в дозе 2,5 л/га два раза за вегетационный период - после уборки предшественника и перед посевом культуры севооборота (5 л × 7 лет = 35 л/га) – отмечено снижение численности азотобактера на фоне с ежегодным применением удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку почвы почти в три раза. На фоне без применения удобрений – в семь раз при сравнении с почвой, где глифосат-содержащие препараты не применялись.

Заключение

Применение глифосат-содержащего гербицида сплошного действия Торнадо 500 ВР оказывает наиболее сильное негативное влияние на почвенную среду в поверхностном слое почвы 0-5 см, тогда как при увеличении изучаемого слоя до 0-20 см действие гербицида на почвенную биоту проявляется значительно меньше. Увеличение нормы применения Торнадо 500, ВР от рекомендуемой (3,0 л/га) в три раза (9,0 л/га) снижает численность азотобактера в слое почвы 0-5 см в 20 раз.

После семилетнего ежегодного применения гербицида Торнадо 500, ВР (500 г/л) в дозе 2,5 л/га два раза за вегетационный период (всего 35 л/га) происходит снижение численности азотобактера в черноземе обыкновенном на фоне с ежегодным применением удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку почвы почти в три раза, на фоне без применения удобрений - в семь раз по сравнению с почвой, где глифосат-содержащие препараты не применялись.

Финансирование. Материалы подготовлены в рамках выполнения государственного задания «Разработать рациональные схемы севооборотов, приемы минимализации основной обработки почвы и применения удобрений, отвечающих экологическим и природоохранным требованиям адаптивно-ландшафтного земледелия ЦЧЗ» FGNZ – 2022 - 0001.

Литература

1. Казеев КШ, Лосева ЕС, Боровикова ЛГ, Колесников СИ. Влияние загрязнения современными пестицидами на биологическую активность чернозема выщелоченного. *Агрохимия*. 2010;11:39-44.
2. Imfeld G, Vuilleumier S. Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: A critical review. *Eur J Soil Biol*. 2012;49: 22-30.
3. Жариков МГ, Спиридонов ЮЯ. Изучение влияния глифосат-содержащих гербицидов на агроценоз. *Агрохимия*. 2008;(8):81-89.
4. Jaworski EG. Mode of action of N-phosphonomethyl glycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. *Agric Food Chem*. 1972;20:195-8.
5. Куликова НА, Лебедева ГФ. Гербициды и экологические аспекты их применения. М.: ЛИБРОКОМ; 2015.
6. Спиридонов ЮЯ, Ларина ГЕ, Протасова ЛД, Верховцева НВ, Степанов АЛ. Опыт многолетнего применения производных глифосата и глюфосината в эконозозе парового поля. *Вестник защиты растений*. 2006;(2); 3-14.
7. Veiga F, Zapata JM, Marcos MLF, Alvarez E. Dynamics of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in a forest soil in Galicia, north-west Spain. *Sci Total Environ*. 2001;271(1-3):135-44.
8. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ. М.: Агрорус; 2006.
9. Мельников НН, Новожилов КВ, Белан СР, Пылова ТН. Справочник по пестицидам. М.: Химия; 1985.
10. Wauchope RD, Buttler TM, Hornsby AG, Augustin-Beckers PWM, Burt JP. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision-making. *Rev Environ Contam Toxicol*. 1992;123:1-155.
11. Колесников СИ, Казеев КШ, Вальков ВФ. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ; 2000.
12. Коробова ЛН, Шинделов АВ. Микробный отклик выщелоченного чернозема на превышение нормы гербицидной нагрузки. *Вестник Алтайского государственного университета*. 2012;(8):51-4.
13. Полякова АВ. Бактерии азотного обмена как индикатор химического загрязнения. В кн.: *Экология и биология почв*. Ростов-на-Дону; 2003. С. 75.
14. Звягинцев ДГ, Бабьев ИП, Зенов ГМ, ред. *Биология почв: учебник*. Москва: МГУ; 1989.
15. *Виноградский СН. Микробиология почвы. Проблемы и методы. Пятьдесят лет исследований*. М.: Изд-во АН СССР; 1952.
16. Мирчинк ТГ. Почвенные грибы как компонент биогеоценоза. В кн.: *Почвенные организмы как компонент биогеоценоза*. Москва: Наука; 1984. С. 47-56.
17. Молчанов ЮМ. Влияние севооборота и монокультуры на некоторые свойства почвы и потенциальную активность бактерий. В кн.: *Тезисы докладов IV съезда Украинского научного общества*. Киев: Наукова думка; 1985. С.19.
18. Свистова ИД. Влияние многолетнего внесения удобрений на почвенно-поглощительный комплекс и микробное сообщество выщелоченного чернозема. *Агрохимия*. 2004;(6):16-23.

References

1. Kazeev KSh, Loseva YeS, Borovikova LG, Kolesnikov SI. [The influence of pollution with modern pesticides on the biological activity of leached chernozem]. *Agrokhimiya*. 2010;(11):39-4. (In Russ.)
2. Imfeld G, Vuilleumier S. Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: A critical review. *Eur J Soil Biol*. 2012;49: 22-30.
3. Zharikov MG, Spiridonov YuYa. [Studying the effect of glyphosate-containing herbicides on agrocenosis]. *Agrokhimiya*. 2008;(8):81-89. (In Russ.)
4. Jaworski EG. Mode of action of N-phosphonomethyl glycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. *Agric Food Chem*. 1972;20:195-8.
5. Kulikova NA, Lebedeva GF. *Gerbitsidy i Ekologicheskiye Aspekty Ikh Primeneniya*. Moscow: LIBROCOM; 2015. (In Russ.)
6. Spiridonov YuYa, Larina GYe, Protasova LD, Verkhovtseva NV, Stepanov AL. [Experience of long-term use of glyphosate and glufosinate derivatives in a steam field ecocenosis]. *Vetnik Zashchity Rasteniy*. 2006;(2);3-14. (In Russ.)
7. Veiga F, Zapata JM, Marcos MLF, Alvarez E. Dynamics of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in a forest soil in Galicia, north-west Spain. *Sci Total Environ*. 2001;271(1-3):135-44.
8. Anonymous. *Spravochnik Pestitsyдов i Khimikatov, Razreshennykh k Primeneniyu na Territorii RF*. Moscow: Agrorus; 2006. (In Russ.)
9. Melnikov NN, Novozhilov KV, Belan SR, Pylova TN. *Spravochnik po Pestitsidam [Handbook of Pesticides]*. Moscow: Khimiya; 1985. (In Russ.)
10. Wauchope RD, Buttler TM, Hornsby AG, Augustin-Beckers PWM, Burt JP. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision-making. *Rev Environ Contam Toxicol*. 1992;123:1-155.
11. Kolesnikov SI, Kazeyev KSh, Valkov VF. *Ekologicheskiye Posledstviya Zagriazneniya Pochvy Tiazhtlymi Metallami*. Rostov-on-Don: SKNTs VS; 2000. (In Russ.)
12. Korobova LN, Shindelov AV. [Microbial response of leached chernozem to an excessive norm of herbicidal load]. *Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2012;(8):51-4. (In Russ.)

Табл. 2.

Численность азотобактера в слое почвы 0-5 см при различных приемах обработки почвы при применении глифосатсодержащих гербицидов, 2019-2020 гг.

Вариант опыта	КОЕ в 50 г почвы
<i>Без использования глифосат-содержащего гербицида</i>	
Вспашка на 20-22 см	361
Вспашка на 20-22 см (удобрено)	249
<i>Применение Торнадо 500, КЭ в течение 7 лет</i>	
Нулевая обработка почвы	55
Нулевая обработка почвы (удобрено)	93

13. Polyakova AV. [Nitrogen metabolism bacteria as an indicator of chemical pollution]. In: *Ekologiya i Biologiya Pochvy*. Rostov-on-Don; 2003. p. 75. (In Russ.)
 14. Zvyagintsev DG, Babyev IP, Zenov GM, eds. *Biologiya Pochvy*. Moscow: MGU; 1989. (In Russ.)
 15. Vinogradsky SN. *Mikrobiologiya Pochvy. Problemy i Metody. Piatdesiat Let Issledovaniy*. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR; 1952. (In Russ.)
 16. Mirchink TG. [Soil fungi as a component of biogeocenosis]. In: *Pochevnyye Orhanizmy Kak Komponenty biogeotsenoza*. Moscow: Nauka; 1984. P. 47-56. (In Russ.)
 17. Molchanov YuM [The influence of crop rotation and monoculture on some soil properties and the potential activity of bacteria]. In: *Tesisy Doplavov IV Syezda Ukrainskogo Nauchnogo Obschestva*. Kiev: Naukova Dumka; 1985. P.19. (In Russ.)
 18. Svistova ID. [The effect of long-term fertilization on the soil-absorbing complex and microbial community of leached chernozem]. *Agrokimiya*. 2004;(6):16-23. (In Russ.)

«»

УДК:632.3:632.4:632.7:633.63

ГНИЛИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ, СОПРЯЖЕННЫЕ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ МИНИРУЮЩИМИ ФИТОФАГАМИ

Е.С. Герр, О.И. Стогниенко*

*Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова,
 Рамонский район, Воронежская область, Россия*

*Эл. почта: e.stognienko@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

С наступлением засухи в Центральной черноземной зоне эпифитотийное развитие получили хвостовая гниль и гниль головки корнеплодов, что привело к большим потерям в урожае и снижению качества сырья для переработки и хранения. Одновременно массово размножились минирующие фитофаги: свекловичный долгоносик-стеблеед *Lixus subtilis* и свекловичная минирующая моль *Gnorimoschema ocellatella*. При откладке яиц самка свекловичного долгоносика-стеблееда вносит в ткани черешка листа сахарной свеклы фитопатогенные грибы (*Fusarium oxysporum*, *F. moniliforme*, *Alternaria alternata*, *Mucor* sp., *Rhizopus stolonifer*) и бактерии (*Pectobacterium carotovorum*, *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*). Гусеница свекловичной минирующей моли повреждает основание черешка, точку роста и заносит с многочисленными экскрементами в раны фитопатогенную микробиоту, которая впоследствии вызывает гниль тканей черешка и головки корнеплодов.

Ключевые слова: сахарная свекла, сопряженные болезни, хвостовая гниль, гниль головки корнеплода, свекловичный долгоносик-стеблеед, свекловичная минирующая моль, *Pectobacterium carotovorum* (= *Erwinia carotovorum*), *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*, *Fusarium oxysporum*.

SUGAR BEET ROT ASSOCIATED WITH DAMAGE BY MINING PHYTOPHAGES

E.S. Gerr, O.I. Stognienko*

A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, Voronezh Region, Russia

*E-mail: e.stognienko@yandex.ru

With the onset of draught in the Central Chernozem Zone, tail rot and root crop head rot epiphytotic develop leading to massive losses in yield and to a decrease in the quality of raw materials for processing and storage. At the same time, mining phytophages beetroot weevil *Lixus subtilis* and beetroot mining moth *Gnorimoschema ocellatella* multiply massively. When laying eggs, the female beetroot weevil introduces phytopathogenic fungi (*Fusarium oxysporum*, *F. moniliforme*, *Alternaria alternata*, *Mucor* sp., *Rhizopus stolonifer*) and bacteria (*Pectobacterium carotovorum*, *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*) into the tissues of sugar beet petioles and leaves. The caterpillar of the beet mining moth damages petiole base and growth point and brings phytopathogenic microbiota with numerous excrements into the wounds subsequently causing rotting of petiole tissues and root crop heads.

Keywords: sugar beet, associated diseases, tail rot, root head rot, beet weevil, beet mining moth, *Pectobacterium carotovorum* (= *Erwinia carotovorum*), *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*, *Fusarium oxysporum*.

В последние годы на фоне изменяющихся погодных условий расширилась роль сложных инфекций (коинфекций) сахарной свеклы, вызываемых комплексом патогенов из разных царств живой природы. Все это происходит на фоне стрессовых (температурный, гербицидный) условий для сахарной свеклы. Согласно теории сопряженности патологических процессов, которую сформулировал М. С. Дунин [2], некоторые инфекционные болезни растений являются следствием воздействия абиотических и биотических факторов. Сопряженные болезни — это болезни, вредоносность которых усиливается внешними факторами [3].

С 2011 г. в Центрально-черноземном регионе (ЦЧР) стали массово выявлять хвостовую бактериозно-микозную гниль. В засушливых условиях 2011–2012 гг. эта болезнь идентифицировалась во второй половине вегетации – в начале уборки корнеплодов в южных районах Воронежской и Белгородской областей. В 2013–2014 гг. этот вид гнили был выявлен в северной части Воронежской и Липецкой областей [5]. Визуальные симптомы проявлялись в начале августа – сентября в виде увядания ботвы, увядания «хвоста» корнеплода, отмирания и усыхания мелких корешков. После извлечения корнеплода из почвы цвет коры чернел. При разрезе корнеплода происходило быстрое окрашивание тканей в темные цвета вплоть до черного и выделялся экссудат. Зона поражения корнеплода находилась непосредственно в хвостовой части корнеплода или развиваться от ортостиха, в зависимости от того, где происходило отмирание мелких корешков (Рис. 1). Пораженные корнеплоды гнивали полностью в течение 3–5 суток. Распространенность болезни как правило составляла 20 %, а в южной части ЦЧР в отдельные годы доходила до 100 % [1].

При осмотре больных растений было выявлено, что все они сильно повреждены свекловичным долгоносиком-стеблеедом (*Lixus subtilis*) (рис. 2). На растении насчитывалось 25-30 кладок в черешках, в которых развивались личинки. Черешки с кладками после выхода молодых жуков мумифицировались в сухую погоду, а во влажную - гнили (рис. 3). Была выдвинута гипотеза, что при откладке яиц самка, которая заделывает место кладки огрызками черешка и экскрементами, вносит в ткани черешка патогенную микробиоту.



Рис. 1. Хвостовая гниль.

Рис. 2. Свекловичный долгоносик-стеблеед. Слева имаго, справа личинка

Нами установлено, что грибы, инфицирующие черешок, остаются локализованными в черешке, при этом в сухую погоду черешок мумифицируется. В редких случаях наблюдается переход грибов в головку корнеплода, где развиваются с симптомами сухой гнили [7]. Бактерии способны продвигаться по сосудистой системе и вверх и вниз, и нами было отмечено сходство видового состава бактерий в тканях разных частей корнеплодов. Подтверждено сходство популяций микробиоты личинки свекловичного долгоносика-стеблееда и фитопатогенной микробиоты корнеплодов:

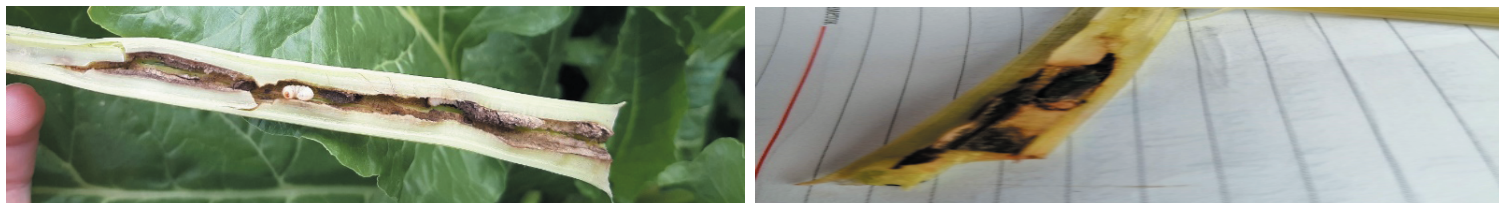


Рис. 3. Гниль черешка от места кладки и кормления личинки свекловичного долгоносика-стеблееда. Слева сухая, справа мокрая.

Проведенный микробиологический анализ контаминантной микробиоты личинок свекловичного долгоносика-стеблееда и гниющих тканей черешков показал, что наблюдается сходство [4, 6] по видам *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *Alternaria alternata*, *Mucor sp.*, *Rhizopus stolonifer* (табл. 1). Установлена высокая начальная степень (до появления симптомов) поражения растений сахарной свеклы возбудителями бактериального ожога *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*, пятнистости *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, бактериозов корнеплодов *Pectobacterium carotovorum*, *P. betavascularum* и *Pantoea agglomerans*. Установлена зараженность личинок потенциального переносчика болезней – свекловичного долгоносика-стеблееда (*Lixus subtilis*) возбудителями бактериальных болезней сахарной свеклы: *Pseudomonas syringae*, *Pectobacterium* spp., и *Pantoea agglomerans* (табл. 2).

В течение вегетации у сахарной свеклы наблюдается несколько видов гнилей: в начале, как правило, фузариозная, в конце вегетации – хвостовая гниль. Анализ возбудителей гнилей корнеплодов выявил доминирующие виды: *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Бактерии* (Табл. 3). При этом *Fusarium solani* поражал первично и болезнь протекала в виде фузариозной гнили в июне, а при наступлении засушливой погоды, в дальнейшем *F. oxysporum* – в виде фузариозного увядания. Фузариозная гниль развивалась очагово, а пораженные корнеплоды сгнивали полностью, корнеплоды, которые выживали, имели незначительный вес и отсеивались при уборке.

Наибольшую вредоносность представляла хвостовая гниль. На основании многолетних исследований [1] можно описать следующую динамику инфицирования тканей корнеплода сахарной свеклы патогенами, вызывающими хвостовую гниль (табл. 4).

Таким образом, хвостовую гниль корнеплодов сахарной свеклы по патогенному комплексу можно считать бактериозно-микозной, доминирующими возбудителями *Pectobacterium carotovorum*, и *Fusarium oxysporum*, сопутствующими с более низкой частотой встречаемости *Pseudomonas syringae* pv. *aptata*, *Alternaria alternata*, *Rhizopus stolonifer*. Прочие микроорганизмы вторичны, т.к. инфицирование ими происходит на поздних этапах вегетации и зависят от условий выращивания и вегетации. По симптомам (скоротечность, образование экссудата и слизи, развитие при высоких температурах) гниль можно охарактеризовать как преимущественно бактериозную.

Табл. 1.

Частота встречаемости (%) микробиоты личинки свекловичного долгоносика-стеблееда и фитопатогенной микробиоты сахарной свеклы, 2020-2021 гг

Год	Локализация	<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium moniliforme</i>	<i>Verticillium</i>	<i>Nigrospora</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Mucor sp.</i>	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Бактерии
2020	Черешок		75	25			50	25	25	25	100
	Личинка		50	75			0	75	25	25	100
2021	Черешок		60		20		20	20	20		100
	Личинка		+					+			100

Табл. 2.

Микробиота личинок свекловичного долгоносика-стеблееда и черешков сахарной свеклы в ЦЧР, 2020 г.

Образец	Область	Содержание бактерий в образце при посеве на среде, тыс. колоний.		<i>Enterobacteria, Pectobacterium</i> spp. %	<i>Pseudomonas</i> spp. в м.ч. <i>P. syringae</i> , <i>P. marginalis</i> , %	<i>Pantoea</i> spp. в м.ч. <i>P. agglomerans</i> в м.ч. <i>P. ananatis</i> , %	Патогенность для растений-индикаторов (табак, плектрантус)
		YDC	King's B				
11с- череш.	Белгород-ская	>100	>100	10	20	50	+
11с-лич.		нд	нд	+			+
12с-череш.	Курская	>500	>400	0	90	10	+
12с-лич.		нд	нд	-	+	-	+
13с череш.	Воронеж-ская, Рамонь	>500	>400	0	80	20	+
13с-лич.		нд	нд	-	+	+	+

Табл. 3

Структура популяции возбудителей гнилей корнеплодов сахарной свеклы в ЦЧР, 2020-21 г.

Регион отбора проб 2020	Год	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium orthoceras</i>	<i>Fusarium moniliforme</i>	<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium sporotrichiella</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Aphanomyces sp.</i>	<i>Rhizopus stolonifer</i>	<i>Mucor sp.</i>	Бактерии
		Белгород, Курск	2020	70	30	100	40		20	40	10	
Воронежская обл.			66	100	66			33		33	33	+
Липецкая обл.		100		14	57	14						+
Тамбовская обл.	2021	+			+							+
Воронежская обл.		+			+							+

При откладке яиц, самка свекловичного долгоносика–стеблееда вносит в ткани черешка листа сахарной свеклы фитопатогенные грибы и бактерии. Грибы вызывают мумификацию черешков, бактерии заселяют сосуды растения, вызывая при благоприятных для заражения погодных условиях некроз сосудистых пучков и бактериальную гниль в хвостовой части корнеплода. Инфицирование корнеплода факультативными фитопатогенными грибами (*Fusarium* spp. и др.) происходит вторично через корневые волоски, расположенные на ортостихе и хвостике. В связи с этим, «хвостовую бактериозно-микозную гниль», основной причиной которой является повреждение долгоносиком-стеблеедом, логично отнести к сопряженным болезням сахарной свеклы.

Табл. 4.

Изменения в патоккомплексе хвостовой гнили сахарной свеклы в течение вегетации.

	Корнеед	Фаза 5-6 пар листьев	Июль-Август	Конец вегетации, выкопка
Симптомы		Некроз центрального сосудистого пучка совпадает с активной откладкой яиц свекловичным долгоносиком стеблеедам	Увядание листьев, хвоста корнеплода, Некроз центрального сосудистого пучка, начало загнивания тканей хвостовой части корнеплода	Увядание листьев, хвоста корнеплода, некроз центрального сосудистого пучка, гниль тканей хвостовой части, почернение коры после выкопки и непродолжительного хранения
Бактерии	+	<i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>aptata</i>	<i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>P. syringae</i> pv. <i>aptata</i> <i>Bacillus mesentericus</i> , <i>B. mycoides</i> , <i>Erwinia</i> sp., <i>Xanthomonas arboricola</i> , <i>Pantoea agglomerans</i> , <i>Pseudomonas marginalis</i> , <i>P. viridiflava</i>	<i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>aptata</i>
Грибы		<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Penicillium</i> ssp., <i>Pythium</i> , <i>Alternaria</i> ,	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Acremonium</i> ssp. <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Penicillium</i> ssp., <i>Rhizopus stolonifera</i> , <i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Alternaria alternata</i> <i>Acremonium</i> sp., <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>F. solani</i> , <i>Mucor</i> sp., <i>Gabarnaudia betae</i> <i>Penicillium cyclopium</i> , <i>Rhizopus stolonifera</i> <i>Sclerotium</i> sp.

Примечание: жирным выделены доминирующие патогены.

Гниль головки корнеплодов (рис. 4) наблюдается в засушливые годы с высокими температурами воздуха. Эта болезнь сопряжена с двумя факторами. Первый – климатический: у засухо-неустойчивых гибридов сахарной свеклы в июле-августе ботва вначале теряет тургор, а затем начинает отмирать, и открывается головка корнеплода, которая под действием солнечных лучей и высокой температуры получает солнечный ожог. В месте ожога нарушается целостность коры, через которую проникают грибы и бактерии.



Рис. 4. Гниль головки корнеплодов сахарной свеклы.



Рис. 5. Слева: черешки, поврежденные гусеницами свекловичной минирующей моли. Справа: гусеница свекловичной минирующей моли.

Видовой состав патогенов довольно разнообразный, и присутствуют, как правило, слабопатогенные и раневые паразиты. На погибших тканях развились почвенные фитопатогенные грибы в комплексе с бактериями. Данные виды чаще встречаются в комплексе возбудителей кагатной гнили. В пробах №№1,2,4 выявлены грибы рода *Fusarium* и бактерии; в пробе №3 *Penicillium* sp., *Geotrichum candidum*. Наблюдалась 100 % частота встречаемости бактерий (табл 5).

Второй фактор, сопряженный с гнилью головки – повреждение основания черешков гусеницами свекловичной минирующей моли (*Gnorimoschema ocellatella*). Гусеница любит условия с повышенной влажностью и высокой температурой. В таких условиях она питается на поверхности у основания черешков. При жарких и сухих погодных условиях гусеница внедряется в основание черешка и выедает его изнутри. Гусеницы выделяют много экскрементов, от которых начинает развиваться гниль, преимущественно бактериальная. Второе, третье поколение моли питается в точке роста и может внедряться в головку корнеплода (рис. 5).

Установлено, что наблюдается сходство популяций в ценозе «гусеница свекловичной минирующей моли - поврежденные ткани черешка и корнеплода» по видам *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *Alternaria alternata*. Гусеница свекловичной минирующей моли повреждает основание черешка, точку роста и заносит с многочисленными экскрементами в раны фитопатогенную микробиоту, которая впоследствии вызывает гниль тканей черешка и головки корнеплодов (табл. 6).

Таким образом, сходство популяций микробиоты фитофагов и фитопатогенной микробиоты сахарной свеклы свидетельствует о сопряженном характере развития болезней, обусловленных повреждением вредителями и заносом ими в ткани растения фитопатогенов.

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНОСТИ

Снижение вредности болезней сахарной свеклы, сопряженных с повреждением минирующими вредителями наиболее эффективно с помощью инсектицидных обработок. Установлено, что при количестве кладок свекловичного долгоносика-стеблееда (при условии развития в них личинки) 4-5 шт. на растение наблюдается некроз сосудистого пучка и снижение тургора хвоста корнеплода; при 10-15 увядает хвост корнеплода; при 25-30 - увядает все растение. Наличие 1-2 кладок на растение явных симптомов увядания не вызывало. При сухих и жарких погодных условиях вредность усиливается: увеличивается количество увядающих растений. При дождливой погоде яйца, отложенные в черешок, погибают, нередко до 50%.

Табл. 5.

Видовой состав возбудителей гнилей головки корнеплодов сахарной свеклы (гибрид F₁ Эликсир, Липецкая обл., сентябрь 2020 г.)

Виды	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	Частота встречаемости, %
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	+				25
<i>Fusarium gibbosum</i>	+	+		+	75
<i>Penicillium sp.</i>			+	+	50
<i>Geotrichum candidum</i>			+		25
<i>Бактерии</i>	+	+	+	+	100

Табл. 6.

Частота встречаемости (%) микобиоты гусениц свекловичной минирующей моли и фитопатогенной микобиоты сахарной свеклы, ВНИИСС, 2020-21 гг.

Год	Локализация	<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium moniliforme</i>	<i>Fusarium gibbosum</i>	<i>Verticillium</i>	<i>Nigrospora</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Mucor sp.</i>	<i>Rhizoglyphus stolonifer</i>	<i>Бактерии</i>
2020	Гусеницы	33	33	66				33	100			100
	Черешки	42,8	57,1	28,5			28,5	28,5	14,2	85,7	28,5	100
	Корнеплод	28,5	85,7	57,1				100	28,5		28,6	100
2021	Гусеницы		+		+							+
	Черешки		+		+							+
	Корнеплод		+	+	+				+			+

Табл. 7.

Фазы развития свекловичного долгоносика-стеблееда в Липецкой области, 2021 г.

Локация	Обнаружение в поле	Начало кладки	Массовая кладка	Окончание кладки	Выход молодых жуков	Кол-во кладок шт./1раст.
						28.06.
Западная часть	05.06	05.06	21.06	10.07	28.07-25.08	4
Восточная часть	16.06	16.06	16-18.06	09.07	16.07-31.07	5,24

Табл. 8.

Календарные сроки прохождения этапов развития свекловичного долгоносика-стеблееда в 2019-2022 гг. и ориентировочные сроки проведения инсектицидных обработок

Год	Локация	Обнаружение	Начало кладки	Массовая кладка
2019	Рамонь, Воронежская область	10 июня	10.июня	17-20 июня
2020	Липецкая обл. Восточная часть	09 июня	09.июня	15 июня
2021	Липецкая обл. Западная часть	05 июня	05.июня	21 июня
	Липецкая обл. Восточная часть	16 июня	16.июня	16-18 июня
2022	Липецкая обл. Восточная часть	08 июня	08.июня	14 июня
Инсектицидные обработки			1-я обработка	2-я обработка

Для определения наиболее оптимальных сроков обработки от свекловичного долгоносика-стеблееда были проведены фенологические наблюдения фаз развития В 2021 г. выход жука с лесополос на свекловичные поля выявлен 05.06, в течение недели началась откладка яиц и продолжалась до 10.07. выход молодых жуков из кладок начался 28.07 и продолжался до конца августа. Среднее количество кладок на одно растение составило 4 шт./раст., но не во всех кладках развивались яйца и личинки. К 04.08 на одно растение насчитывалось 1,3 жуков нового поколения, к концу августа – 2, 1 шт./раст. К окончанию сезона численность имаго на 1 га составила примерно 150-180 тыс./га (табл. 7).

Особенность свекловичного долгоносика-стеблееда – растянутый выход на свекловичные поля, особенно при растянутой и недружной весне. Установлено, что для снижения численности вредящей стадии – личинок - необходимо проводить обработки против имаго в периоды: активное кормление – начало откладки яиц – массовая откладка яиц. Т.к. этот период растягивается примерно на 40 дней, то необходимо проводить обработки в два срока: **1-й** - выход вредителя – начало откладки яиц (фаза развития сахарной свеклы 3-4 пары настоящих листьев) сроки обработки 5-10 июня, но ориентироваться на фактические наблюдения. При ранней весне и теплом мае сроки могут сдвинуться на 1-2 недели вперед; **2-й** – через 5-7 дней в период массовой кладки и фазу развития 5-6 пар листьев (табл. 8).

Для снижения вредоносности болезней, сопряженных с повреждением свекловичным долгоносиком-стеблеедом, необходимо проводить инсектицидные обработки 5-10 июня, 15-20 июня. Как правило этих обработок достаточно для снижения и численности моли 1 поколения и в дальнейшем большого распространения ее не наблюдается. Но в отдельные благоприятные годы может потребоваться дополнительная обработка, которую нужно провести в 1-2 декаде июля, совместив с фунгицидной обработкой.

Выводы

Установлена сопряженность между развитием хвостовой гнили сахарной свеклы и повреждением свекловичным долгоносиком-стеблеедом;

Установлена сопряженность между развитием гнилей черешков и головки корнеплодов и повреждением гусеницами свекловичной минирующей моли;

Установлено сходство популяций микобиоты минирующих фитофагов и фитопатогенной микобиоты сахарной свеклы, что свидетельствует о сопряженном характере развития хвостовой гнили корнеплодов, обусловленной повреждением вредителями и заносом ими в ткани растения фитопатогенов. Определена видовая принадлежность бактерий и подтверждено сходство популяций микобиоты личинки свекловичного долгоносика-стеблееда и фитопатогенной микобиоты корнеплодов.

Для снижения распространенности хвостовой гнили необходимо снизить численность свекловичного долгоносика-стеблееда в период спаривания и активной кладки яиц, проведя две инсектицидных обработки (ориентировочно в сроки 5-20 июня).

Финансирование. Материалы подготовлены в рамках НИР по государственному заданию 0618-2019-0001 по теме «Изучить иммуногенетические, агроэкологические методы повышения устойчивости и разработать способы управления болезнями сахарной свёклы».

Литература

- Герр ЕС, Стогниенко ОИ. Хвостовая бактериозно-микозная гниль корнеплодов сахарной свеклы: этиология патогенез, распространенность Сахарная свекла. 2022;(5):3-8.
- Дунин МС. Иммуногенез и его практическое использование. Рига: Латгосиздат, 1946.

3. Попкова КВ. Общая фитопатология. М.; 2005.
4. Стогниенко ЕС, Стогниенко ОИ, Мелькумова ЕА. Контаминантная микобиота свекловичного долгоносика-стеблееда. В кн: Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения Воронеж; 2018. С. 145-7.
5. Стогниенко ОИ, Стогниенко ЕС. Расширение роли сложных и сопряженных болезней сахарной свеклы. Земледелие и защита растений. 2019;(5):37-8.
6. Стогниенко ЕС, Стогниенко ОИ, Мелькумова ЕА. Сопряженность микобиоты минирующих фитофагов и фитопатогенной микобиоты сахарной свеклы. В кн. Современная микология в России. Т. 8. Москва; 2020 г. 301.
7. Стогниенко ЕС, Стогниенко ОИ, Игнатов АН. Связь между повреждением свекловичным долгоносиком-стеблеедом и поражением сахарной свёклы хвостовой гнилью. Защита картофеля. 2020;(1); С.25-6.

References

1. Gerr YeS, Stogniyenko OI. [Bacterial and mycotic rot tail of sugar beet root: etiology, pathogenesis and prevalence]. Sugar Beet. 2022;(5): 3-8. (In Russ.)
2. Dunin MS. Immunogenez i Yego Prakticheskoye Ispolzovaniye. Riga: Latgosizdat; 1946. (In Russ.)
3. Popkova KV. Obshhaya Fitopatologiya. Moscow; 2005. (In Russ.)
4. Stogniyenko YeS, Stogniyenko OI, Melkumova YeA. [Contaminant mycobiota of beet billbug]. In: Aktualnye Problemy Agronomii Sovremennoy Rossii i Puti Ikh Resheniya. Voronezh; 2018. P. 145-7. (In Russ.)
5. Stogniyenko OI. Stogniyenko YeS. [The expansion of the significance of complex conjugated diseases of sugar beet]. Zemledeliye i Zashhita Rasteniy 2019;(5):37-8. (In Russ.)
6. Stogniyenko ES, (In Russ.) Stogniyenko OI, Melkumova YeA. [Conjugated mining phytophagy biota and phytopathogenic mycobiota of sugar beet]. In: Sovremennaya Mikologiya v Rossii. T.8. Moscow; 2020. P. 301. (In Russ.)
7. Stogniyenko YeS. Stogniyenko OI, Ignatov AN. [Association between lesions caused by beet billbug and root crop rot of sugar beet]. Zashchita Kartofelia 2020;(1):25-6. (In Russ.)



63УДК:632.3:632.75

ФИТОПЛАЗМОЗ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ (*CANDIDATUS PHYTOPLASMA SOLANI*): СИМПТОМЫ, РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ, ПЕРЕНОСЧИКИ

Е.С. Герр, О.И. Стогниенко*

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова, п. ВНИИСС, Рамонский район, Воронежская область, Российская Федерация

*Эл. почта: e.stognienko@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В результате фитопатологического мониторинга сахарной свеклы выявлены новые виды желтух. Анализ выявил наличие фитоплазмы столбур (*Candidatus Phytoplasma solani*). Переносчиком болезни являются цикадовые, наиболее массовые виды: *Pentastiridius leporinus*, *Empoasca affinis*, *Psammotettix striatus*. Установлена сезонная динамика численности цикадовых и корреляционная зависимость от метеорологических условий.

Ключевые слова: сахарная свёкла, *Candidatus Phytoplasma solani*, цикадовые.

SUGAR BEET PHYTOPLASMOSIS (*CANDIDATUS PHYTOPLASMA SOLANI*): SYMPTOMS, PREVALENCE, AND THE DISEASE CARRIERS

E.S. Gerr*, O.I. Stognienko

A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, Voronezh Region, Russia

*E-mail: e.stognienko@yandex.ru

Phytopathological monitoring of sugar beet revealed new species of aster yellows. The presence of big bud phytoplasma (*Candidatus Phytoplasma solani*) was found. The disease vectors are leafhoppers, the most abundant species being *Pentastiridius leporinus*, *Empoasca affinis*, and *Psammotettix striatus*. The leafhoppers' seasonal dynamics and correlation between their numbers and weather conditions have been determined.

Keywords: sugar beet, *Candidatus Phytoplasma solani*, leafhoppers.

Изменения в климатических условиях приводит к инвазиям новых болезней, вредителей, изменению в патогенном комплексе стратегически значимых сельскохозяйственных культур. За последние 30 лет в центральном черноземном регионе (ЦЧР) температура воздуха повысилась на 2,7°C, климат стал более засушливым в летний период, что привело к изменению в патогенном комплексе: полностью исчезли такие болезни как пероноспороз и ржавчина сахарной свеклы; были выявлены новые вирусные болезни сахарной свеклы. В последние десятилетие в летних засушливых условиях в ЦЧР при обследовании полей сахарной свеклы стали массово выявлять в посевах сахарной свеклы растения с симптомами нетипичной желтухи [4]. При сравнении симптомов с симптомами вирусной желтухи сахарной свеклы установлены значимые различия (табл. 1).

Табл. 1.

Симптомы вирусной и фитоплазменной желтухи (столбур) сахарной свеклы.

	Вирусная желтуха (BYV)	Фитоплазменная желтуха (столбур) (<i>Candidatus Phytoplasma solani</i>)
Цвет листьев	Оранжево-желтый	Бледно-желтый
Жилки	Зеленые	Желтые
Плотность листьев	Лист плотный, восковидный, хрупкий, вертикально-стоящий. Поражается 1-2 листа на растении	Лист тонкий. Листья поникают. Поражается ярус листьев
Сохранность листа	Симптомы появляются в июле и сохраняются до осени	Симптомы появляются в августе, в жару нижний ярус быстро отмирает
Верхний ярус листьев	Нормально развит	Листья мелкие, не растут, черешки тонкие
Корнеплод	Нормальный	Часто наблюдается увядание

Анализ литературы показал, что вероятным возбудителем нетипичной желтухи сахарной свеклы могут быть фитоплазмы. В литературе встречаются упоминания о наличии фитоплазменных болезней сахарной свеклы. Описаны симптомы «Little Leaf Disease» мелколистности сахарной свеклы [7] в Египте, которым присущи «ананасообразная» крона, ланцетные листья, низкорослость, хлоротичность и некрозы листьев и черешков, причем

листья повторного прироста бывают небольшими и деформированными. Фитоплазма передается от больных к здоровым растениям сахарной свеклы посредством повилики (*Cuscuta campestris*). Болезнь приводит к изменению химического состава инфицированных листьев и корнеплодов сахарной свеклы – увеличению содержания аминного азота, белка, натрия, калия и общих свободных аминокислот, снижению общего содержания сахаров, в том числе сахарозы. В Чили были выявлены растения сахарной свеклы с симптомами увядания и желтухи листьев [9]. Анализ полиморфизма длины виртуального рестрикционного фрагмента, клонирование и секвенирование выявили наличие фитоплазмы, принадлежащей к рибосомной подгруппе 16SrIII-J. Эта же фитоплазма была обнаружена в сорняках *Galega officinalis* L. (козлятник лекарственный) и в культурных растениях (швейцарский мангольд и салат-латук). Синдром «basses richesses» (SBR) у сахарной свеклы во Франции связан с двумя флорозо-ограниченными некультивируемыми бактериями: фитоплазмой столбура и γ -3-протеобактериями, переносчиками которых являются цикадки *Pentastiridius leporinus* (*Hemiptera cixiidae*). Болезнь приводит к уменьшению биомассы растения и снижению сахаристости [6]. В ЦЧР [2] выявлен фитоплазмоз сахарной свеклы невыясненной этиологии, возбудители которого принадлежали к рибосомальным группам 16SrI и 16Sr12-A. Первая рибосомальная группа является возбудителями желтухи астр, вторая – столбура. Нами было сделано предположение, что фитоплазменная желтуха сахарной свеклы вызывается фитоплазмой столбура (*Candidatus Phytoplasma solani*), как наиболее распространенным возбудителем фитоплазмозов в ЦЧР [2].

Предварительные исследования, проведенные совместно с ВНИИКР, выявили наличие фитоплазмы в желтушных растениях, а в дальнейшем было уточнено, что это фитоплазма столбура картофеля (*Candidatus Phytoplasma solani*) [4].

Учет всех видов желтухи в посевах сахарной свеклы выявил их распространенность в засушливые годы от 10% до 15%. Мониторингом наличия фитоплазмы столбура картофеля (*Candidatus Phytoplasma solani*) выявлено в 62 % проб сахарной свёклы признаки желтухи, у 59 % проб показатели значительно превышают положительный контроль. Эти образцы были отобраны в поле селекционного севооборота и стационарного 8-ми-польного севооборота ВНИИСС (табл. 2).

Табл. 2.

Результаты ПЦР-тестирования образцов свеклы на наличие фитоплазмы столбура (*Candidatus Phytoplasma solani*), 2021 г.

Воронежская область					Липецкая область				
Лунка	Канал.	Содержание	Cq	Среднее Cq	Лунка	Канал.	Содержание	Cq	Среднее Cq
A10	FAM	Свекла. РАБ 1.	35,05	35,05	A01	FAM	Ag 4.1	32,19	32,19
A11	FAM	Свекла. РАБ 2.	31,50	31,50	A02	FAM	Ag 4.2	29,71	29,71
A12	FAM	Свекла. РАС 1.	34,27	34,27	A03	FAM	Dur 11.1	Н/О	0,00
B01	FAM	Свекла. РАС 2.	Н/О	0,00	A04	FAM	Dur 11.2	27,82	27,82
B02	FAM	Свекла. РАС 3.	Н/О	0,00	A05	FAM	Otr 5.	33,06	33,06
B03	FAM	Свекла. РАБ 3.	39,31	39,31	A06	FAM	Otr 5	Н/О	0,00
B04	FAM	Свекла. РАС 4.	29,01	29,01	A07	FAM	ZAR 51.1	31,80	31,80
B05	FAM	Свекла. РАС 5.	Н/О	0,00	A08	FAM	ZAR 51.2	32,28	32,28
C05	FAM	-K1 (вода)	Н/О	0,00	A09	FAM	ZAR 51.3	29,84	29,84
C06	FAM	-K2 (вода)	Н/О	0,00	C07	FAM	Положительный контроль	29,11	29,11
C07	FAM	Положительный контроль	29,11	29,11	C08	FAM	Отрицательный контроль	Н/О	0,00
C08	FAM	Отрицательный контроль	Н/О	0,00					

Примечание: использован набор для ПЦР диагностики фитоплазмы фирмы Синтол. Жирным шрифтом выделены пробы, в которых выявлены фитоплазмы

Обследования производственных посевов сахарной свеклы в 2021 г. после периода летней засухи показали наличие растений с симптомами желтухи. Визуально диагностировались желтухи как типичная вирусная (BYV), так и нетипичная в виде хлорозов, желтухи с симптомами увядания, желтухи с окрашиванием тканей в красноватые оттенки. Распространенность желтух в посевах сахарной свеклы невысокое, в основном с края поля. В лаборатории вирусологии ВНИИКР было подтверждено комплексное поражение сахарной свеклы вирусами и фитоплазмами. Растения с признаками желтухи поражены фитоплазмой столбура на полях Ag 4, Otr 5, Zar 51, Dur 11.

Переносчик

Переносчиком *Candidatus Phytoplasma solani* являются цикадки: в основном - вьюнковая цикадка (*Hyalesthes obsoletus* Signoret), а также другие виды семейства Cixiidae: *Reptalus quinqucostatus* (Dufour), *R. panzeri* (Low) и *Pentastiridius leporinus* (L.) [8]. Этот безответственный агент может вызвать ощутимые потери урожая картофеля и других культур семейства пасленовых, а также винограда, клубники, кукурузы и лаванды.

Так, в результате исследований цикадовых, проведенных в виноградных агроценозах Италии, было установлено, что 25% изученных экземпляров *Euscelis lineolatus* Brulle (Cicadellidae) виофорны фитоплазмой желтухи астр и фитоплазмой столбура, 19,3% экземпляров *Hyalesthes obsoletus* Signoret (Cixiidae) заражены фитоплазмой столбура (16SrXII-A), а 15% экземпляров *Neoliturus fenestratus* (Herrich-Schaffer) (Cicadellidae) и 7 % экземпляров *Psammotettix striatus* (L. Dahlbom) (Cicadellidae) инфицированы возбудителем фитоплазмы желтухи астр (16SrI)[10].

Во Франции *Pentastiridius leporinus* является экономически важным вектором столбура на сахарной свёкле благодаря его высокой численности и значительной степени виофорности. В свою очередь, *Hyalesthes obsoletus*, развивающийся на вьюнке и крапиве, заражаются двумя RFLP-дифференцируемыми типами столбура, но только тип столбура с вьюнка передавался и был патогенным для сахарной свёклы [6].

В середине XX в. на территории Украины на сахарной свёкле было выявлено более 20 видов цикадовых из родов *Psammotettix*, *Euscellis*, *Macrosteles*, *Empoasca*, *Eurpteryx*, *Pentastiridius* и *Laodelphax*, относящихся к семействам Cicadellidae, Cixidae и Delphacidae соответственно [3]. Несмотря на то, что представители этих видов – полифаги, часто они приурочены к определенным группам растений, с которыми связано их развитие. Наиболее вредоносными в отношении переноса фитоплазменной инфекции являются виды цикадовых, питающиеся на многолетних сорняках (вьюнок) или дикорастущих растениях лесополос и обочин (цикорий, барвинок) – эти виды растений являются резерватами фитоплазменной инфекции, в том числе и фитоплазмы столбура картофеля.

Проведенные нами учеты цикадовых в посевах сахарной свеклы в 2020 -2022 гг. позволили установить динамику численности и видовой состав. Отлов производился на желтые клеевые ловушки размером 12×21 см. Первый пик численности наблюдался в июле, второй в августе [1]. При этом в засушливом 2020 г. на ловушке насчитывалось за декаду до 60 шт. (рис. 1). После ливневых осадков численность снижалась и начинала увеличиваться и восстанавливаться в течение 10-14 дн. В годы с выпадением обильных осадков численность цикадовых незначительна и составляет 3-5 шт. на ловушку, при отсутствии осадков в течение 25-20 дн. увеличивается до 15 шт./ловушку.

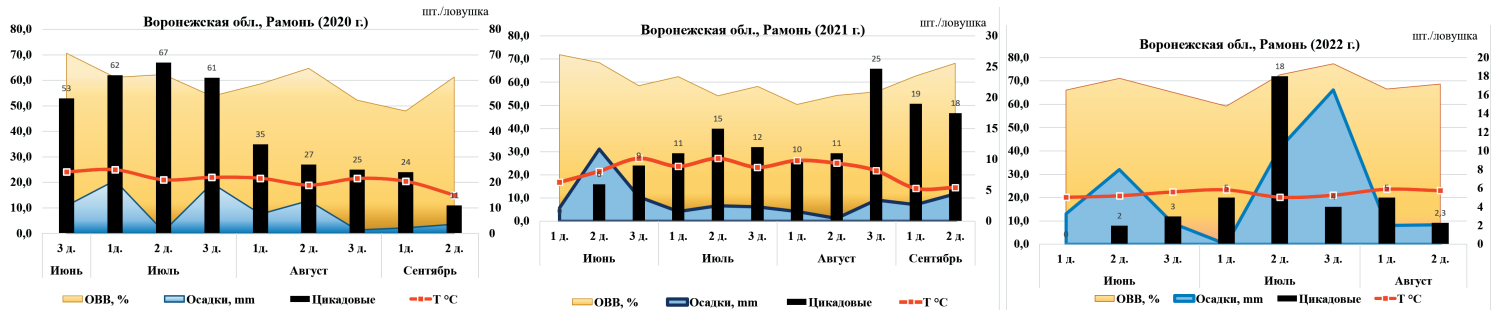


Рис. 1. Динамика численности цикадовых в посевах сахарной свеклы (Воронежская обл., Рамонь)

Видовой состав цикадовых в посевах сахарной свеклы

Определение видов проводилось по внешнеморфологическим признакам, включая гениталии самцов, с использованием фондовой коллекции ЗИН РАН (Санкт-Петербург).

Анализ видового состава показал, что в посевах сахарной свеклы присутствуют виды, относящихся к двум семействам – Cixiidae (*Hyalesthes obsoletus* Signoret., 1865, *Pentastiridius leporinus* (L. 1761)) и Cicadellidae (*Empoasca decipiens* Paoli, 1930, *Eupteryx atropunctata* (Goeze, 1778), *Neoliturus fenestratus* (H.-S., 1834), *Circulifer haematoceps* (M. et R., 1885), *Psammotettix striatus* (L., 1758)). В 2020 и 2021 гг. наиболее массовыми оказались виды *Pentastiridius leporinus* (L.), *Psammotettix striatus* (L.) и *Empoasca affinis* Nast. (табл. 3).

Табл. 3.

Видовой состав цикадовых в посевах сахарной свёклы в 2020–2021 гг. (массовые виды выделены полужирным).

Год	Cixidae:	Cicadellidae
2020	<i>Hyalesthes obsoletus</i> Signoret., 1865 <i>Pentastiridius leporinus</i> (L. 1761)	<i>Empoasca decipiens</i> (Paoli, 1930); <i>Eupteryx atropunctata</i> (Goeze, 1778); <i>Neoliturus fenestratus</i> (H.-S., 1834); <i>Circulifer haematoceps</i> (M. et R., 1885); <i>Psammotettix striatus</i> (L., 1758)
2021	<i>Hyalesthes obsoletus</i> Signoret., 1865 <i>Pentastiridius leporinus</i> (L. 1761)	<i>Empoasca affinis</i> (Nast, 1937) ; <i>Eupteryx atropunctata</i> (Goeze, 1778); <i>Neoliturus fenestratus</i> (H.-S., 1834); <i>Circulifer haematoceps</i> (M. et R., 1885); <i>Psammotettix striatus</i> (L., 1758)
2022	<i>Pentastiridius leporinus</i> (L. 1761)	<i>Empoasca affinis</i> (Nast, 1937); <i>Psammotettix striatus</i> (L., 1758)

В 2022 г. видовой состав упростился и был представлен тремя видами: *Empoasca affinis*, *Psammotettix striatus*, *Pentastiridius leporinus*, последний доминировал по численности. Наибольшая численность *P. leporinus* была в середине июля, численность прочих была невелика, поэтому особенностей их динамики не удалось установить (рис. 1).

Табл. 4.

Корреляционная зависимость между численностью цикадовых и метеоусловиями (Рамонь, 2020 – 2022 гг.)

Метеоданные	Коэффициент корреляции, r
Температура (сумма), Т °С	0,10
Температура воздуха (среднесуточная), Т °С	0,13
Температура воздуха (максимальная), Т °С	0,13
Температура воздуха (минимальная), Т °С	-0,10
Относительная влажность воздуха (среднесуточная), ОВВ %	-0,24
Осадки (сумма), mm	-0,09
ГТК	-0,12

Корреляционный анализ зависимости численности цикадовых от метеорологических условий показал: положительную зависимость с температурой воздуха среднесуточной и максимальной, суммой эффективных температур; отрицательную с минимальной температурой воздуха, относительной влажностью воздуха, суммой осадков и гидротермическим коэффициентом (ГТК) (Табл. 4). То есть, численность цикадовых возрастает с увеличением среднесуточных и максимальных температур воздуха, суммы эффективных температур, при снижении осадков, ГТК, и относительной влажности воздуха.

Вирофорность цикадовых

Предварительные анализы, проведённые в ФГБУ ВНИИКР показали, что вирофорными по *Candidatus Phytoplasma solani* являются виды: *Hyalesthes obsoletus*, *Pentastiridius leporinus*, *Neoliturus fenestratus*.

Таким образом, можно сделать вывод, что в посевах сахарной свеклы в ЦЧР выявлено новое заболевание – фитоплазмоз (столбур) сахарной свеклы (*Candidatus Phytoplasma solani*), которое проявляется на фоне засушливых погодных условий в конце вегетации. Переносчиками являются цикадовые, численность которых возрастает с увеличением среднесуточных и максимальных температур воздуха, суммы эффективных температур, при снижении осадков, ГТК, и относительной влажности воздуха.

Финансирование. Материалы подготовлены в рамках НИР по государственному заданию 0618-2019-0001 по теме «Изучить иммуногенетические, агроэкологические методы повышения устойчивости и разработать способы управления болезнями сахарной свёклы».

Литература

Список русскоязычной литературы

- Герр ЕС, Стогниенко ОИ. Динамика численности сосущих насекомых – переносчиков вирусных и фитоплазменных болезней в посевах сахарной свеклы. Сахарная свекла. 2021;(10):25-7.

2. Кастальева ТБ, Богоудинов ДЗ, Буттнер-Паркер КД и др. О разнообразии фитоплазмозов сельскохозяйственных растений в России: патогены и их переносчики. Сельскохозяйственная биология. 2016;51(3):367-75.
3. Пучков ВГ, Пучкова ЛВ. Цикадовые. В кн.: Свекловодство, Т.3, Киев;1959. С. 278-9.
4. Стогниенко ОИ, Стогниенко ЕС, Приходько ЮН, Живаева ТС. Фитоплазменная желтуха сахарной свеклы. Сахарная свекла. 2020;(2).
5. Baker R, Bragard C, Candresse T et al. Scientific opinion on the pest categorization of Candidatus Phytoplasma solani EFSA J.2014;12(12):3924 EFSA-Q-2014-00254
6. Bressan A, Semetey O, Nusillard B, Boudon-Padieu E. The syndrome "basses richesses" of sugar beet in France is associated with different pathogen types and insect vectors. Bull Insectol. 2007;60(2):395-6.
7. El-Shazly MA, EL-Abagy EM, Aly AME, Youssef SA. Identification and molecular characterization of little leaf disease associated with phytoplasma on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants in Egypt. Middle East J App Sci. 2016;6(4):1054-65.
8. Jović J, Riedle-Bauer M, Chucho J. Vector role of cixiids and other planthopper species. In: Bertaccini A, Weintraub P, Rao G, Mori N. (eds) Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria - II. Singapore: Springer. DOI: 10.1007/978-981-13-2832-9_4
9. Rao, GP, AlvarezE, YadavA. Phytoplasma diseases of industrial crops. In: Rao G, Bertaccini A, Fiore N, Liefting L (eds). Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria - I. Singapore: Springer; 2018. DOI: 10.1007/978-981-13-0119-3_4
10. Landi L, Isidoro N, Riolo P. Natural Phytoplasma Infection of Four Phloem-Feeding Auchenorrhyncha Across Vineyard Agroecosystems in Central–Eastern Italy. In: Arthropods In Relation To Plant Disease. Entomological Society of America: 2013. P.604-613.

Общий список литературы/List of References

1. Gerr YeS, Stogniyenko OI. [Time course of changes in the abundance of sucking-insect vectors viruses and phytoplasmas in sugar beet plantations] Sakharnaya Sviokla. 2021;(10):25-7. (In Russ.)
2. Kastalyeva TB, Bogoudinov DZ, Buttner-Parker KD. et al. [On diversity of phytoplasma diseases of agricultural plants in Russia: pathogens anthur vectors]. Selskokhoziaystvennaya Biologiya. 2016;51(3):367-75. (In Russ.)
3. Puchkov VG, Puchkova LV. Leafhoppers. In: Sveklovodstvo. T.3. Kiev;1959. P. 278-9. (In Russ.)
4. Stognienko OI, Stognienko ES, Prikhodko YuN, Zhivayeva TS. [Phytoplasma-caused aster yellow of sugar beet]. Sakharnaya Sviokla. 2020;(2). (In Russ.)
5. Baker R, Bragard C, Candresse T et al. Scientific opinion on the pest categorization of Candidatus Phytoplasma solani EFSA J.2014;12(12):3924 EFSA-Q-2014-00254
6. Bressan A, Semetey O, Nusillard B, Boudon-Padieu E. The syndrome "basses richesses" of sugar beet in France is associated with different pathogen types and insect vectors. Bull Insectol. 2007;60(2):395-6.
7. El-Shazly MA, EL-Abagy EM, Aly AME, Youssef SA. Identification and molecular characterization of little leaf disease associated with phytoplasma on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants in Egypt. Middle East J App Sci. 2016;6(4):1054-65.
8. Jović J, Riedle-Bauer M, Chucho J. Vector role of cixiids and other planthopper species. In: Bertaccini A, Weintraub P, Rao G, Mori N. (eds) Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria - II. Singapore: Springer. DOI: 10.1007/978-981-13-2832-9_4
9. Rao, GP, AlvarezE, YadavA. Phytoplasma diseases of industrial crops. In: Rao G, Bertaccini A, Fiore N, Liefting L (eds). Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria - I. Singapore: Springer; 2018. DOI: 10.1007/978-981-13-0119-3_4
10. Landi L, Isidoro N, Riolo P. Natural Phytoplasma Infection of Four Phloem-Feeding Auchenorrhyncha Across Vineyard Agroecosystems in Central–Eastern Italy. In: Arthropods In Relation To Plant Disease. Entomological Society of America: 2013. P.604-613.

<>>

УДК:631.527:633:574

ВИДЫ ИЗ РОДА *COLLETOTRICHUM*, ВЫЗЫВАЮЩИЕ АНТРАКНОЗ ЯГОД КРЫЖОВНИКА В СРЕДНЕЙ ПОЛОСЕ РОССИИ

С.Е. Головин^{1*}, М.Б. Копина²

¹ФГБНУ ФНЦ садоводства, г. Москва; ²ФГБУ «ВНИИКР», Московская область, Россия

*Эл. почта: block2410@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Впервые в современной России отмечены грибы из рода *Colletotrichum*, вызывающие антракноз ягод крыжовника в Московской, Ярославской, Костромской и Рязанской областях. Симптомы поражения крыжовника грибами из рода *Colletotrichum* при сильном инфекционном фоне могут проявляться в виде недоразвитых завязей, которые затем опадают. Симптомы поражения на созревающих ягодах, в зависимости от погодных условий, появляются в июле. К августу пораженные ягоды сморщиваются и остаются висеть на кусте до весны. По результатам морфологического и молекулярно-генетических исследований в условиях Московской области на крыжовнике отмечено два вида из рода *Colletotrichum*: *Colletotrichum godetiae* Neerg., *Friesia* и *Colletotrichum dematium* (Pers.) Grove, а в Рязанской области вид *Colletotrichum godetiae*.

Ключевые слова: крыжовник, антракноз, грибы из рода *Colletotrichum*, изолят, молекулярно-генетические исследования.

SPECIES OF THE GENUS *COLLETOTRICHUM* CAUSING ANTHRACNOSE OF GOOSEBERRIES IN CENTRAL RUSSIA

S.E. Golovin^{1*}, M.B. Kopina²

¹Federal Research Center for Horticulture, Moscow; ²All-Russian Center for Plant Quarantine, Moscow Region, Russia

*E-mail: block2410@yandex.ru

For the first time in modern Russia, fungi from the genus *Colletotrichum* are detected. The fungi cause anthracnose of gooseberry berries in the Moscow, Yaroslavl, Kostroma and Ryazan regions. Symptoms of gooseberry damage by fungi from the genus *Colletotrichum* with a strong infectious background can be manifested in the form of underdeveloped ovaries, which then fall off. Symptoms of damage on ripening berries, depending on weather conditions, appear in July. By August, the affected berries shrivel and remain hanging on the bush until spring. According to the results of morphological and molecular genetic studies in the conditions of the Moscow region, two species from the genus *Colletotrichum* were detected on gooseberries: *Colletotrichum godetiae* Neerg., *Friesia* and *Colletotrichum dematium* (Pers.) Grove, and, in the Ryazan region, the species *Colletotrichum godetiae*.

Keywords: gooseberry, anthracnose, *Colletotrichum* fungi, isolate, molecular genetic studies.

Сокращения: АСТ – ген актлина; CHS-1 – ген хитинсинтазы 1; GAPDH – ген глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназы; HIS3 – ген имидазол-глицеролфосфатдегидратазы; ITS – ген рибосомальной РНК; TUB2 – участок гена β-тубулина 2

Введение

Паразитические грибы из рода *Colletotrichum* поражают различные растения. Одни виды поражают чаще вегетативные органы, другие – плоды. Вредоносность связана с преждевременной гибелью растений, потерей товарности, снижением урожайности. Фитопатологи утверждают, что

болезни, вызываемые видами *Colletotrichum*, в мировом масштабе способны вызывать большие экономические потери значимых культур: злаковых, бобовых, плодовых, технических и других [1, 2].

Многие виды *Colletotrichum* могут выживать на широком круге хозяев, у них могут развиваться уникальные отношения с конкретными хозяевами, не всегда связанные с болезнью, но эти бессимптомные инфекции могут служить источником инфекции для заражения других растений [3-5].

Многие виды *Colletotrichum*, в том числе виды, встречающиеся на крыжовнике, имеют биотрофную стадию в начале своего жизненного цикла на растении, за которой следует переход к некротрофному образу жизни, и поэтому их называют гембиотрофами. Как отмечает ряд исследователей [6-7], у этих видов первичные инфекционные везикулы образуются во время первоначального инфицирования клеток эпидермиса без гибели клеток. Затем следует некротрофическая стадия, на которой вторичные инфекционные гифы проникают в соседние клетки и убивают их. Степень гембиотрофии различается у разных видов *Colletotrichum* в зависимости от их типичного образа жизни, а время перехода от биотрофии к некротрофии зависит от стадии развития хозяина и условий окружающей среды [8-10].

В России до настоящего времени отсутствовали сообщения о поражаемости видов смородины и крыжовника грибами из рода *Colletotrichum*. Хотя в 1950-1970-х годах в СССР были сообщения о поражении ягод крыжовника грибом *Colletotrichum grossularia* на Украине и в Ленинградской области [11, 12]. Тем не менее, изменения современной систематики рода *Colletotrichum* [13] ставят под сомнение видовую идентификацию вида *Colletotrichum* на крыжовнике, проведенную ранее [14]. В частности, У. Дамм и соавт. [13] сообщали, что при проведении мультилокусного молекулярно-филогенетического анализа (ITS, ACT, TUB2, CHS-1, GAPDH, HIS3) 331 штамма, ранее идентифицированных как *C. acutatum*, удалось разделить на близкородственные виды. На основании проведенных исследований эти авторы выделили комплекс видов *C. acutatum*.

В 1990 г. появилось сообщение о поражении ягод смородины красной грибом *Colletotrichum gloeosporioides* в Германии [15]. В 2006 г. исследователи из Финляндии [16] сообщили об обнаружении *Colletotrichum acutatum* на смородине черной. Другие исследователи из Европы в 2018 г. сообщили, что при изучении микробиты смородины красной и белой на растениях встречались грибы из рода *Colletotrichum* [17].

В связи со слабой изученностью видов из рода *Colletotrichum*, их биологии и вредоносности на крыжовнике в современной России в 2019-2021 гг. были проведены микологические исследования, представленные ниже.

Материалы и методы исследований

Основные исследования проводились в 2019-2021 гг. в насаждениях крыжовника в Москве (Плодовая станция ТСХА), Московской области, а также анализировался растительный материал, полученный из Ярославской, Рязанской и Костромской областей.

Исследования видового состава микромицетов на ягодах крыжовника проводили с использованием классических микологических методик. Для идентификации фитопатогенных микромицетов, выделенных из растений, использовали фрагменты растений (плодовых почек, завязей и ягод), которые после отмывания в проточной воде и поверхностной стерилизации 70% этиловым спиртом или 5% гипохлоритом натрия помещали во влажные камеры или на картофельно-глюкозный агар (КГА) или на искусственную питательную среду [18].

Для точной видовой идентификации видов из рода *Colletotrichum* был проведен анализ двух изолятов *Colletotrichum*, выделенных из ягод крыжовника, отобранных из Московской и Рязанской областей с постановкой классической ПЦР и последующим секвенированием.

Геномную ДНК изолятов экстрагировали методом Damm et al. [19].

Для постановки классической ПЦР использовали две пары праймеров: ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') и ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAG G-3'), универсальных для грибов и грибоподобных организмов, подобранных к участку гена ITS рибосомальной РНК [20] и TUB2Fd (5'-GTB CAC CTY CAR ACC GGY CAR TG-3') и TUB4Rd (5'-CCRGAYTGRCCRAARACRAAGTTGTC-3'), подобранных к участку гена β -тубулина 2 (β -tub2) [21].

Длина фрагмента ДНК, амплифицируемого праймерами ITS4/ITS5, – 500 п.о. Длина фрагмента ДНК, амплифицируемого праймерами TUB2Fd/TUB4Rd, составляет 550 п.о.

Условия амплификации: 5 мин – 94°C; 40 циклов: 45 сек – 94°C, 30 сек – 52°C, 90 сек – 72°C; 1 цикл: 6 мин – 72°C (условия амплификации, за исключением температуры отжига праймеров (52°C), в зависимости от применяемой реакционной смеси для ПЦР).

После амплификации 4 мкл (в зависимости от размера лунки в геле 4-8 мкл) ПЦР-продукта раскапывали в лунки 1,0% агарозного геля с бромистым этидием в 0,5 × TBE-буфере и разделяли с помощью электрофореза. В дальнейшем проводили визуализацию результатов с использованием геледокументирующей системы.

Режим электрофореза: 1 час 10 минут при 115 В, 165 мА и 40 Вт.

Тест считался положительным, если размер ампликона равен 500 п.о. с праймерами ITS4/ITS5 и 550 п.о. с праймерами TUB2Fd/TUB4Rd.

В результате ПЦР-реакции полученные фрагменты ДНК (ампликоны) подвергали секвенированию по модифицированному методу Сенгера.

Для анализа нуклеотидной последовательности использовали программное обеспечение BioEdit 7.0.5.3. Сравнение участков генов ITS и TUB2 для установления видовой принадлежности проводили с использованием программы BLASTN 2.12.0+.

Результаты исследований и обсуждение

Исследования, проведенные в 2019-2021 г., показали, что грибы из рода *Colletotrichum*, встречаются на крыжовнике в 5 обследованных регионах (табл. 1). Как видно в табл.1), *Colletotrichum spp.* выделялись из пораженных и бессимптомных ягод крыжовника в пяти регионах средней полосы России. Следует отметить, что из ягод крыжовника также выделялись более десяти видов микромицетов. Большинство из них относятся к сапротрофам и эпифитам, кроме возбудителя серой гнили *Botrytis cinerea* и американской мучнистой росы смородины аскомицета *Sphaerotheca mors-uae*.

Встречаемость отдельных видов грибов в основном зависела от региона, где выращивался крыжовник. Хотя, некоторые виды, т.к. *Alternaria spp.*, *Aureobasidium pullans* и *Cladosporium spp.* были отмечены на ягодах в большинстве регионов.

Как показано в табл. 2, *Colletotrichum spp.* были выделены из ягод таких сортов крыжовника, как Колобок, Уральский изумруд и Белорусский сахарный (Московская обл.), Смена (Москва и Костромская обл.), Краснославянский (Московская и Ярославская обл.), Родник (Москва), Черный негус (Рязанская обл.), Северный капитан (Костромская обл.). Отмечалась пораженность сортов разного происхождения, и их пораженность в основном зависела от уровня инфекционного потенциала *Colletotrichum spp.* в насаждении и погодных условий.

Виды *Colletotrichum spp.* в Подмоскowie выделялись из завязей крыжовника уже в третьей декаде мая 2021 г. Как правило, завязь, зараженная этими патогенами в сильной степени, была плохо развита и к концу первой декады июня опадала. С другой стороны, никаких других симптомов заражения завязей *Colletotrichum spp.* больше отмечено не было (некрозы, сморщивание и мумификация).

Этот факт указывает на то, что эти патогены при заражении завязей крыжовника ведут себя как биотрофы, что согласуется с сообщениями некоторых зарубежных ученых [21, 22]. На биотрофную стадию *Colletotrichum spp.* указывает тот факт, что спороношение этих грибов на завязях и незрелых ягодах во влажной камере наступало через 12-14 дней, а в то же время на плохо развитых и мумифицированных ягодах, где эти грибы находились в некротрофной стадии, на 3-4 день.

Табл. 1

Табл. 2

Частота встречаемости (%) микромицетов на ягодах крыжовника (2019-2021 гг.)

Виды микромицетов	2019-2020 гг.		2021 г.		
	Москва*	Ярославская обл.	Московская обл.	Рязанская обл.	Костромская обл.
<i>Alternaria spp.</i>	8,3	33,3	66,7	70,0	16,7
<i>Al. tenuissima</i>	8,3	0	50,0	0	0
<i>As. ribesia</i>	16,7	0			
<i>Botrytis cinerea</i>	8,3	0	0	0	66,7
<i>Cladosporium spp.</i>	8,3	33,3	16,7	0	0
<i>Cl. cladosporioides</i>	8,3	33,3	0	0	0
<i>Colletotrichum spp.</i>	58,3	66,7	83,3	80,0	41,7
<i>Colletotrichum dematium</i>	8,3	0	16,7	0	0
<i>Coniothyrium spp.</i>	50,0	0	0	0	0
<i>Coryneum microstictum</i>	0	16,7	0	0	0
<i>Shaerotheca mors-uvae</i>	0	0	0	0	33,3
<i>Fusarium spp.</i>	41,7	16,7	0	0	75,0
<i>Periconia cookei</i>	8,3	0	0	0	8,3
<i>Seimatosporium spp.</i>	0	16,7	0	0	0
<i>Auerobasidium pullans</i>	25,0	0	33,3	10,0	0
<i>Fumago vagans</i>	0	0	0	0	16,7
<i>Cryptococcus spp.</i>	0	0	0	20,0	0
<i>Rhodotorula spp.</i>	16,7	0	0	10,0	0
<i>Acremonium spp.</i>	0	0	16,7	0	8,3
<i>Rhizopus stolonifera</i>	0	0	0	20,0	0

Примечание: * в Москве анализировался крыжовник из Плодовой станции ТСХА и из Загорья (ФНЦ Садоводства).

Встречаемость видов *Colletotrichum spp.* на сортах крыжовника в 5-ти регионах России (2019-2021 гг.)

Сорта	Ярославская область	Московская область	Москва ПС ТСХА	Костромская область	Рязанская область
Белорусский сахарный	-**	+++*	-	-	-
Колобок	-	+++	-	-	-
Краснославянский	++	+++	-	-	-
Родник	-	-	+++	-	-
Смена	-	-	+++	+++	-
Северный капитан	-	-	-	+++	-
Уральский изумруд	-	++	-	-	-
Черный негус	-	-	-	-	+++

Примечание: * встречаемость патогенов: +++ часто; ++ - умеренно; + - редко; ** «-» - анализ этих сортов в данном регионе не проводилось



Рис. 1. Ягоды крыжовника сорта Черный негус, пораженные антракнозом (Рязанская обл., июль, 2021 г.)

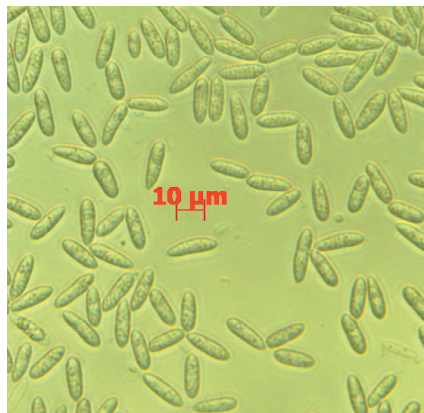


Рис. 2. Конидии изолята *Colletotrichum godetiae* GCM 04 из ягод крыжовника (Московская область, 2021).

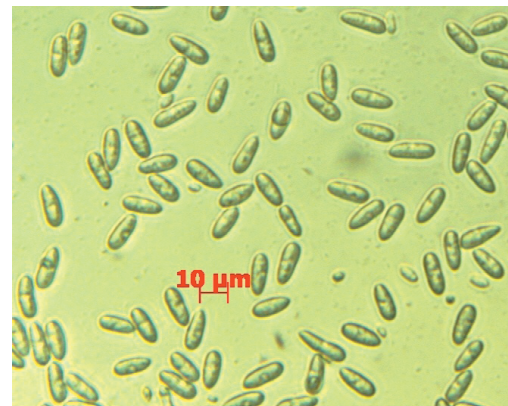


Рис. 3. Конидии *Colletotrichum sp.* из ягод крыжовника (Костромская область, 2021).

Симптомы поражения ягод крыжовника антракнозом, вызываемым грибами из рода *Colletotrichum*, начинают появляться во второй декаде июля. На ягодах появляются вдавленные некрозы (язвы), на которых во влажную погоду начинает развиваться спороношение гриба (рис. 1).

Морфологические исследования изолята *Colletotrichum sp.* GCM 04 из ягод крыжовника (Московская обл.) показали следующее.

Совершенная стадия не отмечена. Конидиальная стадия на среде КГА. Вегетативные гифы диаметром 1,5–6,5 мкм, от гиалиновых до бледно-коричневых, гладкостенные, перегородчатые, разветвленные. Хламидоспоры отсутствуют. Конидиомы отсутствуют, конидиеносцы образуются непосредственно на гифах. Щетинок не наблюдается. Конидиеносцы прозрачные, гладкостенные, простые, длиной до 13,5 мкм. Конидиогенные клетки гиалиновые, гладкостенные, цилиндрические, часто только с короткими шейками, 4,5–13,5 × (1,5–) 3–6 мкм, диаметр отверстия 1,5–2 мкм. Конидии прозрачные, гладкостенные, аseptические, прямые, от цилиндрических до веретеновидных, с обоими концами заостренными или один конец круглый и один конец слегка заостренный (рис. 2), (9–) 9,5–15,5 (–16,5) × (3,5–) 4–5 (–6,0) мкм, отношение Д/Ш = 2,9.

Для точной видовой идентификации видов из рода *Colletotrichum* нами были проведены молекулярно-генетические исследования изолятов *Colletotrichum sp.* GCM 04 и *Colletotrichum sp.* GCM 05. Сравнение участка гена ITS рибосомальной ДНК изолята *Colletotrichum sp.* GCM 04 при помощи программы BLASTN 2.12.0+ показало 100% идентичность изолятам и штаммам *Colletotrichum godetiae* - BRD 3-124A; CBS 129942; CBS 129911; CBS 129912; CBS 129913; CBS 126376; CBS 126520 и др.

В 2021 г. из крыжовника (Рязанская область) был выделен изолят *Colletotrichum sp.* GRR 01. С помощью молекулярно-генетических исследований было установлено, что этот изолят также принадлежит к виду *Colletotrichum godetiae*. Изолят *Colletotrichum sp.* GRR 01. при сравнении участка гена ITS рибосомальной ДНК показал высокую идентичность (100%) штаммам *Colletotrichum godetiae* - CBS 129942; CBS 129912; CBS 129911; CBS 126522; CBS 126520; CBS 126516 и др. При сравнении этого изолята по участку гена β-тубулин 2 (TUB2) была выявлена высокая идентичность (97,93%) изолятам *Colletotrichum godetiae* - PPO-44377; C183; к штамму 3830.

Таким образом, на крыжовнике в Московской и Рязанской областях был идентифицирован вид *C. godetiae*, в частности молекулярно-генетические исследования по гену рибосомальной ДНК ITS и гену β -тубулин 2 (TUB2) показали высокую идентичность данных изолятов этому виду.

Следует отметить, что в Московской области в 2020 г. на крыжовнике был отмечен сборный вид *Colletotrichum dematium* (рис. 4 и 5), и предварительные молекулярно-генетические исследования по ITS показали высокую идентичность (100%) данного изолята видам *C. dematium* и *C. lineola*.

Морфологические исследования изолята *Colletotrichum sp.* GCM 05 на ягодах крыжовника (Московская обл.) показали следующее:

Совершенная стадия не отмечена. Конидиальная стадия на пораженных ягодах крыжовника. Щетинки обильные (рис. 4), от средне до темно коричневого цвета, гладкостенные, 3–8 перегородок длиной 35–145 мкм (сред. 92,5 мкм), основание цилиндрическое, 4–10,5 мкм диаметром (сред. 7,25 мкм), кончик острый. Конидиеносцы гиалиновые, гладкостенные, простые, 4–8,5 мкм в длину. Конидиогенные клетки 4,5–14,5 мкм \times 2,8–4,5 мкм прозрачные, гладкостенные, цилиндрические или слегка вздутые. Конидии 19,5–25,5 мкм \times 3,0–4,5 мкм (сред. 22,5 \times 3,75 мкм) соотношение длина/ширина = 6,5, гиалиновые, гладкие, иногда бородавчатые, асептические, изогнутые, с обеих сторон постепенно сужающийся к круглой слегка заостренной вершиной и слегка усеченным основанием.

Согласно исследованиям У. Дамма и соавт. [22] этот изолят относится к комплексу видов *Colletotrichum* с изогнутыми конидиями, эти виды паразитируют в основном на травянистых растениях. Изоляты этого вида на крыжовнике в России встречались очень редко, и в основном на участках, заросших травянистыми сорняками.

Следует отметить, что *Colletotrichum dematium* был зарегистрирован на *Lilium pensylvanicum* Ker Gawl. (*Liliaceae*) в Азиатской части России у границы с Китаем [23] и на *Tilia cordata* Mill. (*Malvaceae*) на Северо-Западе Европейской части России [24] и на *Vitis vinifera* L. (*Vitaceae*) на юге России [25]. На крыжовнике в России этот вид ранее не был отмечен. Вид *Colletotrichum godetiae*, идентифицированный нами на крыжовнике в Московской и Рязанской областях, в России на этой культуре ранее также отмечен не был, хотя в 2019 г. А.А. Кузнецова и соавт. [26] сообщали, что в результате секвенирования была установлена видовая принадлежность гриба из рода *Colletotrichum* на декоративной яблоне, им оказался вид *C. godetiae*.

Если говорить о видовом разнообразии грибов из рода *Colletotrichum* на крыжовнике, то предварительно можно сказать, что в России на этой культуре может быть несколько видов из этого рода. В частности, морфологические исследования показали, что существуют заметные морфологические различия между изолятами *Colletotrichum*, выделенных в разных регионах России. Так, на рисунках 2 и 3 представлены микрофотографии конидий двух изолятов *Colletotrichum*, выделенных из крыжовника. Конидии второго изолята из Костромской области (рис. 3) несколько меньше, чем у изолята *Colletotrichum godetiae* GCM 04 (рис. 2), хотя и присутствуют похожие по форме конидии, у которых один конец круглый и один конец слегка заостренный. Очевидно, что эти два изолята относятся к одному комплексу видов *Colletotrichum acutatum* [Damm et al., 2012]. Эти авторы отмечали, что конидиальная форма является ненадежным признаком для распознавания видов и, по-видимому, зависит от хозяина или происхождения изолята, или питательной среды. Так, они сообщали, что конидии экс-типа штамма *C. godetiae*, CBS 133.44, редко булавовидные и в основном веретеновидные или коротко цилиндрические, кроме того, конидии CBS 125972 из земляники на КГА равномерно веретеновидные, в то время как конидии CBS 193.32 из оливы в основном булавовидные [13].

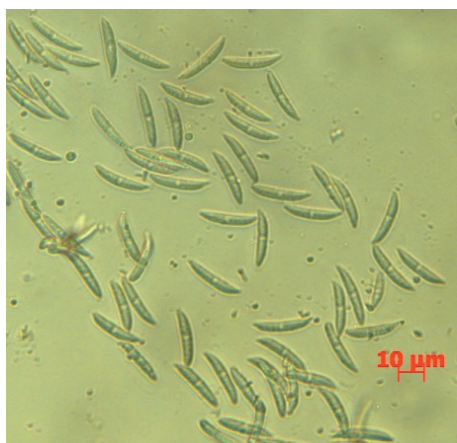


Рис. 4. Конидии *Colletotrichum dematium*, выделенного из ягод крыжовника (Московская обл., 2020).

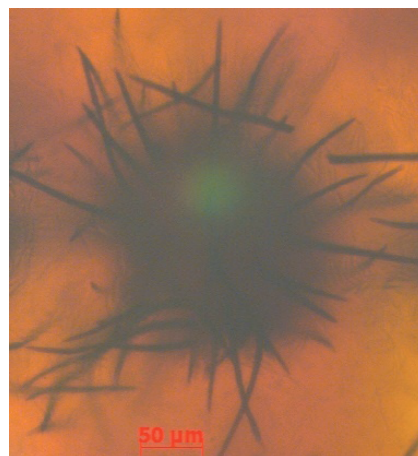


Рис. 5. Конидиома (споролоче) со щетинками *C. dematium*, на ягоде крыжовника (Московская обл., 2020).

Colletotrichum godetiae отделен от других видов в видовом комплексе *C. acutatum* всеми генами, кроме CHS-1, который имеет ту же последовательность, что и у *C. johnstonii*; TUB2, ACT и HIS3 лучше всего разделяют виды [13].

Что касается «сборного» вида *Colletotrichum dematium*, который был выявлен нами на ягодах крыжовника несмотря на то, что предварительные молекулярно-генетические исследования по ITS показали высокую идентичность (100%) данного изолята видам *C. dematium* и *C. lineola*, мы предполагаем, что это все-таки вид *C. dematium*. Так, У. Дамм и соавт. [22] указывали на то, что *C. lineola* характеризуется небольшой сжатой ацервулой, появляющиеся рядами с линиями («линеола») на стебле типового растения-хозяина, связанного с короткими коричневыми сосудистыми полосками. С другой стороны, *C. dematium* образует большие черные сферические формы («*Sphaeria dematium*») строматические ацервулы неправильной формы. В нашем случае на ягодах крыжовника формировались черные сферические формы, что указывает на *C. dematium*.

Заключение

Впервые в современной России отмечены грибы из рода *Colletotrichum*, вызывающие антракноз ягод крыжовника в Московской, Ярославской, Костромской и Рязанской областях.

Симптомы поражения крыжовника грибами из рода *Colletotrichum* при сильном инфекционном фоне могут проявляться в виде недоразвитых завязей, которые затем опадают. Симптомы поражения на созревающих ягодах, в зависимости от погодных условий, появляются в июле. К августу пораженные ягоды сморщиваются и остаются висеть на кусте до весны. В остающихся мумифицированных ягодах, а также в плодовых почках крыжовника сохраняется инфекция грибов из рода *Colletotrichum*.

Весной происходит заражение крыжовника *Colletotrichum spp.*, которое совпадает с массовым цветением этих культур. Инфекция носит латентный характер, и зараженные цветки и завязи не имеют видимых симптомов поражения.

По результатам морфологического и молекулярно-генетических исследований в условиях Московской области на крыжовнике отмечено два вида из рода *Colletotrichum*: *Colletotrichum godetiae* Neerg., Friesia и *Colletotrichum dematium* (Pers.) Grove, а в Рязанской области вид *Colletotrichum godetiae*.

Пораженные ягоды сморщиваются и остаются висеть на кусте до весны. В остающихся мумифицированных ягодах, а также в плодовых почках крыжовника сохраняется инфекция грибов из рода *Colletotrichum*.

Весной происходит заражение крыжовника *Colletotrichum spp.*, которое совпадает с массовым цветением этих культур. Инфекция носит латентный характер и зараженные цветки и завязи не имеют видимых симптомов поражения.

Литература/References

- Farr DF, Rossman AY. Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>
- Котова ВВ, Кунгурцева ОВ. Антракноз сельскохозяйственных растений. СПб, 2014. [Kotova VV, Rungutseva OV. Antraktoz Selskokhoziaystvennykh Rasteniy. Saint Petersburg; 2014 (In Russ.)]
- Yang YL, Liu ZY, Cai L, Hyde KD, Yu ZN, Mckenzie EHC. *Colletotrichum* anthracnose of Amaryllidaceae. *Fungal Divers.* 2009;39:123-46.
- Phouilivong S, McKenzie E, Hyde K. Cross infection of *Colletotrichum* species; a case study with tropical fruits. *Curr Res Environ Appl Mycol.* 2012;(2):99-111.
- Udayanga D, Manamgoda DS, Liu X, Chukeatirote E, Hyde KD. What are the common anthracnose pathogens of tropical fruits? *Fungal Divers.* 2013;61:165-79.
- Perfect SE, Hughes HB, O'Connell RJ, Green JR. *Colletotrichum*—a model genus for studies on pathology and fungal-plant interactions. *Fungal Genet Biol.* 1999;27:186-98.
- Barimani M, Pethybridge SJ, Vaghefi N, Hay FS, Taylor PWJ. A new anthracnose disease of pyrethrum caused by *Colletotrichum tanacetii* sp. nov. *Plant Pathol.* 2013;62:1248-57.
- Arroyo FT, Moreno J, Garcia-Herdugo G et al. Ultrastructure of the early stages of *Colletotrichum acutatum* infection of strawberry tissues. *Can J Bot.* 2005;83:491-500.
- Crouch JA, Beirn LA. Anthracnose of cereals and grasses. *Fungal Divers.* 2009;39:19-44.
- Ranathunge NP, Mongkolporn O, Ford R, Taylor PWJ. *Colletotrichum truncatum* pathosystem on *Capsicum* spp: infection, colonization and defense mechanisms. *Aust Plant Pathol.* 2012;41:463-73.
- Власова ЭА, Кривченко ВИ. Методические указания по инвентаризации болезней и микрофлоры культурных и дикорастущих ягодных растений. Ленинград, 1976. [Vlasova TA, Krivchenko VI. Metodicheskiye Ukazaniya po Inventarizatsii Bolezney i Mikroflory Kulturnykh i Dikorastuschikh Yagodnykh Rasteniy. Leningrad, 1976. (In Russ.)]
- Пидопличко НМ. Грибы-паразиты культурных растений. Определитель. Т. 2. Грибы несовершенные. Киев: Наукова думка, 1977. [Pidoplichko NM. Griby-Parazity Kulturnykh Rasteniy Opredelitel Tom 2 Griby Nesovershennyye. Kiev: Naukova Dumka; 1977. (In Russ.)]
- Damm U, Cannon PF, Woudenberg JHC, Crous PW. The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Stud Mycol.* 2012;73:37-113.
- Василевский НИ, Каракулин БП. Паразитные несовершенные грибы. Ч. 2. Меланкониевые. М.-Л.: Изд-во АН СССР; 1950. [Vasilevskiy NI, Rarakulin BP. Parazitnyye Nesovershennyye Griby Ch 2 Melankoniyevye. Moscow-Leningrad: Izdarelstvo AN SSSR;1950. (In Russ.)]
- Rapp L, Richter J. *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. on fruits of red currant. *Gesunde Pflanzen.* 1990;42(5):173.
- Parikka P, Lemmetty A. Detection of *Colletotrichum acutatum* and Black Currant reversion virus (BRV) from planting material of strawberry and currants. *Julkaisusarja IOBC/WPRS Bull.* 2006;(9):93.
- Lukšaa J, Vepšaitė-Monstavičėa I, Yurchenok V, Servac S, Servienėa E. High content analysis of sea buckthorn, black chokeberry, red and white currants microbiota—A pilot study. *Food Res Int.* 2018;111:597-6.
- Гагкаева ТЮ, Гаврилова ОП, Левитин ММ, Новожилов КВ. Фузариоз зерновых культур. Защита и карантин растений. 2011;(5): Приложение 69-120. [Gagkayeva TYu, Gavrilova OPm Levitin MM, Novozhilov KV. Fusariosis of grain crops. *Zasxhita i Karantin Rasteniy* 2011;(5, Suppl): 69-120
- Damm U, Mostert L, Crous PW, Fourie PH. Novel *Phaeoacremonium* species associated with necrotic wood of Prunus trees. *Persoonia.* 2008;20:87-102.
- White TJ, Bruns T, Lee S, Taylor J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ, eds. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications.* San Diego, USA: Academic Press. P. 315-22.
- Cannon PF, Damm U, Johnston PR, Weir BS. *Colletotrichum*—current status and future directions. *Stud Mycol.* 2012;73(1):181-213.
- Damm U, Woudenberg JHC, Cannon PF, Crous PW. *Colletotrichum* species with curved conidia from herbaceous hosts. *Fungal Divers.* 2009;39:45-87.
- Egorova LN. Anamorphic fungi from Bolshekhokhtskiy Nature Reserve (Khabarovsk region). *Mikologia and Fitopatologia.* 2007; 41:120-5.
- Mel'nik VA, Shabunin DA, Popov ES. Contributions to the studies of mycobiota in Novgorod and Pskov regions. II. Coelomycetes. *Mikologia and Fitopatologia.* 2008;42:43–52.
- Jayawardena RS, Hyde KD, Chethana KWT, Daranagama DA et al. Mycosphere Notes 102–168: Saprotrophic fungi on Vitis in China, Italy, Russia and Thailand. *Mycosphere.* 2018;(9):1-114.
- Кузнецова АА, Копина МБ., Головин СЕ. Внутривидовое различие комплекса *Colletotrichum acutatum* Simmonds на плодовых и ягодных культурах. Плодоводство и ягодоводство России. 2019;56:246-7. [Kuznetsova AA, Kopina MB, Golovin SYe, Intraspecies differences of the *Colletotrichum acutatum* Simmonds complex in fruit and berries cultures. *Plodovodstvo i Yagodovodstvo v Rossii.* 2019;56:246-7. (In Russ.)]

⟷

УДК:633.111.1

АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К ИСКУССТВЕННО СОЗДАВАЕМЫМ ОСМОТИЧЕСКОМУ, СОЛЕВОМУ И КИСЛОТНОМУ СТРЕСС-ФАКТОРАМ НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

Н.В. Давыдова*, Л.А. Марченкова, О.В. Павлова, Р.Ф. Чавдарь, Т.Г. Орлова, А.В. Широколава
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Сколково, Россия

*Эл. почта: davnat58@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Представлены экспериментальные данные по оценке адаптивности сортов и линий яровой пшеницы в фазе проростков по реакции на обезвоживание, засоление, закисление и гипоксию растений. Работа проведена на фонах искусственно моделируемых стрессов, качестве которых использовали сахарозу, хлорид натрия (NaCl) и сульфат алюминия [Al₂(SO₄)₃] и длительное затопление семян. Реакцию сортообразцов определяли по интенсивности ростовых процессов в сравнении с контролем (дистиллированная вода): на фонах обезвоживания сахарозой и гипоксии – по депрессии прорастаемости, засоления – по длине ростков, закисления – корешков. Определяли соотношение процента показателей опытных вариантов к контрольным. Выявлена различная норма депрессии указанных показателей в зависимости от применяемых факторов и способность противостоять вредоносному воздействию стресс-факторов. Выявлены сортовые различия по уровню реакции на изучаемые стрессовые факторы. По засухоустойчивости они варьировали в пределах -34-85 %, солеустойчивости – 17-58 %, по кислотоустойчивости -41-84 %, по устойчивости

к затоплению – 18-72 %. Наиболее сильное разрушающее действие на растения яровой пшеницы оказывают анаэробный и особенно солевой стрессы. На основе суммарного индекса устойчивости «И» выделено 46 % с широким диапазоном адаптивности к действию стрессоров. Особую селекционную ценность имеют сорта Злата, Лиза, Эстер, Агата, Радмира, которые обладают высокой продуктивностью, урожайностью, пластичностью, устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, болезням и могут быть использованы в разных экологических зонах для создания форм яровой пшеницы с комплексом положительных характеристик.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорт, линия, стрессовые факторы, обезвоживание, засоление, закисление, затопление, индекс устойчивости, адаптивность.

ADAPTABILITY OF SPRING WHEAT VARIETIES AND LINES TO THE ARTIFICIAL OSMOTIC, SALT AND ACID STRESS FACTORS DURING THE EARLY STAGES OF ONTOGENY

N.V. Davydova*, L.A. Marchenkova, O.V. Pavlova, R.F. Chavdar, T.G. Orlova, A.V. Shirokolava

Federal research center «Nemchinovka», Skolkovo, Russia

*E-mail: davnat58@yandex.ru

The article presents experimental data on the adaptability of spring wheat varieties and lines evaluated by their responses to dehydration, acidification and plant hypoxia during their seedlings phase. Artificially modeled stress backgrounds used were high sucrose, sodium chloride (NaCl) and aluminum sulfate $[Al_2(SO_4)_3]$, as well as prolonged seeds drowning. The responses of samples were assessed by their growing rates in comparison with control (distilled water) upon dehydration by sucrose and upon hypoxia, by sprouts length upon salination, and by roots length upon acidification. Percentages of experimental results vs. respective controls were calculated. Different levels of depression of the above indicators (depending on stress factors implemented), as well as different abilities to tolerate stress factors were found. Differences between varieties in their reactivity to stress factors were identified. Depending on variety, the indicators varied within 34-85 % for drought tolerance, 17-58 % for salinity tolerance, 41-84 % for acid tolerance, and 18-72 % for flooding tolerance. It was determined that anaerobic and salt stresses are the most harmful to the spring wheat plants. According to the combined tolerance index “I” 46% varieties with a broad adaptability spectrum to stressors were chosen. Especially valuable for selection are the varieties Zlata, Liza, Ester, Agata and Radmira due to the combination of economically important traits featured by them: high productivity, high yield, plasticity, and tolerance to adverse environmental factors and diseases. Those varieties may be used in environmentally different regions to create new spring wheat varieties with combinations of positive traits.

Keywords: spring wheat, variety, line, stress factors, dehydration, salinization, acidification, flooding, tolerance index, adaptability.

Введение

Устойчивость растений к основным биотическим и абиотическим стрессовым факторам – одно из основных требований, которые предъявляются к сортам сельскохозяйственных культур и технологиям их возделывания.

В условиях глобального изменения климата и негативного антропогенного воздействия на экосистемы наблюдается тенденция увеличения частоты экстремальных явлений, таких как избыточное выпадение осадков, приводящее к переувлажнению, засуха, засоление, закисление, вызывающие сбой нормального течения многих физиологических процессов.

Наиболее сильное разрушающее действие на зерновые культуры, оказывает водный стресс (недостаточное и избыточное увлажнение), проявляющийся в виде засухи и длительного затопления растений. Первое наиболее характерно для яровых культур и действует на ранних этапах онтогенеза в наиболее уязвимый период (май-июнь), когда растениям требуется высокая влагообеспеченность, и приводит к подавлению активности ростовых процессов, депрессии проростков и к ощутимым потерям сельскохозяйственной продукции [1]. Второе является причиной угнетения растений при обильном выпадении осадков в вегетационный период, вызывает нарушение воздушного режима в зоне корней, приводящее к ухудшению аэрации, задержке и аномалиям роста, а иногда и к гибели растений [2].

Серьезным препятствием на пути повышения урожайности зерновых культур является хлоридное и сульфатное засоление почвы, вызывающие депрессию роста надземных и подземных органов растений. Первое в результате высокого осмотического давления, вызванного избыточным содержанием легкорастворимых солей в почвенном растворе замедляет впитывание воды семенами перед их прорастанием, уменьшает набухание, резко задерживает рост всходов [3]. Второе оказывает сильное токсическое воздействие на растения, вызывая нарушение функции поглощения химических элементов корневой системой, подавляя рост корней, ухудшая их набухаемость и проницаемость, ингибируя рост вглубь [4]. Солевой стресс, хотя и нетипичен для Нечерноземной зоны, тесно связан с дефицитом воды, а, следовательно, и с засухоустойчивостью [5], чем и интересен для исследований.

Значительное варьирование абиотических факторов среды в условиях Нечерноземной зоны обуславливает постоянный поиск исходного материала с высокими адаптационными свойствами в сочетании с комплексом хозяйственно-ценных признаков, способных эффективно использовать биоклиматические ресурсы как в благоприятные, так и в неблагоприятные годы.

Результатами множества исследований по зерновым культурам подтверждена целесообразность применения лабораторных методов для оценки стрессоустойчивости ранних этапов развития растений, основанных на искусственном моделировании стрессов путем обработки семян различными токсикантами. Это особенно актуально в связи с тем, что в начальный период развития растения особенно чувствительны к неблагоприятным факторам среды [6].

Цель работы – изучение реакции сортов и линий яровой пшеницы на воздействие осмотического, солевого и кислотного стресс-факторов на ранних этапах онтогенеза и отбор высокоадаптивных форм для использования в селекции.

Материал и методы исследования

Исследования проведены в 2013-2021 гг. на семенах сортов яровой пшеницы ФИЦ «Немчиновка» раннего и нового периодов сортосмены - Злата, Эстер, Агата, Любава, Лиза, РИМА, ТИМА, Радмира, Юбилейная 60, Фаина и др.

Погодные условия за указанный вегетационный период имели ряд особенностей. 2019 год характеризовался дождями с понижением температуры в предуборочный и уборочный периоды, что сказалось на снижении всхожести. 2020 г. отличался обилием дождей ливневого характера и резким понижением температуры в период формирования семян, а развитие растений в 2021 г., наоборот, проходило в условиях дефицита осадков и повышенного температурного режима, что и явилось причиной понижения полновесности семян.

Изучение стрессоустойчивости сортов осуществляли в лабораторных условиях на пятидневных проростках в контрольных (дистиллированная вода) и стрессовых условиях на фонах обезвоживания семян сахарозой в концентрациях 16-20 атм. [7], засоления хлоридом натрия [8], закисления сульфатом алюминия [9] и длительного затопления в воде [2].

В качестве диагностического признака использовали интенсивность ростовых процессов проростков. Устойчивость к осмотическому и анаэробному стрессам определяли по депрессии прорастаемости семян, к солевому - по изменению длины ростков. При определении

стрессоустойчивости использовали соотношение процента показателей опытных вариантов к контрольным.

Для комплексной оценки (определения адаптивности) применяли группировку сортов по индексу устойчивости «И», который представляет собой сумму показателей устойчивости к каждому стрессовому фактору ($I_1 + I_2 + I_3$), приведенных к единице [10]. Образцы с индексом устойчивости, превышающим средний показатель, отнесены к числу высокоадаптивных форм. Проведено ранжирование линий по стрессоустойчивости на основе полученных показателей.

Результаты и обсуждение

При воздействии стресс-факторов, создаваемых в разные годы в лабораторных условиях - обезвоживания, засоления и закисления семян – выявлены различия по норме депрессии ростовых функций проростков в зависимости от применяемого фактора и генетических особенностей изучаемых форм.

В результате многолетнего изучения (2013-2021 гг.) в разных климатических условиях получена характеристика адаптивности сортообразцов яровой пшеницы, созданных в лаборатории селекции и первичного семеноводства яровой пшеницы ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка», таких как Злата, Лиза, Любава, Эстер, Агата, и др. Полученные результаты свидетельствуют о том, что большинство из них на ранних этапах онтогенеза способно противостоять стрессовым ситуациям в разных условиях среды. Среди погодных аномалий главной причиной снижения урожайности яровой пшеницы в Нечерноземной зоне, как известно, является засуха.

Анализ погодных условий в Центральном районе Нечерноземной зоны за период 1998-2021 гг. показал, что погодно-климатические условия в данном регионе в основном благоприятны для нормального роста и развития яровой пшеницы. Однако в отдельные годы наблюдаются большие варьирования по влагообеспеченности в разные периоды онтогенеза, что приводит к существенному снижению продуктивности и качества семян.

За время проведения исследований (1998-2021 гг.) самыми засушливыми были 1999, 2002, 2007 и 2010 гг. (рис. 1). При этом засуху 1999, 2002 и 2010 гг. на яровых культурах можно характеризовать как полную (от всходов до начала колошения), а 2007 г. – как раннюю (на стадии всходов).

Наиболее значительное переувлажнение на растениях яровой пшеницы отмечено в 1998, 2000, 2003, 2004, 2008 и 2017 гг., что вызвало существенное снижение всхожести семян и инфицированность болезнями.

Самое высокое токсическое воздействие на свойства и посевные качества семян зерновых культур оказывают виды рода *Fusarium*, инфицированность которых, как и всхожесть, во многом определяется температурой и количеством осадков в предуборочный и особенно в уборочный периоды. Наблюдения позволили определить диапазон различий по уровню посевных показателей и инфицированности болезнями в различных условиях среды (см. рис. 1).

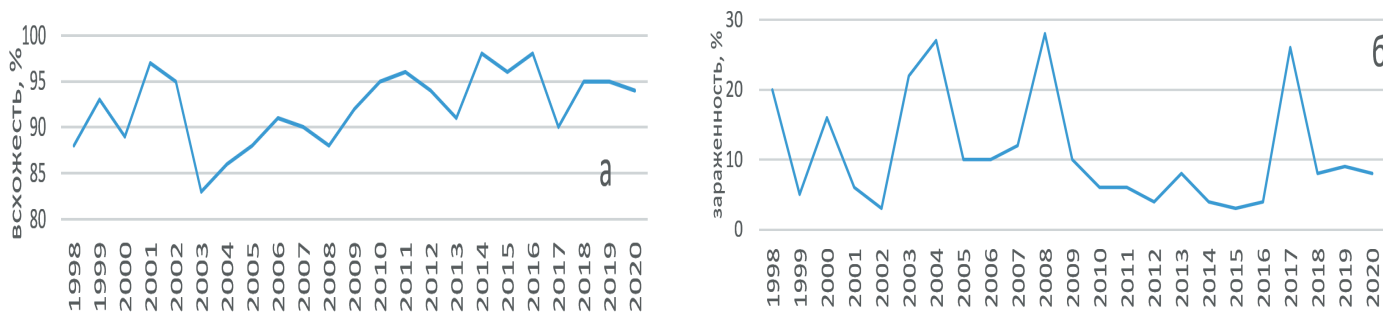


Рис. 1. Ретроспективный анализ всхожести (а) и зараженности семян сортов яровой пшеницы фузариозом (б), 1998-2020 гг.

В годы переувлажнения всхожесть яровой пшеницы варьировала от 83 до 100 %, зараженность фузариозами – от 16 до 30 %, в засушливые годы соответственно от 93 до 95 % и от 3 до 7 %. Изменчивость условий переувлажнения и дефицита влагообеспеченности в разные периоды онтогенеза способствовало не только ухудшению посевных качеств семян, но и существенному снижению урожайности и продуктивности.

Многолетняя оценка (2013-2019 гг.) наиболее востребованных в производстве сортов – Злата, Эстер, Агата, Любава, Лиза и др. – на фоне искусственного моделирования осмотического, солевого и кислотного стрессовых факторов позволила выявить уровень депрессии ростовых функций проростков и степень их устойчивости к стрессам.

Наиболее вредоносное воздействие на растения яровой пшеницы оказал солевой стресс, наименее – кислотный, со средними показателями устойчивости соответственно 46 и 71 % (на фоне осмотического стресс-фактора – 57 %) (рис. 2).

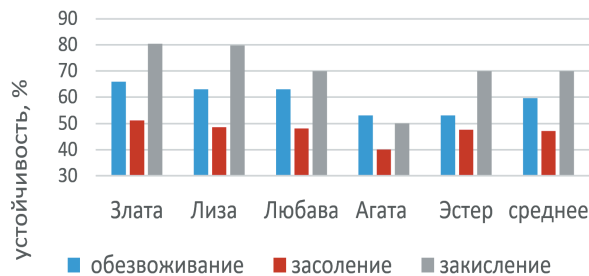


Рис. 2. Характеристика сортов яровой пшеницы по устойчивости к осмотическому, солевому и кислотному стресс-факторам (среднее за период 2013-2019 гг.).

В связи с увеличением количества осадков, наблюдающегося в последние годы в разные периоды онтогенеза яровой пшеницы, проведены следования по оценке устойчивости ее сортообразцов к гипоксии, приводящей к сильному угнетению ростовых процессов. В табл. 1 показана реакция сортов и линий на воздействие осмотического, солевого и анаэробного стрессов в 2019-2021 гг. Выявлены сортовые различия стресс-реакций растений и диапазон адаптивности к их токсическому воздействию.

Растения яровой пшеницы контрастно реагировали на используемые стрессы. Наибольшая степень изменчивости признака устойчивости по средним за три года данным отмечена на вариантах затопления семян и обезвоживания семян (размах вариации соответственно 18-72 % и 43-85 %), наименьшая – на фоне засоления (размах вариации – 17-77 %).

Отмечена разница по средним показателям устойчивости, которые на варианте осмотического стресса соответствовали 58 %, солевого – 40 % и анаэробного – 55 %. Самую высокую защитно-приспособительную способность (равную или превышающую средние данные) в условиях

Характеристика посевных качеств семян, урожайности и адаптивности сортов и линий яровой пшеницы, КСИ-2019-2021 гг.

Сорта и линии	Всхожесть, %	Масса 1000 семян, г	Урожайность т/га	Устойчивость к стресс-факторам, %			Индекс устойчивости
				обезвоживанию И ¹	засолению И ²	затоплению И ³	
Злата	93	38,3	4,10	85,3	45,7	72,5	2,04
Лиза	93	32,3	3,31	67,7	47,0	63,0	1,78
Эстер	95	33,3	4,20	58,3	47,3	57,5	1,63
Радмира	96	34,7	4,64	60,7	37,0	65,5	1,63
Фаина	91	33,3	3,61	55,7	45,3	62,0	1,62
Агата	95	33,9	3,63	58,3	38,0	65,0	1,61
ТИМА	95	30,6	3,66	55,7	37,7	57,5	1,51
Марфа	87	36,4	4,36	53,7	46,7	51,5	1,51
РИМА	95	35,8	3,84	64,0	35,0	48,0	1,47
Юбилейная 60	90	36,9	4,07	42,7	40,7	53,5	1,37
Беяна	97	34,9	4,06	50,3	16,7	63,5	1,31
Любава	91	38,7	3,59	65,0	41,3	18,5	1,25
Агрос	94	40,4	4,26	56,0	35,7	31,5	1,23
среднее	93,2	35,3	3,9	57,5	39,5	54,6	1,54
CV, %	3,0	7,8	9,5	18,7	20,8	27,3	14,8

осмотического и солевого стрессов проявили 54 %, солевого – 62 % сортообразцов. Различия по числу проросших семян между опытными и контрольными вариантами на устойчивых образцах в первых двух случаях составляли 9-30 %, на неустойчивых – 35–80 %. Аналогичная картина наблюдалась и по длине ростков. Наибольшее негативное токсическое влияние на растения яровой пшеницы оказывал солевой стресс, наименьшее – осмотический.

На основе суммарного индекса устойчивости «И», выделено 46 % сортов с высокой адаптивностью к стрессовым факторам (превышающей средний индекс -1,54), среди которых Злата, Лиза, Эстер, Агата и Радмира. Сорта Злата, Лиза и Эстер отличались высокоустойчивой реакцией к трем стрессам, Агата, Любава, Радмира, Фаина и ТИМА - к двум, остальные образцы - к одному из изучаемых факторов. Многие сорта показали сходную реакцию на воздействие стресс-факторов.

Участие вышеуказанных, а также других стрессоустойчивых сортов ранних периодов сортосмены - Приокская, Лада, МИС, Амир и др. – в селекционном процессе позволяет создать большое число перспективных линий и новых сортов, характеризующихся значимой способностью противостоять биотическим факторам среды как на стадии проростков, так и в полевых экстремальных условиях среды.

Переданные в Государственное сортоиспытание сорта Фаина, Агрос и Марфа способны формировать высокий уровень урожайности и продуктивности, обладают высоким адаптивным потенциалом по основным хозяйственно-ценным признакам, отличаются толерантностью к наиболее вредоносным листовым болезням (табл. 2).

Сорт Фаина отличается высокой приспособительной реакцией к засолению и затоплению, Марфа – к засолению Агрос – к обезвоживанию.

Анализ посевных качеств изучаемых сортообразцов за период 2019-2021 гг. показал, что полученные данные существенно различались по годам. Средняя всхожесть колебалась в пределах 87-97 % (см. табл. 1). В 2019 г. она составила 89 %, в 2020 г. 95 %, в 2021 г. – 96 % с количеством некондиционных семян соответственно 68, 12 и 12 %. 2019 г. отличался наиболее высокой массой 1000 семян и урожайностью, 2020 г - снижением первого показателя по сравнению со средней на 12, 8 %, в 2021 – на 5,2 %, второго - соответственно на 9,1 и 8,8 %.

Табл. 2.

Характеристика новых сортов яровой мягкой пшеницы.

Сорта	Урожайность т/га (2019-2021)	+ к средней, т/га	Дата колошения	Содержание клейковины, %	Масса 1000 семян, г	Сила муки, е.а.	Объемный выход хлеба, мл	Поражение болезнями, %	
								бурая ржавчина	септориоз
Злата (ст.)	4,60	-	23.06	33,6	40,9	297	975	15	25
Агрос	4,98	+0,38	24.06	32,5	43,5	306	955	0-5	10
Марфа	5,07	+0,47	29.06	40,8	41,9	232	900	0-5	15
Фаина	4,97	+0,37	26.06	33,4	39,8	3000	980	5	10
НСР ₀₅	0,24								

Что касается урожайности изучаемых образцов, то ее самые высокие показатели отмечены в 2019 г., самые низкие в 2020 г. В первом случае она была на уровне 3,37-5,52, во втором – 2,61-4,53, в 2021 г. – 2,80-4,62 т/га при средних показателях 4,60, 3-40, 3,70 т/га. соответственно. Такие результаты можно объяснить в основном погодными условиями в период вегетации или почвенными условиями опытных участков. По результатам трехлетнего испытания самую высокую урожайность (от 4 и выше т/га) формировали Злата, Эстер, Радмира и новые сорта Агрос, Марфа, Беяна, Юбилейная 60 и ТИМА. Они представляют особый интерес для дальнейшего использования в селекционном процессе, так как помимо высокой урожайности и стрессоустойчивости отличаются и другими хозяйственно-ценными свойствами, такими как озерненность, скороспелость, устойчивость к болезням и др.

Заключение

Выполнена оценка адаптивных свойств сортов и линий яровой пшеницы по реакции растений на обезвоживание, засоление, затопление и гипоксию в условиях искусственно создаваемых стрессов путем воздействия сахарозой, хлоридом натрия, сульфатом алюминия и затоплением семян. Установлено, что эти стресс-факторы, приводят к существенному ухудшению ростовых функций. Выявлены различия по депрессии проростков в зависимости от применяемого фактора и генетических особенностей изучаемых форм. Установлено, что самыми сильными для растений яровой пшеницы является анаэробный и особенно солевой стрессы. Показана специфическая реакция изучаемых генотипов по устойчивости к засухе, переувлажнению, засолению и закислению и выявлены формы с широким диапазоном адаптивности. Выделены сорта - Злата, Лиза, Эстер, Агата, Радмира и др., - представляющие интерес для селекции как источники высокой адаптивности к абиотическим стресс-факторам и комплекса хозяйственно-ценных признаков.

Литература

1. Крупнов ВА. Засуха и селекция пшеницы: системный подход. Сельскохозяйственная биология. 2011;(1):12-23.
2. Белецкая ЕК., Остаплюк ЕД. Оценка устойчивости озимых культур к вымоканию и ледяной корке. В кн.: Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Л.: 1988. С. 182-6.
3. Удовенко ГВ. Солеустойчивость культурных растений. Научные труды ВАСХНИЛ. Ленинград: Колос; 1977.
4. Ярусов СС, Соколов МФ. Обменная кислотность в почвах и ее токсичность. В кн.: Сборник памяти Д.Н. Прянишникова. М.; 1950. С. 37-50.
5. Zhu J.-K. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annu Rev Plant Biol. 2002;53:247-73.
6. Удовенко ГВ. Устойчивость растений к абиотическим стрессам. Физиологические основы селекции растений. 1995;2(2):293-352.
7. Кожушко НН. Оценка засухоустойчивости полевых культур. В кн.: Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Л., 1988. С.10-24.
8. Семушкина ГВ, Хазова ГВ, Удовенко ГВ. Применение анализа изменения ростовых процессов для диагностики солеустойчивости растений. В кн.: Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Л.: Колос; 1976. С. 85.
9. Лисицын ЕМ. Методика лабораторной оценки алюмоустойчивости зерновых культур. Доклады РАСХН. 2003;(3):5-7.
10. Белецкая ЕК, Остаплюк ЕД. Оценка устойчивости озимых культур к вымоканию и ледяной корке. В кн.: Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Л.: 1988. С. 182-6.
11. Марченкова ЛА, Давыдова НВ, Чавдарь РФ, Орлова ТГ, Казаченко АО, Грачева АВ, Широколава АВ. Оценка адаптивности сортов и линий яровой пшеницы на фоне искусственно моделируемых стрессов. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017; (5):9-15.

References

1. Krupnov VA. [Drought vs wheat selection: a systemic approach]. Selskokhoziaystvennaya Biologiya. 2011;(1):12-23. (In Russ.)
2. Beletskaya EK, Ostapliuk ED. [Evaluation of winter cultures tolerance to soaking and ice crust]. In: Diagnostika Ustoychivosti Rasteniy k Stressovym Vozdeystviyam. Metodicheskoye Rukovodstvo [Diagnostics of Plant Tolerance to Stressful Influences. Methodological Guide]. Leningrad; 1988; P. 182-6. (In Russ.)
3. Udovenko GV. Soleustoychivost Kulturnykh Rasteniy. Nauchnye Trudy VASKhNIL [Salt Tolerance of Crops]. Leningrad: Kolos; 1977. (In Russ.)
4. Yarusov SS, Sokolov MF. [Exchangeable Acidity in Soils and Its Toxicity]. In: Sbornik Pamiaty D.N. Pryanishnikova. – Moscow; 1950. P. 37-50. (In Russ.)
5. Zhu J.-K. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annu Rev Plant Biol. 2002;53:247-73.
6. Udovenko G.V. [Plant resistance to abiotic stresses]. Fiziologicheskiye Osnovy Seleksii Rasteniy. 1995;(2): 293-352. (In Russ.)
7. Kozhushko NN. [Evaluation of drought resistance of field crops]. In: Diagnostika Ustoychivosti Rasteniy k Stressovym Vozdeystviyam. Metodicheskoye Rukovodstvo [Diagnostics of Plant Tolerance to Stressful Influences. Methodological Guide]. Leningrad; 1988. P. 10-24. (In Russ.)
8. Semushkina GV, Khazova GV, Udovenko GV. [Implementation of growth process variation analysis for plant salt tolerance diagnostics]. In: Metody Otsenki Ustoychivosti Rasteniy k Neblagopriyatnym Faktoram Sredy [Methods of Evaluation of Plant Tolerance to Unfavorable Environmental Factors]. Leningrad: Kolos; 1976. P. 85. (In Russ.)
9. Lysitsyn EM. [Methodology for laboratory assessment of aluminum resistance of grain crops]. Doklady RASKhN. 2003;(3): 5-7. (In Russ.)
10. Marchenkova LA, Davydova NV, Chavdar RF, Orlova TG, Kazachenko AO, Gracheva AV, Shirokolava AV. [Evaluation of the adaptability of varieties and lines of spring wheat against the background of artificially simulated stresses]. Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2017; (5):9-15. (In Russ.)

«»

УДК 633.2 : 631.147

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ ***

Л.П. Евстратова*, Е.В. Николаева, Г.В. Евсеева

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Россия*

* Эл. почта: levstratova@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 06.09.2022; принята к печати 11.11.2022

Одно из направлений биологизации земледелия в условиях Карелии – широкое использование многолетних трав, которые являются источником получения кормов и выполняют важную экологическую функцию. При двухукосном режиме скашивания зеленой массы изучены урожайность и протеиновая продуктивность одно- и трехвидовых травостоев с участием клевера лугового *Trifolium rubens*, козлятника восточного *Galega orientalis*, люцерны изменчивой *Medicago varia* Mart, костреца безостого *Bromus inermis*, тимофеевки луговой *Phleum pratense* без применения минеральных удобрений и при внесении $N_{45}P_{60}K_{90}$. Наибольшей продуктивностью (т/га) выделился клевер (сухая масса – до 8,6, сырой протеин – 1,51), а также люцерна + клевер + тимофеевка (9,4 и 1,32 соответственно). Ежегодное весеннее использование минеральных удобрений вызвало незначительное увеличение урожайности биомассы клевера, что исключает необходимость их внесения. Для биологизации северного земледелия рекомендовано возделывание (два-три года) чистого травостоя клевера лугового, а также трехвидового агрофитоценоза с участием этого вида, люцерны изменчивой и тимофеевки луговой (шесть-семь лет). На пастбище бобово-злаковые многолетние травостой за пятилетний период накапливают в почве до 9,0 т/га укосных, корневых остатков с содержанием общего азота до 113,0 кг/га, чем способствуют небольшому увеличению содержания гумуса и снижению кислотности почвы

Ключевые слова: *одновидовые, смешанные многолетние травостои, продуктивность, биологизация земледелия.*

**THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF PERENNIAL GRASSES IN SOLVING THE PROBLEM OF BIOLOGIZATION OF AGRICULTURE
IN THE REPUBLIC OF KARELIA**

L.P. Yevstratova, Ye.V. Nikolayeva, G.V. Yevseyeva

Karelian Research Centre, the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

Email: levstratova@yandex.ru

One of approaches to biologization of agriculture in Karelia is a widespread use of perennial grasses, which are a source of fodder and perform important ecological functions. We compared yield and protein productivity (tons/hectare) of one- and three-species grass stands including foxtail clover *Trifolium rubens*, eastern galega *Galega orientalis*, alfalfa *Medicago varia* Mart, smooth brome grass *Bromus inermis*, and timothy *Phleum pratense* grown without

mineral fertilizers or with $N_{45}P_{60}K_{90}$ using the two-cut mode of mowing the green mass. Clover (dry weight up to 8.6, crude protein 1.51), as well as alfalfa + clover + timothy (9.4 and 1.32, respectively) featured the highest productivity. The annual spring application of mineral fertilizers caused but an insignificant increase in the yield of clover biomass, which suggests that there is no need for their application. For the biologization of a northern agriculture, it is recommended to cultivate (for two to three years) a pure grass stand of red clover, as well as a three-species stand including clover, alfalfa and timothy (six to seven years). In a pasture, legume-cereal perennial grass stands accumulate in the soil up to 9.0 ton/hectare of mowing root residues, total nitrogen content being up to 113.0 kg/ha over a five-year period, thus contributing to a slight increase in humus content and a decrease in soil acidity.

Keywords: *single-species, mixed perennial herbage, productivity, biologization of agriculture.*

* Полный текст статьи опубликован в журнале «Биосфера» (2022;14(3):156-162), DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.687

«»

УДК:632.4.01/08:635.611

СОСТАВ И АГРЕССИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ ПАТОКОМПЛЕКСА *CUCUMIS MELO* L. В УСЛОВИЯХ БОГАРЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

И.А. Енгальчева^{1*}, Е.Г. Козарь¹, А.В. Каменева¹, М.С. Корнилова²

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (Одинцовский район, Московская область) и ²Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (Быковский район, Волгоградская обл.), Россия

*Эл. почта: engirina1980@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В настоящее время данные по составу фитопатогенного комплекса на культуре дыни в России практически отсутствуют. Целью данного исследования является изучение патокомплекса возбудителей вредоносных болезней на культуре дыни в условиях Волгоградской области. Исследования проводили в 2021-2022 годах на базе лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства (Московская область) и Быковской бахчевой овощной опытной станции (Волгоградская область). Исследованы семена и плоды дыни, арбуза, тыквы и изоляты микромицетов. Мониторинг развития вредоносных болезней проводили в условиях богары Волгоградской области. Для изучения органоспецифичности и для поиска наиболее восприимчивого этапа развития растения заражение изолятами микромицетов проводили в двух сериях опытов: 1) заражали плоды (генеративная стадия) бахчевых культур нанесением мицелиально-агарового блока на поверхность плода; 2) заражали мицелиальной суспензией на стадии развития проростков (ювенильная стадия). О влиянии микромицетов судили по проявлению симптомов и изменению параметров растений в опытных и контрольных вариантах. Описаны основные типы симптомов на растениях дыни в условиях Волгоградской области, в том числе при смешанной инфекции грибами *Fusarium* и *Colletotrichum*. Изучен уровень специализации выделенных патогенных микромицетов в отношении других видов семейства *Cucurbitaceae* и выделены наименее специализированные. Установлены степени влияния устойчивости сорта дыни и агрессивности выделенных микромицетов на рост и развитие отдельных органов проростков. Более 50% изолятов микромицетов стимулировали развитие настоящего листа, для других было характерно разнонаправленное воздействие на этот показатель в зависимости от устойчивости растений. По высоте стебля на устойчивом сорте регистрировали существенное стимулирование роста вегетативной части при заражении практически всеми испытанными изолятами, у восприимчивого сорта более 70% испытанных изолятов подавляли рост. Изменения длины корня у проростков после заражения не имели четкой сортовой специфики, в отличие от других параметров.

Ключевые слова: *дыня, Cucurbitaceae, микромицеты, Fusarium, Colletotrichum, фитопатогены, агрессивность, изоляты*

CUCUMIS MELO L. MICROMYCETES PATHOCOMPLEX COMPOSITION AND AGGRESSIVENESS IN DRY FARMING LAND IN VOLGOGRAD REGION

I.A. Engalycheva^{1*}, E.G. Kozar¹, A.V. Kameneva¹, M.S. Kornilova²

¹Federal Vegetable Research Center (Odintsovo District, Moscow Region) and ²Bikovskaya Cucurbits Breeding Experimental Station of Federal Vegetable Research center" (Bykov District, Volgograd region), Russia

*Email: engirina1980@mail.ru

Currently, there are practically no data on the composition of the phytopathogenic complex on melon culture in Russia. The objective of the present work was to study the complex of pathogens on a melon culture in Volgograd Region conditions. The research was carried out in 2021-2022, using the facilities of Plant and Protection Laboratory of the Federal Vegetable Research Center, at Bykovskaya Melon Vegetable Experimental Station (Volgograd region). Seeds, fruits of melon, watermelon, pumpkin and isolates of micromycetes were studied. Two series of experiments were carried out to determine the most vulnerable developmental stage: 1) fruits (generative stage) of melon crops were infected by applying a mycelial-agar block to the surface of a fruit; 2) developing seedlings were infected with a mycelial suspension. The effects of micromycetes were evaluated by symptoms manifestation and by changes in the parameters of plants. The main types of symptoms manifested on melon plants in the conditions of Volgograd Region, including those produced by a mixed infection of *Fusarium* and *Colletotrichum* fungi, are described. The level of specialization of the isolates of micromycetes in relation to other species of the *Cucurbitaceae* family was studied and the least specialized isolates were identified. Differences in the resistance influence melon varieties and in the aggressiveness of the isolated micromycetes towards the growth and development of individual organs of seedlings were established. More than 50% of the studied micromycete isolates stimulated real leaf development, whereas the rest produced multidirectional effect on these parameters depending on plant resistance. According stem height of a stable variety, a significant stimulation of the growth of the vegetative part was recorded upon infecting with almost all tested isolates. In susceptible varieties, more than 70% of the tested isolates caused depression of stem growth. Changes in the root length of infected seedlings, unlike other parameters, did not show a clear variety-related specificity.

Keywords: *melon, Cucurbitaceae, micromycetes, Fusarium, Colletotrichum, phytopathogens, aggressiveness, isolate*

Введение

Бахчеводство является одной из прибыльных отраслей в зоне рискованного земледелия Волгоградской области. Плоды дыни (*Cucumis melo* L.), выращенные в неорошаемых условиях Волгоградского Заволжья, по своим качественным показателям превосходят выращенные в других регионах Российской Федерации. Весомый вклад в производство плодов бахчевых культур РФ вносит Нижнее Поволжье, где Волгоградская область занимает первое место, производя чуть более 42% бахчевых, из них 20% - дыня [1]. Важным биотическим фактором, лимитирующим выращивание дыни в условиях Волгоградского Заволжья, является поражение болезнями различной этиологии.

В настоящее время фузариоз и антракноз, возбудителями которых являются грибы родов *Fusarium* и *Colletotrichum*, выходят на первый план среди наиболее вредоносных болезней на экономически важной культуре. Эти болезни наносят серьезный ущерб во всех странах мира, где возделывается дыня. В 2020 году отмечены сильные эпифитотии фузариоза дыни в Иране, Китае, Испании, США, повлекшие потери урожая до 80% [2].

В последние годы многие исследователи отмечают совместное поражение грибами *Fusarium* с другими возбудителями болезней, в частности с грибами рода *Colletotrichum*, приводящее к серьезному экономическому ущербу [3,4].

Среди множества факторов, влияющих на заражение фитопатогенами в полевых условиях, существенная роль принадлежит сложным взаимодействиям патогенного комплекса внутри агробиоценоза, изменяющих ареал их распространения. Развитие болезни подвержено ежегодным колебаниям в зависимости от меняющихся погодных условий, сортимента выращиваемых сортов с различным уровнем устойчивости, видового состава возбудителей [5,6]. Это выражается в проявлении не всегда типичных симптомов, характерных для каждого заболевания, и в изменении интенсивности поражения посевов дыни [7,8].

В России данные по современному составу фитопатогенного комплекса на культуре дыни практически отсутствуют. В связи с этим целью данного исследования является изучение патоконспекса возбудителей наиболее вредоносных болезней на культуре дыни в условиях степной зоны Волгоградской области.

Объекты и методы

Исследования проводили в 2021-2022 годах на базе лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФНЦО (Московская область) и Быковской бахчевой селекционной опытной станции (ББСОС) - филиала ФНЦО (Волгоградская область).

Исследован нативный пораженный материал с вегетативных и генеративных органов растений дыни; семена коммерческих партий сортов дыни селекции ББСОС ФНЦО, различных по устойчивости к болезням грибной этиологии: Катюша (относительно устойчивый), №218 (восприимчивый), а также арбуза сорта Зенит, тыквы крупноплодной СП-2. Различные по агрессивности изоляты микромицетов культивировали на среде Чапека в течение десяти суток при температуре 24-25°C. Применяли фитосанитарное обследование в поле с фоторегистрацией симптомов и микроскопированием нативного материала пораженных растений, традиционные методы выделения микромицетов в чистую культуру (влажная камера, посев на питательные среды, получение моноспоровых чистых культур), исследование макро- и микроморфологических признаков изолятов (диаметр колонии, скорость роста, цвет и структура колонии; габитус споруляции, размер и форма конидий). Идентификацию видового состава патогенов проводили, используя соответствующие методики и определители [9-12].

Оценку вирулентности и агрессивности выделенных изолятов грибов проводили в двух сериях независимых опытов на различных видах семейства *Cucurbitaceae* - дыне, тыкве и арбузе. В первом опыте степень агрессивности микромицетов оценивали путем заражения целых плодов дыни, арбуза (без нарезания на диски в связи с наличием у них сочной мякоти), которые стерилизовали 1% раствором гипохлорида натрия с последующим трехкратным промыванием стерильной водой и подсушиванием в течение 30 минут. Начиная от верхушечной части (плодоножки) вниз к диаметрально противоположной части, плод делили маркером на отдельные участки (3×3 см) для каждого варианта заражения. Плоды тыквы разрезали, вынимали семена и для заражения разрезали на диски размером 3×3 см. На поверхности каждого из участков (диска) стерильным скальпелем делали неглубокие надрезы верхнего слоя коры, помещали внутрь мицелиально-агаровый блок гриба и плотно прижимали надрезанным слоем коры. Зараженный материал помещали в условия влажной камеры. Контроль – чистый агаровый блок. Повторность – четырехкратная. Учеты проводили на седьмые сутки после заражения, измеряли диаметр (d), глубину (h) и рассчитывали объем зоны поражения (мм³).

По величине объема зоны поражения судили о степени агрессивности изолятов грибов и дифференцировали их на три группы:

- слабоагрессивные – поражено 5-35 % поверхности диска (участка);
- среднеагрессивные - поражено 36-65 % поверхности диска;
- сильноагрессивные - поражено 66-100 % поверхности диска.

Во втором опыте степень агрессивности изолятов микромицетов оценивали путем заражения проростков сортов дыни различными по степени агрессивности изолятами согласно результатам первого опыта. Заражение проводили на различных по устойчивости к микозам сортах дыни селекции ББСОС- № 218 (восприимчивый) и Катюша (относительно устойчивый). Стерилизацию семян проводили 1% раствором гипохлорида натрия в течение 5 минут с последующим трехкратным промыванием стерильной водой и подсушиванием в течение 30 минут. Обработанные семена каждого сорта предварительно проращивали в контейнерах с увлажненной стерильной фильтровальной бумагой (по 100 штук) в термостате при 24°C в течение 3 суток. Далее отбирали наклюнувшиеся семена с длиной корешка 1-2 мм без признаков поражения и раскладывали в пластиковые контейнеры по 10 штук в трех повторностях для каждого варианта опыта на увлажненную стерильную фильтровальную бумагу (2 слоя). Заражение изолятами грибов проводили путем внесения в каждый контейнер по 5 мл мицелиально-споровой суспензии культуры (концентрация 10⁵⁻⁶ спор на мл). Контроль – стерильная вода. Через сутки после заражения проростки сверху засыпали стерильным перлитом (слой 3 см). Наблюдения за развитием проростков и симптомов поражения проводили на 7, 14 и 21 сутки от даты заражения, учитывая число зараженных проростков и измеряя параметры семян (линейные размеры и сырую массу отдельных частей). Площадь первого настоящего листа дыни рассчитывали по формуле площади эллипса с учетом поправочного коэффициента (K = 0,84) по формуле: S=(π,a,b)K, где a - длина большой полуоси (длина листа), b - длина малой полуоси (ширина листа), K - поправочный коэффициент.

О сортовой специфике влияния изучаемых изолятов микромицетов на биометрические показатели проростков судили по величине относительного эффекта их действия (ЭД), рассчитывая его по общепринятой формуле: ЭД=(О-К)/К*100%, где ЭД – эффект действия; %, О – значение показателя в опытном варианте; К - в контрольном варианте. Отрицательное значение ЭД свидетельствует о депрессии, положительное – о стимулировании изучаемого признака. Об относительной стабильности устойчивости сортов к фитопатогенам судили по величине коэффициента вариации: V=S/X₀100%, где; S — стандартное отклонение; X - среднее арифметическое по генеральной выборке. Обработку экспериментальных данных проводили в MS EXCEL 2010 общепринятыми методами дисперсионного анализа [13].

Результаты

На основе фитопатологической экспертизы внешних симптомов поражения листьев, стеблей и плодов дыни проведен анализ структуры современного патоконспекса микромицетов в условиях Волгоградской области (табл. 1). Известно, что характер и интенсивность проявления внешних признаков болезни, особенно при комплексном поражении возбудителями и сопутствующими видами грибов, определяется видовым составом патоконспекса, местом локализации, степенью агрессивности и особенностями взаимоотношения возбудителей в конкретном в микосообществе, уровнем устойчивости растения, влиянием внешних факторов среды. Так, в условиях засушливого жаркого сезона 2021 года симптоматика в основном проявлялась в виде сухой или мокрой гнилей плодов, пятнистостей, увядания, усыхания отдельных частей или всего растения в зависимости от органа и типа поражения.

Патогенный комплекс микромицетов был представлен грибами из родов *Fusarium*., *Alternaria*., *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*. Суммарно из разных пораженных органов было выделено 44 изолята микромицетов, среди которых доминировали грибы рода *Fusarium*. Представители данной группы выделялись с растений как с характерными симптомами фузариозного увядания, так и совместно с грибами *Colletotrichum*, вызывающими антракноз. В результате такой смешанной инфекции происходило одревеснение плодоножки и постепенное высыхание плети, на которой образовывались мелкие сморщенные плоды с темно-фиолетовой полусухой гнилью (табл. 1).

Состав патокомплекса микромицетов органов растений дыни с разными симптомами поражения (Волгоградская обл., 2021 год).

Краткое описание симптома	Источник (орган)	Число изолятов				
		всего	из них относятся к родам			
			<i>Fusarium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Colletotrichum</i>	Прочие
Концентрические бурые пятна на поверхности плодов, мокрая гниль внутри	Плод	11	5	3	1	2
Распространение бурой сухой гнили от стебля к плодоножке и плодам	Плод	4	3	1	-	-
	Стебель	1	1	-	-	-
Высыхание плети, одревеснение плодоножки, мелкоплодность с темно-фиолетовой гнилью плодов	Плод	2	1	-	1	-
	Стебель	1	-	-	1	-
Сухая бурая пятнистость на стебле и листьях	Стебель	1	1	-	-	-
	Лист	2	1	-	1	-
Сухие ржавые пятна с бурым ореолом на листьях, сухие темно-бурые и черные пятна на плодах	Плод	6	4	2	-	-
	Лист	3	3	-	-	-
Темно-бурые вдавленные пятна на плодах	Плод	4	2	-	-	2
На листьях – рыжие пятна с фиолетовым ореолом и краевой некроз	Лист	9	5	1	1	2
Суммарное число изолятов		44	25	7	6	6

Лабораторная оценка патогенности и степени агрессивности полученных изолятов на плодах различных видов семейства *Cucurbitaceae* выявила существенные различия между ними (рис.1, табл. 2). Проценты средне- и сильноагрессивных изолятов составили 12 и 18% соответственно. Причем при заражении мицелиально-агаровыми блоками большинство микромицетов из рода *Fusarium*, входящих в группу сильноагрессивных изолятов, вызывали развитие сухой пятнистости или мокрой гнили на плодах всех тестируемых растений уже на третьи сутки, что, по-видимому, обусловлено присутствием в питательной среде микотоксинов, которые способны продуцировать грибы этой группы.

Основная доля изолятов оказалась слабоагрессивной по отношению к растению-хозяину с объемом зоны поражения при искусственной инокуляции плодов менее 25%, практически не заражали дыню, однако девять из них проявили высокую агрессивность в отношении других видов семейства *Cucurbitaceae* (табл.2). Причем часть из них поражала только одну из испытанных культур, другая часть – и арбуз, и тыкву. Так, изоляты № 27, № 49 и № 38 проявили высокую активность в отношении культуры тыквы, три других изолята (№ 47, № 53, № 63) – в отношении арбуза. Изоляты № 56, № 57 и № 52 проявили высокую агрессивность в отношении обеих тыквенных культур.

Табл. 2.

Степень поражения плодов других видов семейства *Cucurbitaceae* слабоагрессивными для *Cucumis melo* изолятами микромицетов *Fusarium*

№ чистой культуры	Шифр чистой культуры	Степень агрессивности изолятов		
		<i>Cucumis melo</i>	<i>Cucurbitamaxima</i>	<i>Citrulluslanatus</i>
49	Дн-В-21-22-2-2	*	***	-
38	Дн-В-21-25-2-2	*	***	*
27	Дн-В-21-6-1-1-1	*	***	*
56	Дн-В-21-6-2-1-1	*	***	**
57	Дн-В-21-6-2-1-2	*	***	***
52	Дн-В-21-13-1-2	*	**	***
47	Дн-В-21-15-1-4-2	*	*	***
53	Дн-В-21-13-1-3	*	-	***
63	Дн-В-21-15-3-3	*	-	***

Примечание: *слабоагрессивные; **среднеагрессивные; *** сильноагрессивные

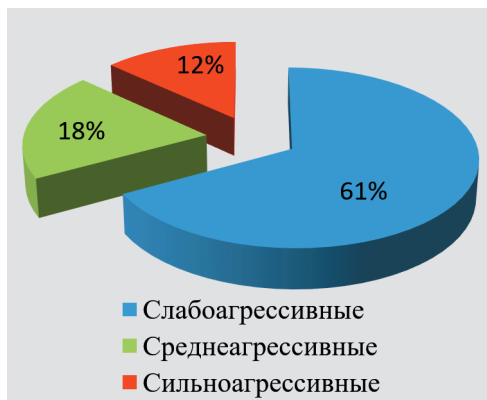


Рис. 1. Распределение выделенных с пораженных растений дыни изолятов микромицетов по степени агрессивности

Известно, что восприимчивость различных органов к фитопатогенам во многом связана с изменением физиологических и биохимических процессов в них в различные фазы развития растений. Поэтому способность многих грибов, в том числе *Fusarium spp.* и *Colletotrichum spp.*, подавлять защитные механизмы растения и заражать зависит от периода онтогенеза. Наиболее чувствительными считаются ювенильная стадия развития, когда прорастающее семя и развивающийся проросток сталкиваются с почвенной патогенной микрофлорой, а также фаза закладки и роста генеративных органов, когда резко меняется гормональный баланс, активность и направленность метаболических процессов в вегетативных частях растения, снижается содержание компонентов антибиоза [14].

В связи с этим в следующей серии экспериментов изучали способность наиболее агрессивных в отношении плодов дыни изолятов микромицетов поражать растения дыни на ранних этапах развития, регистрируя динамику появления симптомов и характер реакции проростков устойчивого и восприимчивого сортов на биотический стресс.

Анализ проявления симптоматики после искусственной инокуляции показал, что из 14 изученных изолятов только четыре - № 27.1, № 47.2, № 56 и № 57 - вызвали четко выраженные симптомы увядания и потемнения корневой шейки на восприимчивом образце № 218 (индекс поражения 3-4 балла); средняя степень поражения с индексом 2 балла отмечена при заражении этого сорта изолятом № 50. На устойчивом сорте Катюша симптомами проявились только в виде небольшого хлороза и слабого потемнения корневой шейки проростков при заражении некоторыми из этих изолятов (средний индекс поражения до 1 балла).

Анализ изменения высоты стебля, длины корешка и площадь настоящего листа выявил как общие особенности, так и сортовую специфику в реакции проростков на заражение фитопатогенами: в отношении одних сортов проявляли однотипную реакцию, в отношении других – прямо противоположную в зависимости от устойчивости растений. Так, на 21 сутки опыта более 50% изученных изолятов микромицетов вызывали существенную стимуляцию развития настоящего листа у обоих типов сортов дыни (рис. 2). Причем по реакции этого параметра на заражение

все исследуемые микромицеты распределились на 3 группы: 1 – вызвала достоверную стимуляцию увеличения площади у устойчивого сорта, 2 – у восприимчивого, 3 – у обоих сортов. Изоляты же микромицетов № 27.1, № 39, № 50 и № 56 явно ингибировали этот процесс у проростков восприимчивого сорта (ЭД = -13...-100%), а у устойчивого сорта – инициировали (ЭД=+40...+85%). При инфицировании растений восприимчивого сорта изолятом № 38.2, наоборот, отмечено нарастание листовой массы относительно контроля (ЭД=82,5%), тогда как у устойчивого – рост листьев сдерживался (ЭД=-17,4%).

По высоте стебля, специфика реакции сортов на заражение микромицетами более четко выражена относительно соответствующих контрольных вариантов (рис. 2). На устойчивом сорте Катюша регистрировали существенное стимулирование роста подопытных проростков в вариантах с практически всеми испытанными изолятами. Отличия были только в степени эффекта действия изолятов: от слабой - 1,8% до сильной - 68,6%. В то же время, у восприимчивого сорта более 70% испытанных изолятов вызывали депрессию роста, причем наиболее сильно выраженный эффект отмечен при заражении изолятами № 27.1, № 33, № 35, № 50 и № 56, где ЭД составил от -35,8% до -84,1%. Исключение составили только изоляты № 28 и № 38.2, которые вызывали стимулирование роста стебля на обоих сортах, но в различной степени.

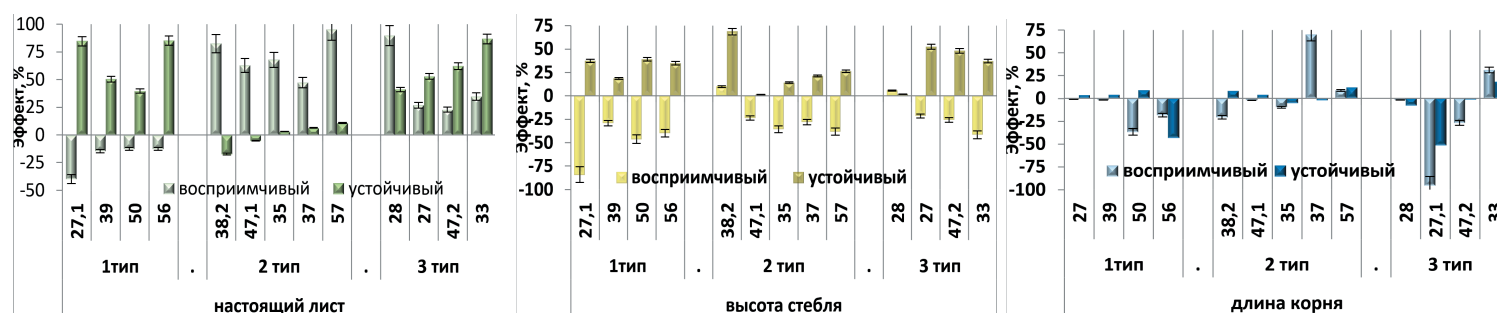


Рис. 2. Влияния изолятов микромицетов на развитие настоящего листа, проростков и корней различных по устойчивости сортов дыни

Изменения длины корня у проростков после заражения не показали столь же четкой сортовой специфики, как предыдущие параметры (рис. 2). Отмечено, что три изучаемых изолята (№ 27.1, № 47.2 и № 56) вызвали депрессию развития корневой системы у обоих сортов, различаясь по интенсивности эффекта действия (ЭД= -1,5...-95%). Изолят № 47.2 сильнее ингибировал развитие корней у восприимчивого (ЭД= -26,9%), а изолят №56 – у устойчивого сорта (ЭД= -43,5%).

Нужно отметить, что популяция устойчивого сорта как в контрольном варианте, так и опытных, при заражении всеми изолятами была более выровнена по признакам «высота стебля» и «длина корня», коэффициент вариации находился в пределах низкой и средней изменчивости (V=13-25% и 13-29% соответственно). Тогда как популяция восприимчивого сорта по устойчивости проростков оказалась высоко гетерогенна (V= 43-79%), и на фоне заражения микромицетами распадалась на группы генотипов, у которых отмечали эффекты от выраженного ингибирования до сильной стимуляции.

Признак «площадь настоящего листа» в контрольных вариантах у сортов отличался относительной стабильностью (V= 9-18%). Высокие значения коэффициента вариации по этому показателю при заражении микромицетами в опытных вариантах свидетельствуют о наличии внутрисортного полиморфизма по устойчивости индивидуальных генотипов к изучаемым фитопатогенам. С одной стороны, соотношение генотипов с разным уровнем устойчивости, определяет адаптивную способность сортопопуляций к условиям биотического стресса, с другой стороны, позволяет оценить ценность каждого образца для селекции на иммунитет и отобрать индивидуальные генотипы как источники устойчивости.

Таким образом, при изучении агрессивности выделенных с пораженных растений дыни микромицетов установлена различная специфичность в отношении поражаемых ими органов. Так, изоляты № 27.1, № 56 и №57, слабо поражая плоды дыни, в значительной степени заражали вегетативную часть, вызывая трахеомикозное увядание сеянцев уже на 14 суток (табл. 3). При заражении грибов данными изолятами на проростках отмечалось значительное ингибирование развития корневой системы и роста стебля. Тогда как при заражении девятью испытанными средне- и сильноагрессивными изолятами в отношении плодов симптомы поражения на сеянцах не отмечены, а некоторые из них даже стимулировали рост надземной части растений

Табл. 3.

Список и краткая характеристика агрессивности изолятов микромицетов, включенных в коллекцию лаборатории иммунитета

Фитопатоген		Степень агрессивности			
		Плод, объем зоны поражения	проявление симптомов поражения (восприимчивый сорт)	проростки	
шифр изолята	Род, вид			депрессия развития (восприимчивый/устойчивый сорт)	корень
		27.1	<i>Fusariumspp.</i>		*
56	<i>Fusariumspp.</i>	*	***	**	**
57	<i>Fusariumspp.</i>	*	***	**	**
47.2	<i>Fusariumspp.</i>	**	**	**	**
50	<i>Colletotrichum spp.</i>	***	**	**	**

Исключение составляют изоляты № 47.2 и № 50, которые, проявляя среднюю и сильную агрессивность в отношении плодов, сохранили способность преодолевать защитные механизмы растений и на ювенильной стадии развития. Нужно отметить, что изоляты № 56 и № 57 обладают меньшей специализацией, чем другие, поражая и другие виды семейства *Cucurbitaceae*.

Заключение

В результате проведенного фитопатологического исследования собрана коллекция изолятов микромицетов родов *Fusarium* и *Colletotrichum* с различной степенью агрессивности в отношении дыни и других культур семейства *Cucurbitaceae* (арбуз, тыква). Выявленная нарастающая перекрестная агрессивность ряда изолятов, поражающих растения различных видов, актуализирует необходимость корректировки трехпольной схемы севооборота, часто используемой в отрасли бахчеводства. Выделенные наиболее агрессивные изоляты возбудителей фузариоза включены в коллекцию лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФНЦО для проведения иммунологической оценки на устойчивость коллекционных и селекционных образцов дыни и других тыквенных культур к болезням на разных стадиях развития.

Литература

1. Варивода ЕА, Корнилова МС, Варивода ГВ. Результаты сортоиспытания новых сортов дыни в условиях Волгоградского Заволжья. Овощи России. 2018;(2):61-4. doi: 10.18619/2072-9146-2018-2-61-64
2. Zink FW, Gubler WD. Inheritance of resistance in muskmelon to Fusarium wilt. J Am So. Hortic Sci. 2021;(10):600-4.
3. Herman R, Perl-reves R. Characterization and inheritance of a new source of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. melonis Race 1.2 in *Cucumis melo*. Plant Disease. 2007;91(9):1180-16.
4. Danin-Poleg Y, Burger Y, Schreiber S, Katzir N, Cohen R. Identification of the gene for resistance to *Fusarium* wilt races 0 and 2 in *Cucumis melo* Dulce Cucurb. Genet Crop Rep. 2005;(22):19-20.
5. Зеленева ЮВ, Афанасенко ОС, Судникова ВП. Влияние агроклиматических условий, жизненной формы и вида хозяина на видовой комплекс возбудителей септориоза пшеницы. Поволжский экологический журнал. 2020;(2):177-90.
6. Torriani DS, CalancaP, BenistonM, Fuhrer J. Hedging with weather derivatives to cope with climate variability and change in grain maize production. Agricult Finance Rev. 2018 (3):67-81.
7. Gan P, Ikeda K, Irieda H, Narusaka M, O'Connell RJ, Narusaka Y. et al. Comparative genomic and transcriptomic analyses reveal the hemibiotrophic stage shift of *Colletotrichum* fungi. New Phytologist. 2013;(197):1236-9.
8. Gerchikov N, Keren-Keiserman A, Perl-Treves R, Ginzberg I. Wounding of melon fruits as a model system to study rind netting. Scient Horticult. 2008;117(2):115-22.
9. Summerell BA. Resolving *Fusarium*: current status of the genus. Annu Rev Phytopathol. 2019;(57):323-39. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082718-100204
10. Ганнибал ФБ, Ордина АС, Левитин ММ. Альтернариозы сельскохозяйственных культур на территории России. Защита и карантин растений. 2010;(5):30-2.
11. Левитин ММ. Современные видовые названия фитопатогенных грибов. Защита и карантин растений. 2018;(8):8-11.
12. Пидополничко НМ. Грибы-паразиты культурных растений Т.1-3. Киев: Наукова думка; 1977.
13. Доспехов БА. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. .
14. Котова ВВ, Кунгурцева ОВ. Антракноз сельскохозяйственных растений. Вестник защиты растений. 2014;(11 Приложене):1-132.

References

1. Varivoda YeA, Kornilova MS, Varivoda GV. [Results of testing of new melon varieties in the conditions of Volgograd Trans-Volga Region]. Ovoschi Rossii. 2018;(2):61-4 doi: 10.18619/2072-9146-2018-2-61-64 (In Russ.)
2. Zink FW, Gubler WD. Inheritance of resistance in muskmelon to Fusarium wilt. J Am So. Hortic Sci. 2021;(10):600-4.
3. Herman R, Perl-reves R. Characterization and inheritance of a new source of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. melonis Race 1.2 in *Cucumis melo*. Plant Disease. 2007;91(9):1180-16.
4. Danin-Poleg Y, Burger Y, Schreiber S, Katzir N, Cohen R. Identification of the gene for resistance to *Fusarium* wilt races 0 and 2 in *Cucumis melo* Dulce Cucurb. Genet Crop Rep. 2005;(22):19-20.
5. Zeleneva YuV, Afanasenko OS, Sudnikova VP. [Influence of agro-climatic conditions, life form, and host species on the species complex of wheat Septoria pathogens]. Povolzhskiy Ekologicheskii Zhurnal. 2020;(2):177-90. (In Russ.)
6. Torriani DS, CalancaP, BenistonM, Fuhrer J. Hedging with weather derivatives to cope with climate variability and change in grain maize production. Agricult Finance Rev. 2018 (3):67-81.
7. Gan P, Ikeda K, Irieda H, Narusaka M, O'Connell RJ, Narusaka Y. et al. Comparative genomic and transcriptomic analyses reveal the hemibiotrophic stage shift of *Colletotrichum* fungi. New Phytologist. 2013;(197):1236-9.
8. Gerchikov N, Keren-Keiserman A, Perl-Treves R, Ginzberg I. Wounding of melon fruits as a model system to study rind netting. Scient Horticult. 2008;117(2):115-22.
9. Summerell BA. Resolving *Fusarium*: current status of the genus. Annu Rev Phytopathol. 2019;(57):323-39. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082718-100204
10. Gannibal FB, Orina AS, Levitin MM. [Alternarioses of agricultural crops on the territory of Russia]. Zashchita i Karantin Rasteniy. 2010;(5):30-2. (In Russ.)
11. Levitin MM. [Modern species names of phytopathogenic fungi]. Zashchita i Karantin Rasteniy. 2018;(8):8-11. (In Russ.)
12. Pidopolichko N.M. Griby-Parazity Kulturnykh Rasteniy [Fungi Parasites of Cultivated Plants. Vol. 1-3]. Kiev: Naukova Dumka; 1977. (In Russ.)
13. Dospikhov B.A. [Metodika Pol'vevogo Opyta [Technique of Field Experiments]. Moscow: Agropromizdat; 1985. (In Russ.)
14. Kotova VV, Kungurtseva OV. [Anthracnose of agricultural plants]. Vestnik Zashchity Rasteniy. 2014;(11 Suppl):1-132c. (In Russ.)

«»

УДК: 63.632.93

АСПЕКТЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЕВРОПЫ *

М.Д. Ерохова, М.А. Кузнецова,

ФБГНУ Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вяземы, Московская область, Россия

Эл. почта: maria.erokhova@gmail.com; mari.kuznetsova@gmail.com

Статья поступила в редакцию 02.11.2022; принята к печати 25.11.2022

В последнее время в европейских странах ужесточается нормативная база, регулирующая применение средств защиты сельскохозяйственных культур, в том числе картофеля; сокращается ассортимент разрешенных пестицидов (особенно токсичных пестицидов I и II класса ВОЗ), а также уменьшается максимально допустимые остаточные количества пестицидов в растениеводческой продукции. В связи с этим в ЕС и Великобритании начала широко использоваться интегрированная защита растений от вредных организмов, позволяющая постепенно снизить уровень инфекции в почве и растениях при меньшем числе обработок и уменьшении доз средств защиты растений, особенно при небольшой степени развития заболеваний, что позволяет получать растениеводческую продукцию с меньшим содержанием остаточных количеств пестицидов. Базой для широкого использования интегрированной защиты в европейских странах служат национальные планы интегрированной защиты. В статью приводится информация об использовании интегрированной защиты картофеля от болезней.

Ключевые слова: интегрированная защита растений от болезней, картофель, севооборот, покровная культура, технология смешанного посева, биофумигация, здоровье почвы, здоровье растений.

ASPECTS OF INTEGRATED DISEASE MANAGEMENT FOR POTATO UNDER CURRENT CONDITIONS OF SUSTAINABLE INTENSIFICATION OF AGRICULTURE OF EUROPE

M.D. Yerokhova, M.A. Kuznetsova,

All-Russian Research Institute of Plant Pathology, Bolshiye Viazemy, Moscow Region, Russia

Email: maria.erokhova@gmail.com, Email: mari.kuznetsova@gmail.com

Regulations related to application of plant protection products (PPPs) to crops, especially for potatoes, are becoming stricter in European countries, the range of authorized pesticides (especially toxic WHO classes I and II pesticides) as well as their maximum residual levels (MRLs) in food products being reduced. Due to this, the integrated pest management (IPM) approach is increasingly used in the EU and the UK, making it possible to reduce infection levels in soils and plants whilst providing for a decrease in the sprays and dosages of PPPs, especially when inoculum density is low. As a result, the residual levels of pesticides are reduced in food products. The use of IPM in the EU is based on national IPM plans (national action plans). The present paper provides information on IPM implementation to potatoes.

Keywords: *integrated pest management, potato, crop rotation, cover crop, intercropping, biofumigation, organic matter, soil health, plant health*

* Полный текст статьи опубликован в журнале «Биосфера» (2022;14(3):163-167), DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.691

«»

УДК:633.111.1

ОЦЕНКА СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К СОЛЕВОМУ И ВОДНЫМ СТРЕССАМ НА ФОНАХ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

Л.М. Ерошенко*, Л.А. Марченкова, О.В. Павлова, Р.Ф. Чавдарь, Т.Г. Орлова
ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка, Сколково, Россия

*Эл. почта: eroshenko.lm@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Представлены результаты экспериментальной лабораторной оценки устойчивости к воздействию осмотического, анаэробного и солевого стрессов у 10 сортов ярового ячменя, выращенных в условиях 2020-2021 гг. на двух фонах азотного питания - N100 и N150. Выявлены разные уровни депрессии ростовых процессов в зависимости от стресс-факторов, погодных условий, фонов питания и генетических особенностей изучаемых форм. Отмечено значительное увеличение вредоносного воздействия стрессов в неблагоприятных условиях выращивания (2021 г.), выражающегося в угнетении растений и снижении устойчивости на всех стрессовых фонах. Установлено, что наиболее вредоносное влияние на растения ячменя оказывает анаэробный стресс. Среди сортов с устойчивостью, превышающей средние значения, независимо от погодных условий и технологий выращивания, на фоне обезвоживания выделились Московский 86, Надежный и Яромир, на фоне засоления – Надежный и Владимир, затопления – Московский 8 и Яромир. Другие сорта показали разный уровень противостояния стресс-факторам в зависимости обеспеченности азотом и погодных условий: у одних депрессивное влияние стресс-факторов усиливалось на фоне повышенного азотного питания, на других уменьшалось. На основе объединенного показателя индекса устойчивости отобраны наиболее перспективные сорта – Московский 86, Яромир, Надежный, Владимир и Эльф – у которых сортовые значения превосходили среднее (3,73) на 0,12-0,80 ед. Результаты корреляционного анализа выявили сильную связь между урожайностью сортов в полевых опытах и суммарными индексами устойчивости, определенными на разных фонах азотного питания $r = (0,679-0,759)$.

Ключевые слова: *ячмень, сорт, стресс-факторы, обезвоживание, засоление, затопление, устойчивость.*

EVALUATION OF SPRING BARLEY VARIETIES FOR RESISTANCE TO SALT AND WATER STRESS UPON DIFFERENT NITROGEN NUTRITION LEVELS

L.M. Eroshenko, L.A. Marchenkova, O.V. Pavlova, R.F. Chavdar, T.G. Orlova
Federal Research Center «Nemchinovka», Skolkovo, Russia
E-mail: eroshenko.lm@yandex.ru

This report presents experimental laboratory data related to estimating the impact of osmotic, anaerobic and saline stresses on 10 different spring barley varieties grown in 2020-2021 in two different nitrogen nutrition conditions – N₁₀₀ and N₁₅₀. Different levels of the negative impact on growth processes of the varieties depending on stress-factors, weather conditions, nutrition and genetical background of observed kinds were revealed. A significant increase of stress in unfavorable conditions (in 2021) is manifested as plants' suppression and decrease in stability upon all stressful backgrounds. The most adverse effect on barley is produced by the anaerobic stress. Among all barley varieties with higher-than-average stress resistance irrespective of weather and cultivation technologies the following were distinguished: Moskovsky 86, Nadyozhnyy and Yaromir were best upon draught, and Nadyozhnyy, Vladimir were the best upon excess salinization, and Moskovsky 86 and Yaromir, upon in overflood. Other varieties showed ambiguous results in stress resistance tests depending on nitrogen nutrition and weather conditions. Based on the integral resistance index, the best-performing barley varieties were Moskovsky 86, Nadyozhnyy, Vladimir and Elf, whose index surpass the average 3,73 units by 0,12-0,8 units. A strong correlation (r ranging from 0,679 to 0,759) was found between barley crops field yields and resistance indexes defined in different nitrogen nutrition conditions.

Keywords: *barley, kind, stress-factors, dehydration, oversalinization, overflood, resistance.*

Введение

Наблюдаемые в последние годы изменения климата в сторону повышения континентальности приводят к увеличению продолжительности и частоты абиотических факторов. Это обуславливает необходимость постоянного поиска новых сортов и гибридов, способных максимально эффективно использовать биоклиматический ресурс конкретного региона, проявлять устойчивость к стрессовым факторам среды и обеспечивать достаточно высокую реализацию генетического потенциала продуктивности [1].

Эффективным методом, обеспечивающим ускорение селекционного процесса по отбору высоко адаптивных генотипов, устойчивых к абиотическим факторам среды, является лабораторная экспресс-диагностика, позволяющая в короткие сроки с использованием провокационных фонов оценить сорта по устойчивости к стрессовым факторам (засуха, засоление и гипоксия).

Для достижения более стабильной устойчивости большое внимание уделяется агротехническим приемам, дающим возможность высоко адаптивным сортам максимально реализовываться в широких диапазонах среды с различными стрессовыми факторами. Изучению реакции сортов на повышение обеспеченности азотным питанием в этом плане придается особое значение [2, 3].

Известно, что в урожае интегрированы генотипические и функциональные свойства культуры, проявление которых зависит от погодных и почвенных условий, а также применяемых агротехнических технологий. Генетически обусловленные различия по элементам продуктивности и отзывчивости на азотные удобрения, выявленные в лабораторных условиях и подтвержденные в вегетационных и полевых опытах, убедительно свидетельствуют о целесообразности применения указанных методов [4-6].

Цель настоящего исследования – изучить особенности реакции сортов ячменя, выращенных в разных погодных условиях и фонах азотного питания, на воздействие осмотического, анаэробного и солевого стрессов для выявления адаптивной способности сортов по отношению к неблагоприятным факторам среды.

Материал и методы исследования

Исследования проведены на семенах сортов ярового ячменя Московский 86, Яромир, Надежный, Владимир, Рафаэль, Эльф, Прометей, Нур, Раушан и Златояр, выращенных в условиях 2020-2021 гг. на двух фонах азотного питания - N_{100} и N_{150} .

Погодные условия за указанный период имели ряд особенностей. Вегетационный период 2020 года характеризовался умеренным температурным режимом и обилием осадков. Сумма осадков составила 388,3 мм (2 нормы), а температура была на уровне 16,7°C, в пределах климатической нормы. Вегетационный период характеризовался как избыточно-влажный (ГТК=2,7). Метеорологические условия 2021 года отличались высокой температурой воздуха в течение всего вегетационного периода и недобором осадков. Средняя температура воздуха составила 20,1°C, что на 3,7°C выше нормы, а осадков выпало 137,0 мм (68,7% нормы). Согласно классификации ГТК вегетационный период характеризовался как относительно сухой (ГТК=1,0).

Изучение стрессоустойчивости сортов осуществляли в лабораторных условиях с применением рулонно-бумажной культуры на пятидневных проростках в контрольных (дистиллированная вода) и стрессовых условиях на фонах обезвоживания семян сахарозой в концентрации 18 атм. [7], засоления хлоридом натрия [8] и длительного затопления в воде [9].

В качестве диагностического признака использовали интенсивность роста проростков. Устойчивость к осмотическому и анаэробному стрессам определяли по депрессии прорастаемости семян, к солевому - по изменению длины ростков. При определении стрессоустойчивости использовали соотношение процента показателей опытных вариантов к контрольным.

Для комплексной оценки (определения адаптивности) применяли группировку сортов по индексу устойчивости «И», который представляет собой сумму показателей устойчивости к каждому стрессовому фактору ($I_1 + I_2 + I_3$), приведенных к единице.

В полевых исследованиях на деляночных посевах площадью 12 м², повторность 4-х кратная учитывалась урожайность сортов ячменя. Норма высева 5,0 млн. всхожих семян на гектар.

Статистическую обработку полученных результатов проводили на персональном компьютере с помощью программ Excel 2003.

Результаты и обсуждение

Выявлены различия по влиянию обезвоживания, засоления и затопления на ростовые процессы ячменя. Разница по средним показателям устойчивости сортов на стрессы, выявленная на вариантах азотного питания в условиях 2020 года, практически отсутствовала, но наблюдались сортовые различия не только по степени устойчивости к стрессовым факторам, но и по реакции на изменения условий питания. Наибольший процент проросших семян относительно контроля на растворе сахарозы на фоне азотного питания N_{100} отмечен у сорта Московский 86 (93%), а на фоне N_{150} - у сортов Надежный, Рафаэль и Нур (68-86%).

Наибольшую адаптационную способность к воздействию солевого стресса на вариантах опыта при показателях устойчивости к натрий-хлоридному засолению от 81 до 87% показали сорта Владимир и Рафаэль, наименьшую – Златояр и Раушан (53-57%). Невысокая степень выраженности реакции на этот стресс-фактор выявлена также у сортов Надежный, Эльф, Прометей и Московский 86.

Сорта Московский 86, Надежный и Яромир на фонах азотного питания отличались высокой стресс-толерантностью к затоплению, превышая среднесортные значения устойчивости на 8,0-29,1%. В то же время полученные результаты свидетельствуют о негативном воздействии гипоксии

Табл. 1.

Устойчивость и адаптивность сортов ярового ячменя на различных уровнях азотного питания, 2020-2021 гг.

Сорта	Устойчивость к стрессам, (%)						Индекс устойчивости $I_1 + I_2 + I_3$	Сумма индексов	Урожайность, т/га			Коэффициент адаптивности, К.А.			
	обезвоживание		засоление		затопление				N_{100}	N_{150}	$N_{100+}N_{150}$	N_{100}	N_{150}	$N_{100+}N_{150}$	
	Фон азотного питания						Фон азотного питания								
	N_{100}	N_{150}	N_{100}	N_{150}	N_{100}	N_{150}	N_{100}	N_{150}	$N_{100+}N_{150}$	N_{100}	N_{150}	$N_{100+}N_{150}$	N_{100}	N_{150}	$N_{100+}N_{150}$
	2020 год						2020 год								
Московский 86	93	86	66	63	84	61	2,43	2,10	4,53	5,72	5,86	5,79	1,06	0,96	1,01
Яромир	71	95	68	72	65	69	2,04	2,36	4,40	4,82	5,70	5,26	0,90	0,93	0,92
Надежный	70	69	79	78	74	62	2,23	2,09	4,32	6,20	7,35	6,78	1,15	1,20	1,18
Владимир	64	55	81	85	70	58	2,15	1,98	4,13	5,48	5,61	5,54	1,02	0,92	0,96
Рафаэль	61	68	81	87	46	59	1,88	2,14	4,02	6,43	6,83	6,63	1,20	1,12	115,5
Эльф	58	61	77	86	46	57	1,81	2,04	3,85	5,06	5,20	5,13	0,94	0,85	0,89
Прометей	52	21	79	81	46	60	1,77	1,62	3,39	5,28	6,14	5,71	0,98	1,01	99,5
Нур	55	69	79	78	30	28	1,63	1,74	3,37	5,72	6,26	5,99	1,06	1,03	1,04
Раушан	60	44	54	57	57	47	1,71	1,48	3,19	4,27	5,95	5,11	0,80	0,98	0,89
Златояр	19	27	53	53	31	29	1,03	1,09	2,12	4,75	6,14	5,44	0,88	1,01	94,8
среднее	60,3	59,5	71,7	74,2	54,9	53,0	1,87	1,86	3,73	5,37	6,10	5,74	1,00	1,00	1,00
	2021 год						2021 год								
Московский 86	51	53	53	51	52	36	1,54	1,40	2,94	3,97	4,37	4,17	1,13	1,06	1,09
Яромир	40	44	54	52	44	40	1,36	1,36	2,72	3,27	3,68	3,48	0,93	0,90	0,90
Надежный	47	62	62	49	28	28	1,37	1,30	2,67	3,52	4,24	3,88	1,00	1,03	1,01
Владимир	53	48	58	47	23	44	1,34	1,38	2,72	3,29	4,01	3,65	0,94	0,98	0,95
Рафаэль	35	58	49	53	27	45	1,11	1,56	2,67	4,28	4,71	4,50	1,22	1,15	1,17
Эльф	54	57	42	46	15	25	1,11	1,28	2,39	3,42	4,30	3,86	0,98	1,05	1,01
Нур	32	40	43	49	31	24	1,06	1,13	2,19	3,52	4,04	3,78	1,00	0,98	0,98
Раушан	32	32	55	42	40	24	1,27	1,00	2,27	3,99	4,46	4,25	1,13	1,08	1,11
Прометей	25	27	55	44	15	21	0,95	0,92	1,87	3,34	3,45	3,40	0,95	0,84	0,88
Златояр	28	36	54	40	59	44	1,41	1,25	2,66	2,92	3,82	3,37	0,83	0,93	0,88
Среднее	39,7	45,7	52,5	47,3	33,4	34,0	1,25	1,26	2,61	3,52	4,11	3,84	1,00	1,00	1,00
Среднее за 2 г.	50,0	52,6	62,1	60,6	44,6	34,0	1,54	1,56	3,10						
CV, %	36,6	37,1	21,1	27,0	45,6	45,8	27,7	27,4	26,4						

на рост проростков ячменя сортов Златояр и Нур. Повышенная норма внесения азотного удобрения на 11,0-15,0% положительно повлияла на устойчивость к переувлажнению у сортов Рафаэль, Эльф и Прометей и на 12,0-23,0% негативно – у сортов Московский 86, Надежный и Владимир.

Полученные данные по оценке сортов в неблагоприятных условиях 2021 года установили более сильное (на 13,8-26,9%) токсическое действие стрессовых факторов на рост корней и побегов при проращивании семян на провокационных фонах (табл. 1). Реакция проростков ячменя на повышенное осмотическое давление гипертонических растворов дала возможность, превысив среднесортовые показатели на 16,0-35,7%, выявить на вариантах опыта повышенную устойчивость к засухе и засолению у сортов Московский 86 и Надежный. Стрессовая нагрузка гипоксии на 6,0-19,0% была сильнее обезвоживания и засоления. Более высокая способность противостоять действию этого фактора проявилась у сорта Московский 86 при показателе устойчивости от 36 до 52%.

Существенные различия наблюдались по норме реакции сортов на стресс-факторы в зависимости от уровня азотного питания. Исследования показали, что практически все сорта продемонстрировали способность ослаблять ущерб от засушливого стресса за счет повышения уровня азотного питания. Наибольшая устойчивость к дефициту влаги на этом фоне отмечена у сортов Надежный и Рафаэль (58,0-62,0%). В тоже время усиление азотного питания оказалось малоэффективным приемом повышения адаптивных свойств сортов к засолению. У сортов Рафаэль, Эльф и Нур показатель солеустойчивости повысился лишь на 4-6%, а у сортов Московский 86, Яромир, Надежный, Владимир, Раушан, Прометей и Златояр он понизился на 2-14%. Повышенная доза минерального азота на 6,0-21,0% способствовала усилению стрессоустойчивости к гипоксии только у сортов Владимир, Рафаэль, Эльф и Прометей.

В среднем за два года изучения значения признака устойчивости на вариантах обезвоживания составляли 50,4 и 52,6%, а параметров устойчивости к засолению и гипоксии соответственно 62,1 и 69,6%, 44,6 и 34,0%. Высокая и значительная степень изменчивости признаков устойчивости сортов к обезвоживанию ($CV=36,6-37,1\%$), засолению ($CV=21,1-27,0\%$) и к гипоксии (45,6-45,8%), повышает вероятность отбора селекционно-ценных форм по этим признакам.

На основе объединенного показателя индекса устойчивости выявлены сортовые различия по комплексной устойчивости к стрессовым факторам. Максимальное превышение среднесортового значения параметра от 23,3% в 2021 году до 29,9% в 2020 году при дозе вносимого азота N_{100} установлено у сорта Московский 86. На этом фоне в годы изучения выделились также сорта Яромир, Владимир и Надежный. При повышенном уровне обеспеченности азотом в 2020 году лидирующие места по степени адаптивного превосходства заняли сорта Рафаэль и Яромир (14,4-26,2%), а в 2021 году Московский 86 и Рафаэль (11,1-23,3%). В результате были отобраны наиболее перспективные сорта Московский 86, Яромир, Надежный, Владимир и Рафаэль, обладающие самыми высокими значениями индекса устойчивости «И» на двух фонах азотного питания.

Сорта, способные при стрессовой нагрузке в лабораторных условиях формировать более мощную первичную корневую систему и длину ростков, как правило, в дальнейшем проявляют высокую устойчивость к абиотическим факторам.

В ходе проведения в 2020-2021 гг. исследований по оптимизации уровня азотного питания была выявлена высокая степень зависимости урожайности ячменя от влагообеспеченности. Наиболее благоприятным оказался 2020 год, когда в варианте при внесении 100 кг N урожайность сформировалась в среднем на уровне 5,37 т/га, а при внесении 150 кг N она увеличилась до 6,10 т/га. В засушливом 2021 году реальная продуктивность зерна в вариантах опыта соответственно оказалась на уровне 3,61 и 4,11 т/га.

Для анализа продуктивного и адаптивного потенциала сортов по варьированию урожайности использовали понятие «среднесортовая урожайность» [10]. Реакцию отдельного сорта на сложившиеся конкретные условия определяли при соотношении его урожайности со среднесортовой. По относительной величине этого показателя (коэффициент адаптивности К.А) судили об адаптивности сорта.

В 2020 году урожайность зерна у сорта Надежный при внесении 100 кг азота составила 6,20 т/га, что на 15,4 % выше среднесортовой, а при увеличении дозы она увеличилась до 7,35 т/га, превысив среднесортовой уровень на 20,5% (табл. 2). В тех же условиях коэффициент адаптивности у сорта Эльф имел низкие значения ($K=0,95-0,85$). При средней урожайности 5,13 т/га он проявил слабую реакцию на повышение азотного питания, выразившуюся незначительным ростом зерновой продуктивности. На фоне недостаточного увлажнения вегетационного периода 2021 года в вариантах опыта урожайность выше среднесортовой сформировали сорта Московский 86, Рафаэль и Раушан. Уровень продуктивности сорта Надежный был также высок и составлял от 100,0 до 103,0% от среднесортовой урожайности. Сорт Златояр сформировал урожайность на 0,29-0,69 т/га меньше среднесортовой, а по сравнению с предыдущим годом его продуктивность была ниже на 37,8-38,5%. Пониженная продуктивность и невысокие значения коэффициентов адаптивности ($K=0,83-0,93$) говорят о более сильной реакции его на неблагоприятные условия.

Результаты корреляционного анализа, представленные в таблице 3, подтверждают очень сильную зависимость между показателями зерновой продуктивности и суммарными индексами устойчивости, выявленными на разных фонах азотного питания. Особенно высокими оказались положительные генотипические взаимосвязи между индексами устойчивости и показателями урожайности, определенными на пониженном фоне азотного питания ($r=0,750-0,759$). Отмечено, что при повышении уровня азотного питания положительная зависимость между этими параметрами немного снижалась, но оставалась высокой ($r=0,679-0,683$). Степень взаимосвязи между средней урожайностью и индексами устойчивости характеризовалась также высокими значениями корреляции ($r=0,724-0,731$).

Табл. 2.

Коэффициенты парных корреляций между показателями комплексной устойчивости сортов к стрессовым факторам и урожайностью сортов на разных уровнях азотного питания, 2020-2021 гг.

Критерий адаптивности	Индекс устойчивости ($I_1+I_2+I_3$)		Сумма индексов
	N_{100}	N_{150}	
Средняя урожайность, т/га	0,734	0,728	0,731
Урожайность, т/га, фон N_{100}	0,754	0,750	0,759
Урожайность, т/га, фон N_{150}	0,679	0,683	0,679

Заключение

Изучение реакции ячменя на обезвоживание, засоление и недостаток кислорода при переувлажнении в настоящее время является актуальной проблемой физиологии растений, экологии и практики сельского хозяйства. Анализ интенсивности ростовых процессов 10 сортов ячменя в лабораторных условиях позволил определить как менее, так и более чувствительные формы к воздействию осмотического, анаэробного и солевого стрессов. В процессе исследования на фоне искусственно моделируемых стрессов выявлена специфика устойчивости сортов ячменя, выращенных на разных уровнях азотного питания. Установленные особенности ответной реакции растений при оценке сортов ячменя на действие стрессовых факторов на вариантах азотного питания могут послужить основой для разработки направленной селекционной работы на повышение адаптивности.

Литература

1. Солнечный ПН, Козаченко МР, Васьюк НИ, Наумов АГ, Важенина ОЕ, Солнечная ОВ. Продуктивность сортов ячменя ярового в экологическом сортоиспытании. Зернобобовые и крупяные культуры. 2017;4(12):96-9.

2. Чекалин СГ, Оськина АА, Сайфуллина Ш, Кравченко АС. Оценка влияния различных типов засух на продуктивность возделываемых культур. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020;1:19-24.
3. Дианова ТБ, Серегина ИИ. Влияние уровня обеспеченности азотом и микроэлементами на продуктивность яровой пшеницы при водном стрессе. Бюллетень ВИАУ. 1997;(110):21-31.
4. Быковская ИА, Осипова ЛВ, Верниченко ИВ. Продуктивный потенциал сортов ячменя в зависимости от обеспеченности азотным питанием в условиях засухи. Агробиохимический вестник. 2014;(1):3537.
5. Кокина АП, Щенникова ИН, Зайцева ИЮ. Оценка коллекционных образцов ячменя на устойчивость к осмотическому стрессу. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;66(5):40-3.
6. Ерошенко ЛМ, Марченкова ЛА, Павлова ОВ, Чавдарь РФ, Орлова ТГ, Дедушев ИА. Сортовые особенности растений ярового ячменя по устойчивости к абиотическим стрессовым факторам на фоне различного уровня азотного питания. Аграрная Россия. 2022;(1):8-12.
7. Кожушко НН. Оценка засухоустойчивости полевых культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Л.; 1998. С. 10-34.
8. Семушкина ЛА, Хазова ГВ, Удовенко ГВ. Применение анализа изменения ростовых процессов для диагностики солеустойчивости растений. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Л.: Колос; 1976.
9. Белецкая ЕК, Остаплиук ЕД. Оценка устойчивости озимых культур к вымоканию и ледяной корке. В кн.: Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Л.; 1988. С. 182-6.
10. Животков ЛА, Морозова ЯА, Секатуева ЛИ. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности». Селекция и семеноводство. 1994;(2):3-6.

References

1. Solnechniy PN, Kozachenko MR, Vasko NI, Naumov AG, Vazhenina OYe, Solnechnaya OV. [Productivity of spring barley varieties upon ecological testing. Zernobobovye i Krupianye Rulturny. 2017;4(12):96-9. (In Russ.)
2. Chekalin SG, Oskina AA, Saifullina Sh, Kravchenko AS. [Assessment of the impact of various types of droughts on the productivity of cultivated crop]. Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2020;1:19-24. (In Russ.)
3. Dianova TB, Seregina II. [Influence of nitrogen nutrition and trace elements supply on the productivity of spring wheat under water stress]. BiulletenVIUA 1997;(110):21-31. (In Russ.)
4. Bykovskaya IA, Osipova LV, Vernichenko IV. [Productive potential of barley varieties depending on the availability of nitrogen nutrition in drought conditions]. Agrokhimicheskiy Vestnik. 2014;(1):35-7. (In Russ.)
5. Kokina AP, Schennikova IN, Zaytseva IYu. [Evaluation of collection samples of barley for resistance to osmotic stress]. Agrarnaya Nauka Yevro-Severo-Vostoka. 2018;66(5):40-43. (In Russ.)
6. Yeroshenko LM, Marchenkova LA, Pavlova OV, Chavdar RF, Orlova TG, Dedushev IA. [Variety dependent characteristics of spring barley plants for resistance to abiotic stress factors at different levels of nitrogen nutrition]. Agrarnaya Rossiya. 2022;(1):8-12. (In Russ.)
7. Kozhushko NN. [Assessment of drought resistance of field crops]. In: Diagnostika Ustoychivosti Rasteniy k Stressovym Vozdeystviyam [Diagnostics of Plant Resistance to Stresses] Leningrad; 1998. P. 10-34. (In Russ.)
8. Semushkina LA, Khazova GV, Udovenko GV. [Application of analysis of changes in growth processes for the diagnosis of salt resistance of plants]. In: Methods for Assessing Plant Resistance to Adverse Environmental Factors. Leningrad: Kolos; 1976. P. 85. (In Russ.)
9. Beletskaya YeK, Ostapliuk YeD. [Assessment of the resistance of winter crops to soaking and ice crust]. In: Diagnostika Ustoychivosti Rasteniy r Stressovym Vozdeystviyam [Diagnostics of Plants Resistance to Stresses]. Leningrad; 1988. P. 182-6. (In Russ.)
10. Zhivotkov LA, Morozova YaA, Sekatuyeva LI. [Methodology for revealing the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of yield]. Seleksiya i Semenovodstvo. 1994;(2):3-6. (In Russ.)

«»

УДК:632.934

ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ ПРИ ГРЕБНЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ПОВОЛЖЬЯ

И.Д. Еськов*, О.Л. Теняева, А.Г. Шаповалов

ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

*Эл. почта: eskov1950@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Болезни картофеля существенно снижают его продуктивность и качество. Мы исследовали видовой состав возбудителей фитофтороза, альтернариоза и ризоктониоза на сортах картофеля в Саратовской области, возделываемых по традиционной и гребневой технологии. В правобережной зоне Саратовской области доминируют альтернариоз (46%), ризоктониоз (20%) и фитофтороз (14%), в левобережье преобладают те же группы в иной пропорции: ризоктониоз 32% и альтернариоз 31%. В левобережье более всего поражается фитофторозом скороспелый сорт Жуковский ранний при любой технологии (15 и 10% соответственно), в то время как ранний сорт Лабелла и среднеранний сорт Сильвана больше всего поражаются ризоктониозом (8 и 6% и 4 и 2% соответственно в зависимости от технологии). Сильвана – самый устойчивых к патогенам сорт. В период исследований урожайность сорта Сильвана в зависимости от технологии варьировала от 22,2 до 23,5 т/га, сорта Лабелла – от 20,8 до 22,9 т/га. Самым лучшим вариантом в исследовании был сорт Сильвана при использовании биофунгицидной защиты вне зависимости от технологии возделывания. Окупаемость защитных мероприятий здесь составила 18,7–19,4 руб.

Ключевые слова: картофель, грибные болезни, гребневая технология, фунгициды, биофунгициды.

PROTECTION OF POTATOES FROM DISEASES WITH RIDGE CULTIVATION TECHNOLOGY IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE VOLGA REGION

I.D. Eskov*, O.L. Tenyaeva, A.G. Shapovalov

N.I. Vavilov State Agrarian University, Saratov, Russia

*E-mail: eskov1950@mail.ru

Phytopathogen significantly reduce potato crop yields and quality. We examined the species composition of causative agents of late blight, alternariosis and rhizoctoniosis (black scab) in potato varieties cultivated in the Saratov Region according to the conventional and comb technologies. In the right-bank zone of the region, predominant among potato diseases were alternariosis (46%), zhizocroniosis (20%) and phytofrorosis (14%). In the left-bank zone, dominating diseases are the same, their proportion being somewhat different: zhizocroniosis and alternariosis at 32 and 31% respectively. In the lest-bank zone, the early

variety Zhukovskiy is most vulnerable to phytoftorosis upon both of the technologies (15 and 10% respectively), whereas the early variety Labella and the moderately early Silvana are more vulnerable to rhizoctoniosis (8 and 6% and 4 and 2% respectively, depending on technology). Silvana proved to be the most resistant to phytopatogens. During the study period, the crop yields of Silvana varied from 22.2 to 23.5 ton/ha, and of Labella, from 20.8 to 22.9. The best variant was Silvana upon using biofungicides irrespective planting technology. The recoupment of protective measures was 18.7 to 19.4 rubles in this case.

Keywords: Potatoes, fungal diseases, comb technology, fungicides, biofungicides.

Введение

В мировой продукции растениеводства картофель занимает одно из первых мест наряду с рисом, пшеницей и кукурузой [7]. Картофель имеет также большое агротехническое и агроэкономическое значение. Почва после его выращивания остается рыхлой и чистой от сорняков, поэтому он хороший предшественник для многих культур, включая все зерновые [6]. Существенным фактором, снижающим продуктивность и качество картофеля, являются развивающиеся на нем возбудители многочисленных болезней. В эпифитотийные годы при отсутствии защиты продуктивность картофеля может снижаться в 1,5-2 раза. Основными болезнями – альтернариоз, ризоктониоз, серебристая парша и антракноз [1, 5, 8, 10].

Главными способами сокращения потерь урожая картофеля, связанных с его заболеваниями, являются выращивание болезнеустойчивых сортов и применение химических средств защиты. Средняя урожайность картофеля в РФ (по всем категориям хозяйств) довольно низкая – около 14,5 т/га [2, 3]. За последние годы производство картофеля в России переместилось в частный сектор (91,5% посевных площадей), преимущественно в личных подсобных хозяйствах населения. Основными факторами, препятствующими получению высоких урожаев, являются болезни, недостаточное количество осадков, высокие температуры вегетационного периода и атмосферная засуха, и снижение плодородия почв [4].

Негативное влияние фунгицидов на здоровье человека и окружающую среду приводит к необходимости поиска новых экологически чистых технологий, способных увеличить продуктивный потенциал и качество картофеля без увеличения количества химических обработок [10].

В Саратовской области с каждым годом возрастает поражение картофеля заболеваниями, что определяется географическим положением области, почвенно-климатическими, погодными условиями, технологиями выращивания и устойчивостью районированных сортов.

Материал и методы исследования

Цель работы - изучить агробиологические особенности защиты картофеля от грибных болезней при различных технологиях возделывания в условиях лесостепного Поволжья.

В задачи исследований входило:

- определить видовой состав болезней картофеля в различных микрорайонах Саратовской области.
- анализировать влияние абиотического фактора на особенности развития и распространения грибных болезней картофеля,
- определить биологическую эффективность фунгицидных обработок картофеля при возделывании по разным технологиям;
- установить влияние технологии возделывания и защитных мероприятий на урожайность сортов картофеля в условиях степного Поволжья.
- рассчитать экономическую эффективность защиты картофеля от болезней в различных микрорайонах Саратовской области.

Исследования проводились в 2018-2021 гг. на полях КФХ «Моисеев А.В.» Базарно-Карабулакского района и КФХ «Щеренко П.Ю.» Энгельского района Саратовской области. Программа исследований включала 2 полевых опыта.

Опыт 1. Определение видовой состава и динамики развития болезней картофеля в различных микрорайонах Саратовской области: центральная левобережная микрорайон (Энгельский район) и северная правобережная микрорайон (Базарно-Карабулакский район). Фактор А – технология возделывания: 1) традиционная; 2) гребневая. Фактор Б – сорта картофеля: 1) Жуковский ранний (контроль); 2) Сильвана; 3) Лабелла.

Опыт 2. Определение биологической эффективности различных схем защиты картофеля от болезней и урожайности в Базарно-Карабулакском районе. Фактор А такой же, как в опыте 1 Фактор Б: варианты – 1) контроль (без обработки); 2) химические фунгициды Квадрис, КС (0,6 л/га), Луна экспириенс, КС (0,6л/га) 2 раза через 7 дней, Акробат МЦ, ВДГ (2 кг/га) и Ревус Топ, КС (0,6 л/га); 3) биофунгициды Алирин-Б, Ж (3 л/га), Псевдобактерин-3, Ж (0,4 л/га), Трихоцин, СП (70 г/га), Алирин-Б, Ж (3л/га), Трихоцин, СП (70 г/га). Фактор В: сорта картофеля – 1) Сильвана; 2) Лабелла.

Повторность опытов – четырехкратная. Размещение вариантов – рандомизированное. Площадь учетной делянки – 140 м². На опытном участке выполнялась технология, рекомендованная в научно-обоснованной системе земледелия Поволжья. Предшественник картофеля – зима пшеница.

Закладка и проведение опытов выполнялись в соответствии с методикой Е.Л. Доспехова (1985) и Рекомендациями НИИСХ Юго-Востока (1973). Фенология развития растений устанавливалась методом А. Н. Руденко (1950), густота стояния, высота растений, накопление сухой массы и биологическая урожайность определялись по методике ВНИИКС (1967). Учет болезней картофеля проводили согласно общепринятым методикам [9]. Хозяйственный урожай учитывали методом сплошной уборки: в первом опыте картофелекопателем КСТ-1,4; во втором опыте - картофелеуборочным комбайном GRIMME SE 75-20.

Результаты и обсуждение

В 2018–2021 гг. в Саратовской области отмечались инфекционные (грибные, бактериальные, вирусные) и неинфекционные (уродливость) болезни. В степной зоне Саратовской области к основным возбудителям болезней картофеля относятся факультативные паразиты (табл. 1.)

Основные болезни культуры - почвенно-клубневые инфекции: сухая фузариозная гниль (*Fusarium* spp.), фомоз (*Phoma exigua* var. *exigua*), ризоктониоз (*Rhizoctonia solani*) и парша обыкновенная (*Streptomyces scabies* Thaxter). В правобережной зоне доминируют альтернариоз (46%), ризоктониоз (20%) и фитофтороз (14%), в левобережье Саратовской области те же фитопатогены преобладают в иной пропорции: ризоктониоз и альтернариоз - 32 % и 31% соответственно.

В полевых агроценозах обеих агроклиматических микрорайонов Саратовской области динамика пораженности альтернариозом, фитофторозом и ризоктониозом была очень сходной, различаясь только по интенсивности развития. В годы исследования начало и максимальное проявление болезней происходило поздно (первые симптомы 2-3 декады июня - в период нарастания вегетативной массы, и наибольшее развитие – в начале августа в период клубнеобразования).

В Левобережной зоне более всего поражается фитофторозом скороспелый сорт Жуковский ранний при любой из изучаемых технологий (15,4 и 10,3% соответственно), в то время как ранний сорт Лабелла и среднеранний сорт Сильвана больше всего поражаются ризоктониозом (Лабелла 8,3 и 5,5%, Сильвана 4,0 и 2,1% в зависимости от технологии). Сильвана – самый устойчивых к изучаемым патогенам сорт. На гребневой технологии большая рыхлость почв и повышенная аэрация препятствуют накоплению и развитию инфекций. Так, макроспориоз на гребневой технологии показал 1,8% развития в среднем за 4 года исследований, фитофтороз 5% и ризоктониоз 2,9%. При традиционной технологии возделывания эти показатели были почти в 1,5 раза выше. В правобережье сложилась аналогичная ситуация.

Корреляционный анализ (Табл. 2) показал, что ГТК находится в обратной зависимости от степени распространения грибных заболеваний, как и сумма выпавших осадков, однако влажность воздуха положительно коррелируется с процентом распространения патогенов.

Анализ биологической эффективности схем защиты картофеля от болезней показал, что предложенные схемы фунгицидной и биофунгицидной защиты достаточно эффективны (в среднем за 2018-2021 гг. показатель схемы 1 составил 81,9 - 91,8 % на традиционной технологии, и 91,8 - 95,9% на гребневой технологии, в то время как биофунгицидная схема 2 показала эффективность 79,8 - 95,9%, и 87,8- 95,9%) в зависимости от сорта.

Табл. 1.

Видовой состав болезней агроценоза картофеля в различных микрорайонах Саратовской области

Название болезни	Пораженные органы	Способы передачи и распространения инфекции	*соотношение по микрорайонам, %	
			СП ¹	ЦЛ ²
Альтернариоз (<i>Alternaria solani</i> Sorauer.)	Листья, реже клубни	листо-стеблевые	46,1	31,0
Фитофтороз (<i>Phytophthora Infestans</i>)	Листья, клубни	листо-стеблевые	14,0	23,2
Сухая (фузариозная) гниль клубней картофеля Фузариум (<i>Fusarium spp.</i>)	Листья, стебли (увядание), клубни	почвенные	8,5	18,5
Ризоктониоз или черная парша (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Клубни	почвенные	19,9	32,3
Актиномицеты, Парша обыкновенная (<i>Streptomyces scabies</i>)	Клубни	почвенные	5,5	0
Бактериальные болезни (гниль, комплекс возбудителей - кольцевая гниль и черная ножка)	Клубни	почвенные	3,5	0
Вирусные болезни (мозаика и другие)	Листья	транс-миссивные	2,5	5,0

*Примечание: 1. Северная правобережная микрорайон.

2. Центральная левобережная микрорайон.

Табл. 2.

Влияние абиотического фактора на распространение болезней картофеля (2018-2021 гг.)

Фенофазы картофеля	Среднесуточная температура, °С	Влажность воздуха, %	Сумма осадков, мм	¹ Макрофтороз, %	² Фитофтороз, %	³ Ризоктониоз, %
Энгельский район (Центральная Левобережная микрорайон)						
Нарастание вегетативной массы	21,2	56,5	46,7	1,5	0	2,7
Бутонизация-цветения	23,4	54,5	43,0	2,0	3,5	12,3
Клубнеобразование	21,2	54,7	29,8	4,6	15,2	10,2
Увядание ботвы	14,6	60,5	43,5	4,4	8,0	2,4
Коэф.коррел. ¹ (r)	-0,594	0,351	-0,691	-	-	-
Коэф.коррел. ² (r)	-0,844	0,695	-0,258	-	-	-
Коэф.коррел. ³ (r)	0,714	0,816	-0,536	-	-	-
Базарно-Карабулакский район (Северная Правобережная микрорайон)						
Нарастание вегет. массы	19,1	64,2	52,6	0	0	0,025
Бутонизация-цветения	20,8	64,0	40,1	1,0	2,9	1,4
Клубне-образование	18,7	64,2	37,2	3,8	10,3	11,1
Увядание ботвы	12,3	68,2	31,5	3,3	8,9	6,1-
Коэф.коррел. ¹ (r)	-0,545	0,476	-0,853	-	-	-
Коэф.коррел. ² (r)	-0,536	0,470	-0,857	-	-	-
Коэф.коррел. ³ (r)	-0,889	0,862	-0,875	-	-	-

На гребневой технологии биологическая эффективность, а значит контроль вредных патогенов, выше (химические фунгицидные обработки были эффективней аналогичных при традиционной технологии на 10,1%, а биологическая схема лучше на 4%).

Урожайность картофеля при различных схемах защиты от грибных болезней в условиях правобережья в среднем на сорте Сильвана (устойчивый) составила 22,0 т/га и 23,3 т/га в контрольных вариантах различных технологий, 27,0 т/га и 29,5 т/га при использовании химических фунгицидов и при использовании биологизированной защиты – 28,0 т/га и 29,7 т/га.

Аналогичные показатели на сорте Лабелла составили в контрольных вариантах 21,1 т/га и 22,4 т/га; 26,5 и 28,9 т/га (схема 1); 24,0 и 27,3 т/га (схема 2) соответственно.

На устойчивом сорте Сильвана применение биофунгицидов было более успешным применительно к урожайности и некоторым элементам продуктивности растений картофеля.

В период исследований урожайность сорта Сильвана в зависимости от технологии варьировала от 22,2 до 23,5 т/га в контрольном варианте, урожайность сорта Лабелла составила 20,8 и 22,9 т/га соответственно.

Рентабельность сорта Сильвана так же была выше в контроле, чем у сорта Лабелла. Применение различных фунгицидов, в том числе и биопрепаратов позволило добиться прибавки урожайности и повышенной рентабельности. На гребневой технологии рентабельность обоих схем сорта Сильвана была практически одинакова (отметим, что это самые урожайные варианты составили 31,9 т/га и 31,2 т/га).

Сорт Лабелла также показал более высокую урожайность на гребневой технологии в контрольном варианте, но более заметным положительное воздействие гребневой технологии было при мероприятиях по защите от болезней картофеля, на гребневой технологии сорт Лабелла был более экономически выгоден при использовании химических фунгицидов (337 %).

В условия правобережья самый лучший вариант опыта - сорт Сильвана при использовании схемы биофунгицидной защиты вне зависимости от технологии возделывания. Окупаемость защитных мероприятий здесь составила 19,4 -18,7 руб.

В условия Левобережья Саратовской области, также более урожайным оказался сорт Сильвана. Самая высокая окупаемость защитных мероприятий на этом сорте здесь составила 7,6 руб. и 9,1 руб. при использовании схемы фунгицидной схемы 1 вне зависимости от технологии возделывания. Это объясняется тем, что биологические препараты лучше проявляют себя при хорошей влагообеспеченности, а синтетические фунгициды менее зависимы от климатических условий степной зоны Поволжья.

Выводы

В правобережной зоне Саратовской области доминируют альтернариоз (46%), ризоктониоз (20%) и фитофтороз (14%), в Левобережье преобладают те же группы фитопатогенов, но в иной пропорции: к ризоктониоз и альтернариоз занимают лидирующие позиции (32,3% и 31% соответственно). В Левобережье в период исследований на картофеле не были отмечены бактериальные и актиномицетовые фитопатогены.

Уровень рентабельности возделывания картофеля по гребневой технологии выше, чем на традиционной, в среднем на 12%. В целом, применение химических фунгицидов оказалось более рентабельно, чем биофунгицидов, на 29%.

Окупаемость защитных мероприятий в Правобережной микрорайон Саратовской области варьировала от 13,2 до 14,7 руб. при традиционной технологии картофеля и от 15,7 до 16,5 руб. при гребневой технологии. Причем сорт Сильвана, отличающийся устойчивостью к альтернариозу и фитофторозу, был более окупаемым (16,7 руб.), чем восприимчивый к болезням сорт Лабелла (13,2 руб.).

В Левобережье Саратовской области окупаемость защитных мероприятий варьировало от 6,3 до 7,2 руб. при традиционной технологии картофеля, и от 5,4 до 8,7 руб. при гребневой технологии. Причем оба сорта были более рентабельны и окупаемы при использовании химических фунгицидов.

Литература

- Гордеева АВ, Лапшин ЮА. Влияние предпосадочной обработки клубней на распространение болезней, урожайность и фитосанитарное качество клубней. Вестник Марийского государственного университета. 2015;(2):18-22.
- Девяткина ЛН; Безаев ИИ, Ирхина ЛН. Глобальные, национальные и региональные концепты развития картофелеводства Экономика сельского хозяйства России. 2019;(8):66-73.

3. Девяткина ЛН. Становление и повышение эффективности фермерских хозяйств в Российской Федерации. Дис ... канд. экон. наук. Нижний Новгород; 2000.
4. Забияко СВ. Урожайность и качество различных по спелости сортов картофеля в зависимости от применяемых средств защиты растений в условиях Южного Урала. Дис ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2002.
5. Михалин СЕ. Влияние предпосадочной инокуляции клубней картофеля микробиологическими препаратами на урожайность и качество продукции. Дисс. ... канд. с.-х. наук. Немчиновка; 2006.
6. Москвин НН. Оптимизация системы защиты картофеля от колорадского жука и других основных вредителей в условиях Центрального региона Российской Федерации. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва; 2013.
7. Пашкова ГИ, Кузьминых АН. Сравнительная оценка раннеспелых сортов картофеля. Вестник Марийского государственного университета Сер. Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2017;3(2):44-6.
8. Приходько Е.С. Оценка совместного развития альтернариоза с фузариозным увяданием на картофеле и средств их ограничения. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва; 2021.
9. Поляков ИЯ, Персов МП, Смирнов ВА. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур (с практикумом). Л.: Колос, 1984.
10. Стацюк НВ. Повышение ресурсного потенциала картофеля путем обработки семенного материала импульсным низкочастотным электрическим полем. Автореф. дис ... канд. биол. наук. Владикавказ; 2015.

References

1. Gordeeva AV, Lapshin YuA. [Influence of pre-planting treatment of tubers on the spread of diseases, yield and phytosanitary quality of tubers]. Vestnik Mariyskogo Gosudarstvennogo Universiteta. 2015;(2):8-22. (In Russ.)
2. Devyatkina L, Bezaev NI, Irkhina LN. [Global, national and regional concepts of potato growing development]. Ekonomika Selskogo Khoziaystva v Rossii. 2019;(8):66-73. (In Russ.)
3. Devyatkina LN. [Formation and Improvement of Efficiency of Farms in the Russian Federation]. PhD Dissertation. Nizhny Novgorod; 2000. (In Russ.)
4. Zabyako SV. [Yield and Quality of Potato Varieties of Different Ripeness Depending on Plant Protection Products Used in the Conditions of Southern Urals]. PhD Dissertation. Orenburg, 2002. (In Russ.)
5. Mikhailin SYe. [The Effect of Pre-planting Inoculation of Potato Tubers with Microbiological Preparations on Yield and Product Quality]. PhD Dissertation. Nemchinovka; 2006. (In Russ.)
6. Moskvina NN. [Optimization of Potato Protection from Colorado Potato Beetle and Other Major Pests in the Conditions of the Central Region of the Russian Federation]. PhD Theses. Moscow; 2013. (In Russ.)
7. Pashkova GI, Kuzminykh AN. [Comparative evaluation of early-ripening potato varieties]. Vestnik Mariyskogo Gosudarstvennogo Universiteta Seriya Selskhozaiaystvennyye Nauki. 2017;3(2):44-6. (In Russ.)
8. Prikhodko YeS. [Assessment of the Joint Development of Alternariosis with Fusarium Wilting on Potatoes and of Means for Their Limitation]. PhD Theses. Moscow; 2021. (In Russ.)
9. Polyakov IYa, Persov MP, Smirnov VA. Prognoz Razvitiya Vrediteley i Bolezney Selskpkhoziaystvennykh Kultur (s Praktikumom. Leningrad: Kolos; 1984. (In Russ.)
10. Statsiuk NV. [Increasing the Resource Potential of Potatoes by Processing of Seed Material with a Pulsed Low-Frequency Electric Field]. PhD Theses. Vladikavkaz; 2015. (In Russ.)

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

«»

УДК: 633.1:632.484(470)

СОСТАВ ПАТОГЕННОЙ И САПРОФИТНОЙ МИКОФЛОРЫ НА ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В КЛИНСКОМ РАЙОНЕ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2021 ГОДУ

Н.С. Жемчужина*, М.И. Киселева, С.А. Елизарова, С.Ю. Белякова

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы, Россия

*Эл. почта: zhemch@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 05.12.2022

Установлен круг патогенных и сапрофитных грибов, развивающихся на посевах озимой пшеницы в 2021 году в Клинском районе Московской области. Материалом для исследований служили образцы растений озимой пшеницы с признаками поражения грибными инфекциями на листьях и корнях. Всего из образцов анализируемой пшеницы было выделено и идентифицировано 24 вида микромицетов. В ценозе озимой пшеницы сформировался комплекс микромицетов с различной трофической специализацией. Среди них на листьях отмечены гембиотрофы из родов *Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria*. К группе грибов-сапротрофов, которые преимущественно встречались в ризосфере озимой пшеницы, отнесены виды родов *Arthrrium*, *Byssochlamys*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Epicoccum*, *Microdochium*, *Mortierella*, *Verticillium*, *Trichotecium* и др.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, микофлора, сапрофит, гембиотроф.

THE COMPOSITION OF PATHOGENIC AND SAPROPHYTIC MYCOFLORA ON WINTER WHEAT IN KLINSKY DISTRICT OF MOSCOW REGION IN 2021

Zhemchuzhina N.S.*, Kiseleva M.I., Elizarova S.A., Belyakova S.Yu.

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazhemy, Russian Federation

*E-mail: zhemch@mail.ru

The range of pathogenic and saprophytic fungi developing on winter wheat crops in 2021 in Klinsky District of Moscow Region has been established. Samples of affected winter wheat plants with signs of fungal infections on their leaves and roots served as the material for research. In total, about 24 species of micromycetes were isolated from the wheat samples and identified. A complex of micromycetes featuring various trophic specializations was formed in winter wheat cenosis. Among the micromycetes there those of the genera *Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria* were noticed on the leaves. The group of saprotrophic fungi that mainly occurred in the rhizosphere of winter wheat includes species of the genera *Arthrrium*, *Byssochlamys*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Epicoccum*, *Microdochium*, *Mortierella*, *Verticillium*, *Trichotecium*, etc.

Key words: winter wheat, cultivar, mycoflora, saprophyte, hemibiotrophus.

Введение

Известно, что микромицеты, обитающие на озимой пшенице, хорошо адаптированы к меняющимся внешним факторам окружающей среды. Это свойство обеспечивает грибам возможность не только выживать в широком диапазоне погодных условий, но и встречаться, практически везде,

где произрастает культура [1]. Выживаемость патогенных и сапрофитных видов микромицетов сохраняется благодаря способности переходить к формированию покоящихся структур или развиваться в виде мицелия, вызывая новые заражения живых тканей культуры и заселение отмерших частей растений [2, 3].

Видовой состав грибов на посевах озимой пшеницы определяется условиями погоды, а также и устойчивостью высеваемых сортов, предшественниками, агротехникой и многими другими факторами [4]. В связи со сложившимися в последние годы объективными причинами, в числе которых на первые места выходят изменения климата, нарушения технологии обработки посевных площадей, несоблюдение севооборотов, бесконтрольное использование семенного материала, происходит трансформация видовой состава грибов, обитающих на озимой пшенице, независимо от того, являются ли они возбудителями вредоносных болезней или непатогенными видами.

Целью работы являлось определение видовой состава микромицетов на растениях озимой пшеницы, собранных в июне 2021 года на территории Клинского района Московской области.

Материал и методы исследования

Материалом для исследований служили растения озимой пшеницы с признаками поражения грибными инфекциями на листьях, стеблях и корнях. Образцы районированных сортов пшеницы были собраны во второй декаде июня 2021 года на посевах Клинского района Московской области. Образцы шести районированных сортов озимой пшеницы: Московская 56, Мироновская 808, Янтарная 50 (по 2 образца), Немчиновская 17, Скипетр, Фелиция (по 1 образцу) были собраны с 9 полей (по 5-10 растений с поля) в фазе начало колошения.

Фитосанитарное состояние образцов оценивали по общепринятым в фитопатологии методикам. Виды грибов определяли по морфологии спор под микроскопом при увеличении $\times 400$.

Грибы из образцов пшеницы изолировали по стандартной методике [5]. Для этого отмытые водопроводной водой растения каждого образца разрезали на фрагменты размером 5-10 мм, стерилизовали в 50% спирте в течение 20-30 секунд и в асептических условиях раскладывали на поверхность 2% картофельно-глюкозного агар-агара в чашки Петри (по 4 фрагмента в каждую). Каждый образец был представлен не менее чем 100 фрагментами пораженной ткани. Чашки Петри помещали в термостат с температурой 22-24°C. Наблюдение за развитием грибов проводили ежедневно. По мере роста колоний грибов делали отсев кусочком мицелия на питательную среду в центр чашки Петри. Чистые культуры грибов просматривали под микроскопом. По морфологии спор идентифицировали виды грибов. В качестве справочной литературы при установлении видовой принадлежности гриба использовали определители Р. М. Kirk [1], Т. Watanabe [6] и др.

Эксперименты выполнялись с использованием оборудования ЦКП ГКФМ ФГБНУ ВНИИФ (<http://www.vniif.ru/vniif/page/ckp-gkmf/1373>).

Биологические пробы с изолятами грибов на косяках питательной среды помещали на хранение в холодильники при температуре 3-5°C в лаборатории ГКФМ ФГБНУ ВНИИФ.

Результаты и обсуждение

Первичный осмотр сортообразцов озимой пшеницы показал на растениях наличие признаков поражения корней гнилью, а корневой шейки и листьев нижнего яруса - пятнистостями. Всего из образцов анализируемой пшеницы было выделено и идентифицировано 24 вида микромицетов, относящихся к сапротрофным и фитопатогенным видам грибов. Как правило, микромицеты, изолированные с корней, были представлены более широким видовым составом, чем с листьев или стеблей (табл. 1).

Табл. 1.

Микромицеты, обнаруженные на посевах озимой пшеницы в 2021 году в Клинском районе Московской области.

Вид гриба	Количество изолятов гриба, выделенных с органов растений			Всего изолятов	
	корни	стебель	лист	ед.	%
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	+++	+++	+++	141	25,9
<i>Arthrrium arundinis</i> (Corda) Dyko & B. Sutton	+	-	+	10	1,8
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker	+++	++	+	24	4,4
<i>Byssochlamys lagunculariae</i> (C. Ram) Samson, Houbraken & Frisvad	+	-	-	3	0,6
<i>Colletotrichum dematium</i> (Pers.) Grove	-	+	-	3	0,6
<i>Epicoccum</i> sp.	+++	+++	++	43	7,9
<i>Fusarium fujikuroi</i> Nirenberg	++	+	-	11	2,0
<i>Fusarium incarnatum</i> (Desm.) Sacc.	-	+	-	5	0,9
<i>Fusarium lolii</i> (Wm.G. Sm.) Sacc.	+++	+++	-	41	7,5
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	+++	+	-	22	4,0
<i>Fusarium redolens</i> Wollenw.	+	+	-	7	1,3
<i>Fusarium roseum</i> Link	+	-	-	4	0,7
<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.	+	-	-	5	0,9
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb.	-	+	-	2	0,4
<i>Fusarium tricinctum</i> (Corda) Sacc.	-	-	+	4	0,7
<i>Microdochium bolleyi</i> (R. Sprague) de Hoog & Herm.-Nijh.	+	-	-	7	1,3
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel	+++	+++	-	47	8,6
<i>Papulaspora immersa</i> Hotson	+	-	-	3	0,6
<i>Periconia macrospinosa</i> Lefebvre & Aar.G. Johnson	+	-	-	4	0,7
<i>Rhizopus</i> sp.	+++	+++	+++	91	16,7
<i>Trichoderma asperellum</i> Samuels, Lieckf. & Nirenberg	++	+	+	30	5,5
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	++	-	+	11	2,0
<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.	+	-	-	4	0,7
Всего изолятов:				545	100

Примечание: + от 1 до 5 изолятов одного вида; ++ от 6 до 10 изолятов одного вида; +++ от 11 и больше изолятов одного вида.

Значительное количество изолятов грибов относились к сапротрофам. Эти виды грибов выделялись в чистую культуру, как с нижних, так и верхних частей растений. К группе грибов-сапротрофов, которые встречались в ризосфере озимой пшеницы, отнесены виды родов *Arthrinium*, *Byssochlamys*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Epicoccum*, *Microdochium*, *Mortierella*, *Trichotecium* и другие. Большинство микромицетов этой группы являются почвенными видами, поэтому изоляция их в культуру наблюдалась чаще из отмерших фрагментов корней, чем приземных частей стеблей и листьев озимой пшеницы. Изоляты *Rhizopus* и *Epicoccum* встречались практически с одинаково высокой частотой на любых частях растений.

Некоторые виды грибов были отнесены к факультативным сапрофитам, имеющим смешанный тип питания. На вегетирующих растениях микромицеты этой группы ведут себя как биотрофы, т.е. растут в межклеточном пространстве, а после гибели клеток растения продолжают развиваться как некротрофы. Самым частым симптомом проявления болезней, вызываемых факультативными сапрофитами, являются пятнистости, потемнение тканей листьев, стеблей, корней, вызванные накоплением фенольных пигментов как ответной реакции на заражение. Такие признаки характерны, например, для грибов из рода *Fusarium*. Часто они проявляются как возбудители фузариозной гнили корней, вызывая ослабление и гибель молодых растений и образуя некрозы на верхних листьях. В последние десятилетия в районах возделывания озимой пшеницы в России отмечается усиление нарастания заболевания, вызываемого грибами этого рода. По данным литературы, в России на пшенице паразитирует 28 видов грибов рода *Fusarium*. В южных районах страны преобладают виды *F. graminearum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum*, *F. nivale* [2].

При проведении микологических исследований тканей опытных образцов было отмечено, что грибы рода *Fusarium* симптоматически не различались на органах растений, и идентификация видов микромицетов становилась возможной с появлением характерного мицелия и конидии при культивировании их в течение 3-5 дней во влажной камере. В наших исследованиях было определено 9 видов: *F. fujikuroi* Nirenberg, *F. incarnatum* (Desm.) Sacc., *F. lolii* (Wm.G. Sm.) Sacc., *F. oxysporum* Schltdl., *F. redolens* Wollenw., *F. roseum* Link., *F. solani* (Mart.) Sacc., *F. sporotrichioides* Sherb., *F. tricinctum* (Corda) Sacc. (табл. 1).

При анализе полученных данных было отмечено влияние сорта озимой пшеницы на частоту выделяемых изолятов грибов (табл. 2). Сорта озимой пшеницы с более высокими показателями устойчивости растений к патогенам, как правило, не отличались разнообразием видового состава грибов рода *Fusarium*. Так, на сортах Немчиновская 17, Янтарная 50 и Фелиция были найдены единичные изоляты наиболее распространенных грибов *F. oxysporum* и *F. lolii*.

Кроме факультативных сапротрофов из рода *Fusarium*, нами были изучены и изоляты *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker., выделенные из пораженных тканей двух сортов озимой пшеницы: Мироновская 808 и Московская 56. На листьях гриб проявлялся в виде окаймленных пятен, на корнях - в виде мацерации тканей. Частота встречаемости изолятов гриба, идентифицированных на тканях корней, была выше, чем на образцах стеблей и листьев пшеницы. Площадь поражения листьев нижнего яруса у отдельных растений пшеницы колебалась от 20% до 60%, что зависело не только от устойчивости сорта озимой пшеницы, но и от места произрастания образца, состава почвы, увлажненности [7].

Табл. 2.

Микромицеты из рода *Fusarium*, выделенные с сортов озимой пшеницы в 2021 году в Клинском районе Московской области

Сорта озимой пшеницы	Интенсивность поражения растений, %	Проверено изолятов, ед.	Найдено видов микромицетов	В т.ч. видов из рода <i>Fusarium</i>	<i>F. fujikuroi</i>	<i>F. incarnatum</i>	<i>F. lolii</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. redolens</i>	<i>F. roseum</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. sporotrichioides</i>	<i>F. tricinctum</i>
Московская 56	60	61	8	3	+		+	+					
Московская 56	80	96	8	5		+	+		+		+	+	
Мироновская 808	80	95	10	5		+	+	+		+			+
Мироновская 808	60	66	10	3			+	+				+	
Янтарная 50	40	32	5	1			+						
Янтарная 50	20	32	5	2			+		+				
Немчиновская 17	20	37	5	1				+					
Скипетр	20	78	9	5	+		+	+		+	+		
Фелиция	40	36	8	2			+	+					
Количество изолятов, ед.					11	5	41	22	7	4	5	2	4

Наиболее часто на образцах озимой пшеницы встречались представители рода *Alternaria*. Это - 141 изолят *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. Изоляты рода *Alternaria* на растениях четко не визуализировались, а выделялись в чистую культуру при микроскопических исследованиях попутно. Как правило, их выявляли с высокой частотой из всех анализируемых частей пшеницы: корней, листьев нижнего яруса и прикорневых частей стебля. Возможно, грибы этого рода сохранялись в тканях зимующих растений в форме мицелия и в отмерших тканях в виде покоящихся микроструктур и при появлении благоприятных условий весеннего периода стали активно развиваться.

Из живых тканей и отмерших частей растений озимой пшеницы были выделены микромицеты различных биологических групп. В осенне-зимний период в агроценозе пшеницы сформировался комплекс микромицетов с различной трофической специализацией. Согласно данным литературы, патогены, поражающие растения в период вегетации, сохраняются на живых и погибших частях растений в форме мицелия, анаморфной или телеоморфной стадии. При наступлении благоприятных для развития гриба условий окружающей среды сформировавшийся патогенный потенциал переходит на развивающиеся растения пшеницы, вызывая различные виды микозов.

Факультативные сапрофиты, представителями которых являются виды родов *Bipolaris*, *Fusarium* и *Alternaria*, широко распространены на посевах озимой пшеницы, вызывая поражения листьев и корневые гнили, благодаря их способности сохраняться в зимний период на растениях и растительных остатках.

Представители *Arthrinium*, *Byssochlamys*, *Colletotrichum*, *Epicoccum*, *Microdochium*, *Mortierella*, *Verticillium*, *Cladosporium* и *Rhizopus*, согласно данным научной литературы, относят к эпифитам, то есть они развиваются исключительно на продуктах жизнедеятельности растения, не причиняя ему вреда, но вместе с тем ухудшают качество урожая, приводя к тусклости зерна и плесени. В то же время большое количество грибов сапрофитной микрофлоры, выделенной с образцов озимой пшеницы, вызывает образование метаболитов, токсичных для растений и животных, тем самым причиняя существенный ущерб сельскохозяйственной продукции [8].

По данным литературы, такими свойствами обладает обширная группа грибов, наиболее известными из которых являются представители из родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Rhizopus* и другие [9, 10].

Выводы

Микологический анализ образцов озимой пшеницы свидетельствует о том, что мониторинг видового состава грибов на зерновых культурах является актуальным для принятия профилактических мер и для развития стратегии предотвращения негативных последствий от развития болезней.

Литература

1. Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. Anamorphic fungi. In: Dictionary of the Fungi. 2008. P. 28-31.
2. Жалиева ЛД. Грибы рода *Fusarium* в агроценозе озимой пшеницы в условиях Краснодарского края. Паразитизм и симбиоз. Иммунопатология, аллергия, инфектология. 2010;1:101-4.
3. Торопова ЕЮ, Казакова ОА, Воробьева ИГ, Селюк МП. Фузариозные корневые гнили зерновых культур в Западной Сибири и Зауралье. Защита и карантин растений. 2013;(9):23-6.
4. Чулкина ВА, Торопова ЕЮ, Стецов ГЯ. Интегрированная защита растений: фитосанитарные системы и технологии. М.: Колос; 2009.
5. Билай ВИ, Элланская ИА. Основные микологические методы в фитопатологии. В кн.: Билай ВИ, ред. Методы экспериментальной микологии. Справочник. Киев: Наукова думка. 1982.
6. Watanabe T. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi. Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Third Edition. CRC Press; 2010.
7. Ашмарина ЛФ. Особенности жизненного цикла возбудителя корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker. Современная микология в России. 2015;5:11-3.
8. Руковицина ИВ. Биология и экология альтернариоза, фузариоза и гельминтоспориоза пшеницы. Монография. Шортанды; 2008.
9. Li F, Yoshizawa T. Alternaria mycotoxins in weathered wheat from China. J Agric Food Chem. 2000;48(7):2920-4.
10. Thrane U, Adler A, Clasen PE. Diversity in metabolite production by *Fusarium langsethiae*, *Fusarium poae*, and *Fusarium sporotrichioides*. Int J Food Microbiol. 2004;95:257-66.

References

1. Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. Anamorphic fungi. In: Dictionary of the Fungi. 2008. P. 28-31.
2. Zhaliyeva LD. [Fungi of the genus *Fusarium* in the agroecosis of winter wheat in the conditions of Krasnodar Territory. Parasitism and symbiosis]. Immunopatologiya Allergiya Infektologiya. 2010;1:101-4. (In Russ.)
3. Toropova YeYu, Kazakova OA, Vorobyeva IG, Seliuk MP. [Fusarium root rot of grain crops in Western Siberia and the Trans-Urals]. Zashchita i Karantin Rasteniy. 2013;(9):23-6. (In Russ.)
4. Chulkina VA, Toropova YeYu, Stetsov GYa. Integririrovannaya Zashchita Rasterniy: Fitosanitarnye Sistemy i Tikhnologii [Integrated Plant Protection: Phytosanitary Systems and Technologies. Moscow: Kolos; 2009. (In Russ.)
5. Bilay VI, Ellanskaya IA. [Basic mycological methods in phytopathology]. In: Bilay VI, ed. Metody Eksperimentalnoy Mikologii. Spravochnik [Methods of Experimental Mycology. A Handbook]. Kiev: Naukova Dumka; 1982. (In Russ.)
6. Watanabe T. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi. Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Third Edition. CRC Press; 2010.
7. Ashmarina LF. [Features of the life cycle of the root rot pathogen *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker]. Sovremennaya Mikologiya v Rossii. 2015;5:11-3. (In Russ.)
8. Rukavitsyna IV. Biologiya i Ekologiya Alternarioza, Fuzarioza i Gelmintosporooza Pshenitsy [Biology and Ecology of Alternariosis, Fusariosis and Helminthosporiosis of Wheat] Shortandy; 2008.
9. Li F, Yoshizawa T. Alternaria mycotoxins in weathered wheat from China. J Agric Food Chem. 2000;48(7):2920-4.
10. Thrane U, Adler A, Clasen PE. Diversity in metabolite production by *Fusarium langsethiae*, *Fusarium poae*, and *Fusarium sporotrichioides*. Int J Food Microbiol. 2004;95:257-66.

«»

УДК:635.21:632.95

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ

В.Н. Зейрук*, С.В. Васильева

Федеральное государственное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г.Лорха», г. Люберцы, Московская обл., Россия

*Эл. почта: vzeyruk@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 24.10.2022; принята к печати 28.11.2022

В статье рассмотрены проблемы в сфере комплексной защиты картофеля. Представлены результаты исследований, способствующих увеличению эффективности применения новых эффективных химических и биологических фунгицидов и инсектицидов (Кагатник, ВРК; Идикум, СК), регуляторов роста и агрохимикатов (баковая смесь регуляторов роста Эпин + Циркон и агорохимиката Силиплант). В табличном материале приведены результаты их эффективности. Подчеркнуто значение основных приемов борьбы с болезнями и вредителями картофеля, такими как протравливание, обработки в период вегетации и перед закладкой на хранение. Высокий эффект сдерживания прорастания клубней показали в наших опытах препараты Спад-Ник и Харвест. Значительно улучшал сохранность картофеля биологический препарат Картофин. Нашими исследованиями доказано, что комплексный препарат (Вист+Спраут-Стоп) ингибирует прорастание картофеля и способствует лучшей его сохранности. Снижение потерь достигало 3,6%.

Ключевые слова: картофель, защита, болезни, вредители, хранение, препараты, эффективность.

CURRENT DIRECTIONS OF POTATO PROTECTION

Zeyruk V.N.*, Vasilieva S.V.

A.G. Lorkh Federal Potato Research Centre, Liubertsy, Moscow Region, Russia

*E-mail: vzeyruk@mail.ru

The article discusses problems in integrated potato protection. The results of studies contributing to an increase in the effectiveness of the use of new effective chemical and biological fungicides and insecticides (Kagatnik, VRK; Idikum, SK), growth regulators and agrochemicals (a tank mixture of growth regulators Epin + Zircon and Siliplant agrochemicals) are presented. Their effectiveness is demonstrated with tabulated data. The importance of the main methods of potato diseases and pests combating, such as pickling and processing during the growing season and before laying for storage, is emphasized. The high ability to curb tubers germination was shown in our experiments with drugs Spadnik and Harvest. The biological preparation Kartofin significantly improved the safety of potatoes. Our research has proven that the complex drug Whist+Sprout-Stop inhibits potato germination and contributes to its better preservation. Losses were reduced by up to 3.6%.

Key words: potatoes, protection, diseases, pests, storage, drugs, effectiveness.

Указом Президиума РФ от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» и соответствующего Постановления Правительства РФ от 28.08.2017 г. № 996 утверждена Федеральная Программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. Одним из приоритетных направлений признано развитие селекции и семеноводства картофеля (1, 2, 3).

Несмотря на многолетние исследования в сфере комплексной защиты картофеля, ряд проблем до настоящего времени не имеют 100%-го решения. Одним из таких вопросов является весеннее предпосадочное протравливание клубней. Это прежде всего связано как с клубневой инфекцией, так и с почвенными патогенами. На наш взгляд, здесь прослеживается нарушение технологической дисциплины по исполнению практических рекомендаций ученых. Ведь в первую очередь необходимо провести клубневой анализ семенного материала и почвы на микробиоту. Исходя из этого, мы должны правильно подобрать необходимый протравитель. И еще одно – качество препарата, ведь не всегда реклама бывает объективной, и наш опыт доказывает, что при производственной оценке новых пестицидов иногда наблюдалась невысокая их эффективность. Для того, чтобы избежать ошибок, необходимо проконсультироваться с представителями фирмы, представляющей препараты или научными сотрудниками, занимающимися этими вопросами и заручиться их поддержкой.

Многолетние исследования доказывают, что предпосадочная обработка семенных клубней эффективно способствует снижению вредоносности болезней, особенно ризиктониоза (табл. 1).

В последние годы высокую эффективность показал новый инсекто-фунгицидный протравитель Идикум, СК, результаты испытания которого на базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» в 2017-2019 гг. представлены в табл. 2.

Табл. 1.

Табл. 2.

Влияние изучаемых препаратов на распространение ризиктониоза на растениях картофеля (среднее за 2018–2019 гг.)

Вариант	Распространенность ризиктониоза, %		
	11 июня	9 июля	16 июля
Кагатник, ВРК	4,1	8,1	9,4
Престиж, КС	0,0	1,4	1,4
Селест Топ, КС	1,5	2,3	2,3
Максим, КС	0,0	3,5	3,5
Контроль (без обработки)	5,0	9,1	11,3
НСР ₀₅	2,1	4,9	5,9

Влияние препарата Идикум на распространенность ризиктониоза (%), фаза полных всходов

Вариант	Распространенность ризиктониоза %			
	2017	2018	2019	среднее
Идикум, СК	8,7	3,4	0,7	4,3
Синклер, СК + Табу Супер, СК	12,4	6,0	1,1	6,5
Контроль	25,3	10,6	5,6	13,8
НСР ₀₅	3,6	2,6	0,6	1,3

Оценка биологической эффективности инсекто-фунгицидного протравителя Идикум против ризиктониоза была выше, чем у фунгицидного протравителя Синклер, на 14,5%, против колорадского жука его эффективность находилась на уровне эталонного препарата Табу Супер (табл. 3).

Табл. 3.

Биологическая эффективность препарата Идикум против ризиктониоза и колорадского жука (с. Сантэ)

Вариант	Биологическая эффективность (%) против:							
	ризиктониоза				колорадского жука			
	2017	2018	2019	среднее	2017	2018	2019	среднее
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-
Идикум	63,2	69,3	87,5	73,3	92,0	95,3	97,1	94,8
Синклер	43,4	47,7	85,2	58,8	-	-	-	-
Табу Супер	-	-	-	-	93,0	95,3	98,1	95,5

Протравливание также увеличивает полевую всхожесть клубней. Однако при использовании данного приема есть и отрицательный момент. Зачастую происходит задерживание всходов, которое со временем сглаживается, и к фазе бутонизации-цветения происходит выравнивание растений. По нашим предварительным наблюдениям, необходимо обработку клубней проводить в день посадки, особенно если семенной материал был пророщенным.

В конечном итоге, протравливание обеспечивало увеличение урожайности клубней сорта Сантэ на 7,1 т/га, что составляет 35,3% относительно контроля, и увеличивало выход товарных клубней на 8,1 т/га или на 43,3% (табл. 4).

Табл. 4.

Влияние протравителя Идикум на урожайность картофеля

Варианты	Урожайность клубней				Фракционный состав, %		
	Всего		В том числе товарных клубней		<30 мм	30-60 мм	>60 мм
	т/га	в % к контролю	т/га	в % к контролю			
Идикум	27,2	135,3	26,7	143,3	2,0	62,4	35,6
Синклер + Табу Супер	26,3	130,9	25,8	138,7	1,9	63,3	34,8
Контроль	20,1	100,0	18,6	100,0	7,4	59,8	32,8
НСР ₀₅	3,8		3,2				

Важным пунктом в защите растений картофеля в период вегетации является применение регуляторов роста, позволяющих снизить пестицидную нагрузку на агрофитоценоз и получить устойчивые урожаи высококачественной продукции. Как правило, данные препараты хорошо совместимы со многими пестицидами, не имеющими щелочной реакции (pH<7,6). Специалистами ВНИИКХ была произведена оценка большого количества регуляторов роста растений, среди которых Альбит, Вигор Форте, Эпин, Рибав Экстра, Мивал-Агро, Энергия М, Крезацин, Гибберсиб, и т.д.

Следует также отметить, что данный агроприём увеличивает показатель ассимиляционной поверхности (ИЛП) на 3,1 - 49,8% в зависимости от сорта (табл. 5).

В борьбе с колорадским жуком и тлями-переносчиками вирусов хорошо зарекомендовали себя биологические препараты Фитоверм и Вертициллин, а с грибными болезнями – Фитоспорин и Картофин. Высокую эффективность показала баковая смесь регуляторов роста Эпин + Циркон и агорохимиката Силиплант.

Для здорового питания необходимо высокое качество клубней картофеля, которое определяется прежде всего их биохимическим составом, а он в свою очередь зависит от многих факторов: от сорта, почвенных и погодных условий, удобрений, технологии выращивания, степени вызревания, хранения и др. Сроки проведения анализов (осень или весна) также существенно влияют на результаты. Примерный биохимический состав клубня представлен в табл. 6.

Табл. 5.

Табл. 6.

Влияние рострегуляторов на массу ботвы, формирующихся клубней и ассимиляционную поверхность растений картофеля в полевом опыте (с. Сантэ, % к контролю)

Средние показатели содержания наиболее важных питательных веществ в картофеле и их возможные колебания

Вариант	Масса ботвы	Ассимиляционная поверхность	Масса клубней / 1 куст
Контроль (вода)	100,0	100,0	100,0
Альбит	108,3	136,4	116,4
Рибав Экстра	105,8	103,1	136,7
Мивал-Агро	105,0	92,2	117,2
Энергия М	138,3	149,8	146,9
Крезацин	101,7	104,7	136,7
Гибберсиб	100,0	149,1	125,8
Химический эталон	115,0	111,4	132,8

Компоненты	Содержание в сырой массе клубня, %	
	среднее	диапазон колебаний
Сухое вещество	23,7	13,1 – 36,8
Крахмал	17,5	8,0 – 29,4
Протеин	2,0	0,69 – 4,63
Жир	0,12	0,02 – 0,2
Клетчатка диетическая	1,7	1,0 – 2,0
Клетчатка грубая	0,71	0,17 – 3,48
Минеральные вещества	1,1	0,44 – 1,87
Сахара	0,5	0,05 – 8,0
Аскорбиновая и дегидроаскорбиновая кислота, мг/кг	100-250	10 - 540

Качеству продукции способствует прием десикации посадок. Наши исследования показали высокую эффективность отечественных препаратов фирмы «Август»: Суховой (2,0 л/га).

Наиболее трудоемкой операцией в картофелеводстве является уборка. Перспективность применения того или иного типа уборочной машины определяется по совокупности агротехнических эксплуатационно-экономических показателей машин и лёжкости картофеля в процессе длительного хранения, убранного этими машинами. Не смотря на сравнительно высокую цену, самоходный комбайн с бункером имеет более высокую производительность и годовую выработку, а также высшую эффективность, чем прицепные машины, и особенно по сравнению с самоходным копателем-погрузчиком. Вследствие этого уборка картофеля самоходным комбайном с бункером обеспечивает получение дополнительной прибыли на тонну убранного картофеля (табл. 7).

В современных условиях в стране необходимо увеличивать объем переработки картофеля. Применение ингибитора Спраут-Стоп сохраняет качество клубней и улучшает цвет готового продукта при переработке в весеннее и летнее время. Низкие дозы препарата не предохраняют полностью клубни от прорастания, что ухудшает качество как свежего картофеля, так и продукта из него (табл. 8).

Табл. 7.

Табл. 8.

Потери картофеля при хранении в зависимости от типа уборочной машины

Влияние доз ингибитора прорастания Спраут-Стоп на качество клубней и хрустящего картофеля (сорт Голубизна, переработка – конец июня)

Наименование уборочной машины	Потери общие, %	В том числе, %		
		убыль массы	технический отход	абсолютная гниль
Комбайн с бункером (самоходный и прицепной)	10,4	9,3	0,7	0,4
Копатель-погрузчик (самоходный и прицепной)	11,2	10,4	0,6	0,2

Доза ингибитора, кг/т	Содержание в клубнях, %			Оценка хрустящего картофеля, балл
	сухих веществ	крахмала	редуцирующих сахаров	
Контроль (без обработки)	20,7	14,5	0,84	2
0,5	21,2	15,3	0,47	4
0,75	22,1	16,1	0,40	6
1,0	23,8	17,3	0,36	8

Наши исследования доказали, что комплексный препарат (Вист+Спраут-Стоп) ингибирует прорастание картофеля и способствует лучшей его сохранности. Снижение потерь достигало 3,6%. Особо следует отметить, что убыль массы на варианте с его использованием снизилась на 2,7% относительно контроля (табл. 9).

Высокий эффект сдерживания прорастания клубней показали в наших опытах препараты Спад-Ник и Харвест. Значительно улучшал сохранность картофеля биологический препарат Картофин. При хранении зарегистрирована более низкая убыль массы картофеля по сравнению с контролем (рис. 1).

В настоящее время сотрудники ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» изучают возможность применения этилена методом газации при закладке картофеля на хранение с целью снижения потерь и ингибирования прорастания.

Конечно, в борьбе с патогенами почвы и растений необходимо использовать селекцию, семеноводство и агротехнические методы на устойчивость и адаптивность. На наш взгляд, кроме новых подходов и методов необходимо не забывать и классические приемы.

Табл. 9.

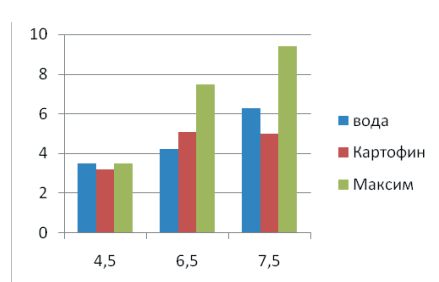


Рис. 1. Влияние препаратов на убыль массы картофеля в период хранения (%)

Эффективность комплексного препарата (Вист+Спраут-Стоп), сорт Невский

Вариант обработки клубней	Масса картофеля, т	Средняя длина ростков в насыпи	Выход здорового картофеля после хранения, %	Потери, %			
				всего	в том числе		
					технический отход	абсолютная гниль	убыль массы
Контроль (без обработки)	40,3	22,3	89,3	10,7	3,1	0,9	6,7
Вист, 10 г/т	40,7	20,6	91,7	8,3	2,8	0,6	4,9
Вист, 10 г/т + Спраут-Стоп, 10 кг/т *	40,2	12,8	92,9	7,1	2,4	0,7	4,0

Примечание: * - пиротехническая шашка

Таким образом, применение вышеописанных приемов будет способствовать получению более высокого и качественного урожая картофеля и обеспечит продовольственную безопасность нашего народа.

Литература

1. Малеванная НН. Новая парадигма для производителей сельскохозяйственной продукции. Защита и карантин растений. 2022;(3):3-7.
2. Анисимов БВ, Симаков ЕА, Жевора СВ, Овэс ЕВ, Зебрин СН, Зейрук ВН, Митюшкин АВ, Усков АИ, Юрлова СМ, Журавлев АА, Хутинаев ОС, Блинков ЕГ, Логинов СИ, Чугунов ВС. Семеноводство картофеля: современные технологии, нормативное регулирование, проверка качества. Чебоксары; 2017.
3. Симаков ЕА, Анисимов БВ, Жевора СВ, Митюшкин АВ, Журавлев АА, Зебрин СН. Картофелеводство России: состояние и перспективы в новых условиях. Картофель и овощи. 2022;(4):3-5.

References

1. Malevannaja NN. [New paradigm for agricultural produce manufacturers]. Zashhita i Karantin Rasteniy. 2022;(3):3-7. (In Russ.)
2. Anisimov BV, Simakov YeA, Zhevora SV, Oves YeV, Zebirin SN, Zeyruk VN, Mitiushkin AV, Uskov AI, Jurlova SM, Zhuravlev AA, Khutinayev OS, Blinkov YeG, Loginov SI, Chugunov VS. Semenovodstvo Kartofelia: Sovremennye Tekhnologii, Normativnoye Regulirovaniye, Proverka Kachestva. Cheboksary; 2017.
3. Simakov YeA, Anisimov BV, Zhevora SV, Mitiushkin AV, Zhuravlev AA, Zebirin SN. [Potato culture in Russia: current conditions and prospects]. Kartofel' i Ovoschi. 2022;(4):3-5.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные, внесли равный вклад в работу, в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявляют об отсутствии конфликта интересов.

«»

УДК:633.85:631

МАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ В КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Зинченко*, Д.А. Лынный, И.В. Сидорик

ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное», село Заречное, Костанайская область, Республика Казахстан

*Эл. почта: zinchenko.av@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Разнообразие масличных культур в Сельскохозяйственной опытной станции «Заречное» представляют 200 сортов сои групп спелости 000, 00 и I, 56 сортов ярового рапса, 36 - льна масличного и 51 - подсолнечника. Они созданы в России, Казахстане, Канаде, Франции, Украине, Польше, США, Беларуси, Швеции, Японии, Китае, Чехии, Чехословакии. Также есть сорта, выведенные в СХОС «Заречное»: подсолнечник (Заречный, Сары, Рауан, Коснур), лен масличный (Алтын, Кустанайский 11, Казар), яровой рапс (Гульсары), соя (Ивушка, Северное сияние, Дaneliya, Светлячок). Селекционные работы с соей ведутся совместно с Казахским НИИ земледелия и растениеводства. Для ведения селекционной работы и дальнейшего скрещивания лучших родительских форм ведется отбор сортов по следующим хозяйственно-ценным признакам: урожайность, масличность, масса 1000 семян. Из-за короткого безморозного периода в Костанайской области ценными являются сорта, способные вызревать в этих условиях (рапс за 90–100 суток, лен масличный за 75-80 суток, подсолнечник за 85-95 суток, соя за 90-100 суток).

Ключевые слова: соя, рапс, подсолнечник, лен масличный, урожайность, масличность, вегетационный период, масса семян.

OILSEED CROPS IN KOSTANAY REGION

A.V. Zinchenko,* D.A. Lынный, I.V. Sidorik

Zarechnoye Agricultural Experimental Station, Kostanay Region, the Republic of Kazakhstan,

*E-mail: zinchenko.av@inbox.ru

A variety of oilseeds in the Agricultural Experimental Station “Zarechnoye” is represented by: 200 varieties of soybeans 000, 00, and I maturity groups, in addition, spring rapeseed 56, oil flax 36 and sunflower 51 varieties. These varieties are represented by the selection of Russia, Kazakhstan, Canada, France, Ukraine, Poland, USA, Belarus, Sweden, Japan, China, Czech Republic, Czechoslovakia. And there are also varieties that are the result of the breeding work of scientists from the AES “Zarechnoye”: four varieties of sunflower (Zarechny, Sary, Rauan, Kosnur), three varieties of oil flax (Alтын, Kustanaysky 11, Kazar), one variety of spring rapeseed Gulсарy, soybeans are represented the farm has four varieties (Ivushka, Severnoye siyaniye, Daneliya, Svetlyachok). Breeding work with soybeans is carried out jointly with scientists from the Kazakh Research Institute of Agriculture and Crop Production. To conduct breeding work and further crossing the best parental forms, it selects varieties according to the following economically valuable traits: yield, oil content, weight of 1000 seeds. In addition, due to the short frost-free period in the Kostanay region, varieties that are able to ripen under these conditions are valuable (rapeseed 90-100 days, oil flax 75-80 days, sunflower 85-95 days, soybeans 90-100 days).

Keywords: soybean, rapeseed, sunflower, oilseed flax, yield, oil content, growing season, weight of 1000 seeds.

Введение

Во все времена растительные масла, самое популярное из которых подсолнечное, пользуются огромным спросом, а в последние годы стали популярными рапсовое, сафлоровое, льняное, соевое и другие масла. Растительные масла можно использовать как в пищу, так и в технических целях. Все семена масличных культур являются уникальными и содержат в своем составе витамины (Е, Д, А и др.) и омега-6 и -3 жирные кислоты, которые у людей в организме не вырабатываются. Семена рапса содержат гликозинолаты и эруковую кислоту [1,2]. Цель наших исследований состояла в определении продуктивности и масличности семян подсолнечника, ярового рапса, сои, льна масличного, которые находятся на изучении в ТОО «СХОС «Заречное».

Материал и методы исследования

Исследованы сорта подсолнечника, ярового рапса, льна масличного, сои отечественной и зарубежной селекции, проходящие испытания на опытных участках лаборатории селекции сельскохозяйственных культур СХОС «Заречное». Эти участки находятся во II природно-климатической зоне (засушливая степь) Костанайской области, а это означает, что почва местности - преимущественно южный малогумусный чернозем и до 10%

солонцов. В районе исследований по многолетним данным годовая норма осадков составляет 323 мм, 75,6 % от которых приходится на теплый период (апрель-октябрь). Большая часть осадков теплого периода выпадает во вторую половину лета, что связано с июльским максимумом. При закладке питомников льна масличного, рапса и сои нами для точности опыта используются общепринятые методические указатели и пособия [10, 11, 12]. Питомник подсолнечника его закладка, учеты и наблюдения проводились согласно методическим разработкам и указателям [13, 14, 15, 16]. При уборке и учете урожая рапса используется методика Госсортсети в фазу полной спелости семян. Урожайность данной культуры считается на стандартную влажность [17]. Фенологические наблюдения сои и других культур, описанных в нашей работе, проводятся в первой половине дня. Для сои используется классификация и буквенно-цифровое обозначение, предложенное Fehri Cavines [18]. Семенной материал, полученный в ходе исследований, подвергается лабораторному (определение масличности семян и др.) и структурному анализу.

Результаты и обсуждение

Костанайская область расположена на обширной территории Северного Казахстана в нескольких почвенно-климатических зонах, что дает возможность выращивать не только зерновые и но и самые различные виды масличных культур. В области функционируют маслозаводы, перерабатывающие отечественное сырье. Практика не стоит на месте, агропромышленные предприятия ежегодно вносят поправки и дополнения в возделывание и переработку масличных культур, стремясь максимально удовлетворить интересы потребителя.

Самыми распространенными масличными культурами в Северном Казахстане являются: лён масличный, подсолнечник, горчица, яровой рапс, сафлор и соя.

Климат в Костанайской области резко континентальный с холодной, малоснежной зимой и жарким, сухим летом (Рис. 1).

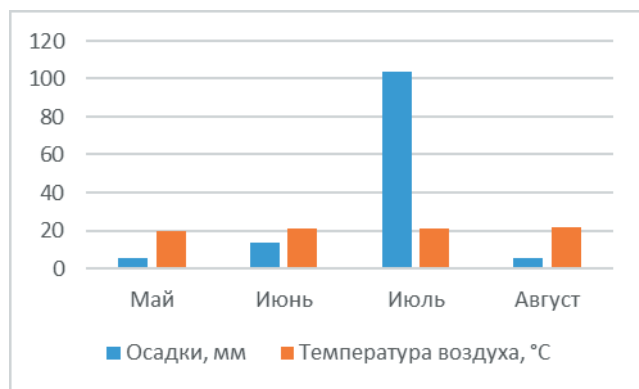


Рис. 1. Температура воздуха и осадки в 2021 г.

Погодные условия в основные месяцы формирования растений в 2021 году складывались следующим образом. В целом за вегетационный период выпало 142,2 мм осадков, осадки мая составили 5,5 мм при среднемноголетней норме 36 мм, а температура воздуха была 20,0°C, на 5°C больше среднемноголетней нормы. В июне выпало 13,7 мм, что было 2,5 раза меньше среднемноголетнего значения. Осадки июля (103,5 мм) превысили многолетнюю норму почти в 2 раза, а температура воздуха составила 21,3°C. Осадки в августе были на уровне мая 5,4 мм, а показатель температуры воздуха составил 22,0°C.

Среднесуточная температура воздуха в 2021 г. на протяжении всего периода (май-август) превышала среднемноголетнее значение.

Соя - относительно новая для региона культура, которая является одновременно и бобовой, и масличной. Ежегодно площади под посевами сои растут, что связано со спросом на рынке, так как из семян сои можно сделать практически все (лекарства, ЛКП, пищевая продукция). В Казахстане

Табл. 1

Характеристика выделившихся по хозяйственно ценным признакам сортов масличных культур, 2021 г.

Сорт	Вегетационный период, сут.	Урожайность, ц/га	Масса 1000 семян, г	Масличность %	Сорт	Вегетационный период, сут	Урожайность, ц/га	Масса 1000 семян, г	Масличность %
<i>Соя</i>					<i>Лён масличный</i>				
СНК 129	90	24,2	155,8	28,2	Agatha	85	14,3	5,0	40,0
Танаис	92	25,4	162,5	28,2	Осеян	85	12,2	6,3	41,1
Северная 5	93	23,0	126,7	27,5	Триумф	86	14,2	5,3	41,4
Касатка	94	26,1	142,6	33,2	Крокус	86	16,4	6,0	43,1
Ивушка	96	24,3	153,1	33,8	Истру	84	11,2	4,8	37,8
Kollekcyina	97	24,2	145,2	33,6	Казар	86	17,9	7,0	41,0
Малета	100	24,2	130,7	32,8	Алтын	86	18,5	7,0	42,2
СибНИИСХОЗ 6	102	32,1	144,4	32,1	Rinota	86	15,3	6,0	42,4
Магева	105	24,7	137,4	33,4					
<i>Яровой рапс</i>					<i>Подсолнечник масличный</i>				
Абилити	90	36,8	4,0	43,4	Жайна	90	18,1	74,0	49,2
Фрегат	91	36,7	4,0	45,1	Орешек	90	28,3	120,1	50,1
Хантер	92	36,0	3,9	46,6	Коснур	85	29,9	70,4	50,0
Гульсары	93	35,9	4,0	45,3	Лакомка	110	29,7	120,3	48,3
Эрлиберт	94	39,0	4,1	44,0	Иртыш	92	28,1	76,7	56,0
Герос	94	36,4	4,1	45,4					
Юбилейный	95	35,0	3,8	44,0					
Антарес	97	36,3	4,0	42,2					
Старт	100	38,4	4,1	43,6					

посевные площади сои с 2019 г. возросли с 138,9 до 200 тыс. га. В Костанайской области соя возделывается ограниченно на малых площадях всего в нескольких хозяйствах. Причина тому – отсутствие современных продуктивных сортов, способных вызревать в наших условиях (короткий безморозный период). В ТОО «СХОС «Заречное» (ранее Костанайский НИИСХ) работа с соей проводилась в начале 1990-х годов. Испытывались в основном образцы ВИР на орошении, которые в большинстве не вызревали. В отчетном году также были выделены сортообразцы, способные вызревать в наших условиях. Работа с ними будет продолжена (Табл. 1).

Как самые скороспелые образцы с периодом вегетации 79-85 суток выделены: Соер 5, Касатка, Смена, Соер 3491, Малета, Зерница, Сибирячка, Алтом, СибНИИСХОЗ 6, 308/1, Русия, Светлячок, Северная 5, Светлая, Свапа, Гармония, Дина. Образцы Зара, Роза, Мисула, Алматы, Жалпаксай вообще не вызрели.

Самой высокой продуктивностью характеризовался сорт СибНИИСХОЗ 6-32,1 ц/га. По маслячности выделены сорта Касатка, Ивушка, Kolleksyina, Магева – 33,2-33,8%.

Рапс — это высокопродуктивная кормовая культура, его зеленая масса богата протеином, минеральными веществами и витаминами. Является одним из основных источников растительных масел во всем мире, кроме того, из его масла изготавливают майонез и маргарин. Цветки данной культуры содержат большое количество нектара, поэтому растение очень ценное как медонос.

Все образцы, представленные в табл. 1, отличались высокой урожайностью (35,0-39,0 ц/га), что для засушливых условий 2021 года считается отличным показателем.

В питомнике льна масляного в 2021 году были высеяны 36 сортообразцов. Все они являются частью мировой коллекции и получены селекцией в России, Канаде, Украине и т.д. Отечественная селекция представлена 6 сортами: Кустанайский-5, Казар, Костанайский-11, Ильич, Славячил, Алтын. За стандарт был взят районированный сорт Казар. По урожайности в условиях 2021 г. выделился сорт Алтын – 18,0 ц/га. По содержанию масла в семенах - Крокус-43,1%, Алтын и Rinota (42,2-42,4%).

Подсолнечник – одна из лидирующих масличных культур в Казахстане. В 2022 году площадь посева подсолнечника по Костанайской области составила 133000 га. В реестре селекционных достижений находится 26 сортов подсолнечника масляного, допущенных к возделыванию в Костанайской области. В лаборатории селекции сельскохозяйственных культур ТОО СХОС «Заречное» созданы и допущены к использованию сорта подсолнечника Заречный, Рауан, Сары, Коснур. По продуктивности выделены сорта подсолнечника Орешек, Коснур, Лакомка, Иртыш – урожайность варьировала в пределах 28,3-29,9 ц/га. По маслячности выделены сорта Коснур, Кустанайский, Кратнодаский, Сибирский 97, Заречный, Иртыш – 50-56%.

Выводы

Потенциал производства масличных культур можно увеличить путем повышения посевных площадей и продуктивности посевов. Природно-климатические условия Костанайской области позволяют увеличить потенциал производства масличных культур и за счет расширения их разнообразия (горчица, сафлор, сурепка, рыжик). В заключении нужно отметить, что расширение биологического разнообразия позволит существенно увеличить площади возделывания, а также объемы производства масличных культур.

Литература

1. Растительные масла жирные. Большая российская энциклопедия. Том 28. М.: 2015. С. 250-1.
2. Ипатова ЛГ, Кочеткова АА, Нечаев АП, Тутельян ВА. жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд. М.: ДеЛи Принт; 2009.
3. Доспехов БА. Методика полевого опыта. М.: Колос; 1985.
4. Лукомец ВМ Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК; 2007.
5. Лукомец ВМ. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК; 2010.
6. Методические указания Всесоюзного НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова по изучению масличных культур. Выпуск 2. 1976.
7. Методические указания Всесоюзного НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова по изучению масличных культур. Выпуск 3. 1976.
8. Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. 1985.
9. Литун ЛП и др. Методические рекомендации по изучению сортовой агротехники подсолнечника в селекционных центрах. Краснодар: ВНИИМК; 1954. .
10. Методика ГСИ сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. 1985.
11. Fehr WR, Caviness CE, Burmood OT, Pennington JS. Stage of development descriptions for soybeans *Glycine max* (L.) Merril. *Crop Sci.* 1971;11:929-31.

References

1. Anonymous. [Plant derived fatty oils]. *Bolshaya Rossiyskaya Entsiklopediya.* 2015;28:250-1. (In Russ.)
2. Ipatova LG, Kochetkova AA, Nechayev AP, Tutelian VA. *Zhirovyye Produkty dlya Zdorovogo Pitaniya. Sovremennyy Vzglyad.* Moscow: DeLi Print: 2009. (In Russ.)
3. Dospikhov BA. *Metodika Polevogo Opyta.* Moscow: Kolos; 1985. (In Russ.)
4. Lukomec VM. *Metodika Provedeniya Polevykh Agrotexnicheskikh Opytov s Maslichnymi Kulturami.* Krasnodar: VNIIMK; 2007. (In Russ.)
5. Lukomec VM. *Metodika Provedeniya Polevykh Agrotexnicheskikh Opytov s Maslichnymi Kulturami.* Krasnodar: VNIIMK; 2010. (In Russ.)
6. Anonymous. *Metodicheskiye Ukazaniya Vsesoyuznogo NII Rastenievodstva im. N.I. Vavilova po Izucheniyu Maslichnykh Kultur.* Vypusk 2. 1976. (In Russ.)
7. Anonymous. *Metodicheskiye Ukazaniya Vsesoyuznogo NII Rastenievodstva im. N.I. Vavilova po Izucheniyu Maslichnykh Kultur.* Vypusk 3. 1976. (In Russ.)
8. Anonymous. *Metodiki Gosudarstvennogo Sortoispytaniya Selskokhoziaystvennykh Kultur.* Vypusk 1.1985. (In Russ.)
9. Litun LP et al. *Metodicheskiye Rekomendatsii po Izucheniyu Sortovoy Agrotekhniki Podsolnechnika v Selektionnykh Tsentrah.* Krasnodar: VNIIMK; 1954. (In Russ.)
10. Anonymous. *Metodika GSI Selskokhoziaystvennykh Kultur.* Vypusk 1. 1985. (In Russ.)
11. Fehr WR, Caviness CE, Burmood OT, Pennington JS. Stage of development descriptions for soybeans *Glycine max* (L.) Merril. *Crop Sci.* 1971;11:929-31.

Работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования МСХ РК по бюджетной программе 267, «Изучение, обеспечение хранения, пополнения, воспроизводства и эффективного использования генетических ресурсов сельскохозяйственных растений для обеспечения селекционного процесса».

«»

МОНИТОРИНГ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА СОВРЕМЕННОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА*

Д.А. Иванов

Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Москва, Россия

Эл. почта: volok234@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 02.11.2022; принята к печати 21.11.2022

Представлены результаты мониторинга высоты сеяных трав в пределах агроландшафта в 2019–2021 годах на агроэкологическом полигоне, расположенном в пределах конечно-моренного холма. Целью работы являлось изучение влияния особенностей различных ландшафтных структур (склонов разной экспозиции, ландшафтных выделов в их пределах и пестроты почвенного покрова) на высоту растений. Исследования проводились на агроэкологической трансекте – поле, пересекающем основные ландшафтные позиции моренного холма, в 120 точках опробования, расположенных в 10 м друг от друга. Высота клевера лугового и тимофеевки луговой определялась 9 раз за время развития многолетнего травостоя с 1 по 3 год его жизни. Из результатов статистической обработки данных следует, что максимальное влияние на пространственную вариабельность высоты растений оказывает экспозиция склонов. Доказано значимое влияние ландшафтных факторов на временную динамику высоты только тимофеевки, тогда как особенности роста клевера не зависят от параметров рельефа и почв. На основе полученных результатов можно разработать систему адаптивного размещения травостоев в агроландшафте, позволяющую управлять количеством и качеством кормов.

Ключевые слова: многолетние травы, мониторинг, агроландшафт, статистический анализ.

MONITORING AS A SCIENTIFIC BASIS FOR MODERN FODDER PRODUCTION

D.A. Ivanov

Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute

Email: volok234@yandex.ru

Sown grasses stand height was monitored in an agricultural landscape in 2019–2021. The agroecological test plot was located within a terminal moraine hill. The aim of monitoring was to study the influence of the characteristic features of various landscape structures (differentially exposed slopes, landscape sections within them, and soil cover variegation) on plant height. The studies were carried out across an agroecological transect (a field crossing the main landscape positions of a moraine hill) at 120 sample points located 10 m apart. The height of red clover and timothy grass was determined nine times during the development of the perennial herbage over 1 to 3 years of its life. The statistical treatment of data revealed that the maximum effect on the spatial variability of plant height is produced by slope exposure. A significant influence of landscape factors has been proved only for the temporal dynamics of timothy grass height, whereas the features of clover growth do not depend on relief and soils parameters. Based on the results obtained, it is possible to develop a system of adaptive placement of grass stands in an agricultural landscape making it possible to manage the quantity and quality of fodder.

Keywords: perennial grasses, monitoring, agricultural landscape, statistical analysis.

* Полный текст статьи опубликован в журнале *Биосфера* (2022;14(3):151-5). DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.688

«»

КЛЕТЧНАЯ СЕЛЕКЦИЯ БАТАТА *IPOMOEA BATATAS* (L.) НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Е.А. Калашникова^{1*}, Р.Н. Киракосян¹, А.В. Сумин¹, Х.Г. Абубакаров¹, С.К. Темирбекова²

¹Московская сельскохозяйственная академия им. К.А.Тимирязева (Москва) и ²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская область, Россия

*Эл. почта: kalash0407@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В последнее время растет интерес к батату или сладкому картофелю (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Этот интерес связан прежде всего с тем, что батат является источником инулина, который является пребиотиком и входит в состав многих диетических продуктов питания, в том числе для больных диабетом. Однако выращивание батата в разных регионах РФ проблематично, так как зеленая биомасса растений перестает развиваться при температуре 10°C. Поэтому необходимо создавать новые сорта и гибриды батата, устойчивые к низким положительным температурам. Достичь это можно методами биотехнологии, в частности, клеточной селекции растений, предусматривающей культивирование каллусной ткани при низкой температуре. Объектом исследования служили клубнеплоды батата сорта Джewel (Jewel). Клеточную селекцию проводили на каллусной ткани, полученной из листовых пластинок асептических растений батата, которую культивировали в условиях термостата при температуре 14°C в течение 30 суток. В качестве адаптогена в состав питательной среды добавляли препарат Мивал в концентрации 150 мг/л. Из устойчивых клеточных культур получены растения-регенеранты.

Ключевые слова: батат, регуляторы роста, каллусная ткань, клеточная селекция, *in vitro*.

CELL SELECTION OF SWEET POTATO *IPOMOEA BATATAS* (L.) FOR RESISTANCE TO LOW POSITIVE TEMPERATURES

Ye.A. Kalashnikova^{1*}, R.N. Kirakosian¹, A.V. Sumin¹, Kh.G. Abubakarov¹, S.K. Temirbekova²

K.A. Timiriazev Moscow Agricultural Academy (Moscow) and All-Russia Research Institute of Phytopathology (Moscow Region), Russia

*Email: kalash0407@mail.ru

Currently interest is increasing to the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) much because this plant is rich in inulin, which is used in many medicinal foods, including those for diabetes patients. However, cultivating sweet potato in Russia is problematic because the plant does not grow at temperatures below 10°C. Therefore, it is expedient to develop novel sweet-potato varieties and hybrids featuring resistance to low positive temperatures. This may be achieved using *in vitro* selection of plant cells, in particular callus tissue, for resistance to low temperatures. We obtained callus tissue from the leaf plates of the Jewel variety of sweet potato grown under aseptic conditions. The tissue was cultivated at 14°C for 30 days in a medium supplemented with the adaptation enhancing preparation Mival at 150 mg/L. The survived cultures were used to regenerate sweet potato plants.

Keywords: sweet potato, growth regulator, callus tissue, *in vitro* cell selection

Введение

Сегодня много внимания уделяется производству продуктов питания диетического и функционального назначения, в состав которых входят, например, пищевые волокна, антиоксиданты, пребиотики и др. Одним из эффективных пребиотиков является инулин, который содержится в таких растениях как цикорий (*Cichorium intybus* L.), топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.), девясил (*Inula helenium* L.) и других [1, 2, 3].

Перспективной культурой в этом отношении является батат (*Ipomoea batatas* L.). Однако возделывание данной культуры в Российской Федерации

ограничено, так как культура требовательна к теплу. Для расширения ареала возделывания батата на территории РФ необходимо создавать сорта и гибриды, обладающие устойчивостью к гипотермическому стрессу. Решить данную проблему можно применением методов биотехнологии, в частности клеточной селекции *in vitro*. Метод предусматривает культивирование дедифференцированных клеток (каллусной и суспензионной культуры) в стрессовых условиях и отбирать устойчивые клетки, из которых в дальнейшем, в силу тотипотентности соматических клеток, можно регенерировать целые растения. Однако для батата такие технологии не разработаны [4].

Цель данной работы – разработка технологии получения клеточных культур батата, устойчивых к низким положительным температурам.

Материалы и методы

Объектом исследования были клубнеплоды батата сорта Джевел (Jewel). Сорт выведен селекционерами университета Северной Каролины и привезен в Россию из США. Кожура имеет оранжевый цвет, мякоть – интенсивно-оранжевая, вкус – сладкий, консистенция – влажная. Сорт среднеранний.

Каллусную ткань получали из сегментов листовых пластинок, которые изолировали из асептических растений батата и культивировали на питательной среде по прописи Мурасига и Скуга (МС) [5] с добавлением ауксина НУК (1 мг/л) в сочетании с БАП (0,5 мг/л). Каллусную ткань пассировали на свежую питательную среду один раз в месяц. Культивирование каллусной ткани проводили в чашках Петри в условиях световой комнаты, где поддерживалась температура 22...24°C., фотопериод 16 ч, освещение белыми люминесцентными лампами (марка «OSRAM AG 36/25» с интенсивностью 3 тыс. люкс и плотностью потока фотонов (ППФ) 150...180 мкмоль/м²-сек.

Селекцию *in vitro* проводили на каллусной ткани, которую культивировали на среде МС с указанными модификациями и препаратом Мивал в концентрации 150 мг/л. Культивировали каллусную ткань в термостате при температуре +12°C в течение 15 суток. Для получения растений-регенерантов из устойчивых клеточных культур применяли питательную среду МС, содержащую 3 мг/л БАП и 0,5 мг/л ИУК. Все исследования *in vitro* проводили в соответствии с методическими рекомендациями [6].

Исследования проводили в двух аналитических и двадцати биологических повторностях. Статистическую обработку результатов проводили в программах MS Excel и AGROS (версия 2.11, Россия).

Результаты.

На первом этапе клеточной селекции необходимо получить хорошо пролиферирующую каллусную ткань. Каллусная ткань была получена из листовых сегментов асептических растений батата на питательной среде, которая была определена нами ранее экспериментальным путем. Установлено, что образованию каллусной ткани начиналось в местах среза и поранений листовых эксплантатов. Как правило, первичная каллусная ткань начинала образовываться на 12-15 сутки с начала культивирования. Она формировалась из мезофилла листовой пластинки, располагающейся между центральной и боковых жилок, имела светло-желтый цвет и характеризовалась средней плотностью.

Для проведения исследований по клеточной селекции, необходимо иметь достаточно большое количество каллусной ткани. Для этого каллусную ткань размножали в течение 3 пассажей на ранее применяемой питательной среде. Полученные клеточные культуры в дальнейшем использовали в селекции *in vitro*.

В качестве адаптогена в состав питательной среды добавляли препарат Мивал в концентрации 150 мг/л. Одним из основных компонентов препарата является кремний, который выступает в роли активатора физиологических процессов в клетке, облегчает выброс шлаков и ускоряет процессы метаболизма [7]. Кроме того, кремний способствует образованию соединений, которые связывают свободную воду и превращают ее в своего рода гель и тем самым повышают водоудерживающую способность клетки и растения в целом. Основные результаты приведены в табл. 1.

Табл. 1.

Морфометрические характеристики каллусной ткани батата, культивируемой в условиях гипотермического стресса (14°C).

Вариант	Жизнеспособность каллусной ткани, %	Цвет каллусной ткани	Индекс роста (I)	Удельная скорость роста (μ)
<i>Условия выращивания 14^oC</i>				
Контроль	3,5±4,2	Коричневый	0	0
Препарат Мивал	68,5± 2,0	Светло-желтый	1,61	0,02
<i>Условия выращивания 23^oC</i>				
Контроль	97,2÷ 100	Светло-желтый	2,24	0,04
Препарат Мивал	100	Светло-желтый	2,61	0,05

Установлено, что препарат Мивал повышает жизнеспособность каллусной культуры в условиях гипотермического стресса (14°C) примерно в 19,6 раза. В стандартных условиях выращивания (23°C) действие препарата не столь выражено.

В дальнейшем из каллусных культур, прошедших гипотермический стресс, были получены 43 растения-регенеранта, которые различались по морфологическим признакам между собой. Были выделены растения со слабым ростом, мелкими листьями, но с хорошо развитой корневой системой. Такие растения были перенесены в почвенный субстрат для адаптации к условиям *ex vitro*.

В результате проведенных исследований нами разработан и запатентован способ получения растений батата, устойчивых к низким положительным температурам.

Работа выполнена в рамках Тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2022 году.

Литература/References

- Shoab M. et al. Inulin: properties, health benefits and food applications. Carbohydr Polym. 2016;147:444-54.
- Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose. Brit J Nutr. 2002;87:287-91.
- Alam MK. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam): revisiting the associated health benefits. Trends Food Sci Technol. 2021;115:512-29.
- Калашникова ЕА, Черденченко МЮ, Киракосян РН. Основы биотехнологии. М.: КноРус; 2022. [Kalashnikova YeA, Cheredenko MYu. Osnovy Biotekhnologii. Moscow: KnoRus; 2022. (In Russ.)]
- Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant. 1962;15:473-97.
- Калашникова ЕА. и др. Лабораторный практикум по биотехнологии растений. М.: РУСАИ/НС; 2019. [Kalashnikova YeA et al. Laboratornyi Praktikum po Biotekhnologii Rasteniy. Moscow: RuSayns; 2019. (In Russ.)]
- Pontis HG. Fructans and cold stress. J Plant Physiol. 1989;134:148-50

МЕТОДОЛОГИЯ БИОГЕОСИСТЕМОТЕХНИКИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЧВЫ (ОБЗОР)*

В.П. Калининко^{1,2}, А.П. Глинушкин², А.В. Свидзинский³, Т.М. Минкина⁴, Н.И. Будынков²,
О.Д. Филипчук², А.А. Околелова⁵, Д.А. Макаренко⁶

¹Институт плодородия почв юга России, Персиановка, Ростовская область, Россия; ²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы, Московская область, Россия; ³Берлинский медицинский университет Чарите, Берлин, Германия; ⁴Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия; ⁵Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия; ⁶Институт химических реактивов и особо чистых химических веществ Национального исследовательского центра «Курчатовский Институт», Москва, Россия

Эл. почта: kalinitch@mail.ru

Статья поступила в редакцию 07.09.2022; принята к печати 14.11.2022

Устаревший принцип имитации природных явлений в современном природопользовании обуславливает конфликт «биосфера – технология», ухудшающий условия ведения аграрного производства. Предложено научно-технологическое направление «биосистемотехника» как система не повторяющих закономерности природы напрямую (не имеющих прямых аналогий в природе) технических решений и технологий агрономии и защиты окружающей среды. Разработан и апробирован в длительных стационарных экспериментах принцип мелиорации почвы агроценозов посредством фрезерной обработки иллювиального горизонта 20–45 см. Однократная внутрпочвенная фрезерная обработка улучшает физико-химические, технологические и агробиологические параметры почвы, обеспечивает комфортный субстрат мелких и средних искусственных агрегатов почвы для геобионтов и растений. Разработан принципиально новый привод внутрпочвенного фрезерного рабочего органа, который обеспечивает снижение тягового сопротивления в 5–10 раз, повышение энергетической эффективности в два раза. В стандартной ирригации расход воды в 4–15 раз превышает потребность культивируемых растений и обуславливает деградацию гидрологического режима почвы и ландшафта. Предложена внутрпочвенная импульсная континуально-дискретная парадигма увлажнения. Питание растений происходит относительно концентрированным почвенным раствором, а устьичный аппарат растения функционирует в режиме регулирования. Улучшаются условия питания растений, повышается продуктивность, расход воды сокращается в 5–20 раз. Биосистемотехника обеспечит приоритетное действие полимикробных сообществ и биопленок и улучшит функционирование гуминовых веществ и круговорот органического вещества почвы. Безопасный для экосферы дисперсный рециклинг минеральных и органических отходов, включая продукт газификации, предложено проводить одновременно с внутрпочвенным фрезерованием слоя 20–45 (30–60) см, что оптимизирует круговорот питательных элементов. Для защиты растений от фитопатогенов разработана внутрпочвенная импульсная дискретная система внесения биопрепаратов и пестицидов. Биосистемотехника – это управляемая коэволюция биосферы и техносферы, ослабляющая фитопатогенную нагрузку на агроценоз и способствующая обеспечению продовольственной безопасности РФ.

Ключевые слова: биосистемотехника, внутрпочвенное фрезерование, внутрпочвенное импульсное континуально-дискретное увлажнение, внутрпочвенный рециклинг отходов, внутрпочвенная импульсная дискретная система внесения биопрепаратов и пестицидов.

BIOGEOSYSTEMIC METHODOLOGY FOR SOIL HEALTH AND PRODUCTIVITY: A REVIEW

V.P. Kalinichenko^{1,2}, A.P. Glinushkin², A.V. Svidzinsky³, T.M. Minkina⁴, N.I. Budynkov², O.D. Filipchuk², A.A. Okolelova⁵, D.A. Makarenko⁶

¹Institute of Fertility of Soils of South Russia, Persianovka, Russia; ²All-Russian Phytopathology Research Institute, Bolshiy Viazemy, Russia; ³Humboldt University Charite Hospital, Berlin, Germany; ⁴Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia; ⁵Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia; ⁶Institute of Chemical Reagents and High Purity Chemical Substances of the National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

Email: kalinitch@mail.ru

The outdated principle of imitation of natural phenomena in modern nature management causes the conflict “biosphere vs. technology”, which worsens conditions for agricultural production. A scientific and technological approach “Biogeosystem Technique” is developed as a system of technical solutions and technologies for agronomy and environmental management that do not reproduce the laws of nature directly (have no direct analogies in nature). In particular, the principle of soil reclamation by milling a 20- to 45-cm illuvial horizon has been developed and tested in long-term field experiments. A new drive for the subsoil milling that has been developed provides for a 5- to 10-fold reduction in traction resistance and a two-fold increase in energy efficiency. With standard irrigation, water consumption is 4–15 times higher than the cultivated plants’ requirements for water. This disproportion causes degradation of soil hydrological regime and landscape. An intrasoil pulse continuous-discrete moistening paradigm is proposed. Nutrition for plants is provided using a relatively concentrated soil solution, and the stomatal apparatus of a plant functions in a regulation mode. This improves plant nutrition, increases plant productivity, and reduces water consumption 5–20 times. The Biogeosystem Technique approach will ensure the priority of the effects of polymicrobial communities and biofilms and improve the function of humic substances and soil organic matter. A dispersed recycling of mineral and organic wastes, including gasification product, during intrasoil milling of a layer of 20–45 (30–60) cm, which is safe for the ecosphere, is developed to optimize the circulation of nutrients. To protect plants from phytopathogens, an intrasoil pulsed continuous-discrete system for application of biological products and pesticides is developed. Biogeosystem Technique provides for a controlled co-evolution of the biosphere and the technosphere, thus reducing the phytopathogenic burden of an agroecosystem and helping to ensure the food security of the Russian Federation.

Keywords: Biogeosystem Technique, intrasoil milling, intrasoil pulsed continuous-discrete moistening, intrasoil waste recycling, intrasoil pulsed discrete system for biological preparations and pesticides applying.

* Полный текст статьи опубликован в журнале Биосфера (2022;14(3):175-192). DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.694

«»

BACILLUS CEREUS УСИЛИВАЕТ ПРОЦЕСС БИОСИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ПЛОДАХ ТОМАТОВ

И.В. Князева¹, О.В. Вершинина¹, А.В. Титенков¹, Е.А. Джос²

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Москва) и
²Федеральный научный центр овощеводства (Московская область), Россия

Эл. почта: knyazeva.inna@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Цель исследования – изучение влияния бактерий *Bacillus cereus* на развитие и накопление биологически активных веществ в растениях томатов, выращенных при светодиодном и натриевом освещении. Растения сорта ‘Восход ВНИИССОКА’ выращивались гидропонным способом по малообъемной технологии с капельным поливом в климатической камере производства ВИМ (Россия). При применении *B. cereus* происходит увеличение накопления фотосинтетических пигментов в биомассе томатов при сравнении с отсутствием бактерий. В листьях томатов, выращенных под Na- (контрольным) и LED-освещением с применением *B. cereus*, среднее содержание суммы хлорофиллов (a+b) в 1,5 выше, чем без *B. cereus*. Под действием *B. cereus* достоверно увеличивается индекс Brix при выращивании томатов как при Na- так и при LED- освещении. Максимальный индекс Brix был отмечен у плодов томатов полученных при LED-освещении с введением суспензии *B. cereus* – 2,9%. Бактериальная культура *B. cereus* способствует усилению биосинтеза органических кислот в плодах томатов изученного сорта. Достоверное увеличение концентрации щавелевой и янтарной кислот наблюдали при Na-освещении и янтарной, яблочной и лимонной кислот - при LED-освещении.

Ключевые слова: томаты, микроорганизмы, гидропоника, освещение, пигменты, органические кислоты.

BACILLUS CEREUS ENHANCES THE BIOSYNTHESIS OF ORGANIC ACIDS IN TOMATO FRUITS

I.V. Kniazeva¹, O.V. Vershinina¹, A.V. Titenkov¹, Ye.A. Dzhos²

¹Federal Agroengineering Resesarch Center VIM (Moscow) and ²Federal Research Center of Vegetable Growing (Moskovskaya Oblast), Russia

E-mail: Knyazeva.inna@yandex.ru

The purpose of the study was to evaluate the effect of *Bacillus cereus* bacteria on the development and accumulation of biologically active substances in tomato plants grown under LED and sodium illumination. Plants of the ‘Voskhod VNISSOKA’ variety were grown hydroponically using low-volume technology with drip irrigation in a climatic chamber manufactured by VIM (Russia). With *B. cereus*, there was an increase in the accumulation of photosynthetic pigments in tomato biomass compared to that without the bacteria. In the leaves of tomatoes grown under Na (control) or LED illumination with *B. cereus*, the average content of the total chlorophylls (a + b) was 1.5 times higher than that *B. cereus*. Under the influence of *B. cereus*, there was a significant increase in the Brix index when tomatoes were grown under both Na and LED illumination. The maximum Brix index was observed in tomato fruits obtained under LED illumination and treated with a 2.9% *B. cereus*. *B. cereus* culture contributes to the enhancement of the biosynthesis of organic acids in tomato fruits. Significant increases in the concentrations of oxalic and succinic acids was observed under Na illumination, and of succinic, malic and citric acids under LED illumination.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., microorganisms, hydroponics, illuminatios, organic acids.

В устойчивых системах земледелия биоудобрения являются альтернативой химическим удобрениям для повышения роста растений, урожайности и качества [1]. Микроорганизмы также имеют важное значение для содействия циркуляции питательных веществ в растениях, снижая высокий спрос на химические удобрения [2].

Ризосферными PGPR-бактерии (Plant Growth Promoting Rhizo bacteria), способствуют растений, улучшая развитие и качество растений посредством широкого спектра процессов, таких как солиubilization фосфатов, биологическая фиксация азота, производство сидерофоров, фитогормонов, индукция системной резистентности и стимулирование симбиоза растений и микроорганизмов [3, 4].

Большое число исследований показало, что эндофиты могут оказывать положительное влияние на рост и развитие растений. Одним из биологических методов является применение бактерий, стимулирующих рост растений, для уменьшения вредного воздействия стрессовых факторов [5]. При солевом стрессе *B. cereus* значительно увеличивали длину, количество боковых корней и содержание биологически активных соединений в проростках *Glycyrrhiza uralensis* [6].

Присутствие *B. cereus* значительно увеличивало метрические показатели проростков семян огурца: при концентрации кобальта 0,01 г/га – на 25% (надземная часть) и на 14% (подземная часть); при концентрации наночастиц кобальта 0,10 г/га – на 17% (подземная часть) и на 20% (надземная часть) [7]. Применение раствора PGPR повышает урожайность томатов и увеличивает доступность минеральных питательных веществ за счет улучшения роста корней [8].

Мы предположили, что *B. cereus* может стимулировать рост растений и увеличивать содержание органических кислот (щавелевой, янтарной, яблочной и лимонной кислот) в плодах томатов при разном освещении.

Цель исследований – изучение влияния бактерий *Bacillus cereus* на развитие и накопление биологически активных веществ в растениях томатов, выращенных при светодиодном или натриевом освещении.

Объектом исследований являлись растения *Solanum lycopersicum* (томаты) сорт ‘Восход ВНИИССОКА’ – среднеранний сорт томата российской селекции. Работа над получением сортом проведена в 2012-2015 годах в лаборатории селекции и семеноводства пасленовых культур ВНИИССОК. Сорт получен скрещиванием географически отдаленных родительских форм с последующим отбором. В качестве материнской линии использована линия среднепозднего урожайного сорта ‘Барон’ (плотные и лежкие плоды, относительно устойчив к фитофторозу), в качестве отцовской – линия раннеспелого компактного сорта ‘Арго’ (устойчивая к фитофторозу и растрескиваемости плодов) [9].

Ценность сорта: детерминантный. Куст полштамбовый, высотой 50-60 см, облиственность средняя, не требует подвязки. Листья короткие, зеленые. Соцветие простое. Плоды округлой формы, средней плотности, гладкие, массой 90-105 г. Содержание сухого вещества в плодах 5,5-6,0%; общий сахар 2,8%; аскорбиновая кислота 22,9%; общая кислотность 0,43%. От массовых всходов до созревания проходит 100-105 суток. Назначение: салатное, консервное и засолочное [10].

Биоудобрение на основе бактерий *B. cereus* применяли экзогенно один раз за вегетационный период томатов на ранних стадиях развития растений (формирования 3-4-х листьев). В прикорневую часть растений томатов вводили суспензию *Bacillus* в концентрации 10³ КОЕ. Контролем служили растения без добавления бактериальной культуры. Эксперимент включал 4 варианта, в каждом варианте по 8 растений:

Тип излучения	Применение бактерий <i>Bacillus</i> sp.
Натриевое (далее Na)	контроль (без введения бактериальной суспензии)
	бактерии (введение бактериальной суспензии)
Светодиодное (далее LED)	контроль (без введения бактериальной суспензии)
	бактерии (введение бактериальной суспензии)

Растения томатов выращивались гидропонным способом по малообъемной технологии с капельным поливом в климатической камере производства ВИМ (Россия).

При проведении эксперимента в камере выдерживались следующие условия: температурный режим днем поддерживали в пределах 22-24 °С, ночью – 14-16 °С при 16-часовом световом дне и относительной влажности воздуха 60-65 %.

Растения томатов выращивались в двух климатических камерах под разным освещением. Для проведения исследований использовали светодиодное освещение представленное на рис.1, с освещенностью на уровне растений, равной 13900 люкс, и суммарной ФАР –278,5 ммоль/м²с со спектром blue (47,9 ммоль/м²с), green (62,7 ммоль/м²с), red (119,6 ммоль/м²с), и far red (48,3 ммоль/м²с), в пропорции B:G:R:FR ~ 17:23:43:17.

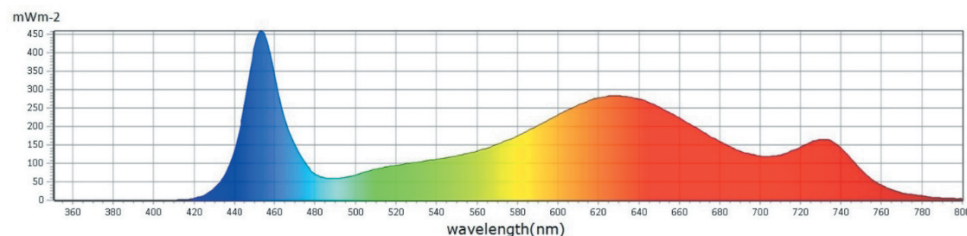


Рис. 1. Спектральный состав освещения в климатической камере при выращивании растений томатов.

В качестве контрольного источника освещения использовали две натриевые трубчатые лампы (ДНАТ-600, цвет – желтый), одна металлогалогенная лампа (ДРИ-600/4К, цвет – белый). Освещенность на уровне растений составила 13900 люкс, ФАР – 270 ммоль/м²с.

Измерения плотности потока фотонов и спектрального состава излучения проводили с помощью прибора MK350D Compact Spectrometer (UPRtek Corp. Miaoli County, Taiwan).

Содержание основных пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов) в листьях томатов определяли на спектрофотометре Спекс ССП-705М (Россия). Концентрацию пигментов рассчитывали для 100% ацетона по уравнению Хольма-Веттштейна [11, 12].

Содержание органических кислот в плодах томатов проводили методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-205» (Россия).

Определение индекса Brix (Брикс) в плодах томатов проводили на рефрактометре Atago Pal-1 (Japan).

Определение высоты растений томатов проводили через 38 суток после всходов, в фазе появления 4-6 настоящих листьев, в фазе цветения, массового налива и созревания плодов (рис. 2).

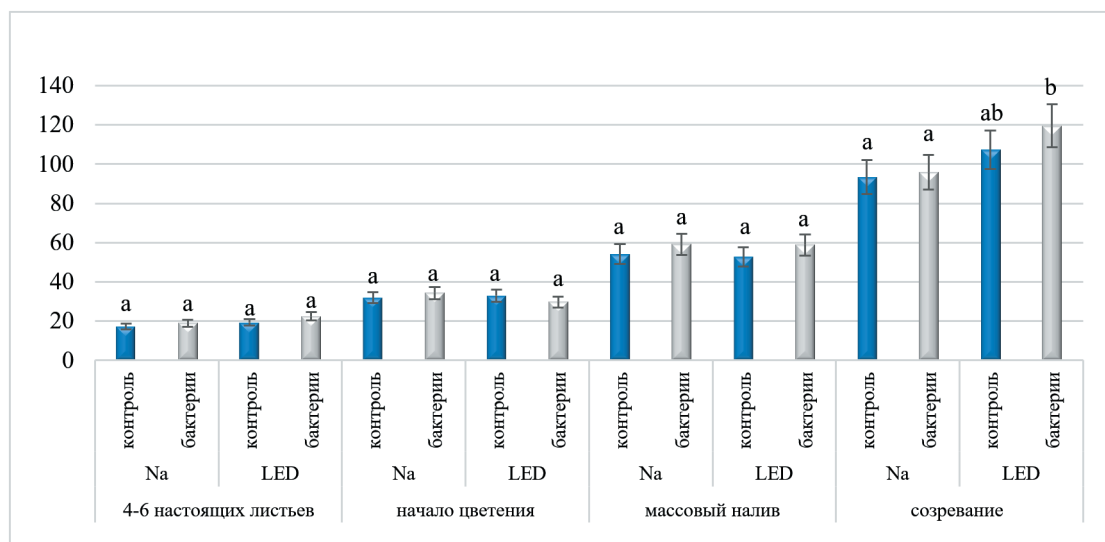


Рис. 2. Высота растений томатов сорта 'Восход ВНИИССОКА', выращенного в условиях закрытой агроэкологии, см.

В селекционных программах высота растений томатов входит в число основных морфометрических признаков с высокой наследуемостью и относительно слабой вариабельностью. В ходе морфометрического изучения высоты растений томатов в зависимости от факторов влияния освещения и бактерий достоверно значимые различия не наблюдались по фазам роста и развития растений, за исключением фазы созревания плодов.

Существенное увеличение высоты растений проявилось под действием бактерий *B. cereus* при разном типе освещения. При этом максимальная высота растений при Na-освещении составила 95,8 см, а при LED-освещении – 119,5 см.

Способность листьев синтезировать хлорофилл, также как и устойчивость пигмента, тесно связаны с общим физиологическим состоянием растений. Весьма важное значение для синтеза хлорофилла из протохлорофилла имеет качество освещения. Определяя содержание основных фотосинтетических пигментов в листовой биомассе томатов, мы установили зависимость накопления пигментов от разного типа освещения (табл. 1). Так, при Na-освещении (контроль) содержание пигментов ассимиляционного аппарата было незначительно ниже, чем при LED-освещении. Более заметно это проявилось в накоплении каротиноидов (1,07 мг/г при Na- и 1,35 мг/г при LED-освещении).

Табл. 1.

Содержание основных фотосинтетических пигментов в растениях томата сорта 'Восход ВНИИССОКА' в условиях закрытой агроэкологии, мг/г (сырой массы)

Тип освещения	Обработка	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Хлорофилл (<i>a+b</i>)	Каротиноиды
Na	контроль	3,20±0,2	0,98±0,2	4,18±0,3	1,07±0,2
	бактерии	4,76±0,3	1,55±0,3	6,31±0,4	1,58±0,3
LED	контроль	3,37±0,3	1,08±0,2	4,45±0,4	1,35±0,3
	бактерии	4,99±0,4	1,76±0,3	6,75±0,5	1,55±0,3

Показательны в этом же отношении значения, характеризующие зависимость накопления пигментов от действия бактерий *B. cereus*. при разных источниках освещения.

Применение *B. cereus* способствовало увеличению концентрации хлорофиллов и каротиноидов при сравнении с контролем. Как видно из таблицы, в листьях томатов, выращенных под Na- (контрольным) и LED-освещением с применением *Bacillus* sp., средний показатель содержания суммы хлорофиллов (*a+b*) составило 6,31 мг/г и 6,75 мг/г соответственно, что в 1,5 превышает контрольный вариант.

Изучение накопления сухого вещества в плодах томатов показало, что действие бактерий не проявилось и оно было на одном уровне по отношению к контрольному варианту. Однако, выявлено влияние типа освещения на аккумуляцию сухого вещества: при Led освещении его доля в среднем была выше на 0,9% по сравнению с Na освещением, что обуславливается более высокой пищевой ценностью плодов рис.3.

Содержание сухих веществ в плодах, выращенных при Na-освещении, после применения бактерий составило 5,21%, при LED- освещении – 6,18%.

Исследование индекса V_{rix} одного из главных биохимических показателей томатов, который напрямую связан с качеством плодов, показало разные его вариации в зависимости от действия факторов (рис. 4). Выявлены достоверно значимые различия по индексу V_{rix} в зависимости от действия бактерий *B. cereus* при выращивании томатов как при Na-так и при LED-освещении.

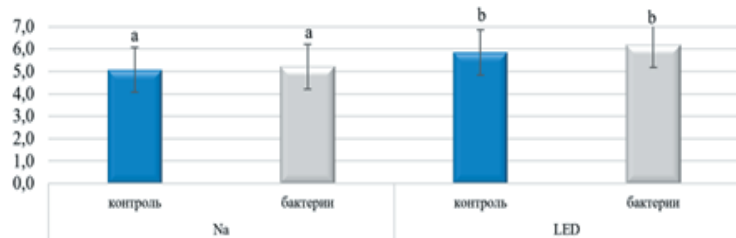


Рис. 3. Содержание сухих веществ в плодах томата сорта 'Восход ВНИИССОКА', %.

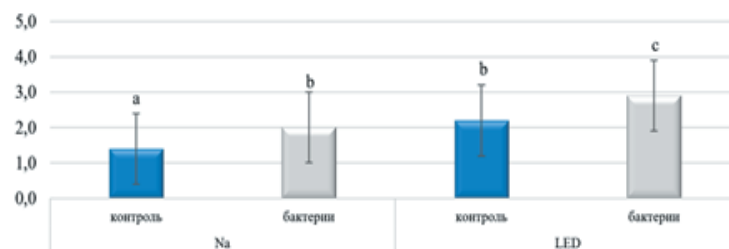


Рис. 4. Индекс V_{rix} в плодах томата сорта 'Восход ВНИИССОКА', %.

Значительно меньшими показателями отличались плоды томатов сформированные под Na-освещением в контрольном варианте без введения бактериальной суспензии *B. cereus* – 1,4%. Плоды томатов, полученные с применением *B. cereus*, обладали в среднем более высоким показателем V_{rix} . Индекс V_{rix} в плодах при Na-освещении с применением бактерий был почти на одном уровне с контрольным вариантом LED-освещения и составил в среднем 2,0-2,2%. Максимальный индекс V_{rix} был отмечен у плодов томатов полученных при LED-освещении с введением *B. cereus* – 2,9%.

Электрофоретический анализ плодов томатов позволил выявить существенное преимущество вариантов опыта с применением бактериальной культуры по накоплению органических кислот в сравнении с контрольными вариантами (рис. 5). В плодах томатов, выращенных при введении суспензии *B. cereus*, наблюдалось достоверное увеличение концентрации щавелевой и янтарной кислот при Na-освещении и янтарной, яблочной и лимонной кислот при LED-освещении.

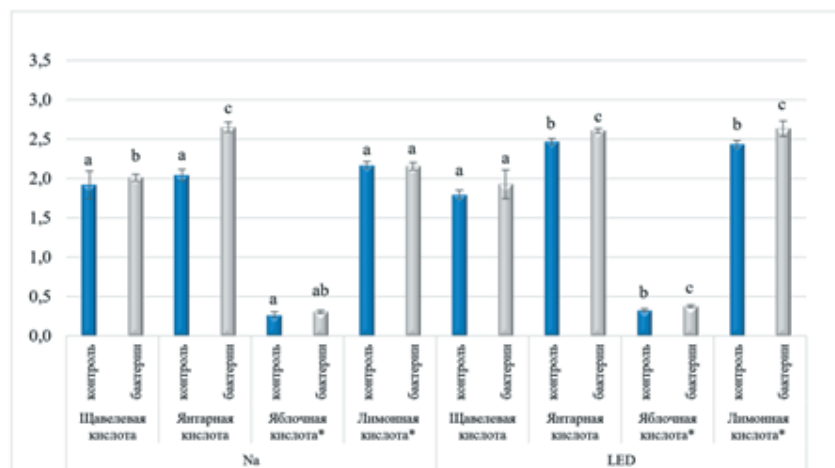


Рис. 5. Содержание органических кислот в плодах томата сорта 'Восход ВНИИССОКА', мг/100 г сырой массы (* г/кг сырой массы).

Установлена тенденция к увеличению биосинтеза органических кислот в плодах томатов - янтарной (2,47 мг/100 г), яблочной (0,33 г/кг) и лимонной (2,43 г/кг) – при LED освещении. Аналогичная тенденция проявляется и при Na-освещении, но при меньших уровнях проанализированных кислот.

Выводы

1. Под действием бактериальной культуры *B. cereus* наблюдали увеличение высоты растений томатов в фазе созревания плодов при разном типе освещения. При этом максимальная высота растений при Na-освещении составила 95,8 см, а при LED-освещении – 119,5 см.
2. При применении *B. cereus* происходит увеличение накопления фотосинтетических пигментов в биомассе томатов сорта 'Восход ВНИИССОКА' относительно контрольного варианта. В листьях томатов, выращенных под Na- (контрольным) или LED-освещением с применением *B. cereus* средний показатель содержания суммы хлорофиллов (a+b) в 1,5 превышает контрольный вариант без *B. cereus*.
3. Показано, что действие бактерий не повлияло на накопление сухого вещества в плодах томатов. Однако, выявлено влияние типа освещения на аккумуляцию сухого вещества как без применения бактерий, так и с их использованием при сравнении двух вариантов. Настения, выращенные под LED-освещением отличались повышенным накоплением сухого вещества в плодах томатов – 6,18% (с применением *B. cereus*).
4. Под действием *B. cereus* происходит достоверное увеличение индекса V_{rix} при выращивании томатов как при Na- так и при LED- освещении. Максимальный индекс V_{rix} был отмечен у плодов томатов полученных при LED-освещении с введением суспензии *B. cereus* - 2,9%.
5. Бактериальная культура *B. cereus* способствует усилению биосинтеза органических кислот в плодах томатов сорта 'Восход ВНИИССОКА'. Достоверное увеличение концентрации щавелевой и янтарной кислот наблюдали при Na-освещении и янтарной, яблочной и лимонной кислот - при LED-освещении.
6. В целях повышения качества плодов томатов, выращенных на гидропонике, рекомендуется использовать бактериальной культуры *B. cereus* путем однократного введения суспензии в прикорневую часть растений на ранних стадиях развития.

Литература

1. Ajmal M, Ali HI, Saeed R, Akhtar A, Tahir M, Mehboob MZ, Ayub A. Biofertilizer as an alternative for chemical fertilizers. J Agr Allied Sci. 2018;(7):1-7.
2. Javaid A, Mahmood N. Growth nodulation and yield response of soybean to biofertilizers and organic manures. J Bot. 2010;42:863-71

3. Bhattacharyya PN, Jha DK. Plant growth-promoting bacteria (PGPB): emergence in agriculture. World J. Microbiol Biotechnol. 2013;28:1327-50.
4. Bashan Y, de-Bashan LE, Prabhu SR, Hernandez JP. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). Plant Soil. 2014;378:1-33.
5. Trdan S, Vučajnk F, Bohinc T, Vidrih, M. The effect of a mixture of two plant growth-promoting bacteria from Argentina on the yield of potato, and occurrence of primary potato diseases and pest-short communication. Acta Agric Scand Sect B Soil Plant Sci. 2019;69:89-94. DOI: 10.1080/09064710.2018.1492628
6. Zhang Y, Lang D, Zhang W, Zhang X. Bacillus cereus enhanced medicinal ingredient biosynthesis in Glycyrrhiza uralensis Fisch. under different conditions based on the transcriptome and polymerase chain reaction analysis. Front Plant Sci. 2022;(13):858000. DOI: 10.3389/fpls.2022.858000
7. Чурилова ВВ, Полищук СД, Чурилов ДГ, Назарова АА. Влияние наночастиц кобальта на штамм Bacillus cereus для применения в овощеводстве. Вестник РГАТУ. 2017;2(34):130-3.
8. Le T, Pék Z, Takács S, Neményi A, Helyes L. The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on yield, water use efficiency and Brix degree of processing tomato. Plant Soil Environ. 2018;64:523-9.
9. Электронный ресурс: <https://botsad.by/томат-восход-внииссока>.
10. Государственный реестр допущенных к использованию селекционных достижений 2020. URL: https://gossortrf.ru/wpcontent/uploads/2020/03/FIN_reestr_dop_12_03_2020.pdf.
11. Lichtenthaler HK. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Meth Enzymol. 1987;148:350-82.
12. Третьяков Н. Практикум по физиологии растений. М.: Агропромиздат; 1990.

References

1. Ajmal M, Ali HI, Saeed R, Akhtar A, Tahir M, Mehboob MZ, Ayub A. Biofertilizer as an alternative for chemical fertilizers. J Agr Allied Sci. 2018;(7):1-7.
2. Javaid A, Mahmood N. Growth nodulation and yield response of soybean to biofertilizers and organic manures. J Bot. 2010;42:863-71
3. Bhattacharyya PN, Jha DK. Plant growth-promoting bacteria (PGPB): emergence in agriculture. World J. Microbiol Biotechnol. 2013;28:1327-50.
4. Bashan Y, de-Bashan LE, Prabhu SR, Hernandez JP. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). Plant Soil. 2014;378:1-33.
5. Trdan S, Vučajnk F, Bohinc T, Vidrih, M. The effect of a mixture of two plant growth-promoting bacteria from Argentina on the yield of potato, and occurrence of primary potato diseases and pest-short communication. Acta Agric Scand Sect B Soil Plant Sci. 2019;69:89-94. DOI: 10.1080/09064710.2018.1492628
6. Zhang Y, Lang D, Zhang W, Zhang X. Bacillus cereus enhanced medicinal ingredient biosynthesis in Glycyrrhiza uralensis Fisch. under different conditions based on the transcriptome and polymerase chain reaction analysis. Front Plant Sci. 2022;(13):858000. DOI: 10.3389/fpls.2022.858000
7. Churilova VV, Polishchuk SD, Churilov DG, Nazarova AA. [Influence of cobalt nanoparticles on the Bacillus cereus strain for vegetable growing]. Vestnik RGATU. 2017;2(34):130-3. (In Russ.)
8. Le T, Pék Z, Takács S, Neményi A, Helyes L. The effect of plant growth-promoting rhizobacteria on yield, water use efficiency and Brix degree of processing tomato. Plant Soil Environ. 2018;64:523-9.
9. Anonymous. URL: <https://botsad.by/томат-восход-внииссока>. (In Russ.)
10. Anonymous. [State Registry of Breeding Achievements Approved for Use 2020]. URL: https://gossortrf.ru/wpcontent/uploads/2020/03/FIN_reestr_dop_12_03_2020.pdf. (In Russ.)
11. Lichtenthaler HK. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Meth Enzymol. 1987;148:350-82.
12. Tret'yakov N. Praktikum po Fiziologii Rasteniy [Workshop on Plant Physiology]. Moscow: Agropromizdat; 1990. (In Russ.)

«»

УДК 519.8632.95:631.432

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МИГРАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ: АНАЛИЗ, СРАВНЕНИЕ, РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ *

В.Н. Колупаева

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы, Московская область, Россия

Эл. почта: amulanya@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; принята к печати 25.11.2022

Загрязнение грунтовых вод пестицидами затронуло все страны на всех континентах. Важной задачей исследователей и регулирующих органов всех стран является разработка методов и инструментов, позволяющих прогнозировать риски применения пестицидов для грунтовых вод. В настоящей статье рассмотрены общепринятые методы изучения миграции пестицидов, проведен их анализ с точки зрения применимости для оценки риска воздействия пестицидов на грунтовые воды. На примерах показано, что имеющиеся методы можно разделить на две категории – прямые и косвенные. Косвенные методы (индексы подвижности или полевые исследования транспорта пестицидов) позволяют сравнивать миграционную способность молекулы пестицида или определять глубину проникновения пестицида в почву. Прямые методы (моделирование, лизиметрические исследования и мониторинг) разрешают определять концентрации пестицида в стоке грунтовых вод или грунтовых водах, что делает их полезными при оценке риска применения пестицидов. Так, сравнивая полученные концентрации в воде с допустимыми пороговыми значениями, можно определить уровень риска пестицида. Примеры расчета индексов подвижности говорят о том, что их оценки различаются между собой. Недостатки полевых опытов миграции связаны с аналитическими проблемами и краткосрочностью исследования. Моделирование миграции пестицидов является эффективным инструментом, позволяющим в краткие сроки получить концентрации пестицидов в водном стоке и определить пестициды, способные в изучаемых условиях загрязнять грунтовые воды. Расчеты показали, что для 40 пестицидов из 180 разрешенных к применению в РФ прогнозные концентрации составляют более 1 мкг/л. Вторым методом, позволяющим прямое определение концентраций в стоке, являются лизиметрические опыты. Многолетнее изучение миграции 4 пестицидов показало, что все токсиканты мигрируют за пределы почвенного профиля. Третьим пригодным инструментом является мониторинг пестицидов в грунтовых водах. Развитие и распространение этого способа контроля пестицидов в грунтовых водах является важной задачей регулирующих органов и научного сообщества РФ на ближайшее время. *Ключевые слова: пестициды, грунтовые воды, миграция, сорбция, модели поведения пестицидов, лизиметр, мониторинг.*

METHODS FOR STUDYING PESTICIDES MIGRATION: ANALYSIS, COMPARISON, AND RECOMMENDATIONS FOR USE IN ASSESSING THE RISK OF PESTICIDES IMPACT ON GROUNDWATER

V.N. Kolupaeva

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Viazemy, Moscow Region, Russia

Email: amulanya@gmail.com

Groundwater pollution with pesticides has affected every country on every continent. An important challenge for researchers and regulatory bodies in all countries is to develop methods and tools for predicting the risks to groundwater that are associated with pesticide use. In this paper, the generally accepted methods for studying pesticides migration are reviewed and analyzed from the point of view of their applicability for assessing the risk of pesticides impact on groundwater. Using examples, it is shown that the available methods may be divided into two categories, direct and indirect ones. The indirect methods (mobility indices and field studies of pesticide migration) make it possible to compare the migration ability of a pesticide molecule and to determine the depth of penetration of the pesticide into the soil. The direct methods (modeling, lysimetric studies, and monitoring) provide for the determination of pesticide concentrations in groundwater or groundwater leachate, which makes such methods useful in assessing the risk of pesticide use. Thus, by comparing the measured pesticide concentrations in water with acceptable threshold values, it is possible to determine the risk level of a pesticide. Examples of calculating the mobility indices indicate that their estimates differ from each other.

* Полный текст статьи опубликован в журнале *Биосфера* (2022;14(3):168-74). DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.692

«»

УДК: 631.527:633:574

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ УДОБРЕНИЯ ЯБЛОНИ КОЛОННОВИДНОЙ (*MALUS DOMESTICA BORKH.*)

С.Н. Коновалов, В.В. Бобкова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Москва, Россия

Эл. почта: fncsad@fncsad.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Рассмотрены вопросы влияния биологизированных методов удобрения на агроэкологические показатели яблони колонновидной. В многолетнем полевом опыте с 4 сортами яблони, возделываемой в Московской области на окультуренной дерново-подзолистой почве, изучены закономерности влияния минеральной, органической, органоминеральной систем удобрения на азотный режим почвы, биохимический состав, содержание в плодах тяжёлых металлов, нитратов. Установлено, что органические удобрения способствуют увеличению содержания азота в почве преимущественно в аммонийной форме, минеральные удобрения – в нитратной. Влияние минеральных и органических удобрений на накопление нитратов, тяжёлых металлов, биохимический состав плодов яблони сортоспецифично. Наиболее высокое содержание нитратов в плодах аккумулируется при совместном внесении минеральных и органических удобрений. Полученные результаты послужат основой для решения задач повышения плодородия почв под промышленными садами, улучшения качества, обеспечения экологической безопасности выращиваемой садовой продукции на основе применения биологизированных методов удобрения.

Ключевые слова: *органоминеральная система удобрения, показатели качества плодов яблони колонновидной.*

AGRO-ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF BIOLOGICAL FERTILIZATION METHODS FOR COLUMNAR APPLE TREE (*MALUS DOMESTICA BORKH.*)

S.N. Konovalov, V.V. Bobkova

Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia. Email: fncsad@fncsad.ru

The article addresses the issues of the influence of the biological fertilization methods on the agro-ecological indicators of the columnar apple tree. In a long-term field experiment with 4 varieties of such trees cultivated in the Moscow region on developed sod-podzolic soils, studies were carried out to specify the patterns of the influences of mineral, organic, and organomineral fertilizer systems on soil nitrogen regimen and on the biochemical composition including heavy metals and nitrates contents in fruits. It has been found that the organic fertilizers contribute to an increase in the nitrogen content in the soil, mainly in the ammonium form, whereas the mineral fertilizers, in the nitrate form. The influence of the mineral and organic fertilizers on nitrates and heavy metals accumulation and on the biochemical composition of fruits is variety-specific. The highest content of nitrates in fruits is accumulated during the joint application of mineral and organic fertilizers. The results may help to increase soil fertility in industrial gardens and to improve the quality and ensure the environmental safety of gardening products based on using biologized fertilizer methods.

Keywords: *organomineral fertilizer system, quality indicators of the fruit of the columnar apple tree.*

Введение

Использование интенсивных методов возделывания промышленных насаждений садовых культур создает экологические проблемы, не всегда обеспечивает необходимое качество и экологическую безопасность выращиваемой продукции. Из-за применения методов интенсивного земледелия нарушаются физические, химические свойства, снижается плодородие почвы. Обычно, чтобы повысить плодородие почв и урожайность насаждений, применяют различные виды минеральных и органических удобрений, которые поддерживают уровень питательных веществ в почве. Это обеспечивает растениям возможность реализовывать потенциал генеративной и вегетативной продуктивности, успешно справляться с вредителями, болезнями, экологическими стрессами. Использование органических удобрений наряду с неорганическими необходимо для поддержания устойчивой продуктивности растений, а также для уменьшения возможной деградации окружающей среды в результате внесения только одних неорганических удобрений. Органические удобрения обеспечивают широкий спектр питательных веществ, помогают поддерживать биологическую активность почвы и ризосферы, обеспечивая растения питательными веществами. Доказана положительная роль биологизации систем удобрения в повышении продуктивности и устойчивости агросистем. В биологизированных агротехнологиях при совместном применении минеральных и органических удобрений прибавки урожая сельскохозяйственных культур составляют от 30 до 100%, при применении только органических удобрений – от 20 до 70% [1]. В связи со строительством новых животноводческих комплексов в сельскохозяйственных организациях и крупных ферм основной прирост объема органических удобрений будет происходить за счет бесподстилочного навоза и птичьего помета, доля которых в структуре выхода органических удобрений возрастет с 64 до 70% и более. Расширится ассортимент органических удобрений в виде компостов из навоза, птичьего помета, торфа, древесных отходов, осадков сточных вод, твердых бытовых отходов, отходов пищевой промышленности, растительной массы и т. д. Для оптимизации режима органического вещества в почвах необходимо вносить навоза в среднем по России 6-7 т/га [1]. В Центральной зоне садоводства в интенсивных плодовых садах рекомендуемые дозы органических удобрений составляют 100-150 т/га при предпосадочной подготовке почвы, 1,5 т/100 погонных метров траншеи – при закладке насаждений, 20-30 т/га – в период их плодоношения. В биологизированных технологиях возделывания широко применяют биоудобрения, микробные препараты, содержащие живые клетки различных микроорганизмов, обладающие способностью мобилизовать питательные вещества растений в почве, стимулирующие рост растений. Данные удобрения рассматриваются как альтернатива химическим удобрениям. Они играют всё более значительную роль в растениеводстве, экологически безопасны, помогают восполнить

утраченную микрофлору и повысить биологическую активность, улучшить фитосанитарное состояние почвы, повышают урожайность на 20-30 %, стимулируют рост растений, экономичны и обеспечивают оптимальные условия биологической активности почвы. Они подавляют патогенные почвенные организмы, восстанавливают естественное плодородие почвы, обеспечивают защиту от засухи, некоторых болезней, передающихся через почву, разлагают токсичные органические химические вещества, улучшают прорастание семян, помогают сбалансировать pH почвы [2].

Серьезной экологической проблемой и угрозой глобальной продовольственной безопасности является загрязнение почвы тяжёлыми металлами. Исследование концентраций тяжёлых металлов в почве и плодах и их возможного риска для здоровья человека в садах яблони Ляодунского полуострова, известного района промышленного садоводства Китая показало, что садовые почвы имели низкие значения индекса загрязнения почвы (PI), ежедневного потребления металлов (DIM) и индекса риска для здоровья (HRI) для Cd и Zn, а незначительная часть образцов почв превышала допустимые уровни Cr, Cu [3]. Концентрации Cd, Cu, Zn в образцах мякоти яблок были ниже национальных максимально допустимых концентраций. При этом до 76,5% образцов кожуры плодов яблони превышали национальные максимально допустимые уровни содержания Cd, Cr, Zn. Значения DIM и HRI для всех образцов мякоти яблок находились в безопасных пределах, что указывало на отсутствие риска для здоровья для тяжёлых металлов в плодах изучаемого района. Сделан вывод о необходимости регулярных обследований уровней загрязнения тяжёлыми металлами почв под садами.

Источником загрязнения агроценозов тяжёлыми металлами могут быть промышленные выбросы, транспорт, применение металлосодержащих пестицидов, осадков сточных вод и другие. Широкое распространение находит любительское и промышленное садоводство в системе мегаполисов (вблизи крупных городов и промышленных агломераций). Выращиваемая в напряжённой экологической обстановке продукция садоводства может быть загрязнена различными поллютантами, исходно содержащимися в почве или переносимыми по воздуху, что приводит к серьёзным рискам для здоровья ввиду кумулятивных эффектов загрязняющих веществ. Было изучено загрязнение растений тяжёлыми металлами в экспериментальном городском саду в Болонье в Италии [4]. Концентрации микроэлементов определяли в почвах, субстратах и съедобных тканях растений. Результаты показали, что риск загрязнения продукции, выращиваемой в городской местности, в основном связан с загрязнением почвы. В образцах плодов, растущих на обочинах дорог в Турции, были обнаружены высокие уровни Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Se. Уровни Cu, Cd и Cr в пробах не достигали допустимых уровней загрязнения [5]. Частое применение бордосской смеси, в состав которой входит медь, в качестве фунгицида в садах может привести к накоплению меди в почве, особенно при увеличении возраста сада и продолжительности внесения [6]. Оценка влияния длительного применения фунгицидов на основе Cu на показатели микробиологической и ферментативной активности почвы под яблоневыми садами показала [7], что средние концентрации Cu в почвах садов значительно увеличивались с увеличением возраста садов, при этом отношение C микробной массы почвы к общему органическому C и активность ферментов снижались с увеличением возраста садов. Длительное применение фунгицидов на основе меди оказало неблагоприятное воздействие на микробиологические и ферментативные свойства почвы. В промышленных садах могут применять пестициды на основе арсената свинца. Остатки металлов от пестицидов могут сохраняться в почве в течение десятилетий, что может привести к потенциальному риску для людей, если они будут потреблять фрукты, выращенные на загрязнённой почве. Исследование взаимосвязи между уровнями металла в плодах и в почве под садами на фермах в Мичигане, показало [8], что концентрация свинца была значительно выше в верхнем слое почвы. Концентрация свинца в листьях яблони коррелировала с содержанием свинца в верхнем слое почвы.

На загрязнение агроценозов тяжёлыми металлами существенное влияние может оказывать применение органических удобрений и компостов на основе осадков сточных вод. Орошение сточными водами значительно увеличило биодоступное и общее содержание металлов в орошаемых сточными водами почвах по сравнению с фоновыми и контрольными почвами [9]. При этом концентрации тяжёлых металлов в культурах, выращенных на почве, орошаемой сточными водами, было выше, чем в выращенных на фоновых и контрольных почвах. Сделан вывод, что взрослые и дети, потребляющие овощи, выращенные на почве, орошаемой сточными водами, поглощают значительное количество металлов, которые могут вызвать серьёзные проблемы со здоровьем [10]. Исследование влияния различных норм осадка сточных вод и однократного внесения навоза на урожай плодов, рост, питание и накопление тяжёлых металлов растениями яблони показало [11], что внесение осадка сточных вод значительно увеличило концентрации азота, магния, железа, марганца, цинка в листьях растений. Это увеличение было выше, чем при применении навоза. Применение осадка сточных вод и навоза не вызывало значительного увеличения концентрации Ni, Cr, Cd в листьях. Длительное применение осадков сточных вод могло привести к накоплению некоторых тяжёлых металлов в почве и поступлению их в растения в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации.

Органические удобрения могут не только повысить плодородие почвы, обеспечить растения питательными веществами, но и снизить вред от тяжёлых металлов. опыты показали, что различные виды органических удобрений снижали доступность Cd [12]. На умеренно загрязнённой Cd почве эффект усиливался с увеличением нормы внесения органических удобрений. В слабо загрязнённой Cd почве действие органических удобрений на Cd было менее выраженным. Содержание доступного Cd в почве сначала уменьшалось, а затем возрастало со временем после внесения органических удобрений. Высокий уровень применения органических и минеральных удобрений как при раздельном, так и совместном их внесении не представляет опасности загрязнения почв тяжёлыми металлами [13]. Однозначного влияния азотных, фосфорных, калийных удобрений на содержание потенциально доступных форм тяжёлых металлов в почве не выявлено. Увеличивая содержание тяжёлых металлов в растениях в первоначальный период роста, азотные удобрения не изменяли общего выноса тяжёлых металлов урожаем.

Органические, биоорганические, микробиологические удобрения широко применяются при выращивании органической продукции. В таких технологиях возделывания, чтобы обеспечить требуемый уровень урожайности, дозы органических удобрений, рассчитанные по содержанию действующего вещества, в первую очередь органического азота, могут достигать весьма высоких значений.

В интенсивных биологизированных технологиях возделывания садовых культур предложено использовать приёмы прецизионной адресной системы питания растений с элементами биологизации [14, 15], заключающиеся в точечном, локальном внесении биоудобрений в почву таким образом, чтобы их действие было направлено на ризосферу, минимально воздействовало на почвенный поглощающий комплекс (ППК) и на почвенный микробиоценоз, поддерживая тем самым высокий газообмен почвы. При этом твёрдые формы органоминеральных удобрений вносят в посадочные ямы, траншеи, в щели с подрезкой корней экранами, очагами, жидкие формы био- и микробиологических форм удобрений – локально инъектированием в почву, путём фертигации с внутрипочвенным капельным поливом. При этом режимы подачи рабочих растворов жидких форм удобрений на структурно-организационном микроуровне почвы должны обеспечивать необходимую степень локализации адресного питания растений с минимальным воздействием на почву. Чтобы вносимые с туками питательные вещества менее взаимодействовали с ППК с целью создания в почве микроочагов, предложено внесение органоминеральных удобрений и микробиологических препаратов, содержащих удобрения и другие биологически активные вещества гранул из органического субстрата, например торфа.

Методы

В многолетнем агрохимическом опыте, заложенном в Демонстрационном саду ФГБНУ ФНЦ садоводства (Московская область) в насаждениях яблони колонновидной, в 2016-2020 гг. были изучены закономерности воздействия минеральной, органической, органоминеральной систем удобрения

на азотный режим почвы, на биохимический состав плодов, на содержание в плодах тяжёлых металлов и нитратов. Схема опыта включала 4 варианта: 1) контроль без удобрений, 2) N90K90, 3) органические удобрения 100 т/га, 4) N90K90 + органические удобрения 100 т/га. Год посадки сада - 2006, схема посадки деревьев – 1,2 × 0,4 м. Насаждения яблони представлены 4 сортами: Триумф, Президент, Валюта, Останкино. Подвой – клоновый, полукарликовый, форма 57-545. Почва – окультуренная дерново-подзолистая среднесуглинистая на покровных суглинках. В делянке 6 учётных деревьев. Повторность 3-кратная. Размещение вариантов и фонов в повторении рандомизированное. Размер делянок 1,2 × 3,78 м, площадь 4,54 м². Минеральные удобрения: N₉₀ (N-NO₃⁻ – 17%, N-NH₄⁺ – 17%), K₉₀ (K₂O – 46%) – вносили ежегодно весной, органическое удобрение (подстильный конский навоз с опилками) внесли в 2014 г. Определение химического состава почв, плодов проводили по [16]. Содержание форм азота в почве определяли по [17-19]. Содержание подвижных Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Ag в почве (корнеобитаемые слои почвы глубиной 0-20, 21-40 см) определяли атомно-абсорбционным методом в 1M HNO₃ вытяжке по [20] Содержание тяжёлых металлов в плодах определяли атомно-абсорбционным методом.

Результаты и обсуждение

Содержание различных форм азота в почве в вариантах опыта существенно различалось (табл. 1)

Наиболее высоким содержание как щелочногидролизуемого, так и суммы нитратного и аммонийного азота на различных глубинах корнеобитаемых горизонтов почвы было в вариантах с внесением минеральных удобрений. При внесении только органических удобрений содержание форм азота в почве было ниже. Органические удобрения способствовали увеличению содержания азота преимущественно в аммонийной форме, минеральные удобрения – в нитратной. На глубине 30-40 см содержание нитратного азота в варианте с совместным внесением органических и минеральных удобрений было выше по сравнению с вариантом, в котором вносили только минеральное удобрение. Возможно, это связано с большей миграционной способностью нитратной формы азота при отсутствии органического удобрения.

Содержание нитратов в плодах статистически достоверно по вариантам опыта не различалось и оставалось в пределах ПДК (табл. 2).

При внесении органических и минеральных удобрений отмечались различные тенденции накопления нитратов в плодах в зависимости от изученного сорта яблони. У сорта Триумф наблюдалась тенденция возрастания содержания нитратного азота в плодах при внесении органических удобрений, у сортов Валюта и Останкино содержание нитратов при этом, наоборот, снижалось. Наиболее высоким содержание нитратов в плодах было в плодах сорта Триумф в варианте с совместным внесением минеральных и органических удобрений.

Биохимический состав плодов яблони колонновидной в опыте преимущественно зависел от сорта (табл. 3).

Отчётливая тенденция снижения содержания сахаров в плодах при внесении всех видов удобрений отмечалась для сорта Президент. У сорта Останкино при совместном внесении минеральных и органических удобрений содержание сахаров и значение СКИ снизились. Содержание витамина С при внесении обоих видов удобрений повышалось по сравнению с контролем у сортов Триумф, Валюта.

Табл. 1.

Табл. 2.

Содержание щелочногидролизуемого, нитратного, аммонийного азота в почве, среднее за 2017-2021 гг.

Содержание NO₃⁻ в плодах*, среднее за 2016-2021 гг.

Вариант	Глубина	N _{н/г} по Корнфилду, мг/100 г	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻ + N-NH ₄ ⁺
Контроль	10-20	9,02	1,7	10,9	12,7
	30-40	4,73	1,9	6,1	8,0
N ₉₀ K ₉₀	10-20	13,94	12,4	9,3	21,7
	30-40	7,80	4,8	7,8	12,6
Органика 100 т/га	10-20	8,31	2,8	7,9	10,7
	30-40	6,72	2,4	7,8	10,2
N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	10-20	10,38	5,9	14,1	20,0
	30-40	6,98	7,9	7,1	15,0
HCP ₀₅	10-20	2,87	2,6	3,3	5,9
	30-40	1,32	0,8	0,6	1,4

Вариант	Сорт			
	Триумф	Валюта	Президент	Останкино
Контроль	39,7	33,5	32,5	27,5
N ₉₀ K ₉₀	38,2	32,5	38,6	34,3
Органика 100 т/га	43,1	30,3	35,5	28,8
N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	44,4	30,9	41,5	28,1
HCP ₀₅	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т

*ПДК содержания NO₃⁻ в плодах: 60 мг/кг свежих плодов

Табл. 3.

Биохимический состав плодов, среднее за 2016-2021 гг.

Сорт	Вариант	Сахара	PCB	Витамин С	Общая кислотность	Сахаро-кислотный индекс
		%	%	мг %	%	-
Триумф	Контроль	9,8	10,2	10,3	0,58	16,9
	N ₉₀ K ₉₀	9,6	10,5	10,4	0,64	15,0
	Органика 100 т/га	9,8	10,3	10,8	0,67	14,6
	N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	9,6	11,0	10,8	0,62	15,5
Валюта	Контроль	11,5	11,7	9,2	0,74	15,5
	N ₉₀ K ₉₀	11,3	11,8	9,3	0,78	14,5
	Органика 100 т/га	11,4	11,6	9,3	0,71	16,1
	N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	11,6	11,9	9,4	0,79	14,7
Президент	Контроль	10,2	10,1	11,0	0,61	16,7
	N ₉₀ K ₉₀	9,4	10,4	12,1	0,68	13,8
	Органика 100 т/га	9,8	11,0	11,6	0,64	15,3
	N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	9,8	9,8	10,6	0,63	15,6
Останкино	Контроль	10,3	9,7	13,1	0,45	22,9
	N ₉₀ K ₉₀	11,3	12,1	10,6	0,46	24,6
	Органика 100 т/га	10,7	11,5	9,4	0,48	22,3
	N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	9,5	11,5	13,4	0,47	20,2

Содержание тяжёлых металлов в почве оставалось в пределах ОДК и существенно по вариантам опыта не изменялось (табл. 4).

Закономерно более высоким содержанием тяжёлых металлов было в горизонте 10-20 см, по сравнению с горизонтом 30-40 см.

Содержание тяжёлых металлов в плодах яблони по вариантам опыта оставалось в пределах ПДК и в значительной степени зависело от сорта (табл. 5).

Внесение удобрений способствовало тенденции снижения аккумуляции в плодах яблони колонновидной Cr, Cu, Ni у сорта Президент. Cd у сортов Триумф, Валюта значительно накапливался в плодах при внесении органических удобрений, у сорта Останкино, наоборот – при внесении минеральных. Аккумуляция Pb в плодах также существенно зависела от сорта: у сортов Президент, Валюта она более интенсивно проходила при внесении минеральных удобрений, у сортов Триумф, Останкино – органических.

Табл. 4.

Содержание тяжёлых металлов в почве, среднее за 2017-2021 гг.

Вариант	Глубина (см.)	Cr	Ag	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
Контроль N ₉₀ K ₉₀	10-20	9,6	0,07	23,9	16,4	11,5	0,44	6,7
	30-40	8,8	0,05	15,5	8,9	7,3	0,21	5,0
Органика 100 т/га	10-20	7,6	0,05	23,6	13,8	11,6	0,35	6,4
	30-40	7,6	0,03	20,8	11,3	9,8	0,33	5,8
Контроль N ₉₀ K ₉₀	10-20	8,7	0,06	25,9	13,9	11,3	0,42	6,5
	30-40	8,7	0,05	27,3	13,4	9,7	0,33	6,3
Органика 100 т/га	10-20	8,7	0,07	28,3	16,0	12,2	0,39	6,8
	30-40	9,8	0,06	21,4	12,8	8,8	0,33	5,5
НСР ₀₅	10-20	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	0,06	$F_{\phi} < F_{\tau}$
	30-40	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
ОДК ТМ в почвах (валовое содержание, мг/кг) (дополнение №1 к перечню ПДК и ОДК №6229-91)		-	-	220	132	130	2	80

Табл. 5.

Содержание тяжёлых металлов в плодах, мг/кг сухой массы, среднее за 2017-2021 гг.

Сорт	Вариант	Cr	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
Президент	Контроль	0,27	2,4	2,0	0,21	0,03	0,75
	N ₉₀ K ₉₀	0,24	1,9	1,3	0,23	0,04	0,52
	Органика 100 т/га	0,16	2,6	1,8	0,08	0,04	0,62
	N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	0,15	2,1	1,1	0,24	0,02	0,56
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Останкино	Контроль	0,14	2,4	2,0	0,39	0,02	1,13
	N ₉₀ K ₉₀	0,26	1,9	1,4	0,17	0,04	1,21
	Органика 100 т/га	0,21	2,8	2,7	0,31	0,03	1,26
	N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	0,28	2,6	2,6	0,17	0,03	0,58
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Триумф	Контроль	0,08	3,6	2,3	0,24	0,04	0,52
	N ₉₀ K ₉₀	0,23	2,3	2,0	0,08	0,01	1,16
	Органика 100 т/га	0,19	1,9	2,4	0,23	0,05	0,49
	N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	0,23	2,0	2,3	0,07	0,03	0,62
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
Валюта	Контроль	0,16	1,3	1,3	0,28	0,01	0,39
	N ₉₀ K ₉₀	0,09	1,4	1,4	0,42	0,03	0,80
	Органика 100 т/га	0,13	1,2	1,4	0,16	0,05	0,56
	N ₉₀ K ₉₀ +органика 100 т/га	0,18	1,4	1,3	0,40	0,03	0,69
НСР ₀₅		$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$

Выводы

1. Наиболее высокое содержание щелочногидролизуемого и суммы нитратного и аммонийного азота в почве под яблоней колонновидной обеспечивает внесение минеральных удобрений. При внесении только органических удобрений уровень содержания форм азота в почве ниже. Органические удобрения способствуют увеличению содержания азота в почве преимущественно в аммонийной форме, минеральные удобрения – в нитратной. Без внесения органического удобрения в почве происходит более интенсивная миграция нитратной формы азота.
2. Влияние органических и минеральных удобрений на накопление нитратов в плодах яблони колонновидной сортоспецифично. У сорта Триумф содержание нитратного азота в плодах более значительно возрастает при внесении органических удобрений, у сортов Валюта, Останкино, наоборот, снижается. Наиболее высокое содержание нитратов в плодах аккумулируется в плодах сорта Триумф при совместном внесении минеральных и органических удобрений.
3. Влияние органических и минеральных удобрений на биохимический состав плодов яблони колонновидной сортоспецифично. При внесении всех видов удобрений в плодах сорта Президент содержание сахаров снижается. У сорта Останкино содержание сахаров и значение СКИ снижается при совместном внесении минеральных и органических удобрений. Содержание витамина С при внесении минеральных и органических удобрений повышается у сортов Триумф, Валюта.
4. Более высокое содержание тяжёлых металлов содержится в почве под яблоней колонновидной в горизонте 10-20 см, по сравнению с горизонтом 30-40 см.
5. Аккумуляция тяжёлых металлов в плодах яблони колонновидной при внесении минеральных, органических, органоминеральных удобрений значительно зависит от сорта. Внесение всех видов удобрений способствует снижению аккумуляции в плодах яблони колонновидной сорта

Президент Cr, Cu, Ni. У сортов Триумф, Валюта Cd значительно накапливается в плодах при внесении органических удобрений, у сорта Останкино – при внесении минеральных. Аккумуляция в плодах Pb у сортов Президент, Валюта более интенсивно проходит при внесении минеральных удобрений, у сортов Триумф, Останкино – органических.

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0004 «Усовершенствовать методологию создания многолетних насаждений плодовых и ягодных культур на основе биологизированных методов управления производственным процессом и оптимизации минерального питания».

Литература

1. Еськов АИ, Лукин СМ, Мерзлая ГЕ. Современное состояние и перспективы использования органических удобрений в сельском хозяйстве России. Плодородие. 2018;(1):20-3.
2. Mosa WFAE-G, Paszt LS, Fraç M, Trzciński P. The role of biofertilization in improving apple productivity [A Review. Adv Microbiol. 2015;5:21-7. DOI: 10.4236/aim.2015.51003.
3. Wang Q, Liu J, Cheng S. Heavy metals in apple orchard soils and fruits and their health risks in Liaodong Peninsula, Northeast China. Environ Monitor Assesst. 2015;(187): 4178. DOI: 10.1007/s10661-014-4178-7.
4. Pennisi G, Orsini F, Gasperi D, Mancarella S, Sanoubar R et al. Soilless system on peat reduce trace metals in urban-grown food: unexpected evidence for a soil origin of plant contamination. Agronomy Sustain Develop. 2016;36(4):56.
5. Hamurcu M, Özcan MM, Dursun N, Gezgin, S. Mineral and heavy metals levels in some fruits grown at the roadsides. Food Chem Toxicol. 2010;48:1767-70.
6. Li WQ, Zhang M, Shu HR. Distribution and fractionation of copper in soils of apple orchards. Environ Sci Pollut Res. 2005;12:168-72.
7. Wang QY, Zhou D., Cang L. Microbial and enzyme properties of apple orchard soil as affected by long-term application of copper fungicide. Soil Biol Biochem. 2009;41:1504-9.
8. Cao LT, Bourquin LD. Relationship of arsenic and lead in soil with fruit and leaves of apple trees at selected orchards in Michigan. J Food Prot. 2020;83(6):935-42. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-19-325.
9. an FA, Ishaq M, Khan S, Ihsanullah I, Ahmad I, Shakirullah M. A comparative study of human health risks via consumption of food crops grown on wastewater irrigated soil (Peshawar) and relatively clean water irrigated soil (lower Dir). J Hazard Mater. 2010;179:612–21.
10. Noor-ul-Amin HA, Alamzeb S, Begum S. Accumulation of heavy metals in edible parts of vegetables irrigated with waste water and their daily intake to adults and children, District Mardan, Pakistan. Food Chem. 2013;136:1515-23.
11. Bozkurt M, Yarılgaç T. The effects of sewage sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. Turk J Agricult Forestry. 2003;27(5):Art 5. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol27/iss5/5>.
12. Wang L, Liu S, Li J, Li S. Effects of several organic fertilizers on heavy metal passivation in Cd-contaminated gray-purple soil. Front Environ Sci. 2022. DOI: 10.3389/fenvs.2022.895646.
13. Зубкова ВМ Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах и влияние удобрений на их поведение в системе почва-растение. Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 06.01.04. Москва: МСХА им. К.А. Тимирязева; 2004.
14. Коновалов СН, Петрова ВИ, Егорова ЕВ. Агроэкологические аспекты применения биологизированных методов прецизионной агрохимии в садоводстве. Успехи современной науки. 2017;2(9):138-44.
15. Коновалов СН, Бобкова ВВ. Влияние способов прецизионного внесения биоудобрений на усвоение растениями яблони тяжёлых металлов из дерново-подзолистой почвы. В кн.: Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. 2020. С. 253-6.
16. Минеева ВГ, ред. Практикум по агрохимии. М.: МГУ; 2001.
17. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. ГОСТ 26951-86. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023499>.
18. Методические указания по определению щелочногидролизующего азота в почве по методу Корнфилда. Москва; 1985. С. 8.
19. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. ГОСТ 26489-85. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023496?ysclid=l7rdtjthwr97007618>.
20. РД 52.18.191-89. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. М.: 1990.

References

1. Eskov AI, Lukin SM, Merzlaya GE. [Current state of and prospects for using the organic fertilizers in agriculture in Russia]. Plodorodiye. 2018;(1):20-3. (In Russ.)
2. Mosa WFAE-G, Paszt LS, Fraç M, Trzciński P. The role of biofertilization in improving apple productivity [A Review. Adv Microbiol. 2015;5:21-7. DOI: 10.4236/aim.2015.51003.
3. Wang Q, Liu J, Cheng S. Heavy metals in apple orchard soils and fruits and their health risks in Liaodong Peninsula, Northeast China. Environ Monitor Assesst. 2015;(187): 4178. DOI: 10.1007/s10661-014-4178-7.
4. Pennisi G, Orsini F, Gasperi D, Mancarella S, Sanoubar R et al. Soilless system on peat reduce trace metals in urban-grown food: unexpected evidence for a soil origin of plant contamination. Agronomy Sustain Develop. 2016;36(4):56.
5. Hamurcu M, Özcan MM, Dursun N, Gezgin, S. Mineral and heavy metals levels in some fruits grown at the roadsides. Food Chem Toxicol. 2010;48:1767-70.
6. Li WQ, Zhang M, Shu HR. Distribution and fractionation of copper in soils of apple orchards. Environ Sci Pollut Res. 2005;12:168-72.
7. Wang QY, Zhou D., Cang L. Microbial and enzyme properties of apple orchard soil as affected by long-term application of copper fungicide. Soil Biol Biochem. 2009;41:1504-9.
8. Cao LT, Bourquin LD. Relationship of arsenic and lead in soil with fruit and leaves of apple trees at selected orchards in Michigan. J Food Prot. 2020;83(6):935-42. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-19-325.
9. Jan FA, Ishaq M, Khan S, Ihsanullah I, Ahmad I, Shakirullah M. A comparative study of human health risks via consumption of food crops grown on wastewater irrigated soil (Peshawar) and relatively clean water irrigated soil (lower Dir). J Hazard Mater. 2010;179:612–21.
10. Noor-ul-Amin HA, Alamzeb S, Begum S. Accumulation of heavy metals in edible parts of vegetables irrigated with waste water and their daily intake to adults and children, District Mardan, Pakistan. Food Chem. 2013;136:1515-23.
11. Bozkurt M, Yarılgaç T. The effects of sewage sludge applications on the yield, growth, nutrition and heavy metal accumulation in apple trees growing in dry conditions. Turk J Agricult Forestry. 2003;27(5):Art 5. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol27/iss5/5>.
12. Wang L, Liu S, Li J, Li S. Effects of several organic fertilizers on heavy metal passivation in Cd-contaminated gray-purple soil. Front Environ Sci. 2022. DOI: 10.3389/fenvs.2022.895646.
13. Zubkova VM. Osobennosti Nakopleniya i Raspredeleniya Tiyazhelykh Metallov v Selskohozyajstvennykh Kulturakh i Vliyaniye Udobreniy na Ikh Povedeniye v Sisteme Pochva-Rasteniye. PhD Theses. Moscow: MSKhA im. K.A. Timirязeva; 2004. (In Russ.)
14. Konovalov SN, Petrova VI, Yegorova YeV. [The agroecological aspects of using the biologized methods of precision agrochemistry in horticulture]. Uspekhi Sovremennoy Nauki. 2017;2(9):138-144. (In Russ.)
15. Konovalov SN, Bobkova VV. [The effects of precision methods of biofertilizer application on assimilation of heavy metals from sod-podzol soils by apple trees]. In: Agrarnye Landafty, Ikh Ustoychivost i Osobennosti Razvitiya.. 2020. P. 253-6. (In Russ.)

16. Mineyev VG. Praktikum po Agrokhimii. Moscow: MGU; 2001. (In Russ.)
17. Anonymous. Pochvy. Opredelenie Nitratov Ionometricheskim Metodom. GOST 26951-86. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023499>. (In Russ.)
18. Anonymous. Metodicheskiye Ukazaniya po Opredeleniyu Shchelochnogidrolizuemogo Azota v Pochve po Metodu Kornfilda. Moscow; 1985. (In Russ.)
19. Anonymous. Pochvy. Opredeleniye Obmennogo Ammoniya po Metodu TsINA. GOST 26489-85. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023496?ysclid=l7rdtj>. (In Russ.)
20. Anonymous. Metodika Vypolneniya Izmereniy Massovoy Doli Kislotorastvorimyykh Form Metallov (Medi, Svintsa, Tsinka, Nikeloa, Kadmiya) v Probakh Pochvy Atomno-Absorbtsionnym Analizom. RD 52.18.191-89. Moscow; 1990. (In Russ.)

«»

УДК: 631.527:633:574

НОВЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ РИСА ОТ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДЛИТЕЛЬНОГО ПОГРУЖЕНИЯ В ВОДУ

П.И. Костылев*, В.А. Голубова, Н.Н. Вожжова, Н.В. Калинина
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

*Эл. почта: p-kostylev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; принята к печати 28.10.2022

В статье представлены результаты изучения толерантности риса к длительному погружению в воду и способности энергичного роста из-под слоя воды. Устойчивость сортов к затоплению очень актуальна в России при борьбе с сорными растениями за счет глубокого слоя воды, который сорняки не могут преодолеть. Цель исследования: оценка физиологических параметров, оказывающих влияние на толерантность риса к длительному погружению в воду и способность энергичного роста из-под слоя воды. Для исследований отобраны образцы, которые получены в лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» от скрещивания отечественных сортов с азиатскими донорами генов устойчивости к затоплению. Исследования проводили с использованием нескольких лабораторных методов. В результате физиологической оценки 180 сортов и образцов риса выявлены формы, имеющие наибольший потенциал роста и развития. Раскрыт потенциал определенных сортов, накапливать максимальную вегетативную массу. Получен обширный материал, имеющий теоретическую и практическую значимость для усовершенствования селекционного процесса.

Ключевые слова: рис, сорт, толерантность к затоплению, физиологические методы, всхожесть, энергия прорастания, сила роста.

A NEW METHOD OF PROTECTING RICE FROM WEEDS BY LONG IMMERSION IN WATER

P.I. Kostylev*, V.A. Golubova, N.N. Vozzhova, N.V. Kalinina
Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia

*E-mail: p-kostylev@mail.ru

The article presents the results of studying the tolerance of rice to prolonged immersion in water and the ability of vigorous growth from under the water layer. The resistance of varieties to flooding is very relevant in Russia in the fight against weeds due to the deep layer of water that weeds cannot overcome. The aim of the study was to evaluate the physiological parameters that affect the tolerance of rice to prolonged immersion in water and the ability of vigorous growth from under the water layer. For research, samples were selected that were obtained in the laboratory of rice breeding and seed production at the Agricultural Research Center "Donskoy" from crossing domestic varieties with Asian donors of flood resistance genes. The studies were carried out using several laboratory methods. As a result of the physiological evaluation of 180 varieties and samples of rice, the forms with the greatest potential for growth and development were identified. The potential of certain varieties to accumulate vegetation mass has been revealed. Extensive material has been obtained that has theoretical and practical significance for improving the breeding process.

Keywords: rice, variety, tolerance to flooding, physiological methods, germination, germination energy, growth force.

Введение

В мире рис часто подвергается затоплению, особенно в зоне тропиков и субтропиков, в результате наводнений на короткий период от нескольких дней до двух недель. В результате этого посевы неустойчивых сортов гибнут, происходит потеря урожая. Поэтому придается большое значение повышению устойчивости риса к затоплению [1; 2]. Устойчивость сортов к затоплению очень актуальна в России при борьбе с сорными растениями за счет глубокого слоя воды, который сорняки преодолеть не могут [3; 4]. Это приводит к таким положительным эффектам как: ненужность применения гербицидов, снижение затрат на производство единицы продукции, повышение качества получаемой продукции, которая может использоваться при производстве продуктов для детского и диетического питания, и отсутствие ущерба окружающей среде [5; 6].

Такое разностороннее и целенаправленное использование данного признака привело к тому, что были идентифицированы гены, его контролируемые (Sub1A, Sk, AG), однако они придают устойчивость к затоплению на различных этапах развития растений, в связи с чем возникает вопрос о целесообразности их использования при создании сортов, адаптированных к безгербицидной технологии возделывания, где особое значение придается устойчивости к затоплению именно на ранних этапах развития растения, сразу после посева [7; 8; 9].

В настоящее время в России не имеется районированных сортов, которые отвечали бы данным требованиям. Поэтому проблема создания таких сортов риса является актуальной, так как позволит уменьшить затраты на производство, снизить потери зерна при уборке, улучшить качество получаемой продукции, а также снизить пестицидную нагрузку на экосистему [10; 11].

Таким образом, исследования устойчивости риса к затоплению и развитие методологии в данной области является важной фундаментальной проблемой для этой культуры.

В результате проведения исследования планируется получить обширный материал, имеющий теоретическую и практическую значимость для усовершенствования селекционного процесса.

Цель исследования: оценка физиологических параметров, оказывающих влияние на толерантность риса к длительному погружению в воду и способность энергичного роста из-под слоя воды.

Материал и методы исследования

Для исследований отобраны 180 сортов и образцов риса, которые получены в лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» от скрещивания отечественных сортов с азиатскими донорами генов устойчивости к затоплению. Лocus устойчивости к затоплению Sub1A перенесли от доноров: Вг-11, CR-1009, Inbara-3, TDK-1, Khan Dan.

Лабораторные исследования проводятся с использованием нескольких физиологических методов.

1) Оценка устойчивости образцов риса к глубокому затоплению методом проращивания в условиях стресса.

Образцы для проверки в лабораторных условиях высеваются сухими семенами в лизиметры, содержащие слой почвы, в количестве 20 шт./повторность с глубиной заделки около 5 мм, каждый образец в отдельном ряду. После посева лизиметры заливаются слоем воды глубиной 10 см, которая поддерживается в течение 3 недель, после чего определяется процент проросших семян и выживших растений, которые достигли поверхности воды. Для изучения динамики развития проводятся подсчеты и замеров размеров проростков на 5-й, 7-й, 9-й, 12-й и 14-й день после затопления. Контрольные образцы проращиваются в чашках Петри для подтверждения 100 % всхожести семян.

2) Изучение энергии прорастания семян и всхожести семян.

Семена риса перед закладкой на сутки замачиваются в воде 20°C. В рабочую камеру термостата ставят поддон с водой, растительный моют и ополаскивают 1-% раствором марганцовокислого калия, затем омывают водой. Семена раскладывают на двойной фильтровальной бумаге, зародышем вниз. Пробам присваивают регистрационный номер. Проращиваются пробы 8 часов при температуре 30°C и 16 часов 20°C. Энергия прорастания оценивается на 4 сутки, всхожесть на 10 сутки. В результате оценки выявляются сорта, имеющие наибольший потенциал роста и развития.

Результаты и обсуждение

В процессе изучения образцов коллекции и перспективных селекционных линий лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» проведена оценка данного материала по устойчивости к затоплению. Толерантность к затоплению или анаэробная толерантность характеризуется способностью растений восстановиться после затопления на разных этапах развития. Восстановление включает в себя регенерацию растений, поврежденных внезапным затоплением. Основой толерантности к затоплению является высокое начальное содержание углеводов, высокий уровень хлорофилла и минимальный рост в условиях погружения.

Был проведен опыт по проращиванию семян риса в пробирках со слоем воды для оценки устойчивости риса к длительному затоплению при анаэробном прорастании. Семена помещали в стеклянную пробирку (2,5 см в диаметре и 15 см в высоту), заливали дистиллированной водой глубиной 10 см и инкубировали при температуре 28°C, не меняя воду. На 5-й, 7-й, 9-й, 12-й и 14-й день измеряли длину проростка (ростка и корешка).

Контрольным вариантом было аэробное прорастание на влажной фильтровальной бумаге в чашках Петри при температуре 28°C в темноте (рис. 1).

Было установлено, что всхожесть семян риса варьировала от 60 до 100 %. Из 180 образцов у 156 проросли все заложенные семена, у 20-ти – 80 % и у 4-х – 60 %. Анализ аэробного прорастания в чашках Петри показал, что на 10 день закладки опыта длина ростка у образцов колебалась от 2,4 до 7,4 см. Гистограмма распределения образцов по величине этого признака была с правосторонней асимметрией (рис. 2).

Преобладали образцы с небольшой длиной – 3-4 см. Максимальные значения средней длины ростка 7,4 см были у линий 1191 (Inbara - 3 x Контакт) x Khao Hlan On x Кубояр и 1544 R6 (Kharsu 80A) x Контакт. Их родительские формы Khao Hlan On x Кубояр и Kharsu 80A являются очень быстро растущими сортами. Величина средней длины корешка варьировала в интервале от 2,2 до 15,3 см, график распределения имел правостороннюю асимметрию (рис. 3).



Рис. 1. Опыт по всхожести и энергии роста семян риса

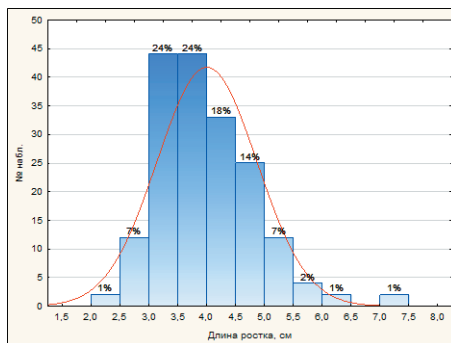


Рис. 2. Распределение образцов риса по длине ростка, см

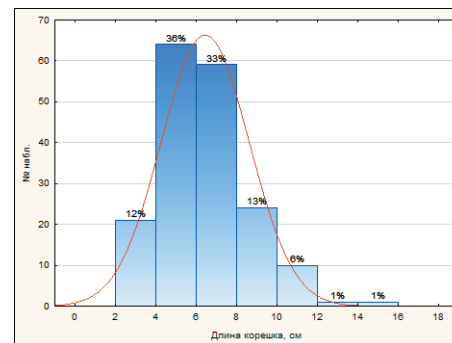


Рис. 3. Распределение образцов риса по длине корешка, см

Преобладали образцы с величиной признака 4-8 см. Максимальная длина корешка отмечена у линий 1191 (Inbara - 3 x Контакт) x (Khao Hlan On x Кубояр) (15,3 см) и 2032 KD Sub-1 Д-149 x Командор (13,8 см).

Сопоставление длины ростка и корешка у образцов риса показало, что корреляция между ними слабая ($r=0,10 \pm 0,05$). Один образец (1191) имел максимальные значения длины обоих компонентов проростка. Образец 2032 сформировал длинный корешок (13,8 см), но средний росток (3,9 см), другой образец 1544, наоборот – длинный росток (7,4 см), но короткий корешок (4,9 см), большая часть образцов показала средние и низкие величины признаков (рис. 4).

По массе проростка образцы варьировали от 54 до 184 мг (в среднем 100,8 мг). Распределение было симметричным, преобладали средние формы с массой 80-120 мг (рис. 5).

Один образец, 1537, R6(Kharsu 80A) x Контакт, резко отличался от остальных большой массой – 184 мг, хотя длина ростка (4,2 см), а длина корешка (8,1 см) были чуть больше среднего уровня. Это связано с большей толщиной проростков.

Часть образцов (84) изучали не только на всхожесть, но и на энергию роста, определяемую на 4-й день. Они также показали значительный полиморфизм по изученным признакам (табл. 1).

Всхожесть колебалась от 40 до 100 %, в среднем – 95,2 %. Длина ростка на 4-й день варьировала от 1,3 до 3,2 см, в среднем 2,2 см. Наибольшую энергию роста показали образцы: 5739, 5620-3 и 5576-3, длина ростков которых составила 3,0, 3,1 и 3,2 см соответственно. На 10-й день средняя длина ростков увеличилась до 7,6 см, т.е. в 3,5 раза, варьируя в пределах 3,5-11,4 см. Максимальные значения, более 10 см, показали уже другие образцы: 5618-3, 3325, 5519-4, 5588-1, 5444-4. Масса проростка варьировала от 34 до 117 мг.

Длина корешка на 4-й день варьировала от 2,2 до 8,0 см, в среднем 5,1 см. Самые длинные корешки сформировались у образцов 3325 и 5578-1 – 8,0 и 7,6 см, соответственно. На 10-й день корешки удлинились в среднем до 7,7 см (3,8-14,4 см). Максимальная их длина была у образцов 5541-1 и 5579-1.

Таким образом, было установлено, что изученные образцы риса существенно различались по энергии роста и линейным размерам проростков. Для преодоления глубокого слоя воды большой интерес представляют интенсивно растущие образцы с максимальной длиной ростков. Если растения не смогут преодолеть толстый слой воды, они погибнут от нехватки кислорода и питательных веществ.

Другая стратегия выживания растений риса при длительном затоплении заключается в остановке роста под водой, впадении в своеобразную спячку, а когда слой воды снизится, они продолжают свой рост и развитие. Поэтому был проведен опыт по проращиванию семян в пробирках из под слоя воды 10 см (рис. 6).

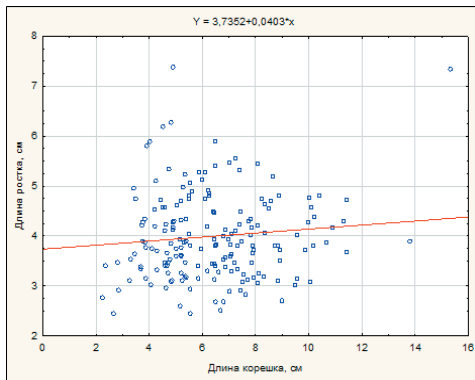


Рис. 4. Взаимосвязь длины ростка и корешка у образцов риса

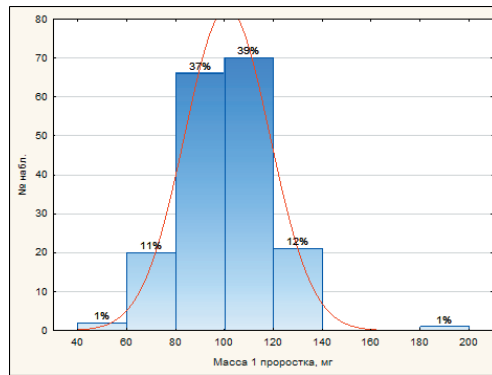


Рис. 5. Распределение образцов риса по массе проростка, мг



Рис. 6. Прорастание семян риса в пробирках

Табл. 1.

Всхожесть и размеры проростков риса на 4-й и 10-й день проращивания в чашках Петри.

Параметры	Всхожесть, %	Длина ростка, см		Длина корешка, см		Масса 1 проростка, мг
		4-й день	10-й день	4-й день	10-й день	
Минимум	40,0	1,3	3,5	2,2	3,8	34
Максимум	100,0	3,2	11,4	8,0	14,4	117
Среднее	95,2	2,2	7,6	5,1	7,7	84
Ст. откл.	11,9	0,4	1,6	1,2	2,1	17

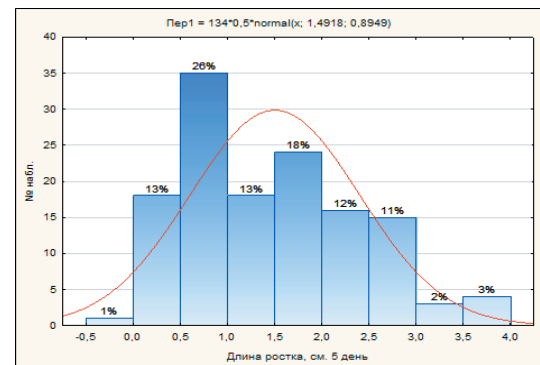


Рис. 7. Распределение сортов и линий риса по средней длине проростка при анаэробном проращивании

В результате исследований было установлено, что при анаэробном проращивании через 5 суток большинство изучаемых сортов и линий (71 %) имели среднюю длину ростка от 0,1 до 2,0 см, только 6 % обладали максимальной средней длиной ростков от 3,0 до 4,0 см (рис. 7).

Максимальное значение средней длины ростка в интервале от 3,0 до 4,0 см было у линий 1665 (Атлант x Нейтрон), 1176 (Inbara -3 (Sub-1) x Новатор x Контакт) и 1337 ((BR-11 x Новатор) x Кубань).

Большинство линий не имели корней. Только у трех линий был обнаружен проросший корешок, его длина составила от 2-3 мм.

При аноксии проросток риса удлиняет междоузлие и формирует в первую очередь росток, более длинный, чем при аэробном проращивании, чем и обуславливается незначительное развитие или отсутствие корешка у большинства растений риса. В процессе исследования 19 линий риса слабо проросли в пробирках, от 0,1 до 0,5 см, что дало предположение о наличии у них гена Sub 1A.

По данным изменения величины прироста образцов можно судить о наличии или отсутствии гена Sub 1A. Через 2 дня, т.е. на 7 день роста в пробирках длина ростка у образцов варьировала от 0,9 до 4,8 см, в среднем – 2,7 см (рис. 8). Минимальный прирост, или состояние покоя у изучаемых образцов свидетельствует о возможности присутствия в них гена Sub1A. Самый малый прирост длины ростка (0,2-0,5 см) был отмечен у образцов: 1177 (Inbara-3 x Новатор x Контакт), 3137 (Inbara-3 x Степняк), 2407 (Бахус x Inbara-3), 1337 (BR-11 x Новатор) x Кубань 3), 1176 (Inbara-3 x Новатор x Контакт), 767 (Inbara-3 x Контакт). У большинства из них в родословной имеется сорт Inbara-3, несущий в своем генотипе локус Sub1A

На 9-й день длина ростка варьировала от 1,8 до 7,0 см, в среднем 3,8 см (рис. 9). Наименьшая длина ростка (2,1-2,2 см) отмечена у образцов 766 (Inbara-3 x Контакт), 3137 (Inbara-3 x Степняк), 2407 (Бахус x Inbara-3).

Еще 25 образцов имели небольшую длину ростка до 3 см. Многие формы даже слабо формировали хлорофилл, были беловатыми. Чтобы они не погибли, уровень воды был снижен до 1 см (рис. 10). Это положительно повлияло на их дальнейший рост и развитие.

В их клетках активизировались аэробные процессы, нормализовался синтез ауксинов и гиббереллинов, в результате чего растения продолжили нормальный рост. На 12-й день длина проростка у образцов варьировала от 3,4 до 11,5 см, в среднем 6,3 см (рис. 11).

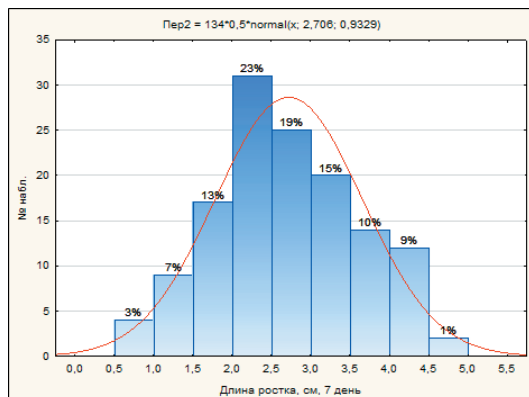


Рис. 8. Распределение сортов и линий риса по средней длине проростка при анаэробном проращивании на 7 день

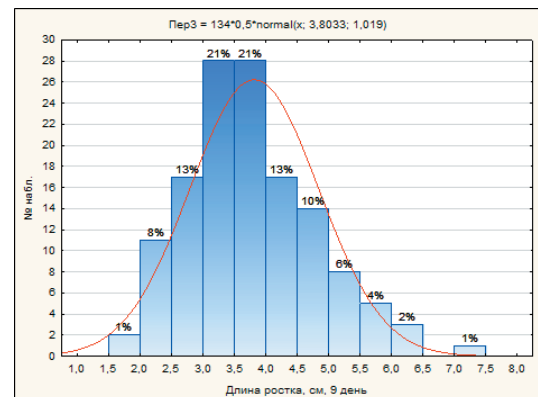


Рис. 9. Распределение сортов и линий риса по средней длине проростка при анаэробном проращивании на 9 день

Преобладали образцы с длиной ростка 3-7 см, их было 64%. Около 6% образцов быстро росли и преодолели слой воды в пробирке, выйдя на воздух. Это такие линии, как 2035 (KD Sub-1 Д-149 х Командор) и 350 (Inbara 3 х Новатор) х Контакт. Их длина составила 11,4 см. Однако интерес представляют и слабо растущие формы. В частности, образец 766 (Inbara-3 х Контакт) вырос лишь до 2,2 см, прибавив за 3 дня 1 мм. Это указывает на возможное наличие у него гена Sub1A.

Через 2 недели средняя длина проростков составила 8,6 см, варьируя от 3,0 до 16,5 см (рис. 12).

Самым высокорослым оказался образец 1191 [(Inbara-3 х Контакт) х (Khao Hlan On х Кубояр)] – 16,5 см, а низкорослым опять №766 – 3 см. По-видимому, образцу 1191 передан ген энергичного роста (AG) от сорта Khao Hlan On, а образцу 766 – ген Sub1A от сорта Inbara-3.



Рис. 10. Слабо прорастающие образцы со слитой водой

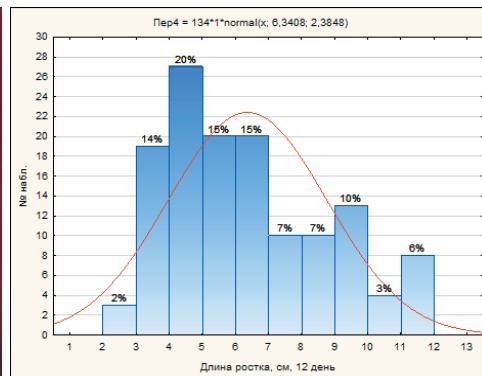


Рис. 11. Распределение сортов и линий риса по средней длине проростка при анаэробном прорастании на 12 день

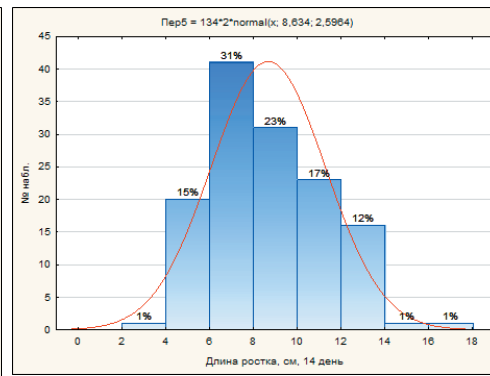


Рис. 12. Распределение сортов и линий риса по средней длине проростка при анаэробном прорастании на 14 день

Выводы

1. В результате исследований дана оценка селекционному материалу риса в объеме 180 образцов по устойчивости к длительному затоплению слоем воды, энергии начального роста и наличию гена Sub1A.
2. Выделены образцы с минимальным приростом стебля (0,2-0,5 см) в анаэробных условиях: 1177, 3137, 2407, 1337, 1176, 767, которые имели в родословной сорт Inbara-3, несущий в своем генотипе локус Sub1A.
3. В результате физиологической оценки образцов риса выявлены образцы, имеющие наибольший потенциал роста и развития в условиях длительного затопления: 2035 (KD Sub-1 Д-149 х Командор), 350 (Inbara 3 х Новатор) х Контакт, 1191 [(Inbara-3 х Контакт) х (Khao Hlan On х Кубояр)]. Раскрыт потенциал определенных сортов быстро расти и преодолевать слой воды.

Литература / References

1. Kawano N, Ito O, Sakagami J.I. Morphological and physiological responses of rice seedlings to complete submergence (flash flooding). *Ann Bot.* 2009;103:161-9.
2. Zhang Q. Strategies for developing Green Super Rice. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2007;104(42):16402-9.
3. Mittler R, Blumwald E. Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives. *Annu Rev Plant Biol.* 2010;61:443-62.
4. Lawlor DW. Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. *J Exp Bot.* 2013;64(1):83-108.
5. Mickelbart MV, Hasegawa PM, Bailey-Serres J. Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. *Nat Rev Genet.* 2015;(1):1-15.
6. Barik SR, Pandit E, Pradhan SK, Mohanty SP, Mohapatara T. Genetic mapping of morpho-physiological traits involved during reproductive stage drought tolerance in rice. *PLoS One.* 2019;14(12). DOI: 10.1371/journal.pone.0214979
7. Fukao T, Yeung E, Bailey-Serres J. The submergence tolerance regulator sub1a mediates crosstalk between submergence and drought tolerance in rice. *Plant Cell.* 2011;23:412-27.
8. Jung KH, Seo YS, Walia H, Cao P, Fukao T, Canlas PE, Amonpant F, Bailey-Serres J, Ronald PC. The submergence tolerance regulator sub1a mediates stress-responsive expression of ap2/erf transcription factors. *Plant Physiol.* 2010;152:1674-92.
9. Niroula RK, Pucciariello C, Ho VT, Novi G, Fukao T, Perata P. SUB1A-dependent and -independent mechanisms are involved in the flooding tolerance of wild rice species. *Plant J.* 2012;72:282-93.
10. Bin Rahman ANMR, Zhang JH. Flood and drought tolerance in rice: Opposite but may coexist. *Food Energy Security.* 2016;5(2):76-88. DOI: 10.1002/fes3.79
11. Singh R, Singh Y, Xalaxo S et al. From QTL to variety-harnessing the benefits of QTLs for drought, flood and salt tolerance in mega rice varieties of India through a multi-institutional network. *Plant Sci.* 2016;242:278-87. DOI: 10.1016/j.plantsci.2015.08.008

«»

УДК:582.572.8:58.071

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ШТАММОВ АССОЦИАТИВНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР К МИКОЗАМ

Г.Е. Ларина*, Л.Г. Серая

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы, Российская Федерация

*Эл. почта: galina.larina@mail.ru; galina.larina@vniif.com

Статья поступила в редакцию: в редакцию 02.11.2022; принята к печати 27.11.2022

Для получения высокопродуктивных садов большую важность имеют первые годы роста растений, высаживаемых в открытый грунт в виде укорененных подвоев для дальнейшей прививки или саженцев 1-2-го года развития. Перспективна экологичность и эффективность применения препаратов на основе штаммов ассоциативных микроорганизмов в технологии производства саженцев плодовых семечковых культур на разных этапах их роста. По результатам многолетних опытов в Нечерноземной зоне установлено, что биопрепараты на основе штамма В-10 ВИЗР *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas fluorescens* положительно влияют на морфологию молодых растений (побегообразование) и режимы питания (мобилизация фосфора); штамм 26 Д *Bacillus subtilis* и *Trichoderma* sp. на ростовые качества (высота, прирост) и фотосинтетическую активность листьев;

фитолавин – устойчивость к инфекционным болезням и фотосинтетическую активность листьев. Показана тесная прямая связь между высотой саженцев и биологией штамма микроорганизма (или консорциума грибов и бактерий), нормой применения препарата и размером листьев; а также обратная зависимость между высокой гумусированностью почвы и микозами. Применение биопрепаратов сохранило высокое биоразнообразие в почве и ризосфере растений, сопоставимое с контролем (без применения биопрепаратов). В опытных вариантах отмечены изменения в структуре сообщества микромицетов, где соотношение между родами изменилось в пользу *Acremonium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Clonostachys*, *Paecilomyces*, *Talaromyces*, *Penicillium*, *Trichoderma* при общем снижении разнообразия числа доминирующих микромицетов из рода *Fusarium*, *Trichoderma*, *Clonostachys*, *Paecilomyces*. Это подтверждает успешную конкуренцию штаммов грибов и бактерий в составе препаративной формы и активизацию фунгистазиса почвы в корневой зоне молодых растений.

Ключевые слова: защита растений, плодовые культуры, фитопатоген, фунгистазис, иммунитет, биопрепараты, агропочвоведение.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE USE OF PREPARATIONS BASED ON STRAINS OF ASSOCIATE MICROORGANISMS IN INCREASING THE RESISTANCE OF FRUIT CROPS SEEDLINGS TO MYCOSES

G.E. Larina*, L.G. Seraya

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Russian Federation

*E-mail: galina.larina@mail.ru; galina.larina@vniif.com

For developing highly productive gardens, the first years of plant growth most important, when plants are planted in open ground as rooted rootstocks or seedlings of the 1st to 2nd year of development. For production of seedlings of fruit pome crops at different stages of their growth, it is promising to use preparations of associative microorganism strains. Based on the results of many years of experiments in the Non-Chernozem zone, it was found that biological preparations based on the B-10 VIZR strain of *Bacillus subtilis* and on *Pseudomonas fluorescens* are beneficial for young plants morphology (shoot formation) and for nutritional patterns (phosphorus mobilization), and based on the strain 26 D *Bacillus subtilis* and, on *Trichoderma* sp., for growth (height, increment) and for the photosynthetic activity of leaves. Phytolavin was found to enhance plant resistance to infectious diseases and the photosynthetic activity of leaves. Close direct relationships have been found between seedlings height and the biology of the strain of a microorganism (or a consortium of fungi and bacteria), drug dosage and leaves size. Inverse relationships are found between high soil humus content and mycoses. The use of biological products maintains high biodiversity in the soil and rhizosphere of plants. In experiments, changes were noticed in the structure of the micromycete community, the ratio between genera being changed. There was observed an increase in the abundance of fungi from the genera *Acremonium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Clonostachys*, *Paecilomyces*, *Talaromyces*, and *Penicillium*, *Trichoderma* and a general decrease in the diversity of micromycetes from the genera *Fusarium*, *Trichoderma*, *Clonostachys*, and *Paecilomyces*. These findings confirm the successful competition of strains of fungi and bacteria included in their preparative form and the activation of soil fungistasis in the root zone of young plants.

Key words: plant protection, fruit crops, phytopathogen, fungistasis, immunity, biological products, agro-soil science.

Введение

Фенологические наблюдения за ростом молодых растений семечковых плодовых культур демонстрируют широкие адаптационные возможности укорененных подвоев яблони и груши. Но необходимо подчеркнуть, что молодые растения максимально чувствительны к деструктивному влиянию стресс-факторов, что отмечается на начальных этапах онтогенеза [1-3]. В последнее десятилетие активно ведутся работы по научно-обоснованному применению препаратов на основе разных штаммов грибов и бактерий в системе работ по уходу и защите садовых (плодовых) и декоративных культур [4, 5]. В отечественном растениеводстве применение биологических препаратов очень перспективно. Получение экологически безопасной растительной продукции начинается не только в момент плодоношения, но и при получении (выращивании) здорового и устойчивого к стресс-факторам посадочного материала.

Поэтому цель нашего исследования изучить реакцию молодых древесных растений на применение биопрепаратов разной природы в условиях начального роста.

Материал и методы исследования

Многолетние исследования проводили в питомнике в зоне подзолистых и дерново-подзолистых почв таежно-лесной области в Центральном и Волго-Вятском районах. В 2018 году заложен многолетний опыт: высажены укорененные подвои яблони и груши для дальнейшей прививки методом окулировки. Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва участка подготовлена согласно стандартным агротехнологиям 1-й агроклиматической зоны. Расположение учетных площадок рандомизированное. Повторность 4-х кратная.

Опрыскивание по листу проводили в сухую погоду, без прямых солнечных лучей. Схема опытов включала следующие варианты: 1) контроль (без применения биопрепаратов), 2) Алирин – однократно пролив почвы после посадки и 5-ти кратное опрыскивание через 14 дней, 3) Фитоспорин – однократно пролив почвы после посадки и 5-ти кратное опрыскивание через 14 дней, 4) ФитоХелп – однократно пролив почвы после посадки и 5-ти кратное опрыскивание через 14 дней, 5) БТУ Универсальный – однократно пролив почвы после посадки и 5-ти кратное опрыскивание через 14 дней, 6) МикоХелп – однократно пролив почвы после посадки и 5-ти кратное опрыскивание через 14 дней, 7) МикоФренд – однократно пролив почвы после посадки, 8) Бинорам – однократно пролив почвы после посадки, 9) Фитолавин – однократно пролив почвы после посадки и 3-х кратное опрыскивание через 14 дней.

Табл. 1.

Описание препаратов, испытываемых в опытах 2018-2020 гг.

Группа	Действующее вещество	Препарат	Код	Норма препарата на 100 л рабочего раствора
A	штамм <i>Bacillus subtilis</i>	алирин фитоспорин фитохелп	Bs1 Bs2 Bs3	0,2 кг (пролив под корень), 0,2 кг (опрыскивание) 0,2 л 1,5 л
B	Ассоциированные микроорганизмы (<i>Bacillus subtilis</i> и др.)	БТУ Универсальный	BsAss	1,5 л (пролив под корень), 0,7 л (опрыскивание)
C	Ассоциированные микроорганизмы (<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Trichoderma</i> sp. и др.)	микохелп микопренд	BsTr1 BsTr2	3,5 л (пролив под корень), 1,0 (опрыскивание) 4,0 л
D	штамм <i>Pseudomonas fluorescens</i>	бинорам	Ps	4,0 л
E	комплекс стрептотрициновых антибиотиков (фитобактериомицин)	фитолавин	Bt	0,2 л (пролив под корень), 0,2 л (опрыскивание)

Погодные условия вегетационного периода 2018-2020 годов были благоприятными для роста и развития семечковых плодовых культур. По температурному режиму в летний период не установлены существенные отличия от среднемноголетних данных (18°C): в разные годы наблюдений температура колебалась от 17,0°C до 18,4°C. По режиму осадков и, соответственно, влажности все годы наблюдений отличались дефицитом влаги: количество осадков было 22 мм в 2018, 21,7 мм в 2019, 40,9 мм в 2020 году по сравнению со среднемноголетними (55 мм).

Исследования проведены с использованием приборно-аналитической базы отдела патологии декоративных и садовых культур и Центра коллективного пользования научным оборудованием ФГБНУ ВНИИФ. Были учтены морфометрические параметры (не менее 10 растений с каждой повторности) – высота, длина и количество побегов, площадь листовой пластины (весовым методом); эффективность препарата (ГОСТ Р 58433-2019) и реакция растений по состоянию фотосинтетических пигментов (ГОСТ 17.1.4.02-90).

Химические анализы почвы выполнены общепринятыми методами. Анализировали почвенные свойства: уровень кислотности (рН водной вытяжки ионометрически по ГОСТ 27753.2-88); содержание фосфора (ГОСТ 27753.5-88); азота (ГОСТ 27753.7-88); калия (ГОСТ 27753.6-88). Приборное обеспечение сертифицировано (ГОСТ Р 8.568-2017), погрешности выполнения анализов не превышали приведенные в стандарте ОСТ 41-08-212-04.

Микологические исследования проведены в специализированной лаборатории с применением метода посева на агаризованные среды и помещением образцов во влажную камеру. Терминология приведена в соответствии с Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org>).

Для оценки представленности и типичности видов грибов в составе микробоценоза конкретного местообитания использовали показатели: - временная частота встречаемости (ЧВВ) – это относительное число выборок (комочков в чашке), в которых встречается вид [6], т.е. если выборка состоит из 100 учетных комочков, а вид отмечен на 81, то частота встречаемости (ЧВ) равна 81 %;

- пространственная частота встречаемости (ЧВП) – это степень равномерности размещения видов или плотность в микробоценозе с учетом присутствия прочих видов, т.е. вклад данного вида в структуру микробоценоза.

Полученные результаты визуальных обследований и инструментального анализа подвергали статистической в MS Excel 2013 и Statistica 10. Рассчитывали среднее, стандартное отклонение (ST). Для обработки данных использовали корреляционный анализ (r - коэффициент корреляции) и многомерный разведочный анализ. Значимыми считали результаты при P<0,05).

Результаты и обсуждение

Вариант контроля в многолетнем опыте принят за эталон, где применена традиционная для 1-й агроклиматической зоны агротехнология, без влияния приема обработки биопрепаратами. Это принято за оптимальную схему роста молодых растений в гидротермических условиях вегетационного периода 2018-2020 годов.

Высота растений в контроле в 2018 году равнялась 52-96 см (среднее 73,2±13,7 см), в 2019-2020 годах. – 45-128 см (среднее 100,0±29,9 см). Если применялись биопрепараты, в 2018 году высота была 34-98 см (среднее 69,2±16,7 см), в 2019-2020 годах – 41-132 см (среднее 102,0±20,2 см). Значимое отставание в росте отмечено в варианте с применением препарата Микофренд – до 8% и увеличение с применением Микохелп (выше 8% относительно контроля, табл. 2). Видимо, включение в готовую форму множества ассоциированных микроорганизмов *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* sp. и др. приводит к разной реакции растений и получению противоречивых результатов.

Побегообразование у саженцев плодовых культур в первый год наблюдений было 1-2 шт. на растение в контроле и в последующие годы – 2-5 шт. В вариантах с применением биопрепаратов количество побегов равнялось в первый год испытаний 1-3 шт. на растение, в 2019-2020 гг. – 1-5 шт. Существенное увеличение побегообразования отмечено в варианте с применением препарата Бинорам – выше 20%, а подавление роста – с применением Фитолавина – до 10%. Препараты на основе штаммов *Pseudomonas fluorescens* активно участвуют в преобразовании питательных элементов в доступные для растений формы, что улучшает рост корней и вызывает «зеркальный» эффект в росте побегов.

В разные годы наблюдений прирост побегов в среднем был сопоставим и равнялся в контроле 25±3,2 см. Существенные увеличение в годовом приросте зафиксировано в варианте с применением препарата Микохелп – до 20%, отставание в росте – с применением Фитолавина (более 30% при сравнении с контролем).

Одним из важных ростовых показателей молодых растений является площадь поверхности листа или характеристика силы роста растения [7]. Размер листовой пластины в разные годы наблюдений в контрольном варианте соответствовал экологии саженцев плодовых культур и равнялся 35±3,7 см². В сухие 2018-2019 годы растения испытывали стресс, рост листьев задерживался, крона была изрежена. Применение препарата Микохелп существенно увеличило площадь листьев в разные годы наблюдений – до 30%, а в варианте с применением Бинорама листья, наоборот, были мельче на 10% и более относительно контроля.

Реакция растений на стресс отражается на фотосинтетической активности. У у здоровых растений соотношение хлорофилла-а и хлорофилла-в равно 2-3. В контроле показатель α/β равнялся 3,4±0,9 в разные годы наблюдений, а в вариантах с применением препаратов на основе штаммов *Bacillus subtilis* (Алирин-Б, Фитоспорин, Фитохелп) и *Pseudomonas fluorescens* (Бинорам) был выше 4,1, что характерно для процесса быстрого старения растений. Определено статистически значимое торможение процесса старения в вариантах с применением препарата БТУ универсальный и Микофренд, и наоборот ускорение – в варианте с препаратом Бинорам. Последнее важно для подготовки растений к периоду покоя осенью.

Табл. 2.

Отклик саженцев плодовых деревьев на применение биологически активных пестицидов разной природы (среднее за период 2018-2020 гг., % относительно контроля)

Группа	Код	Препарат	Высота	Побегообразование	Годовой прирост	Площадь листа	α/β
А	Bs1	Алирин-Б	99	113	88	115	115
	Bs2	Фитоспорин	98	111	83	111	118
	Bs3	Фитохелп	104	111	91	120	115
В	BsAss	БТУ универсальный	104	104	88	110	103
С	BsTr1	Микохелп	108	115	118	135	114
	BsTr2	Микофренд	92	107	91	110	103
Д	Ps	Бинорам	102	122	101	88	122
Е	Bt	Фитолавин	97	96	69	94	114
	X	среднее	100,4	109,8	91,0	110,5	113,0
	ST	среднее	4,6	6,9	12,4	12,7	6,0

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, существенно отличающиеся от контроля при P<0,05

Изменения плодородия почвы по уровню кислотности, содержанию органического веществ и доступного азота не были установлены при сравнении с контролем для всех вариантах опыта и составляли 6,6-6,8, 2,2-2,7% и 154-256 мг/кг соответственно. Существенно отличалось

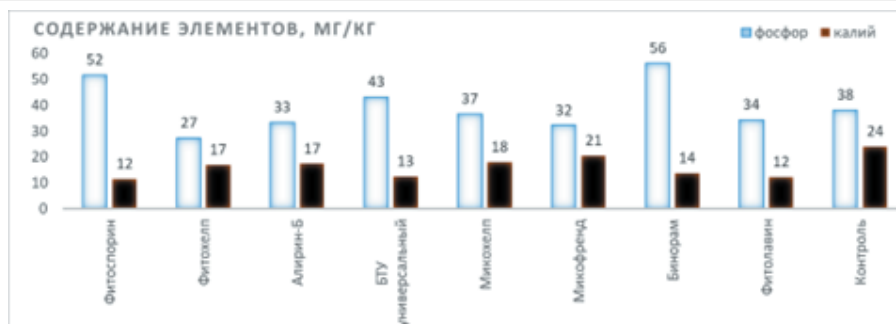


Рис. 1. Уровень доступных растениям подвижных форм фосфора и калия

содержание подвижного фосфора в варианте с препаратом на основе штамма *Pseudomonas fluorescens* (Бинорам) – выше 56 мг/кг по сравнению с 27-30 мг/кг в контроле и прочих вариантах. Отметим, что содержание доступного калия во всех опытных вариантах было меньше, чем в контроле.

Плодородие почвы также зависит от структуры и состава микробного ценоза (грибы, бактерии, участвующие в разных процессах питания, фотосинтеза, иммунитета растений и др). Установлено, что развитие листовых пятнистостей увеличилось в контроле в течение вегетационного сезона от 21% до 70%, в среднем ЧВП = 67%. Инфекционные болезни чаще всего вызывают фитопатогены грибного происхождения (из родов *Alternaria*, *Clonostachys*, *Fusarium*, *Mucor*) – в контроле ЧВП= 66,7±20% (табл. 3). Бактериальные болезни листьев видимо не актуальны по причине выбраковки таких саженцев и удаления на всех этапах производства посадочного материала.

Сравнительный анализ восприимчивости обработанных биопрепаратами древесных растений к листовым (аэрогенным) болезням показал противоречивые результаты по сдерживанию листовых микозов у плодовых культур. Наблюдалась тенденция по снижению ЧВП грибов в вариантах с применением испытываемых препаратов и увеличению ЧВП бактерий, что подтвердил коэффициент корреляции равный $-0,73 \pm 0,11$ при $P < 0,05$.

Табл. 3.

Состав микробоценоза филлосферы растений.

Группа	Код	Грибной комплекс (род)	ЧВП, грибы	ЧВП, бактерии
А	Bs1	<i>Alternaria</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Cunninghamella</i> , <i>Phoma</i> , <i>Scopulariopsis</i> , <i>Trichoderma</i>	83,3	8,3
	Bs2	<i>Alternaria</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Geotrichum</i>	63,6	18,2
	Bs3	<i>Alternaria</i> , <i>Phoma</i> , <i>Rhizoctonia</i>	50,0	20,0
В	BsAss	<i>Alternaria</i> , <i>Chaetomium</i>	50,0	12,5
С	BsTr1	<i>Alternaria</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Talaromyces</i> , <i>Trichoderma</i>	55,6	22,2
	BsTr2	<i>Alternaria</i>	50,0	25,0
Д	Ps	<i>Alternaria</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Talaromyces</i> , <i>Trichoderma</i>	83,3	*
Е	Bt	<i>Alternaria</i>	50,0	16,7
Контроль	-	<i>Alternaria</i> , <i>Clonostachys</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Mucor</i>	66,7	*

Примечание: *менее 5%

Видимо, применение биопрепаратов влияет на конкуренцию микроорганизмов в филлосфере и ризосфере растения. Лучший результат по снижению плотности в микробоценозе, включая фитопатогены, отмечен в варианте с применением препарата на основе штаммов ассоциативных микроорганизмов – BsAss (БТУ Универсальный), в состав которого входят бактерии-антагонисты *Bacillus subtilis*, азотфиксирующие и калий-мобилизирующие бактерии из родов *Azotobacter* и *Paenibacillus*; молочнокислые бактерии из родов *Enterococcus*, *Lactobacillus*. Отметим, что применение препаратов на основе эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* показало разные результаты, что объясняется биологией штаммов, рекомендованных к применению в сельском хозяйстве, где используют 4 штамма: 26 Д (Фитоспорин, Фитохелл), В-10 ВИЗР (Алирин-Б), ИПМ 215 (Бактофит – не испытывали) и М-22 ВИЗР (Гамаир – не испытывали).

Интересный результат получен по составу почвенного микробоценоза после применения биопрепаратов (табл. 4). Оно сохранило биоразнообразие в почве и ризосфере растений на высоком уровне. В составе доминирующих микромицетов в контроле практически нет различий между почвенным комплексом и в ризосфере растений – представители родов *Fusarium*, *Trichoderma*, *Clonostachys*, *Paecilomyces*. В опытных вариантах отмечены изменения в структуре сообщества микромицетов, где соотношение между родами изменилось в пользу *Acremonium*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Clonostachys*, *Paecilomyces*, *Talaromyces*, *Penicillium*, *Trichoderma* при общем снижении разнообразия родов из числа доминирующих микромицетов, включая зону корневой системы молодых растений. Это подтверждает успешную конкуренцию штаммов грибов и бактерий в составе препаративной формы и активизацию фунгистазиса почвы. Полученный результат совпадает с данными других авторов, в работах которых отмечалось, что фунгистазис почвы (то есть задержка и подавление прорастания спор почвенных грибов) характеризуется перегруппировкой комплекса микромицетов в ризосфере полевых культур и почве, выражающейся в увеличении численности родов *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium* [6, 8].

Корреляционный анализ массива данных показал тесную прямую зависимость между высотой саженцев и биологией штамма микроорганизма, нормой применения препарата и площадью листовой пластины ($r = 0,80-0,84$); обратную зависимость между содержанием гумуса (азота) в корневой зоне и микозами листьев ($r = -0,74 - -0,78$).

Провели процедуру иерархического кластерного анализа методом Варда с использованием Евклидова расстояния и получили кластеры, находящиеся на самом близком расстоянии, т.е. группы препаратов со схожим эффектом: первая (i) – Bs1, Ps; вторая (ii) – Bs2, Bs3, BsTr1, BsTr2, Bt; третья (iii) – BsAss. Данные кластерного анализа подтвердили различия в эффектах препаратов на основе разных штаммов бактерий из рода *Bacillus subtilis* – в первую группу вошел штамм В-10 ВИЗР (Bs1), а во вторую – 26 Д (Bs2, Bs3).

Выводы

По данным многолетних исследований можно заключить, что биопрепараты на основе штамма В-10 ВИЗР *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas fluorescens* оказывают заметное положительное влияние на морфологию (побегообразование) и режимы питания (улучшают усвоение фосфора); штамм 26 Д *Bacillus subtilis* и *Trichoderma* sp. – на ростовые качества (высота, прирост) и фотосинтетическую активность листьев; фитолавин – повышает устойчивость к инфекционным болезням и фотосинтетическую активность листьев.

Структура сообщества микромицетов и регулируемый фунгиостазис почвы.

Группа	Код	Состав грибного комплекса (род)		Микромицеты-доминанты, ЧВВ выше 60%	
		почва	ризосфера	почва	ризосфера
A	Bs1	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Cunninghamella, Fusarium, Geotrichum, Penicillium, Rhizopus, Talaromyces, Trichoderma</i>	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Monilia, Talaromyces, Trichoderma, *микориза</i>	<i>Fusarium, Geotrichum, Penicillium, Trichoderma</i>	<i>Acremonium, Trichoderma</i>
	Bs2	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Fusarium, Humicola, Mucor, Paecilomyces, Penicillium, Rhizopus, Trichoderma</i>	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Fusarium, Humicola, Mucor, Paecilomyces, Penicillium, Trichoderma</i>	<i>Fusarium, Penicillium, Rhizopus, Trichoderma</i>	<i>Paecilomyces, Trichoderma</i>
	Bs3	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Fusarium, Mucor, Penicillium, Rhizopus, Talaromyces, Trichoderma</i>	<i>Alternaria, Aspergillus, Clonostachys, Cyllindrocarpon, Fusarium, Paecilomyces, Penicillium, Trichoderma</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Clonostachys, Trichoderma</i>
B	BsAss	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Fusarium, Humicola, Paecilomyces, Penicillium, Rhizopus, Trichoderma, Ascochyta, Clonostachys, Fusarium, Geotrichum, Humicola, Mucor, Penicillium, Rhizopus, Talaromyces, Trichoderma</i>	<i>Acremonium, Alternaria, Cyllindrocarpon, Fusarium, Penicillium, Trichoderma</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium, Trichoderma</i>
C	BsTr1	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Fusarium, Humicola, Mucor, Penicillium, Rhizopus, Talaromyces, Trichoderma</i>	<i>Acremonium, Clonostachys, Cyllindrocarpon, Fusarium, Trichoderma</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Trichoderma</i>
	BsTr2	<i>Acremonium, Aspergillus, Clonostachys, Cunninghamella, Fusarium, Humicola, Penicillium, Rhizopus, Trichoderma</i>	<i>Acremonium, Alternaria, Aspergillus, Clonostachys, Cyllindrocarpon, Fusarium, Humicola, Paecilomyces, Penicillium, Rhizopus, Trichoderma</i>	<i>Fusarium, Rhizopus</i>	<i>Clonostachys, Trichoderma, Alternaria</i>
D	Ps	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Fusarium, Humicola, Paecilomyces, Penicillium, Phoma, Pythium, Rhizopus, Talaromyces, Trichoderma</i>	<i>Acremonium, Clonostachys, Penicillium, Rhizomucor, Talaromyces, Trichoderma</i>	<i>Fusarium, Humicola, Trichoderma</i>	<i>Fusarium, Clonostachys, Trichoderma</i>
E	Bt	<i>Clonostachys, Fusarium, Humicola, Penicillium, Pythium, Rhizopus, Talaromyces, Trichoderma</i>	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Cyllindrocarpon, Fusarium, Paecilomyces, Penicillium, Trichoderma</i>	<i>Clonostachys, Fusarium, Talaromyces, Trichoderma</i>	<i>Alternaria, Clonostachys, Trichoderma</i>
Контроль	-	<i>Acremonium, Clonostachys, Cunninghamella, Fusarium, Humicola, Mucor, Penicillium, Rhizopus, Trichoderma</i>	<i>Acremonium, Alternaria, Clonostachys, Fusarium, Paecilomyces, Penicillium, Pythium, Rhizoctonia, Trichoderma</i>	<i>Fusarium, Trichoderma, Clonostachys</i>	<i>Clonostachys, Fusarium, Paecilomyces, Trichoderma</i>

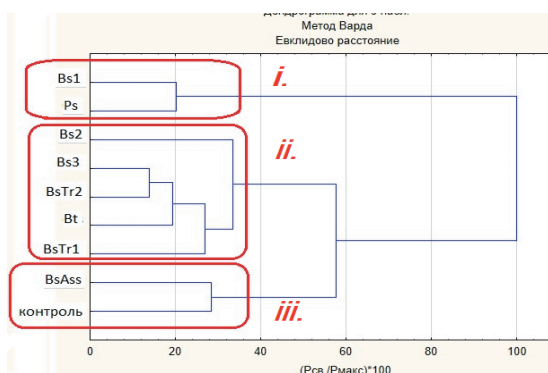


Рис. 2. Дендрограмма иерархического кластерного анализа эффективности биологических препаратов методом Варда с использованием Евклидова расстояния (расшифровка сокращений в тексте)

Показана тесная прямая связь между высотой саженцев и биологией штамма микроорганизма (или консорциума грибов и бактерий), нормой применения препарата и размером листьев ($r = 0,80-0,84$); а также обратная зависимость между высоким плодородием (содержание гумуса, азота) и микозами ($r = -0,74 -- -0,78$).

В целом полученный результат подтверждает экологичность и эффективность применения препаратов на основе штаммов ассоциативных микроорганизмов в технологии производства саженцев плодовых семечковых культур на разных этапах их роста.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0598-2019-0004)

Литература

1. Мережко ОЕ. Влияние биопрепаратов на ростовые процессы саженцев яблони. Современное садоводство. 2019;(2):96-101. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-biopreparatov-na-rostovyye-protsessy-sazhentsev-yabloni> (дата обращения: 03.02.2022).
2. Полякова НН, Серая ЛГ., Ларина ГЕ. Поражение листы саженцев липы мелколистной на фоне применения средств химической защиты. В кн.: Проблемы лесной фитопатологии и микологии: материалы X междунар. конф. Москва-Петрозаводск: КНЦ РАН; 2018. С. 248-51.
3. Seraya LG, Larina GE, Kalemбет IN, Polyakova NN, Petrov AV. Mycological effects as a sign of a phytopathological situation in green landscape. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 579. 2020; 012069. doi:10.1088/1755-1315/579/1/012069.
4. Волкович АП, Носников ВВ. Интенсивные технологии выращивания посадочного материала и лесовосстановления. Минск: БГТУ, 2015.

5. Poddymkina LM, Larina GE, Narezhnaya ED, Belopukhov SL, Dorozhkina LA. Complex protection of the orchard with the use of growth regulators and polyfunctional fertilizers. IOP Conf Ser: Earth and Environmental Science. 1045. 2022; 012067. doi:10.1088/1755-1315/1045/1/012067.
6. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ; 1988.
7. Янчук ТВ, Седов ЕН. Высота и площадь листа однолеток яблони сортов разной ploидности. Современное садоводство. 2017;(21):12-6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysota-i-ploschad-lista-odnoletok-yablони-sortov-raznoy-ploidnosti> (дата обращения: 04.09.2022).
8. Маршунова Г.Н. Методы определения фунгистазиса почвы. В кн.: Некоторые новые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и изучения их свойств. Методические рекомендации. Ленинград; 1982.

References

1. Merezko OYe. [Influence of biological preparations on the growth processes of apple seedlings]. *Sovremennoye Sadovodstvo*. 2019;(2):96-101. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-biopreparatov-na-rostovoye-protsessy-sazhentsev-yablони> (date of access: 02/03/2022). (In Russ.)
2. Polyakova NN, Seraya LG, Larina GYe. [Lesioning of the foliage of small-leaved linden seedlings upon the use of chemical protection agents]. In: *Problemy Lesnoy Fitopatologii i Mikologii*. Moscow-Petrozavodsk: KNTs RAN; 1918. P. 248-51 (In Russian).
3. Seraya LG, Larina GE, Kalebmet IN, Polyakova NN, Petrov AV. Mycological effects as a sign of a phytopathological situation in green landscape. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 579. 2020; 012069. doi:10.1088/1755-1315/579/1/012069.
4. Volkovich AP, Nosnikov VV. *Intensivnyye Tekhnologii Vyraschivaniya Posadochnogo Materiala i Lesovosstanovleniya*. Minsk: BSTU; 2015. (In Russ.)
5. Poddymkina LM, Larina GE, Narezhnaya ED, Belopukhov SL, Dorozhkina LA. Complex protection of the orchard with the use of growth regulators and polyfunctional fertilizers. IOP Conf Ser: Earth and Environmental Science. 1045. 2022; 012067. doi:10.1088/1755-1315/1045/1/012067.
6. Mirchinik TG. *Pochvennaya Mikologiya [Soil Mycology]*. Moscow:MGU; 1988. (In Russ.)
7. Yanchuk TV, Sedov YeN. [Leaf height and area of one-year-old apple trees of different ploidy varieties]. *Sovremennoye Sadovodstvo*. 2017;(21):12-16. Anonimous. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysota-i-ploschad-lista-odnoletok-yablони-sortov-raznoy-ploidnosti> (Date of access: 09/04/2022). (In Russian)
8. Marshunova GN [Methods for determining of soil fungistasis]. In: *Nekotorye Novye Metody Kolichestvennogo Ucheta Pochvennykh Mikroorganizmov i Izucheniya Ikh Svoystv*. Leningrad; 1982. (In Russ.)

«»

УДК: 632.4.01/.08, 632.7.04/.08

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, НЕГАТИВНО ВЛИЯЮЩИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ К ВРЕДИТЕЛЯМ И АФИЛЛОФОРОВЫМ ГРИБАМ

С.Э. Некляев*, Л.Г. Серая, Г.Е. Ларина

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы, Россия

* Эл. почта: slava9167748107@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 07.09.2022; принята к печати 22.11.2022

Устойчивость древесных растений к вредителям и стволовым гнилям снижается по мере изменений климата повсеместно, включая нечерноземную зону России. Рост площадей ослабленных хвойных лесов и площадей буреломов является сигналом усиления негативного влияния абиотических факторов и фитопатогенов. Приоритетная роль в декомпозиции древесного субстрата принадлежит афиллофоровым грибам. Подготовительная или нулевая стадия ксилотиза протекает в пределах одного вегетационного сезона или его части и не влияет на изменения в характеристиках древесины. Первая стадия проходит за 1–2 года, приводя к образованию кольца деревоокрашивающих грибов. На второй стадии становятся заметны результаты окисления среды афиллофоровыми грибами, образуется покраснение древесины. Стадия длится от 2 до 3 лет. Третья стадия, период активного роста мицелия, приводит к образованию пятен бурой гнили и длится от 4 до 6 лет. На четвертой стадии мицелий осваивает до 70% субстрата до размягчения гнили, этот процесс занимает от 4 до 8 лет. Сроки завершающих стадий разрушения древесины продолжительные от 10 до 60 лет. Эти стадии характеризуются почти полной утратой структуры древесины и могут быть выделены по глубине вовлечения продуктов распада в циклы минерального и органического питания насаждения. Смена сукцессий грибов и мезофауны протекает в условиях последовательной смены сапроксийных организмов в ходе изменения качественных характеристик субстрата. В ходе изучения модельных деревьев была выявлена зависимость между перфорацией древесины и развитием плодовых тел. С учетом особенностей физиологии афиллофоровых грибов можно полагать, что развитие плодовых тел начинается при глубоком освоении субстрата, достаточном для формирования вторичного вегетативного мицелия.

Ключевые слова: фитопатоген, ксилотиз, афиллофоровые грибы, хвойные растения.

THE ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF CURRENT CLIMATE CHANGES THAT NEGATIVELY AFFECT THE RESISTANCE OF CONIFEROUS PLANTS TO PESTS AND APHYLLOPHORALES FUNGI

S.E. Nekliayev*, L.G. Seraya, G.Ye. Larina

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Russian Federation

* Email: slava9167748107@yandex.ru

The resistance of woody plants to pests and stem rot is reduced in the Non-Chernozem zone of Russia. The spread of areas where coniferous forests are compromised and of windbreak areas is a signal of an increase in the negative impact of abiotic factors and phytopathogens. The primary role in the decomposition of the woody substrate belongs to Aphyllophorales fungi. The zero stage of xylolysis occurs within one growing season or a part of it and does not affect the characteristics of wood. The first stage takes 1–2 years and leads to the formation of a ring of wood-staining fungi. At the second stage, the results of oxidation of wood milieu by Aphyllophorales fungi become noticeable, and wood becomes reddened. This stage lasts from 2 to 3 years. The third stage, the period of an active growth of mycelium, which lasts from 4 to 6 years, is associated with the formation of brown rot spots. At the fourth stage, mycelium metabolizes up to 70% of the substrate until rot softens. This process takes from 4 to 8 years. The final stages of wood destruction last long, from 10 to 60 years, and result in an almost complete loss of wood structure. The succession of fungi and mesofauna is associated with an alternation of saproxylic organisms in the course of changes in the qualitative characteristics of their substrate. During our study of model trees, a relationship was found between wood perforation and fruiting bodies development. With account of the specific physiological characteristics of Aphyllophorales fungi, one may conclude that the development of fruiting bodies begins upon a high level of substrate degradation sufficient for the formation of a secondary vegetative mycelium.

Keywords: phytopathogen, xylolysis, Aphyllophorales fungi, conifers.

* Полный текст статьи опубликован в журнале *Биосфера* (2022;14(3):234-44). DOI:10.24855/biosfera.v14i3.689

«»

УДК:631.5:631.82:633.11:633.14

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ И ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

С.Ю. Новиков*, А.В. Соломатин, Г.А. Гармаш, П.М. Политыко, Н.Ю. Гармаш
ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Сколково, Россия

*Эл. почта: sergeynovikov1994@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В условиях Центрального района Нечерноземной зоны на дерново-подзолистой суглинистой почве в трёхлетних полевых опытах изучено влияние температуры почвы на урожайность сортов озимой ржи и озимой пшеницы селекции «ФИЦ «Немчиновка» при выращивании по технологиям разного уровня интенсивности применения средств защиты растений и минерального питания (базовая, интенсивная и высокоинтенсивная технологии).

Ключевые слова: температура почвы, технологии, урожайность, озимая пшеница, озимая рожь.

THE INFLUENCE OF SOIL TEMPERATURE AND CULTIVATION TECHNOLOGIES ON RYE AND WHEAT YIELDS ON SOD-PODZOL SOILS OF THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

S.Yu. Novikov*, A.V. Solomatin, G.A. Garmash, P.M. Polityko, N.Yu. Garmash
Nemchinovka Federal Research Center, Skolkovo, Russia

*E-mail: sergeynovikov1994@mail.ru

In the conditions of podzolic loamy soil in the Central region of the Non-Chernozem zone, the effects of soil temperature on the yield of winter rye and winter wheat varieties selected at Nemchinovka Federal Research Center were studied in three years long field experiments. The crops were cultivated using technologies of different levels of intensity of application of plant protection means and mineral nutrition (basic, intensive and high-intensity technologies).

Key words: soil temperature, technologies, yield, winter wheat, winter rye.

Введение

Каждая фаза роста и развития растений характеризуется своими минимальными, оптимальными и максимальными температурами. Повышение температуры почвы прямо влияет на всхожесть семян зерновых культур. Например, при температуре пахотного слоя почвы 4-5°C семена ржи прорастают в течение 4-х дней, при 16°C – за сутки. Семена озимой пшеницы начинают прорастать при температуре 1-2°C, но прорастание идет медленно. Для дружного прорастания и появления всходов нужна более высокая температура (12-15 °C). При температуре 14-16 °C и наличии влаги в поверхностном слое почвы всходы появляются через 7-9 дней [1].

Скорость развития корневой системы зависит прежде всего от температуры почвы. Рост более энергичен при оптимальной температуре, при этом увеличивается масса корневой системы, что в конечном итоге приводит к увеличению урожая и улучшению качества получаемой продукции.

Температура почвы влияет и на ход корневого питания у растений: этот процесс возможен лишь когда температура почвы на всасывающих участках на несколько градусов ниже температуры наземной части растения. Нарушение этого равновесия влечет за собой угнетение жизнедеятельности растения и даже его гибель [2].

Тепловой режим пахотного слоя почвы зависит от рельефа местности. Крутизна и экспозиция склонов определяют разницу в количестве тепла, поступающего на поверхность от солнечной энергии [3]. Почвы южных, юго-западных и юго-восточных склонов прогреваются лучше, чем почвы северных, северо-западных и северо-восточных и выровненных участках. Этот немаловажный фактор следует учитывать при выборе культур и их сортов.

В последние годы ФИЦ «Немчиновка» в рамках крупного научного проекта ведет работы по формированию региональных регистров агротехнологий с учетом стратегии адаптации потенциала землепользования России в современных условиях. Для этого разрабатываются алгоритмы прогнозирования неблагоприятных метеоусловий – засух, заморозков, а также методы оценки погодных рисков и изменчивости климата в адаптивно-ландшафтном земледелии. При этом используются новые методы оперативного сбора данных о параметрах почв и посевов [4, 5]. Также при разработке технологий возделывания стоит учитывать возможные неблагоприятные погодные условия вегетационного периода, так как они настолько сильно влияют на поступление элементов питания в растения, что вносимые минеральные удобрения могут не оказывать положительного воздействия на урожай или вызывать его снижение при недостаточном количестве влаги в почве. Поэтому применение даже высоких доз дорогостоящих минеральных удобрений не всегда приводит к прогнозируемому увеличению урожая. [7]. Однако при удовлетворительных погодных условиях существуют тенденции к увеличению урожая на дерново-подзолистой почве при различных уровнях интенсификации [6].

По результатам трёхлетних полевых опытов на дерново-подзолистой суглинистой почве Нечерноземной зоны изучено влияние температуры пахотного слоя почвы на урожайность сортов озимой ржи и озимой пшеницы селекции «ФИЦ «Немчиновка» при выращивании по технологиям разного уровня интенсивности применения средств защиты растений и минерального питания (базовая, интенсивная и высокоинтенсивная технологии).

Материал и методы исследования

Исследования проводили в 2019-2021 гг. на опытном поле ФИЦ «Немчиновка» (д. Соколово, Московская область) в полевом севообороте с чередованием культур: занятый пар (вика + овес), озимые зерновые, картофель, яровые зерновые, зернобобовые. Данные по результатам исследований представлены за 2019 – 2021 гг.

Погодные условия существенно различались по годам: 2019 год (ГТК – 1,03) был несколько засушливым, 2020 год (ГТК – 2,79) отличался избыточным увлажнением, 2021 год (ГТК – 1,52) характеризовался оптимальными условиями увлажнения.

Почва опытных участков – дерново-подзолистая среднесуглинистая, имеющая следующие агрохимические показатели: рНКС1 – 5,8-6,2; содержание гумуса – 1,9-2,2 %; гидролитическая кислотность (Нг) – 1,34-2,70 мг-экв./100 г; содержание подвижного фосфора (P2O5) и калия (K2O): 274-316 и 110-137 мг/кг почвы (по Кирсанову) соответственно. Мощность пахотного горизонта – 20-22 см. Плотность сложения пахотного горизонта почвы – 1,20-1,35 г/см3. Система обработки почвы – лущение жнивья, вспашка на глубину 20-22 см, культивация на 10-12 см; предпосевная культивация на 6-8 см, обработка агрегатом «Марс», «Катрос».

Посев проводили сеялкой «Amazon US» с нормой высева 5 млн. всхожих зерен на га, урожай убирали при полной спелости зерна.

В опыте возделывали озимую рожь сорта Московская 18 и гибрид F1 «Немчиновский» и озимую пшеницу сортов Московская 56 и Немчиновская 24.

Под посевы культур на глубину 5-7 см была проведена закладка двух датчиков EBRO EB1 20-T1. Измерения температуры почвы проводились весь вегетационный период растений с шагом измерений каждые 3 часа.

Схема опыта:

1. Базовая технология (контроль). Дозы внесения минеральных удобрений: основное внесение N30P60K90, подкормка N60. Применение средств защиты растений: Винцит Форте 1,25 л/т + Пикус 1,0 л/т; Линтур 180 г/га + Данадим Пауер КЭ 1,0 л/га, Импакт Эксклюзив, КС 0,5 л/га.

2. Интенсивная технология. Дозы внесения минеральных удобрений: основное внесение N30P90K120, подкормки N₆₀ + N₃₀ (по диагностике). Применение средств защиты растений: Винцит Форте 1,25 л/т + Пикус 1,0 л/т; Тандем, ВДГ 0,25 кг/га + Сапресс, КЭ 0,3 л/га (фаза GS 21-22) + Данадим Пауер, КЭ 1,0 л/га + Импакт Эксклюзив, КС 0,5 л/га; Альто Супер 0,5 л/га + ретардант Сапресс, КЭ 0,3 л/га (фаза GS 31-32); Данадим Пауер, КЭ 0,6 л/га + Фокстрот, ВЭ 1,0 л/га; по прогнозу – защита колоса Консул, КС 1,0 л/га + Вантекс, МКС 0,06 л/га

3. Высокоинтенсивная технология. Дозы внесения минеральных удобрений: основное внесение N30P120K180, подкормки N₆₀+N₃₀ + N₃₀ (растительная и почвенная диагностика). Применение средств защиты растений: Винцит Форте 1,25 л/т + Пикус 1,0 л/т; Атон, ВДГ 0,06 кг/га + Данадим Пауер, КЭ 0,6 л/га + Сапресс, КЭ 0,3 л/га (фаза GS 21-22) + Импакт Эксклюзив, КС 0,5 л/га; Альто Супер, КЭ 0,5 л/га + ретардант Сапресс, КЭ 0,3 л/га (фаза GS 31-32) + Фокстрот, ВЭ 1,0 л/га + Агроксон 0,5 л/га; Консул, КС 0,8 л/га + Данадим Пауер, КЭ 0,6 л/га; Консул, КС 1,0 л/га + Вантекс, МКС 0,06 л/га (защита флаг-листа и колоса).

Принятая за контрольный вариант базовая технология по интенсивности возделывания зерновых культур примерно соответствует среднему уровню интенсивности в Нечернозёмной зоне.

Все препараты зарегистрированы в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов и применялись в дозах в соответствии с регламентами, утвержденными Министерством сельского хозяйства РФ.

Результаты и обсуждение

Температуры почвы 2019-2021 годов на посевах озимой ржи и озимой пшеницы приведены на рис.1.

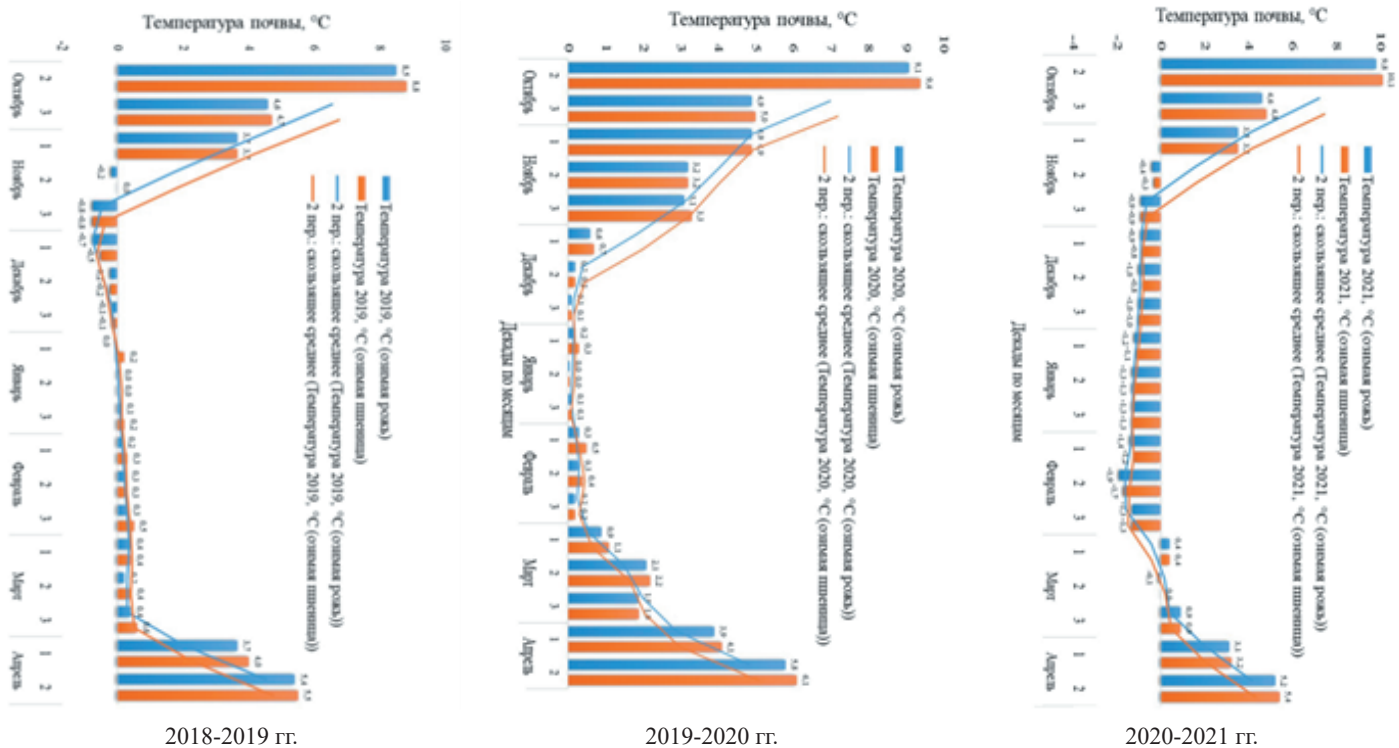


Рис. 1. Температуры почвы на уровне узла кушения в посевах озимой ржи и озимой пшеницы (логгер EBRO EBI 20-T1)

В 2018 году растения в зиму уходили в хорошем состоянии. Температура почвы на всём протяжении периода роста и развития растений в 2018-2019 годах была на несколько градусов ниже температуры наземной части растения. Однако главной особенностью данного вегетационного периода было то, что переход среднесуточной температуры через +5 °С произошел 20 октября, а небольшой снежный покров установился только 21 ноября. Это повлияло на среднюю почвенную температуру по декадам. Например, в 3-й декаде ноября температура опустилась ниже нуля, что не характерно для среднесуточной температуры для данного периода времени. Февраль и март оказались значительно теплее средних многолетних показателей температуры, что отразилось на температуре пахотного слоя почвы, которая не опускалась ниже 0 °С.

В 2019 году переход среднесуточной температуры воздуха через +5 °С в сторону понижения произошел 09 ноября (переход в стадию зимнего покоя растений). Осень 2019 года характеризовалась недостаточным количеством осадков и температурами воздуха выше среднесуточных. Устойчивый снежный покров в зиму 2019 – 2020 годов не образовался. Однако благодаря тому что стабильные отрицательные температуры воздуха наблюдались только с третьей декады января 2020 г., растения успешно перезимовали, а температура почвы не опускалась ниже нуля градусов. Средняя декадная температура воздуха в этот период не превышала – 3,8 °С ниже нуля, что существенно ниже среднесуточных наблюдений. Температура почвы на уровне узла кушения колебалась около 0 °С. Значимое промерзание почвы в зиму 2019 – 2020 годов не происходило. В целом зима была теплой и малоснежной, перезимовка озимой пшеницы была удовлетворительной. Весной переход среднесуточной температуры через +5 °С в сторону повышения произошел в конце третьей декады апреля. Весна и лето 2020 года были влажными и теплыми, без периодов засухи и в целом благоприятные для роста и развития зерновых культур.

Погодные условия 2020-2021 гг. для озимых культур можно охарактеризовать как благоприятные. Переход среднесуточной температуры воздуха через +5 °С произошел 07 ноября. В зиму растения ушли в хорошем состоянии. Содержание сахаров в узле кушения составляло 20 - 23 %. Снежный покров установился во второй декаде декабря при колебаниях среднесуточной температуры воздуха от - 3,7 °С до - 5,3 °С. Зимние месяцы (январь и февраль) были снежными. За месяцы выпало 114,2 мм, что помогло сохранить температуру почвы в оптимальном промежутке температур.

Результаты показывают, что средние температуры почвы за три года были скорее оптимальными для роста и развития корневой системы, как в первых фазах развития растений, так и в период выхода из перезимовки. Это сказалось на структуре урожая и величине урожайности. Структура урожая представляет собой совокупность основных показателей (густоту продуктивного стеблестоя и продуктивность колоса). Густота продуктивного стеблестоя зависит от полевой всхожести, выживаемости и продуктивной кустистости. С выбором более интенсивной технологии возделывания в посевах озимой ржи и озимой пшеницы увеличивается не только кустистость, но и количество продуктивных стеблей. Наилучшим соотношением общего количества стеблей к продуктивным отмечился гибрид озимой пшеницы F1 «Немчиновский» (табл. 1).

Табл. 1.

Характеристики урожая озимых зерновых культур за период 2019-2021 гг.

Сорта и гибриды	Технология*	Структура урожая				Урожайность					
		Количество, шт./м ²			Масса 1000 зерен	Год исследований			Среднее	Прибавка к урожайности	
		растений	стеблей	прод. стеблей		2019	2020	2021		т/га	%
Московская 18	1	366	1386	1350	41,9	7,15	8,56	5,8	7,17	-	-
	2	366	1408	1377	43,1	7,68	9,71	6,49	7,96	0,8	11
	3	379	1537	1498	43,2	8,29	10,08	7,71	8,69	1,5	21,2
Гибрид F1 «Немчиновский»	1	358	1346	1333	41,5	-	8,77	5,92	7,35	-	-
	2	370	1438	1407	42,8	-	9,85	6,51	8,18	0,8	11,4
	3	384	1520	1512	43	-	10,15	7,62	8,89	1,5	21
Московская 56	1	390	1248	1193	39,4	5,25	7,65	7,17	6,69	-	-
	2	415	1453	1403	41,2	6,51	9,12	8,84	8,16	1,47	22
	3	460	1702	1654	41,6	7,04	10,16	9,06	8,75	2,06	31
Немчиновская 24	1	400	1280	1221	44,8	6,92	9,14	6,66	7,57	-	-
	2	420	1470	1413	44,8	7,76	10,2	8,91	8,96	1,38	18
	3	455	1684	1631	45,6	8,19	10,57	9,42	9,39	1,82	24

*Примечание: 1 - Базовая, 2 - Интенсивная, 3 – Высокоинтенсивная

За три года исследований полевая всхожесть варьировалась от 80 до 90% на всех сортах и при всех технологиях. Формирование колоса, после перехода растений от вегетативной фазы развития растений к генеративной, происходило нормально. В наших исследованиях выявлено, что на массу 1000 зерен наибольшее влияние оказывали уровень минерального питания и сортовые особенности культуры.

В зависимости от технологий возделывания изученных сортов озимой ржи и озимой пшеницы масса зерна с колоса повышалась с увеличением интенсивности технологии (уровня применения минеральных удобрений).

Наименьшая масса 1000 зерен была зафиксирована у всех сортов по базовой технологии возделывания (табл. 1).

Установлена существенная разница получаемого урожая между базовым, интенсивным и высокоинтенсивным уровнем минерального питания растений. В среднем, за 3 года, у сорта озимой ржи «Московская 18» прибавка урожая возрастала с 11 % на интенсивной технологии по отношению к базовой до 21,5 % на высокоинтенсивной технологии возделывания по отношению к базовой. Гибрид озимой ржи F1 «Немчиновский» показал прибавку урожая в 11,4 % и 21 % соответственно. На сорте озимой пшеницы «Немчиновская 24» прибавка урожая на интенсивной технологии по отношению к базовой - 18 %, на высокоинтенсивной - 24 %. Наибольший отклик в урожайности на уровень интенсивности технологии выявлен на сорте озимой пшеницы Московская 56, где увеличение на интенсивной технологии по отношению к базовой составляет 22 %, на высокоинтенсивной 31 % соответственно (табл. 1).

Выводы

Экспериментальные данные по реакции новых сортов и гибридов озимой ржи и пшеницы на изменяющийся температурный фон почвы и технологии разного уровня интенсивности (базовая, интенсивная, высокоинтенсивная) показали высокую адаптивность к различным температурным колебаниям почвы при применении трёх разработанных технологий возделывания.

Доказано, что в условиях Центрального Нечерноземья на дерново-подзолистой среднесуглинистой окультуренной почве, можно получать высокие урожаи зерна озимой ржи и озимой пшеницы продовольственного качества при изменчивости почвенных температур корнеобитаемого слоя почвы 5-7 см при условии правильного подбора технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Семенихина ЮА, Камбулов СИ. Влияние способов основной обработки почвы на влаготемпературный режим почвы и урожайность озимой пшеницы. Мелиорация и гидротехника. 2021;11(3):182-93.
2. Коробкин ВИ, Передельский ЛВ. Экология. Учебник для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс; 2005.
3. Дорохов БА, Васильева НМ. Современные погодные условия и их воздействие на хозяйственные показатели озимой пшеницы. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019;11(2):106-11. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11762.
4. Политько ПМ, Капранов ВН, Гармаш НЮ, Федорищев ВН, Гармаш ГА, Новиков СЮ, Соломатин АВ. Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы в технологиях разного уровня интенсивности. Аграрная Россия. 2021;(1):3-7.
5. Политько ПМ, Киселев ЕФ, Долгих АВ, Матюта СВ, Проценко АЛ, Парыгина МН, Тоноян СВ, Шаклеин ИВ, Вольпе АА, Прокопенко АГ, Беленикин СВ, Федорищев ВН. Воздействие удобрений и средств защиты растений на качество зерна интенсивных сортов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Проблемы агрохимии и экологии. 2016;(1):10-7.
6. Мазиров МА, Рагимов АО, Савоськина ОА. Применение удобрений и известкования в многолетних полевых опытах на примере озимой ржи. В кн.: Экология речных бассейнов. Труды IX Международной научно-практической конференции. 2018. С. 210-7.
7. Гармаш НЮ, Политько ПМ, Гармаш ГА, Новиков СЮ, Соломатин АВ. Листовые обработки в интенсивных технологиях растениеводства. Агрохимический вестник. 2020;(5):38-40.

References

1. Semikhina JuA, Kambulov SI. [The effects of basic tillage techniques on soil moisture and temperature characteristics and on winter wheat yield]. Melioration and Gidrotekhnika. 2021;11(3):182-93. (In Russ.)

2. Korobkin VI, Peredelsky LV. *Ekologiya. Uchebnik dlia Vuzov* [Ecology. Textbook for Colleges]. Rostov-on-Don: Feniks; 2005. (In Russ.)
3. Dorohov BA, Vasilyeva NM. [Present-time weather conditions and their impact on the economic indicators of winter wheat]. *Mezhdunarodnyi Zhurnal Gumanitarnykh i Yestestvennykh Nauk*. 2019;11(2):106-11. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11762. (In Russ.)
4. Polityko PM, Kapranov VN, Garmash NJu., Fedorischev VN, Garmash GA, Novikov SYu, Solomatin AV. [Spring wheat varieties yield and grain quality upon using technologies of different intensity levels]. *Agrsarnaya Rossiya*. 2021;(1):3-7. (In Russ.)
5. Polityko PM, Kiselev YeF, Dolgikh AV, Matiuta SV, Proshhenko AL, Parygina MN, Tonoyan SV, Shaklein IV, Volpe AA, Prokopenko AG, Belenikin SV, Fedorischev VN. [The impact of fertilizers and plant protection products on grain quality of intensive varieties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Problemy Agrokhimii i Ekologii*. 2016;(1):10-7. (In Russ.)
6. Mazirov MA, Ragimov AO, Savoskina OA. [The use of fertilizers and liming in long-term field experiments as exemplified with winter rye]. In: *Ekologiya Rechnykh Basseynov. Trudy IX Mezhdunarodnoy Nauchno-Prakticheskoy Konferentsii*. 2018. P. 210-7. (In Russ.)
7. Garmash NYu, Polityko PM, Garmash GA, Novikov SYu, Solomatin AV. [Leaf treating in intensive crop production technologies]. *Agrokhimicheskiy Vestnik*. 2020;(5):38-40. (In Russ.)

Финансирование Материалы подготовлены в рамках соглашения о Консорциуме по выполнению исследования по теме: «Актуальные научные задачи стратегии адаптации потенциала землепользования России в современных условиях беспрецедентных вызовов (экономический кризис, изменения климата, кризис глобальных тенденций природопользования)» (соглашение от 02.10.2020 № 075-15-2020-805).

«»

УДК:633.11:632.938.1

**ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ КАСИБ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗБУДИТЕЛЮ СЕПТОРИОЗА КОЛОСА
*PARASTAGONOSPORA NODORUM***

Е.В. Пахолкова*, Н.Н. Сальникова, Л.Ф. Панкратова, Т.М. Коломиец

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская область, Россия

*Эл. почта: epaholkova@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Изучены вредоносность возбудителя септориоза колоса *Parastagonospora nodorum* и устойчивости к нему сортов яровой мягкой пшеницы селекции Казахстанско-Сибирской сети (КАСИБ). Исследования проводились в теплице (в фазу всходов) и полевых условиях (в фазу взрослых растений) на искусственном инфекционном фоне. Определялись: степень поражения растений, индекс устойчивости, потери урожая по стандартным методикам. Выделены устойчивые и толерантные формы, которые можно рекомендовать для районирования и в качестве доноров для селекции на иммунитет к *Parastagonospora nodorum*.

Ключевые слова: септориоз колоса, *Parastagonospora nodorum*, сорт, степень поражения, потери урожая, устойчивость, восприимчивость, толерантность.

**IMMUNOLOGICAL ASSESSMENT OF KASIB SPRING WHEAT VARIETIES FOR RESISTANCE TO *PARASTAGONOSPORA NODORUM*,
THE CAUSATIVE AGENT OF SEPTORIA NODORUM BLOTCH (SNB)**

Ye. V. Pakholkova*, N. N. Salnikova, L. F. Pankratova, T. M. Kolomiets

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow Region, Russia

*Email: epaholkova@mail.ru

The harmfulness of the causative agent of Septoria nodorum blotch *Parastagonospora nodorum* and the resistance of spring soft wheat varieties of Kazakhstan-Siberian network (KASIB) selection to this pathogen were studied. The studies were carried out in a greenhouse (at the germination phase) and in the field (at the phase of adult plants) on an artificial infectious background. The following was evaluated according to standard methods: plant infection degree, resistance index, and yield losses. The resistant and tolerant forms have been identified that can be recommended for zoning and as donors for selection for immunity to *Parastagonospora nodorum*.

Key words: Septoria nodorum blotch, *Parastagonospora nodorum*, variety pattern, infection degree, crop loss, resistance, susceptibility, tolerance.

Введение

Одним из основных возбудителей септориоза в патогенном септориозном комплексе на пшенице является *Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvlieg, Verkley & Crous (синоним *Stagonospora nodorum* [Berk.] Castellani and E. G. Germano). Этот вид распространен повсеместно, но чаще преобладает в зонах возделывания яровой пшеницы в силу своих биологических особенностей, перезимовки и путей распространения инфекции [1]. В связи с этим регионами его наибольшего доминирования в России являются Центральный, Приволжский (отдельные районы), Северо-Западный, Сибирский. Вспышки массового развития болезни здесь происходят 1-3 раза каждые 10 лет, потери урожая составляют 10-20%, а в некоторых случаях могут достигать 30% [2]. Гриб не обладает четко выраженной сортовой специализацией, одинаково хорошо поражает как листья, так и колосья, способен жить сапрофитно и размножаться на мертвых тканях растений. Инфекция сохраняется на растительных остатках в виде мицелия, пикнид и псевдотециев. Еще одним важным ее источником являются зараженные семена, где гриб способен сохраняться до 6 лет [3]. Распространение заболевания от растения к растению происходит в виде спор с брызгами дождя в сырую ветреную погоду. С помощью сумчатой стадии гриб способен разноситься воздушным путем на более дальние расстояния.

Высокая агрессивность патогена связана с высокой скоростью его развития на растениях. Прорастание спор в капельножидкой влаге начинается уже через 2 часа, а проникновение растущих гиф в ткань растения происходит непосредственно через кутикулу [4, 5]. Быстро распространяясь по межклетникам, *P. nodorum* убивает эпидермальные клетки, в результате чего уже через 3-5 дней появляются первые симптомы заболевания в виде коричневых поражений овальной формы. Весь эпидемиологический процесс от внедрения в ткань листа до образования зрелых пикнид с пикноспорами может занять всего 6-10 дней. Возможно, это связано со способностью *P. nodorum* производить фитотоксины, которые продвигают инфекционный процесс на начальных его этапах. Особенностью патогена является его существенная зависимость от фазы развития растения-хозяина: гриб считают принципиальным агентом флаг-листа и колоса [6, 7]. Как правило, в начале вегетации растений основная часть инфекции *P. nodorum* находится на нижних частично отмирающих ярусах листьев, и проявляется только к фазе колошения, интенсивно поражая флаг-лист и колос. Иногда это происходит внезапно и выглядит как вспышка [8]. Гриб способен развиваться в широком диапазоне температур. Для заражения

достаточно 3-4 часа высокой влажности, поэтому развитие заболевания возможно, даже если влажная погода прерывается сухими периодами [9]. Преимущественное развитие *P. nodorum* получает в годы с влажной осенью, относительно теплыми зимами и большим количеством осадков во вторую половину лета – в период от появления флагового листа (ф.39) до начала созревания (ф.71) [10].

Отличительной особенностью *P. nodorum* является его способность сильно поражать колос, что приводит к щуплости зерна и снижению озерненности колоса. В зависимости от степени поражения колосов вес одного колоса снижается на 2,3-14,6%, а вес 1000 зерен - на 15,8-31,3% [11]. *P. nodorum* сильно влияет на качество зерна: чем сильнее был поражен колос, тем ниже содержание клейковины. Так, при увеличении пораженности колоса на 10% она снижается на 2,5% [12].

Одним из наиболее эффективных способов защиты от заболеваний является создание устойчивых сортов. Однако в отношении *P. nodorum* это является большой проблемой из-за полигенного характера наследования устойчивости к этому заболеванию. Наиболее длительную защиту могли бы обеспечить сорта, характеризующиеся замедленным развитием болезни в полевых условиях, способные снизить возможность возникновения эпифитотий и увеличить продолжительность устойчивости сорта, т.е. сорта с частичной устойчивостью к болезни. Перспективным является также использование сортов, обладающих толерантностью, которая проявляется в способности растений сохранять урожай при сильном поражении болезнью.

В 2021 году во Всероссийском научно-исследовательском институте фитопатологии (ФГБНУ ВНИИФ) проводилась оценка пораженности возбудителем *P. nodorum* 55 перспективных сортообразцов яровой пшеницы селекции Казахстанско-Сибирской сети (КАСИБ). Исследования проводились в фазу проростков в теплице и в фазу взрослых растений в полевом питомнике на искусственном инфекционном фоне, для создания которого использовались штаммы гриба из Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов ВНИИФ. Целью исследований было оценить степень вредоносности патогена и выявить устойчивые к нему сортообразцы, используя разные параметры оценки.

Материалы и методы исследований

Для тепличных испытаний семена сортообразцов пшеницы предварительно проращивали в течение 2-х суток, а затем высевали в вазоны с почвой объемом 300 см³ по 10 семян в вазон. Для полевых испытаний подготовку почвы, посев семян, а также уход за растениями проводили в соответствии с агротехническими требованиями региона возделывания пшеницы. Посев осуществляли в рядки длиной 1 погонный метр по 50-70 семян анализируемого сорта. Ширина междурядий – 30 см. В качестве контроля использовали универсально восприимчивый сорт яровой пшеницы Злата.

Размножение биоматериала *P. nodorum* для получения инокулюма производили методом твердофазного культивирования [13]. Растения опрыскивали споровой суспензией гриба с концентрацией 1х10⁶ спор/мл. В теплице зараженные растения на 2-е суток помещали во влажную камеру, затем переносили в ростовой бокс, где поддерживались благоприятные для развития болезни условия. Оценка пораженности растений проводили через 14 дней после инокуляции по средней степени поражения 2-х листьев: 0-20% - слабая (R), 21-50% - средняя (M), 51-100% - сильная (S) [14]. В инфекционном питомнике растения заражали в фазу колошения. Контрольная делянка сортов была защищена от инфекции фунгицидом. Оценка проводили через каждые 6-7 дней. В качестве критерия использовали максимальную интенсивность развития болезни на флаг-листе и колосе, как на органах, наиболее отвечающих за урожай. Тип реакции растений классифицировали по максимальной степени поражения в ф. 75, как: RR высоко устойчивый (степень поражения 0-10%), R – устойчивый (степень поражения 11-20%), M – умеренно-восприимчивый (21-40%), S – восприимчивый (41-70%), SS – высоко восприимчивый (71-100%) [15]. Для выявления сортов с частичной устойчивостью определяли площадь под кривой развития болезни (ПКРБ) по результатам последовательных учетов интенсивности поражения растений [16]. На основе ПКРБ определяли индекс устойчивости (ИУ) сорта, по которому все сорта условно разделяли на 4 группы: с высоким (ИУ=0,10– 0,35), средним (ИУ=0,36–0,65), низким (ИУ=0,66–0,80) индексом устойчивости и высокой восприимчивостью (ИУ>0,81) (17). Для оценки толерантности сортов определяли потери урожая по снижению массы 1000 зерен в опытном варианте по сравнению с контрольным. Толерантными считались сорта, имеющие потери урожая <15% [14].

Результаты исследований

В тепличном эксперименте в контролируемых условиях образцы яровой пшеницы показали разную восприимчивость к *P. nodorum*. Так, 14 (25,4%) образцов имели сильную степень поражения, 35 (63,7%) образцов были умеренно восприимчивыми. Устойчивых форм было всего 6 (10,9%): ГVK 2097/14, Эритроспермум 79/07, Терция, Лидер 80, Лютесценс TP-64, ГАУ 21-2018 (табл. 1).

Результаты полевой части эксперимента отражены в (табл. 1).

Погодные условия 2021 года были не совсем благоприятными для развития септориоза. В период инокуляции и развития болезни (в конце июня – в июле) стояла жаркая погода с редкими небольшими дождями. Среднемесячная температура воздуха была выше многолетних данных на 3,2 и 2,5°C соответственно. Средняя сумма осадков в июле была в половину меньше средней многолетней. Тем не менее, возбудитель *P. nodorum* поразил в значительной степени большинство испытываемых сортообразцов. Сильная пораженность флаговых листьев в фазу 75 наблюдалась у 36 (65,4%) образцов, слабая – только у 5 (9,1%). Высокая степень поражения колоса отмечена у 16 (29,1%) образцов, слабая – только у 2-х (3,6%). В результате исследований почти половина образцов (49,1%) характеризовались восприимчивым типом реакции и только 6 (10,9%) отнесены к категории устойчивых по совокупности поражения флаг-листа и колоса (Линия P-1415, Степная 150, Лютесценс 762, Степнодар 90, Памяти Азиева, Астана) (табл. 1).

Замедленным развитием заболевания на колосе (ИУ <0,36) отличались 14 (25,4%) образцов: Степная 150, ГVK 2097/14, Лютесценс 762, Таймас, Степнодар 90, Линия 11/09-13-3, Терция, Астана 2, Лидер 80, Лютесценс ШТ-335, Лютесценс 123-13, Силантй, Л396=Фаворит, Силач. Большинство сортообразцов (69,1%) имели средний ИУ (таблица 1).

Сильное развитие возбудителя *P. nodorum* привело к ощутимым потерям урожая у 24 (43,6%) образцов, где показатель массы 1000 зерен снизился более чем на 15%. Потери менее 15% составили у 30 (54,5%) образцов и лишь у двух (Памяти Азиева и ГАУ 6-2018) потерь урожая не наблюдалось.

С учетом всех параметров оценки особо отличались сорта, которые были слабо поражены в полевых условиях и имели высокий ИУ либо низкие потери урожая: Линия P-1415, Лютесценс 762, Степная 150 и Памяти Азиева. Большого внимания заслуживает и сорт ГVK 2097/14, который имел слабую пораженность в фазу всходов и умеренную восприимчивость в фазу 75, а также высокий ИУ и низкие потери урожая. Сорта с высокой и умеренной пораженностью, но обладающие замедленным развитием болезни на колосе и одновременно продемонстрировавшие низкие потери урожая, также представляют интерес (Таймас, Лютесценс 123-13, Л396=Фаворит, Силач). По предварительным данным эти 9 образцов можно рекомендовать в качестве доноров устойчивости к *P. nodorum* в селекции яровой пшеницы на устойчивость к септориозу.

Толерантность к *P. nodorum* выявлена у двух образцов (Линия 67/98-13, Линия 2026), имевших при относительно высокой пораженности флаж-листа (50-70%) и колоса (40-60%), а также низком показателе ИУ (0,68-0,79) небольшие потери урожая (4,5-5,4%).

Выводы

Таким образом, вредоносность возбудителя септориоза колоса *P. nodorum* подтвердилась даже в относительно засушливых условиях сезона 2021 года. Развитие инфекции на сортах яровой пшеницы было значительным, что привело к ощутимым потерям урожая почти у половины

Характеристика сортообразцов яровой пшеницы селекции КАСИБ по устойчивости к возбудителю септориоза *P. nodorum* (ВНИИФ, Московская область, 2021 г)

№	Образец	Тип реакции		ИУ	Снижение массы 1000 зерен, %	№	Образец	Тип реакции		ИУ	Снижение массы 1000 зерен, %
		всходы	ф. 75					Всходы	ф. 75		
1	Линия Р-1415	S	R	0,36	4,5	29	Лютеценс ШТ-335	M	M	0,28	24,3
2	Линия Р-1417	M	M	0,42	5,2	30	KS 115/09-1	S	M	0,62	19,8
3	Степная 150	M	R	0,31	16,8	31	KS 161/08-2р	M	S	0,47	11,6
4	ГВК 2097/14	R	M	0,23	5,5	32	KS 111/09-2	M	S	0,54	25,1
5	ГВК 2140/6	S	M	0,37	20,9	33	Линия 1616ае14	M	S	0,91	28,6
6	Лютеценс 762	M	R	0,13	8,3	34	Линия 1643ае3	S	S	0,59	29,7
7	Лютеценс 799	M	M	0,37	1,4	35	Линия 1617ае9	S	M	0,62	22,3
8	Таймас	M	M	0,18	10,3	36	Линия 2026	M	S	0,79	4,5
9	Линия 67/98-13	S	S	0,68	5,4	37	Линия 2149	M	S	0,64	13,2
10	Лютеценс 111/09	M	M	0,48	29,1	38	Лютеценс 123-13	M	S	0,3	9,0
11	Степнодар 90	S	R	0,2	20,4	39	Силантий	M	S	0,28	17,3
12	Эритроспермум 79/07	R	M	0,37	19,1	40	Лютеценс 128-15	M	M	0,39	24,0
13	Лютеценс 1991	M	S	0,38	21,6	41	Лютеценс 13-15	M	M	0,52	1,0
14	Лютеценс 2055	S	S	0,48	13,3	42	Лют. 417/10-5	M	S	0,52	9,0
15	Лютеценс 2174	M	M	0,47	13,6	43	Л70/06-4	M	S	0,47	12,7
16	Линия 11/09-13-3	M	M	0,12	18,0	44	Л14/10-14	M	S	0,5	19,7
17	Линия 37/07-12-2	M	S	0,47	17,4	45	ГАУ 21-2018	R	S	0,47	9,4
18	Стандарт раннесп.	M	S	0,47	9,6	46	ГАУ 6-2018	M	M	0,47	0
19	Стандарт среднесп.	S	M	0,36	11,7	47	ЛЗ96=Фаворит	M	M	0,23	5,5
20	Стандарт позднесп.	M	S	0,41	7,3	48	Лютеценс 375	M	S	0,41	12,3
21	Памяти Азиева	M	R	0,36	0	49	Эритроспер.25787	M	M	0,52	4,5
22	Терция	R	S	0,3	15,5	50	Челяба 80	M	S	0,47	23,6
23	Астана 2	S	R	0,24	16,6	51	Ильменская 2	S	S	0,47	17,5
24	Омская 35	M	S	0,47	4,4	52	Оренбургская 22	S	M	0,56	21,0
25	Саратовская 29	M	S	0,39	7,7	53	Оренбургская 23	S	S	0,63	8,1
26	Лидер 80	R	S	0,3	25,0	54	Оренбургская юбил.	S	S	0,42	0
27	Лютеценс 1143	M	M	0,42	16,7	55	Силач	M	M	0,28	5,5
28	Лютеценс TP-64	R	M	0,47	23,5						

испытываемых образцов. С учетом всех параметров оценки устойчивости выделены сортообразцы, которые характеризовались устойчивостью к *P. nodorum*, представляющие интерес в качестве доноров устойчивости в селекции на иммунитет к этому патогену. Связи между устойчивостью в фазу всходов и в фазу взрослых растений не наблюдалось: ни один из образцов не имел устойчивый тип реакции в обе фазы онтогенеза. Поэтому приоритет следует отдавать сортам, которые проявили устойчивость в фазу взрослых растений, учитывая онтогенетическую приуроченность возбудителя *P. nodorum* ко второй половине вегетации растений. В результате исследований выявлены сортообразцы, характеризующиеся толерантностью к септориозу колоса.

Исследования выполнены с использованием оборудования Центра коллективного пользования (ЦКП) ВНИИФ.

Литература

- Пахолкова ЕВ, Сальникова НН, Куркова НА. Эпидемиологические особенности возбудителей септориоза пшеницы *Z. tritici* и *P. nodorum* В кн.: Материалы Международной конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». ВНИИФ; 2017. С. 74-80.
- Санин СС. Фитосанитарная экспертиза зернового поля и принятие решений по опрыскиванию зернового поля фунгицидами. Защита и карантин растений. 2016;5(Приложение).
- Санин СС, Санина АА, Мотовилин АА, Пахолкова ЕВ, Корнева ЛГ, Жохова ТП. и соавт. Защита пшеницы от септориоза. Защита и карантин растений. 2012;4(Приложение).
- Eyal Z, Scharen AL, Prescott JM. Septorioses de la gluma (*Leptosphaeria nodorum* – *Septoria nodorum*) y septorioses de la hoja (*Mycosphaerella graminicola* – *Septoria tritici*). In: Enfermedades del trigo. Metodos y Conceptos. Santiago–Chili: 1983.
- Пахолкова ЕВ. Септориоз зерновых культур в различных регионах Российской Федерации. Дис...канд. биол. наук. 2003 г.
- Holmes SJI, Colhoun J. Infection of wheat by *Septoria nodorum* and *S. tritici* in relation to plant age, air temperature and relative humidity. Trans Brit Mycol, 1974;63(2):329-38. DOI: 10.1016/S0007-1536(74)80178-6
- Бурхард ЗИ. *Septoria nodorum* Berk. на зерновых культурах в условиях Московской области и меры борьбы с ним. Автореферат дис.; 1955.
- Shah DA, Bergstrom GC, Ueng PP. Foci of *Stagonospora nodorum* blotch in winter wheat before canopy development. Phytopathology. 2001;91(7):642-7. DOI: 10.1094/PHYTO2001.917.642
- Пыжикова ГВ. Септориоз зерновых культур. Москва: ВНИИТЭИСХ; 1984.
- Санин СС, Пахолкова ЕВ, Корнева ЛГ, Карлова ЛВ, Франчук ЛИ. Влияние погодных факторов на представленность *S. tritici* и *S. nodorum* в популяции возбудителей септориоза озимой пшеницы. В кн.: Материалы Международной конференции «Эпидемии болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль». ВНИИФ; 2017. С. 81-4.
- Шестиперова ЗИ, Полозова НА. Мучнистая роса и пятнистости яровых зерновых культур. М.: Колос; 1973.
- Санин СС, Жохова ТП. Влияние болезней и средств защиты растений на качество зерна пшеницы. Защита и карантин растений. 2012;(11):16-20.

13. Коломиец ТМ, Пахолкова ЕВ, Дубовая ЛП. Отбор исходного материала для создания сортов пшеницы с длительной устойчивостью к септориозу. Методические рекомендации. М.: Печатный город; 2017
14. Пыжикова ГВ, Санина АА, Супрун ЛМ, Курахтанова ТИ, Гогова ТИ, Мепаришвили СУ, Анциферова ЛВ, Кузнецов НС, Игнатов АН, Кузьмичев АА. Методы оценки устойчивости селекционного материала и сортов пшеницы к септориозу. М.; 1989.
15. Saari EE, Prescott JM. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Reporter*. 1975;59(4):377-80.
16. Johnson DA, Wilcoxon RD. A table of areas under disease progress curves. *Texas Agric Exp Stn Tech Bull*. 1981;(1337):2-10.
17. Макаров АА, Стрижекозин ЮА, Соломатин ДА, Демичева ТА, Кухтина АВ. Количественная классификация сортов пшеницы по степени расонеспецифической устойчивости к бурой ржавчине. В кн.: Иммуитет сельскохозяйственных культур к возбудителям грибных болезней. Москва; 1991. С. 105-10.

References

1. Pakholkova YeV, Salnikova NN, Kurkova NA. [Epidemiological features of wheat septoria agents *Z. tritici* and *P. nodorum*. In: *Epidemii Bolezney Rasteniy: Monitoring, Prognoz, Kontrol* [Epidemics of Plant Diseases: Monitoring, Prognosis, and Control]. VNIIF; 2017. P. 74-80 (In Russ.).
2. Sanin SS. [Phytosanitary expertise of grain field and decision-making on spraying grain field with fungicides]. *Zaschita i Karantin Rasteniy*. 2016;5(Suppl.). (In Russ.)
3. Sanin SS, Sanina AA, Motovilina AA, Pakholkova YeV, Korneva LG, Zhokhova TP. et al. [Protection of wheat from Septoria]. *Zaschita i Karantin Rasteniy*. 2012;4(Suppl.) (In Russ.)
4. Eyal Z, Scharen AL, Prescott JM. Septorios de la gluma (*Leptosphaeria nodorum* – *Septoria nodorum*) y septorios de la hoja (*Mycosphaerella graminicola* – *Septoria tritici*). In: *Enfermedades del trigo. Metodos y Conseptos*. Santiago–Chili: 1983.
5. Pakholkova YeV. [Septoria of Grain Crops in Various Regions of the Russian Federation]. PhD Dissertation; 2003 (In Russ.)
6. Holmes SJI, Colhoun J. Infection of wheat by *Septoria nodorum* and *S. tritici* in relation to plant age, air temperature and relative humidity. *Trans Brit Mycol*, 1974;63(2):329-38. DOI: 10.1016/S0007-1536(74)80178-6
7. Burkhard ZI. [Septoria nodorum Berk. on Grain Crops in the Moscow Region Conditions and the Means of Fighting It]. PhD Theses; 1955. (In Russ.)
8. Shah DA, Bergstrom GC, Ueng PP. Foci of *Stagonospora nodorum* blotch in winter wheat before canopy development. *Phytopathology*. 2001;91(7):642-7. DOI: 10.1094/PHYTO2001.917.642
9. Pyzhikova GV. *Septorioz Zernovykh Kultur*. Moscow: VNIITEISKh; 1984. (In Russ.)
10. Sanin SS, Pakholkova YeV, Korneva LG, Karlova LV, Franchuk LI. The influence of weather factors on the prevalence of *S. tritici* and *S. nodorum* in the population of winter wheat septoria agents. In: *Epidemii Bolezney Rasteniy: Monitoring, Prognoz, Kontrol*. VNIIF; 2017. P. 81-4 (In Russ.)
11. Shestiperova ZI, Polozova NA. [Muchnistaya Rosa i Piatnistosti Yarovykh Zernovykh Kultur. Moscow: Kolos; 1973. (In Russ.)
12. Sanin SS, Zhokhova TP. [The influence of diseases and plant protection products on the quality of wheat grain]. *Zaschita i Karantin Rasteniy*. 2012;(11):16-20. (In Russian)
13. Kolomiets TM, Pakholkova YeV, Dubovaya LP. *Onbor Iskhodnogo Materiala dlia Sozdaniya Sortov Pshenitsy s Dlitelnoy Ustoychivostyu k Septoriozu*. Moscow; 2017. (In Russ.)
14. Pyzhikova G.V., Sanina A.A., Suprun L.M., Kurakhtanova T.I., Gogava T.I., Meparishvili S.U., Antsiferova L.V., Kuznetsov N.S., Ignatov A.N., Kuzmichev A.A. Methods for assessing the resistance of breeding material and wheat varieties to septoria // *Method. Instructions*. M. 1989. 43 pp. (In Russian)
15. Saari EE, Prescott JM. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Reporter*. 1975;59(4):377-80.
16. Johnson DA, Wilcoxon RD. A table of areas under disease progress curves. *Texas Agric Exp Stn Tech Bull*. 1981;(1337):2-10.
17. Makarov AA, Strizhekozina YuA, Solomatina DA, Demicheva TA, Kukhtina AV. [Quantitative classification of wheat varieties according to the degree of race-specific resistance to brown rust]. In: *Immuinitet Selskokhoziaystvennykh Kultur k Vozbuditeliam Gribnykh Bolezney*. Moscow; 1991. P. 105-10. (In Russ.)

«»

УДК: 635.82:591.61

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗООГУМУСА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЪЕДОБНОГО ГРИБА *PLEUROTUS OSTREATUS* (ВЕШЕНКА)

Г.В. Песцов*, А.В. Третьякова, О.В. Прокудина

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула, Россия

*Эл. почта: georgypestov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В статье рассмотрены возможности применения зоогумуса, продукта жизнедеятельности насекомого *Hermetia illucens* (черная львинка), для культивирования съедобного гриба вида *Pleurotus ostreatus*. Зоогумус является результатом переработки личинками черной львинки различных органических отходов. Проведены экспериментальные исследования по изучению роста мицелия штаммов *P.ostreatus* 135 и *P. ostreatus* 813 на твердых и жидких питательных средах с добавлением зоогумуса в различных концентрациях. Зоогумус повышает питательную ценность микробиологических сред и позволяет получать экологически безопасную продукцию. Данный способ получения мицелия можно использовать для производства грибов.
Ключевые слова: мицелий, зоогумус, *Pleurotus ostreatus*, *Hermetia illucens*.

STUDY OF THE EFFECT OF ZOOHUMUS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF AN EDIBLE MUSHROOM *PLEUROTUS OSTREATUS*

G.V. Pestsov*, A.V. Tretyakova, O.V. Prokudina

Lev Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula, Russia

*Email: georgypestov@gmail.com

The article discusses the possibilities of using zoohumus produced by the black-soldier flies *Hermetia illucens* for the cultivation of an edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. Zoohumus is the result of the processing of various organic waste by black-soldier larvae. Experimental studies have been conducted to study mycelium growth of *Pleurotus ostreatus* strains 135 and 813 on solid and liquid nutrient media supplemented with zoohumus at varying concentrations. Zoohumus increases the nutritional value of media and provided for obtaining environmentally safe products. This method may be used for mushrooms production.

Keywords: mycelium, zoohumus, *Pleurotus ostreatus*, *Hermetia illucens*.

Муши *Hermetia illucens* (черная львинка) относятся к числу немногих видов беспозвоночных, способных круглогодично развиваться в контролируемых лабораторных условиях, что позволяет использовать это насекомое в биотехнологии утилизации органических отходов. Для переработки разнообразной органики используются личинки мухи, которые характеризуются высокой биологической активностью. Быстрый рост и высокая питательная ценность личинок дает возможность их использования в кормлении сельскохозяйственных животных и аквакультуры [4].

В процессе своей жизнедеятельности насекомое вида *H. illucens* не только утилизирует целый спектр органических отходов, но образует новые продукты, к которым относится зоогумус. Зоогумус представляет собой сыпучую слабо слеживающуюся мелкогранулированную массу коричневого цвета, со слабым запахом аммиака и с преобладающим размером частиц в 1-3 мм. Зоогумус, образующийся в процессе жизнедеятельности личинок мухи *H. illucens*, состоит из остатков непереваренного кормового субстрата, экскрементов, специфической микрофлоры и остатков внешнего хитинового покрова насекомого. Основные питательные вещества зоогумуса находятся в виде различных соединений гумусовых кислот, содержат в себе необходимые макро- и микроэлементы [6]. Зоогумус применяется как органическое удобрение для сельскохозяйственных культур, в лесоводстве и цветоводстве, а также для ремедиации загрязненных почв. Он не токсичен, свободен от каких-либо вредных примесей. Его использование в растениеводстве позволяет получать экологически чистую сельскохозяйственную продукцию [3].

Из-за большого количества питательных веществ зоогумус может быть использован для создания специальных сред и субстратов для получения и выращивания мицелия съедобных грибов. В настоящее время доля грибной продукции на российском рынке не превышает 17%. Основная причина данной ситуации – это недостатки технологии культивирования съедобных грибов. Одна из главных проблем грибоводства – отсутствие дешевых питательных компонентов для приготовления питательных сред и субстратов.

В качестве объекта исследования был выбран гриб *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная). Преимуществами вида *P. ostreatus* являются относительная простота технологии выращивания, высокая скорость роста мицелия, значительная конкурентоспособность по отношению к посторонней микрофлоре, способность расти на разнообразных целлюлозосодержащих отходах сельского хозяйства и лесоперерабатывающей промышленности. Плодовые тела грибов могут переносить длительное хранение и транспортировку, их характеризуют высокие вкусовые качества и питательные свойства. После завершения плодоношения пронизанный мицелием субстрат можно использовать в качестве удобрения или добавки в корм сельскохозяйственным животным [1, 2]. Увеличить производство вешенки можно оптимизацией технологии культивирования, внедрением дешевых и эффективных питательных субстратов, а также производством собственного мицелия. В существующих интенсивных технологиях производства *P. ostreatus* обычно используется солома различных зерновых культур, лузга семян подсолнечника, створки гречихи, опилки. Все эти субстраты обладают одним общим недостатком, они имеют низкую питательную ценность. Поэтому, при интенсивном способе выращивания, питательную ценность субстрата повышают, используя различные органические добавки (комбикорм, зерно пшеницы), что, в свою очередь, приводит к удорожанию конечной продукции [5].

Исследования проводили с 2020 по 2022 год в микробиологической лаборатории центра технологического превосходства «Передовые химические и биотехнологии» Тульского государственного педагогического университета им. Л.Н. Толстого. Для изучения роста мицелия использовали штаммы *Pleurotus ostreatus* 135 (ВКПМ F-813) и *Pleurotus ostreatus* 813 (ВКПМ: F-276) из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» ГосНИИгенетика. Стерильный мицелий пересевали в чашки Петри на агаризованные питательные среды различного состава. Для изучения роста мицелия использовали 6 видов питательных сред: картофельный агар (контроль), зерновой агар, голодный агар с добавлением 10%, 40%, 70% и 100% раствора зоогумуса. Маточный раствор зоогумуса получали, помещая 100 г зоогумуса в 1 л воды. Замеры проводили на 3-е, 5-е и 7-е сутки. Чашки Петри помещали в термостат при температуре 23°C. Питательные среды стерилизовали в автоклаве при 1,2 атм. (60 мин). В каждой чашке Петри измеряли диаметр колонии, повторность опыта восьмикратная.

Характер роста и развития гриба оценивали по пятибалльной шкале: 1 - мицелий паутинистый, не плотный; 2 - мицелий паутинистый, воздушный, не плотный; 3 - мицелий плотный, приподнятый воздушный; 4 - мицелий плотный, иногда приподнятый; 5 - мицелий плотный, гифы образуют тяжи с явными уплотнениями и бляшками.

Наиболее оптимальными оказались питательные среды с экстрактом зоогумуса (табл. 1).

Табл. 1.

Рост мицелия штаммов 135 и 813 *Pleurotus ostreatus* на твердых питательных средах.

№	среда	<i>Pleurotus ostreatus</i> 135					<i>Pleurotus ostreatus</i> 813				
		3 сутки, см	5 сутки, см	7 сутки, см	% к контролю	баллы*	3 сутки, см	5 сутки, см	7 сутки, см	% к контролю	баллы*
1	КА	18,0 ± 1,06	32,1 ± 2,82	48,6 ± 3,31	100	3	25,3 ± 2,25	52,2 ± 4,83	61,7 ± 4,20	100	3
2	ЗГ 10%	18,1 ± 1,26	25,5 ± 2,00	73,1 ± 6,92	150,4	4	27,9 ± 2,59	42,9 ± 2,99	69,8 ± 4,43	113,1	4
3	ЗГ 40%	24,3 ± 1,56	43,9 ± 3,18	75,5 ± 4,80	155,3	4	32,1 ± 2,65	53,8 ± 4,03	75,2 ± 5,36	121,9	4
4	ЗГ 70%	21,4 ± 1,73	34,3 ± 1,69	43,8 ± 3,50	90,1	5	26,3 ± 1,96	38,4 ± 3,06	64,0 ± 4,27	103,7	5
5	ЗГ 100%	12,7 ± 0,90	22,1 ± 0,99	33,4 ± 2,66	68,7	5	21,9 ± 1,93	32,8 ± 2,96	56,8 ± 4,65	92,1	5
6	ЗА	10,6 ± 0,96	21,2 ± 1,53	44,4 ± 3,98	91,4	2	13,8 ± 0,96	32,2 ± 2,83	57,4 ± 3,32	93,0	4

Для мицелия *P. ostreatus* 135 использование 10% и 40% зоогумуса обеспечило более активное развитие и более высокую радиальную скорость роста мицелия, чем в контроле, диаметр колоний в опытных вариантах был выше на 50,4-55,3%. Для мицелия штамма *P. ostreatus* 813 использование 10%, 40% и 70% зоогумуса также обеспечило более высокую радиальную скорость роста мицелия, чем в контроле. Наилучшее качество мицелия было в вариантах 4 (ЗГ 70%) и 5 (ЗГ 100%). Мицелий был стелющимся плотным, иногда слегка приподнятым. Можно сделать вывод, что наиболее подходящими питательными средами для размножения вегетативного мицелия штаммов *P. ostreatus* 135 и 813 являются среды с добавлением экстракта зоогумуса в количестве 40%. На этих средах отмечали достаточно высокую скорость роста мицелия и его хорошее качество.

Далее было проведено исследование по изучению образования биомассы мицелия штаммами *P. ostreatus* 135 813 на жидких питательных средах. В опыте использовали питательные среды следующего состава: картофельный агар (контроль), зерновой агар, голодный агар с добавлением 10%, 40%, 70% и 100% раствора зоогумуса. Питательные среды объемом 80 мл инокулировали чистой культурой мицелия и помещали в термостат при температуре 25°C. Через 10 суток питательные среды фильтровали, а полученный мицелий помещали в сушильный шкаф и при температуре 60°C на 72 часа, высушенный мицелий взвешивали. Результаты, представленные на рис. 1 и 2, показывают, что биомасса мицелия была больше на средах с добавлением экстрактов зоогумуса, максимального значения этот показатель достигал при использовании 70% экстракта зоогумуса (28,2 г/л), при дальнейшем повышении концентрации до 100% отмечалось некоторое уменьшение этого показателя (21,4 г/л) у штамма *P. ostreatus* 135.

Аналогичную закономерность наблюдали при выращивании мицелия *P. ostreatus* 813, при использовании 70% экстракта зоогумуса, биомасса мицелия составляла 23,4 г/л питательной среды, а при применении 100% экстракта биогуруса этот показатель был равен 17,1 г/л.

Таким образом, питательные среды на основе экстракта зоогумуса можно считать перспективными для получения биомассы мицелия гриба *P. ostreatus*. На средах с зоогумусом образовавшийся мицелий был плотным и занимал большую часть объема колбы с питательной средой. Для культивирования мицелия гриба *P. ostreatus* можно использовать зоогумус, получаемый в результате жизнедеятельности личинок насекомого *H. illucens*. При использовании зоогумуса для культивирования мицелия съедобного гриба *P. ostreatus* решается важная проблема получения маточной культуры и последующей наработки мицелия для производства органической экологически безопасной продукции плодовых тел грибов.

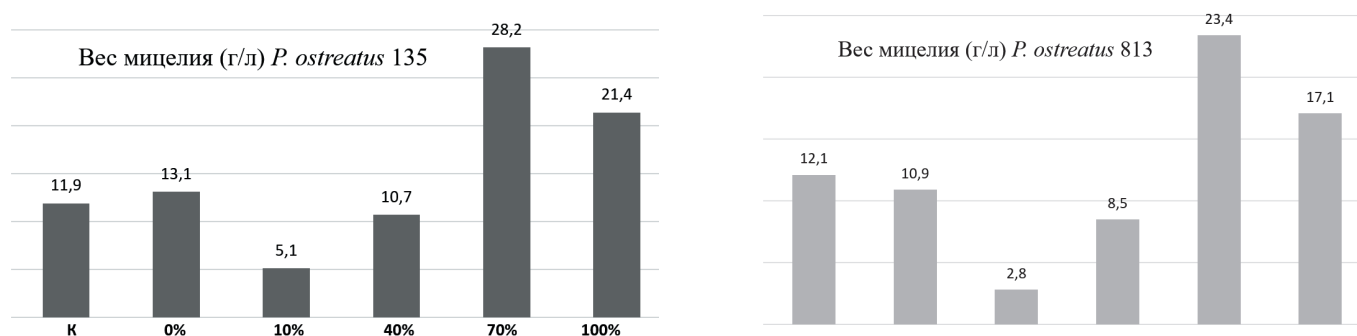


Рис. 1. Биомассы мицелия гриба *Pleurotus ostreatus* на жидких питательных средах. См. текст.

Исследование выполнено в рамках гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники 2021 года «Биотехнологическая утилизация органических отходов при помощи личинок насекомого *Hermetia illucens* (черная львинка) и получение новых продуктов» по договору №ДС/263 от 25.10.2021 г.

Литература

1. Бисько НА, Дудка ИА. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка. Киев: Наукова думка, 1987.
2. Бисько НА, Бухало АС. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре. Киев: Наукова думка, 1983.
3. Истомин ИИ, Истомин АИ, Дедаева ВВ. Патент РФ № 2644343С2, 23.09.2020 Способ переработки биологических отходов с получением белкового корма и биоудобрения. Патент России 2644343. Бюллетень; 2018:(4).
4. Песцов ГВ, Сидоров РА, Глазунова АВ, Бутенко СА. Биотехнологическая утилизация органических отходов с помощью насекомого (черная львинка). Проблемы научной мысли. 2021;7(4):23-25.
5. Песцов ГВ, Третьякова АВ. Экологически безопасная утилизация органических отходов и технология производства гриба *Pleurotus ostreatus* (вешенки обыкновенной). Sib J Life Sci Agricult. 2021;13(5): 26-40.
6. Пендюрин ЕА, Смоленская ЛМ, Святченко АВ. Использование зоокомпоста культивирования личинок мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) при выращивании огурцов. Вестник аграрной науки. 2021;(1):56-62.

References

1. Bisko NA, Dudka IA. Biologiya i Kultivirovanie Syedobnykh Gribov Roda Veshenka. Kiev: Naukiva Dumka; 1987. (In Russ.)
2. Bisko NA, Bukhalo AS. Vysshie Syedobnye Bazidiomitsety v Poverkhnostnoy i Glubinnoy Kulture. Kiev: Naukova Dumka; 1983. (In Russ.)
3. Istomin II, Istomin AI, Dediayeva VV. Sposob Pererabotki Biologicheskikh Otkhodov s Polucheniyem Belkovogo Korma i Bioudobreniya. RF Patent № 2644343C2 23.09.2020. Biulleten;2018(4). (In Russ.)
4. Pestsov GV, Sidorov RA, Glazunova AV, Butenko SA. [Biotechnological utilization of organic waste by the fly *Hermetia illucens*]. Problemy Nauchnoy Mysli. 2021;7(№):23-5. (In Russ.)
5. Pestsov GV, Tretyakova AV. [Environmentally safe utilization of organic waste and a technology for producing the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*]. Sib J Life Sci Agricult. 2021;13(5):26-40. (In Russ.)
6. Pendiurin YeA, Smolenskaya LM, Svyatchenko AV. [Using a zoocompost produced by the larvae of *Hermetia illucens* flies for cucumber growing]. Vestnik Agrarnoy nauki. 2021;(1):56-62. (In Russ.)

«»

УДК: 582.288

ИЗУЧЕНИЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ ГРИБОВ-АНТАГОНИСТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ И СУБСТРАТАХ

Г.В. Песцов*, О.В. Прокудина, А.В. Третьякова

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула, Россия

*Эл. почта: georgypestsov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В статье рассмотрены возможности применения зоогуруса насекомого *Hermetia illucens* (черной львинки) для культивирования грибов-антагонистов *Trichoderma viride* и *Paecilomyces lilacinus*. Изучен рост мицелия *Tr. viride* и *P. lilacinus* на питательных средах и субстратах с добавлением экстракта зоогуруса, продукта жизнедеятельности *H. illucens*, в различных концентрациях. Предлагаемые среды и субстраты можно использовать для выращивания грибов-антагонистов. Зоогурус повышает питательную ценность микробиологических сред и способствует активному развитию этих грибов.

Ключевые слова: *Trichoderma viride*, *Paecilomyces lilacinus*, зоогурус, защита растений, питательные среды.

STUDY OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF ANTAGONIST FUNGI ON VARIOUS NUTRIENT MEDIA AND SUBSTRATES

G.V. Pestsov*, A.V. Prokudina, O.V. Tretyakova

Lev Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula, Russia

*Email: georgypestsov@gmail.com

The article discusses the possibilities of using the zoohumus produced by black-soldier *Hermetia illucens* larvae the cultivation of antagonistic fungi *Trichoderma viride* and *Paecilomyces lilacinus*. Experiments were carried out to study the growth of *Tr. viride* and *P. lilacinus* mycelia on nutrient media and substrates supplemented with zoohumus extract, a product of the vital activity of the insect *H. illucens*, in various concentrations. The proposed media and substrates can be used for growing antagonist fungi. Zoohumus increases the nutritional value of microbiological media and promotes the active development of these fungi.

Keywords: *Trichoderma viride*, *Paecilomyces lilacinus*, zoohumus, plant protection.

Глобальное использование химических средств защиты растений в сельском хозяйстве приводит к загрязнению среды, накоплению пестицидов в почве, воде и сельскохозяйственной продукции, нарушениям структуры биоценозов и снижению их способности к саморегуляции. В популяциях фитопатогенных организмов возрастает устойчивость к пестицидам и снижается эффективность их применения [6]. Для получения экологически безопасной продукции растениеводства необходимо до минимума снизить применение химических средств защиты растений. Альтернативой или дополнением к химическому методу борьбы с вредными организмами должен быть биологический метод защиты растений, основанный на применении различных групп антагонистов, гиперпаразитов, хищников, способных сдерживать развитие фитопатогенов на экономически незначимом уровне. Метаболитные биопрепараты обычно содержат одно или комплекс биологически активных веществ, ингибирующих развитие патогена. Такой подход предполагает экологически обоснованное применение организмов-интродуцентов, способных вступать во взаимодействия с возбудителями болезней и снижать плотность их популяций на разных стадиях развития. Использование агентов биологического контроля для регулирования динамики развития популяций вредных организмов должно быть основано на знании специфики их биоценологических отношений и естественных регуляторных механизмов в агроэкосистемах [7].

Применение биологических агентов особенно перспективно в условиях защищенного грунта, где крайне нежелательно использовать химические препараты. При этом интродуценты (биологические агенты) должны обладать высокой конкурентоспособностью, биологической активностью и иметь широкий адаптационный потенциал. Для биологического контроля фитопатогенов используют биопрепараты на основе живых культур микроорганизмов и продуктов их метаболизма [1, 2].

Микромицет *Rhizoglyphus nigricaudus* (Thom) Samson – эндопаразит галловых нематод, оказывающий супрессивное действие на их популяции. Этот вид является почвенным сапрофитом, который способен быстро размножаться в почвогрунтах и колонизировать субстрат. *Trichoderma viride* используется в качестве биологического средства борьбы с грибами-фитопатогенами. В природе встречается в почве [3].

Для наработки биомассы мицелия грибов антагонистов предлагается использовать зоогумус, продукт жизнедеятельности личинок мухи *Hermetia illucens*, который состоит из остатков непереваженного кормового субстрата, экскрементов и остатков хитинового внешнего покрова насекомого, а также специфической микрофлоры, состоящей из дрожжей и бактерий. В настоящее время разработаны оптимальные условия для роста, развития и размножения этого вида мухи в искусственно созданных лабораторных условиях или в специальных установках. В результате культивирования в организме личинки мухи накапливается комплекс веществ, процентное содержание которых зависит от качества корма. Основные питательные вещества зоогумуса находятся в виде различных соединений гуминовых кислот и содержат в себе необходимые макро- и микроэлементы [5]. Зоогумус применяется как органическое удобрение для сельскохозяйственных культур, в лесоводстве и цветоводстве, а также для ремедиации загрязненных почв. Он не токсичен, свободен от каких-либо вредных примесей. Его использование в растениеводстве позволяет получать экологически чистую сельскохозяйственную продукцию [4].

В работе были использованы штаммы грибов *P. lilacinus* и *Tr. viride* из государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов и сортов растений-идентификаторов патогенных штаммов микроорганизмов Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии. Стерильный мицелий пересевали в чашки Петри на стерильные агаризованные питательные среды различного состава. Для изучения радиального роста мицелия использовали 6 видов питательных сред: картофельно-глюкозный агар (контроль), агар Чапека-Докса, голодный агар с добавлением 10%, 40%, 70% и 100% раствора зоогумуса. Маточный раствор зоогумуса получали, помещая 100 г зоогумуса в 1 л воды. Замеры проводили на 3-е, 5-е и 7-е сутки. Чашки Петри помещали в термостат на 7 суток при температуре 25°C. Питательные среды стерилизовались в автоклаве при 1,2 атм. (60 мин). В каждой чашке Петри измеряли диаметр колонии, повторность опыта восьмикратная. Результаты радиального роста мицелия грибов антагонистов представлены в табл. 1.

Табл. 1.

Изучение роста мицелия гриба на питательных средах.

№	среда	<i>Tr. viride</i>				<i>P. lilacinus</i>			
		3 сутки	5 сутки	7 сутки	% контролю	3 сутки	5 сутки	7 сутки	% контролю
1	КА	6,7 ± 0,47	18,4 ± 1,06	29,2 ± 2,69	100	12,7 ± 1,02	23,1 ± 1,98	33,2 ± 2,56	100%
2	Чапека	10,5 ± 0,8	22,7 ± 1,82	34,4 ± 2,78	117,8	9,5 ± 0,80	15,5 ± 1,07	26,7 ± 1,3	80,42%
4	ЗГ 10%	3,5 ± 0,27	13,1 ± 1,18	24,6 ± 2,25	84,2	10,5 ± 0,93	20,7 ± 1,96	30,1 ± 2,51	90,66%
5	ЗГ 40%	23,0 ± 1,60	36,3 ± 2,09	65,25 ± 5,53	223,5	25,9 ± 2,12	43,6 ± 3,46	73,2 ± 4,16	220,48%
6	ЗГ 70%	21,4 ± 1,99	32,8 ± 2,42	57,3 ± 4,23	196,2	20,1 ± 1,53	37,3 ± 2,23	66,6 ± 4,92	200,60%
7	ЗГ 100%	11,8 ± 0,69	17,0 ± 1,47	33,1 ± 1,80	113,3	13,4 ± 1,19	25,3 ± 1,56	48,7 ± 2,89	73,12%

В результате было установлено, что для гриба *Tr. viride* в вариантах с использованием 40% и 70% зоогумуса отмечали более активное развитие мицелия и спороношение, диаметр колоний в варианте с 40% зоогумусом превышал контроль на 123,5%, а при использовании повышенной концентрации (100%) наблюдали снижение роста мицелия, превышение по сравнению с контролем составляло 13,3%, что свидетельствует о возможном ингибирующем эффекте зоогумуса при высоких концентрациях.

Для развития мицелия гриба *P. lilacinus* в вариантах с использованием 40% и 70% зоогумуса отмечали более высокую радиальную скорость роста мицелия, чем в контроле. Можно сделать вывод, что наиболее подходящими питательными средами для размножения вегетативного мицелия и спороношения для видов *P. lilacinus* и *Tr. viride* являются среды с добавлением экстракта зоогумуса в количестве 40% и 70%, на этих средах отмечали достаточно высокую скорость роста мицелия и его хорошее качество.

Для изучения возможности использования зоогумуса в качестве субстрата для наработки биомассы мицелия грибов *P. lilacinus* и *Tr. viride* были заложены опыты по изучению линейного роста мицелия на различных твердых субстратах. В опыте изучали субстраты следующего состава: субстрат из чистого обработанного зерна пшеницы (ЗП) – контроль; субстрат из свежего зоогумуса (ЗГ), субстрат из зоогумуса, который вымачивали в воде 48 часов и сушили (ЗГ2) и зоогумуса, который вымачивали в воде 96 часов и сушили (ЗГ4). Культивирование микромицетов проводили в пробирках при температуре 24°C. Субстрат в пробирках инокулировали мицелием. Учет линейного роста мицелия при зарастании пробирок проводили на 3, 6 и 9 сутки (табл. 2).

В результате проведенной работы было установлено, что скорость роста мицелия гриба *P. lilacinus* на твердых субстратах была более высокой в варианте 3 (ЗГ 2). На данном субстрате был самый быстрый линейный рост мицелия, который на 31,7% превышал рост мицелия на зерне (контроль). На субстратах в вариантах 2 (ЗГ) и 4 (ЗГ4) также наблюдали высокую скорость роста, превышающую контроль на 4,6% и 18,6% соответственно. Для гриба вида *Tr. viride* наилучшими субстратами были варианты 2 (ЗГ), 3 (ЗГ2) и 4 (ЗГ4), там скорость роста мицелия была выше по сравнению с контролем на 39,2%, 78,4% и 67,1% соответственно. Таким образом, зоогумус может быть хорошим заменителем зерна пшеницы и увеличить производство и повысить рентабельность биопрепаратов на основе грибов-антагонистов *Tr. viride* и *P. lilacinus*.

Роста мицелия гриба *Tr.viride* и *P. lilacinus* на питательных субстратах.

№	среда	3 сутки	6 сутки	9 сутки	% контролю	3 сутки	6 сутки	9 сутки	% контролю
<i>P. lilacinus</i>					<i>Tr.viride</i>				
1	ЗП	2,6 ± 0,25	6,4 ± 0,52	10,7 ± 0,76	100,0%	1,8 ± 0,16	4,6 ± 0,38	7,9 ± 0,46	100,0%
2	ЗГ	3,2 ± 0,29	8,1 ± 0,52	11,2 ± 0,83	104,6%	3,2 ± 0,29	6,9 ± 0,46	11,0 ± 0,8	139,2%
3	ЗГ2	5,1 ± 0,46	10,1 ± 0,87	14,1 ± 0,46	131,7%	3,9 ± 0,33	8,2 ± 0,60	14,1 ± 1,46	178,4%
4	ЗГ4	3,5 ± 0,27	7,4 ± 0,65	12,7 ± 0,62	118,6%	2,6 ± 0,25	6,7 ± 0,47	13,2 ± 0,56	167,1%

Исследование выполнено в рамках гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники 2021 года «Биотехнологическая утилизация органических отходов при помощи личинок насекомого *Hermetia illucens* (черная львинка) и получение новых продуктов» по договору №ДС/263 от 25.10.2021 г.

Литература

- Глазунова АВ, Песцов ГВ. Использование энтомопатогенных грибов в борьбе с вредителями плодово-ягодных культур. В кн.: Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике. 2019;55-6.
- Лушников ОВ, Глазунова АВ, Песцов ГВ. Изучение способов повышения агрессивности эндопаразитов фитопатогенных галловых нематод. Вестник современных исследований. 2018;9(3):11-2.
- Лушников ОВ, Глазунова АВ, Песцов ГВ. Использование эндопаразитов фитопатогенных галловых нематод для борьбы с ними. Приднепровский научный вестник. 2018;9(1):93-6.
- Истомин ИИ, Истомин АИ, Дедяева ВВ. Патент РФ № 2644343С2, 23.09.2020 Способ переработки биологических отходов с получением белкового корма и биоудобрения. Патент России 2644343. Бюллетень; 2018:(4).
- Пендюрин ЕА, Смоленская ЛМ, Святченко АВ. Использование зоокомпоста культивирования личинок мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) при выращивании огурцов. Вестник аграрной науки. 2021;(1):56-62.
- Песцов ГВ, Глазунова АВ, Лушников ОВ, Шабалина МА. Изучение возможности использования энтомопатогенных грибов для снижения плотности популяции клещей-фитофагов. Аграрная наука. 2019;(S2):126-9.
- Песцов ГВ, Лушников ОВ, Глазунова АВ. Нематопатогенные грибы как основа биологического метода борьбы с галловыми нематодами. Аграрная наука. 2019;(S2):122-5.

References

- Glazunova AV, Pestsov GV. [Using entomopathogenic fungi for controlling pests of fruits and berries]. In: Monitoring i Biologicheskiiye Metody Kontrolya Vrediteley i Patogenov Drevesnykh Rasteniy: Ot Teorii k Praktike. 2019. P.55-6. (In Russ.)
- Lushnikov OV, Glazunova AV, Pestsov GV. [Studies of approaches to increasing the aggressiveness of endoparasites of phytopathogenic gall eelworms]. Vestnik Sovremennykh Issledovaniy. 2018;9(3):11-2. (In Russ.)
- Lushnikov OV, Glazunova AV, Pestsov GV. [Using endoparasites of phytopathogenic gall eelworms for control thereof]. Pridneprovskiy Nauchnyi Vestnik. 2018;9(1)93-96. (In Russ.)
- Istomin II, Istomin AI, Dediayeva VV. Sposob Pererabotki Biologicheskikh Otkhodov s Polucheniyem Belkovogo Korma i Bioudobreniya. RF Patent № 2644343C2 of 23.09.2020. Biulleten;2018(4). (In Russ.)
- Pendiurin YeA, Smolenskaya LM, Svyatchenko AV. [Using a zoocompost produced by the larvae of *Hermetia illucens* flies for cucumber growing]. Vestnik Agrarnoy nauki. 2021;(1):56-62. (In Russ.)
- Pestsov GV, Glazunova AV, Lushnikov OV, Shabalina MA. [Investigation into the possibility of using entomopathogenic fungi to decrease phytophage mite population density] Agrarnaya Nauka. 2019;(S2):126-9. (In Russ.)
- Pestsov GV, Lushnikov OV, Glazunova AV. [Nematopathogenic fungi as a biologic means for gall eelworms control]. Agrarnaya Nauka. 2019;(S2):122-5. (In Russ.)

«»

УДК: 591.61

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАСЕКОМОГО ВИДА *HERMETIA ILLUCENS*

Г.В. Песцов*, А.В. Третьякова, О.В. Прокудина

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула, Россия

*Эл. почта: georgypestsov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В статье рассмотрены возможность утилизации различных органических отходов сельскохозяйственного производства при помощи насекомого *Hermetia illucens* (черная львинка). Проведены эксперименты по изучению скорости роста и увеличению биомассы личинок этого насекомого на различных субстратах, состоящих из твердых органических отходов для определения их оптимального состава. Утилизация отходов сельскохозяйственного производства при помощи личинок насекомого *H. illucens* является экологически безопасным, образовавшуюся биомассу личинок можно использовать на корм животным, а зоогумус, который является продуктом жизнедеятельности черной львинки, возможно использовать как органическое удобрение.

Ключевые слова: сельское хозяйство, утилизация, *Hermetia illucens*, органические отходы.

ENVIRONMENTALLY SAFE DISPOSAL OF AGRICULTURAL WASTE USING THE INSECT SPECIES *HERMETIA ILLUCENS*

G.V. Pestsov*, A.V. Tretyakova, O.V. Prokudina

Lev Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula, Russia

*Email: georgypestsov@gmail.com

The article addresses the possibility to utilize various organic wastes of agricultural production using black-soldier fly *Hermetia illucens* larvae. Experiments have been conducted to study the growth rate and increase in the biomass of larvae fed with various substrates consisting of solid organic waste and to determine

their optimal composition. Utilization of agricultural production waste with the help of *H. illucens* of larvae is environmentally safe, and the resulting biomass of larvae can be used for animal feed and as a zoohumus, which is the product of the vital activity of the black-soldier fly usable as an organic fertilizer.

Keywords: agriculture, recycling, *Hermetia illucens*, organic waste.

Одной из актуальных проблем биотехнологии является утилизация твёрдых органических отходов сельскохозяйственного производства. За год в сельском хозяйстве производится около 200 млн тонн отходов, это примерно 35% от общего их количества. Решение данной проблемы направлено на выполнение двух основных задач, заключающихся в предотвращении загрязнения окружающей среды и эффективном использовании переработанных отходов в сельском хозяйстве. Отходы различных видов промышленного производства были хорошо изучены, и на основе этого разработаны способы и технологии их переработки, а переработка отходов сельскохозяйственного производства не получила достаточного внимания [6].

Существуют разные способы переработки отходов сельского хозяйства, такие как компостирование, высушивание, высокотемпературная ферментация, сжигание. Но они высоко затратны, энергоёмки, не экологичны и часто не отвечают требованиям земледелия. Поэтому в последнее время широкую популярность приобретает способ утилизации твёрдых органических отходов сельского хозяйства при помощи живых организмов. Такой способ является экологически чистым и низко затратным. Одним из организмов является насекомое *Hermetia illucens* (черная львинка). Ее личинки способны активно перерабатывать различные отходы сельскохозяйственного производства и пищевые отходы. Разведение личинок вида *H. illucens* имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами биологической утилизации, например, перед переработкой органических отходов с помощью червей или домашней мухи [2].

Вид *H. illucens* – это крупная муха из подсемейства *Stratiomyinae*, обитает в тропиках и субтропиках на разных континентах, отличается неприхотливостью, личинки – полифаги, способные к высокоэффективной биоконверсии широкого спектра органических отходов, в том числе некондиционных овощей и фруктов, рыбных, мясных и растительных остатков. Образующаяся при этом биомасса личинок используется на корм животным и рыбе, из них получают белок и жир, а зоогумус, который является продуктом жизнедеятельности черной львинки, возможно использовать как органическое удобрение или для улучшения почвы.

Данный метод утилизации не является таким дорогостоящим, как сжигание в биоэнергетических установках, и обеспечивает высокую степень биоконверсии субстрата. Кроме того, выращивание мух черной львинки не занимает много времени. Полный цикл жизни насекомого (от яйца до имаго) занимает порядка полутора-двух месяцев, цикл развития мух во многом зависит от температуры в культивационном помещении. Для разведения личинок черной львинки необходима постоянная температура 22-24°C, а для взрослых мух (имаго) – 28-30°C, что делает их культивирование в лабораторных условиях доступным в любых климатических зонах [1, 3].

Жизненный цикл *H. illucens* включает несколько фаз развития. После вылупления мух из куколок взрослые особи спариваются на третий день жизни, и через несколько дней самка откладывает во влажный содержащий органические вещества субстрат от 300 до 1000 яиц. Через несколько дней из них вылупляются личинки насекомого размером около 1 мм, которые развиваются в течение 14-20 дней. За это время личинки черной львинки интенсивно усваивают органический субстрат, увеличивая свои размеры до 30 мм в длину и 6 мм в ширину и наращивают свою биомассу. Личинки *H. illucens* могут утилизировать большое количество органического субстрата, превращая его в ценное органическое удобрение. Когда личинки достигают финальной стадии развития, они превращаются в предкуколки, последние окукливаются и превращаются в куколки, из которых впоследствии выводятся взрослые особи мух и жизненный цикл повторяется [4].

Личинки и предкуколки черной львинки обычно содержат около 40% протеина, 30% жира, хитин составляет 5–7%, содержат они и жирные кислоты, в составе которых 50% приходится на лауриновую кислоту, и другие полезные компоненты: кальций (5,0%); фосфор (1,5 %) железо (1,0%). Биомасса личинок *H. illucens* используется для получения белка в производстве кормов. Личинки применяются в системах аквакультуры для кормления разных видов рыбы, а также для добавки в корм различным домашним животным [5]. Личинки безопасны для людей, они не вторгаются в среду обитания человека и не переносят вредителей и болезней.

Поскольку многие виды органических отходов могут быть субстратами для личинок, утилизация таких отходов с помощью черной львинки проста и не требует больших площадей. В целом, технология утилизации органических отходов при помощи насекомого имеет множество преимуществ с точки зрения охраны окружающей среды и промышленного использования [6]. При плотности посадки личинок 5 экз/см² общее потребление кормового субстрата может составлять 81%. Выход сухой биомассы личинок с 1 кг зерна пшеницы достигает 0,18 кг, а с 1 м² площади субстрата до 3 кг.

Наши исследования проводились с 2021 по 2022 год в микробиологической и биотехнологической лабораториях центра технологического превосходства «Передовые химические и биотехнологии» Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого. Объектом исследования были личинки *H. illucens*, вылупившиеся в один день.

Для постановки опыта брали личинок в количестве 5000 шт. и помещали в стандартные ящики (40×60×20 см) и одинаковые условия (22-25°C, влажность 50%); число ящиков для каждого варианта состава кормов – 8 шт. (восьмикратная повторность), учет массы личинок проводили на 6-е и 9-е сутки. Из каждого ящика брали 2 пробы по 250 шт. (всего 500 шт. из каждого ящика) личинок, их поверхностно промывали, высушивали и взвешивали каждую пробу (по 250 штук), отмечали равномерность и варьирование их размеров. Затем высушивали личинок в сушильном шкафу при 95-100°C и взвешивали еще раз. В качестве растительных сельскохозяйственных отходов использовали измельченную ботву томатов, ботву огурцов, ботву картофеля и солому зерновых культур. В качестве пищевых отходов использовали очистки и некондиционные фрукты и овощи, мясные и рыбные отходы, хлебные отходы. В качестве контроля использовали комбикорм для кормления кур.

Результаты изучения влияния органических отходов на биомассу личинок представлены в табл. 1.

Табл. 1.

Учет массы живых и высушенных личинок, выращенных на различных органических отходах, г.

№	Вариант корма	На 6 сутки		На 9 сутки	
		Живые	Сухие	Живые	Сухие
1	Комбикорм (контроль)	31,46 ± 3,25	9,68 ± 0,68	58,4 ± 4,62	19,4 ± 0,89
2	Пищевые отходы (мясные)	32,1 ± 3,29	11,3 ± 0,38	62,7 ± 5,03	22,6 ± 1,64
3	Растительные отходы	22,8 ± 1,41	8,8 ± 0,64	49,0 ± 4,15	17,8 ± 1,03
4	Пищевые отходы (хлебные)	31,6 ± 2,28	8,65 ± 0,35	61,0 ± 5,70	22,2 ± 0,99

Было установлено, что лучше всего личинки росли на субстратах, состоящих из мясных и рыбных пищевых отходов с добавлением некондиционных фруктов и овощей. Максимальная масса живых личинок на таком субстрате достигала 62,7 г, а максимальная масса высушенных личинок – 22,6 г. Это связано с тем, что мясные пищевые отходы содержат большое количество белка, а очистки фруктов и овощей позволяют сбалансировать корм по углеводам. Использование пищевых хлебных отходов с добавлением некондиционных фруктов и овощей показало также хорошие результаты, чему способствовало сбалансированное количество углеводов, крахмала и витаминов, поэтому личинки росли и набирали биомассу быстро. Средний вес

живых личинок на 9 сутки был 61,0 г, а высушенных – 22,2 г, что несколько превышало показатели контрольного варианта при выращивании на курином комбикорме, который обычно рекомендуют для кормления маточной популяции личинок. Наименьшая биомасса личинок была при выращивании на растительных остатках, средняя масса живых личинок была 49,0 г, а сушеных 17,8 г. Это связано с тем, что данные отходы содержат в своём составе большое количество целлюлозы и гораздо меньшее количество белка, поэтому на субстрате такого состава личинки хуже набирали биомассу.

В ходе выполнения работы удалось определить, что личинки *H. illucens* можно использовать для утилизации различных твёрдых органических отходов. Данный способ утилизации является экологически безопасным, так как личинки устойчивы к возбудителям различных болезней. Выращенные на органических отходах личинки являются источником белка и жира, а продукт их жизнедеятельности – зоогумус рекомендуют использовать в качестве органического удобрения. Личинки обладают широким диапазоном пищевых предпочтений, способны развиваться как на богатых белком и углеводами, так и на бедных субстратах. Применение одинаковых субстратов для кормления личинок в течение нескольких поколений будет способствовать появлению линий, приуроченных к данному корму.

Исследование выполнено в рамках гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники 2021 года «Биотехнологическая утилизация органических отходов при помощи личинок насекомого *Hermetia illucens* (черная львинка) и получение новых продуктов» по договору №ДС/263 от 25.10.2021 г.

Литература

1. Антонов АМ, Lutovinovas E, Иванов ГА, Пастухова НО. Адаптация и перспективы разведения мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе. Принципы экологии. 2017;6(3):4-19.
2. Марцев АА, Подолец АА. Перспективы разведения мухи *Hermetia illucens* в России для утилизации органических отходов сельскохозяйственных предприятий. Владимирский земледелец. 2017;(4).
3. Бабаев НА, Бастратов АИ, Соколов ИВ. Способ переработки органических отходов личинками мух *Hermetia illucens* с получением белка животного происхождения и биогуруса. Патент РФ № 2654220 (С1), 17.05.2018. Бюл. №14.
4. Песцов ГВ, Сидоров РА, Глазунова АВ, Бутенко СА. Биотехнологическая утилизация органических отходов с помощью насекомого *Hermetia illucens* (черная львинка). Проблемы научной мысли. 2021;7(4):23-5.
5. Шайхиев ИГ, Свергузова СВ, Сапронова ЖА, Антюфеева ЕС. Использование пищевых отходов для выращивания личинок мухи *Hermetia illucens* (краткий обзор зарубежной литературы). Экономика строительства и природопользования. 2020;77(4):17-30.
6. Sapronova ZhA, Shoukhov VG, Sverguzova SV, Svyatchenko AV, Shaikhiev IG. Использование насекомых в сельском хозяйстве – путь к рациональному природопользованию. Construction Economic and Environmental Management. 2020;77(4):5-9.

References

1. Antonov AM, Lutovinovas E, Ivanov GA, Pastuhova NO. [Adaptation of and prospects for cultivating of the black-soldier fly *Hermetia illucens*] in the circumpolar region]. Printsipy Ekologii. 2017;6(3):4-19. (In Russ.)
2. Martsev AA, Podolets AA. [Prospects for cultivating *Hermetia illucens* in Russia for recycling of organic waste of agricultural plants]. Vladimirskiy Zemledelets. 2017;(4). (In Russ.)
3. Babayev NA, Bastrakov AI, Sokolov Sposob Pererabotki Organicheskikh Otkhodov Lichinkami mukh *Hermetia illucens* s Polucheniym Belka Zhivotnogo Proiskhozhdeniya i Biogumusa. RF Patent № 2654220 (C1), 17.05.2018. Biul;2018(14). (In Russ.)
4. Pestsov GV, Sidorov RA, Glazunova AV, Butenko SA. [Biotechnological utilization of organic waste by the fly *Hermetia illucens*]. Problemy Nauchnoy Mysli. 2021;7(№):23-5. (In Russ.)
5. Shaykhiev IG, Sverguzova SV, Sapronova ZhA, Antyufeeva ES. [Using food waste for cultivating *Hermetia illucens* fly larvat (Short review of foegn liratione)]. Ekonomika Stroitelstva i Prirodopolzovaniya. 2020;77(4):17-30. (In Russ.)
6. Sapronova ZhA, Shoukhov VG, Sverguzova SV, Svyatchenko AV, Shaikhiev IG. [Using insects in agriculture is a way to rational nature management]. Construction Economic and Environmental Management. 2020;77(4):5-9. (In Russ.)

«»

УДК:633.111:631.524.86:582.285(571.14)

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ, УСТОЙЧИВЫХ К ПОРАЖЕНИЮ МУЧНИСТОЙ РОСОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Пискарев^{1*}, Н.И. Бойко¹, В.А. Апарина¹, Е.В. Зуев²

¹Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал «Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук»; ²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР)

*Эл. почта: Piskaryiv_v@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В 2019-2021 гг. в Новосибирской области при изучении в условиях естественного фона распространения мучнистой росы были выделены источники ценных признаков, которые характеризовались высокой устойчивостью в сочетании с урожайностью на уровне или выше лучшего за годы изучения стандарта – сорта Сибирская 17 (508,6 г/м²): Calispego, Бурлак, Буляк, Ласка, KW 240-3-13, Тасос, Тризо, Pasteur, Зауральская волна, Омская 43, Атлант, Кинельская Юбилейная, Экада 109, Экада 214, Jubilee, SW Kadrijl и Karee. Образцы с генами устойчивости Pm8, Pm38, Pm3 Pm5a характеризовались в основном как высокоустойчивые-иммунные. Не поражались (отсутствие симптомов) в оба года изучения образцы с генами и их сочетаниями: Pm1+Pm2+Pm4b+Pm9 (WW 17283), Pm12 (Wembley), Pm1a+Pm2, Pm9 (Normandie), Pm6Ag.i.1 (Воевода), Pm6Ag.i.2 (Тулайковская 10, Тулайковская 100, Тулайковская 110 и Тулайковская золотистая), Pm6Ag.i.2 + Pm38 (Тулайковская 5). Устойчивость сорта-индикатора (Хакасская) варьировала от очень низкой (1 балл) до низкой (3 балла).

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая, мучнистая роса, устойчивость, Pm.

CHARACTERISTICS OF SOFT SPRING WHEAT VARIETIES RESISTANT TO POWDERY MILDEW IN THE FOREST-STEPPE OB CONDITIONS OF THE NOVOSIBIRSK REGION

V.V. Piskarev^{1*}, N.I. Boyko¹, V.A. Aparina¹, E.V. Zuev²

¹Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding, Novosibirsk Region, Russia; ²Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russia

*E-mail: Piskaryiv_v@mail.ru

As a result of the study of wheat varieties carried out in 2019-2021 in Novosibirsk Region, sources of resistance to powdery mildew that were characterized by high resistance combined with yields at or above the best standard for the years of study (Siberian 17 (508.6 g/m²)) were identified: Calispero, Burlak, Bulyak, Laska, KW 240-3-13, Tasos, Triso, Pasteur, Zauralskaya volna, Omskaya 43, Atlant, Kinelskaya Yubileynaya, Ekada 109, Ekada 214, Jubilee, SW Kadrijl and Karee. Varieties with resistance genes Pm 8, Pm 38, Pm3 Pm5a were characterized mainly as highly resistant-immune. Not affected (no symptoms) in both years of the study were varieties having the genes and their combinations: Pm1+Pm2+Pm4b+Pm9 (WW 17283), Pm12 (Wembley), Pm1a+Pm2, Pm9 (Normandie), Pm6Ag.i.1 (Voevoda), Pm6Ag.i.2 (Tulaykovskaya 10, Tulaykovskaya 100, Tulaykovskaya 110 and Tulaykovskaya Zolotistaya), Pm6Ag.i.2 + Pm38 (Tulaykovskaya 5). The resistance of the indicator variety (Khakasskaya) varied from very low (1 point) to low (3 points).

Keywords: soft spring wheat, powdery mildew, resistance, Pm.

Введение

Мучнистая роса пшеницы (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. tritici March) относится к числу крайне вредоносных заболеваний, в особенности если она поражает растения на ранних стадиях развития (кущение-выход в трубку). Недобор урожая от мучнистой росы может достигать 10-15%, а при эпифитотийном развитии болезни - 30-35%. При этом снижается и качество зерна – содержание белка и крахмала [1]. Мучнистая роса имеет широкое распространение по всему миру [2].

Табл. 1.

Образцы, характеризующиеся высокой устойчивостью к *B. graminis* в условиях естественного фона (Новосибирская обл., п. Краснообск, 2019-2020 гг.).

№ ВИР	Название	Происхождение				№ ВИР	Название	Происхождение			
			Минимальный балл	Максимальный балл	Урожайность, г/м ²				Минимальный балл	Максимальный балл	Урожайность, г/м ²
	Новосибирская 15	st	5	5	410,6	66414	Злата	РФ, Московская обл.	99	99	479,2
	Новосибирская 31	St	7	7	464,2	66350	Лиза	РФ, Московская обл.	99	99	401,2
	Обская 2	st	7	99	506,1	-	Касибовская	РФ, Омская обл.	7	9	410,3
	Сибирская 17	st	5	9	508,6		Омская 43	РФ, Омская обл.	7	9	529,4
	Хакасская	Индикатор поражения	1	3	384,2	66388	Столыпинская 2	РФ, Омская обл.	7	99	318,5
66211	Line Sr32	Австралия	7	7	378,0	66352	Атлант	РФ, Пензенская обл.	9	99	576,5
66421	Ласка	Беларусь	9	99	525,5	66259	Рима	РФ, Рязанская обл.	9	99	435,9
66422	Любава	Беларусь	99	99	470,7	66416	Кинельская 2010	РФ, Самарская обл.	7	9	431,3
66407	Сударыня	Беларусь	9	99	472,4	66270	Кинельская Юбилейная	РФ, Самарская обл.	7	7	557,6
66193	Тома	Беларусь	9	99	496,2	66272	Ирень 2	РФ, Свердловская обл.	7	9	408,8
-	KWS Torridon	Великобритания	99	99	378,0	66239	Экада 109	РФ, Татарстан	7	99	527,5
66090	Sparrow	Великобритания	9	99	470,2	66348	Аль Варис	РФ, Татарстан	7	9	561,6
66375	KW 240-3-13	Германия	7	9	579,1	66349	Булак	РФ, Татарстан	7	7	623,4*
-	KWS Jetstream	Германия	9	99	466,7	66411	Иолдыз	РФ, Татарстан	7	9	402,3
-	KBC Буран	Германия	7	99	449,9	66412	Хаят	РФ, Татарстан	7	7	474,7
	Тасос	Германия	9	99	529,7	66399	Гренада	РФ, Тюменская обл.	7	7	493,6
	Тризо	Германия	9	99	511,9	66390	Бурлак	РФ, Ульяновская обл.	7	7	626,8*
66091	Artur Nick	Испания	7	99	403,4	66389	Экада 214	РФ, Ульяновская обл.	9	99	571,3
66449	Atrevido	Испания	9	99	432,6	66253	Jubilee	США	7	7	532,7
66092	Mane Nick	Испания	7	99	448,7	66453	Kelse	США	7	9	404,9
66454	Степная 100	Казахстан	7	7	404,2	66237	M77-1140	США	7	9	395,5
66191	Эритроспермум 35	Казахстан	7	7	472,5	66393	Calispero	Франция	7	99	598,4*
66248	93-11-2-3-2	Канада	7	9	346,0	66376	Cornetto	Франция	9	99	441,2
66203	Lillian	Канада	7	9	442,0	66392	Eleganza	Франция	99	99	415,5
66210	NIL Thatcher Lr45	Канада	7	9	419,7	66391	Florens	Франция	9	99	318,0
66439	Dian 81V-418	Китай	7	9	331,9	-	Калиско	Франция	9	99	422,1
66195	Yumai 34	Китай	7	9	210,6	66401	Libertina	Чехия	99	99	412,0
66093	Pasteur	Нидерланды	9	99	520,9	66394	Odeta	Чехия	99	99	460,4
66441	Bastian	Норвегия	9	99	483,0	66400	Китри	Чехия	99	99	291,9
66094	Brawura	Польша	9	99	408,9	66353	Boett	Швеция	99	99	474,5
-	Геренда	Польша	99	99	384,0	66095	Lavett	Швеция	9	99	378,0
-	Изера	Польша	9	99	489,2	66098	SW Kadrijl	Швеция	99	99	517,7
66257	Воронежская 20	РФ, Воронежская обл.	7	9	487,5	66097	SW Kronjet	Швеция	99	99	498,9
66398	Клара	РФ, Кировская обл.	7	7	497,9	66096	Swedjet	Швеция	99	99	456,2
	Зауральская волна	РФ, Курганская обл.	7	9	545,9	66254	Karee	ЮАР	7	7	540,4
66402	Пушкинская 1	РФ, Ленинградская обл.	7	7	369,4		HCP 05	-	-	-	78,2
66351	Ботаническая 81	РФ, Московская обл.	9	9	496,2						

* Превышение достоверно при P<0,05.

Всего идентифицировано 100 аллелей в 63 локусах, контролирующих устойчивость пшеницы к мучнистой росе [3, 4, 5, 6, 7]. Большинство генов доминантны и экспрессируются на протяжении всей вегетации растения. Среди них 44 аллеля собственных (*Triticum aestivum* L.), 26 переданы от различных видов рода *Triticum*, 11 — от *Aegilops* spp., 5 — от *Secale cereale* L., 6 генов интрогрессированы от других видов, в том числе от видов рода *Agropyron* [8].

Эффективность селекции определяется выявлением подходящего исходного материала по результатам изучения в конкретных условиях среды. В этой связи актуальными являются мониторинг популяции мучнистой росы и поиск в коллекции генетически разнообразных образцов пшеницы яровой новых доноров устойчивости.

Целью исследования было выявить устойчивые к мучнистой росе, формирующие высокую урожайность в условиях лесостепи Приобья сортообразцы из коллекции пшеницы мягкой яровой и выявить гены, эффективно защищающие сортообразцы от поражения возбудителем.

Материал и методы

В 2019–2020 гг. в Сибирском НИИ растениеводства и селекции проводили изучение коллекции из 134 образцов пшеницы яровой по устойчивости к мучнистой росе и выраженности количественных признаков. Оценку проводили на опытном поле изучения коллекционных образцов в п. Краснообск на фоне естественного распространения инфекции по методике ВИР [9]. Посев в 1 декаду мая по чистому пару в 2-х повторениях. Делянка 1 м² расположение систематическое. Посев проводили сеялкой ССФК-7. Для выявления генов устойчивости, эффективно защищающих сортообразцы от поражения мучнистой росой, высевали образцы с установленными на основании литературных данных генами. Посев в первую декаду мая, вручную. Делянки размером 1 метр погонный. Устойчивость сорта индикатора (Хакасская) в годы изучения (2019-2021) по повторениям варьировала от 1 (очень низкая устойчивость) до 3-х (низкая устойчивость) баллов.

Результаты и обсуждение

В результате оценки 134 коллекционных образцов в 2019-2020 годах были выделены 13 иммунных (минимальный балл устойчивости – 99): Любава, KWS Torridon, Геренда, Злата, Лиза, Eleganza, Libertina, Odeta, Китри, Boett, SW Kadrijl, SW Kronjet и Swedjet (табл. 1). С высокой и очень высокой устойчивостью (7-9 баллов минимальная оценка) выделяются 50 образцов (Ласка, Сударыня, Тома и др.).

Кроме устойчивости к патогену селекционерам важно иметь источники устойчивости, которые будут формировать приемлемую урожайность в природно-климатической зоне, для которой ведется селекция. Так, по результатам оценки урожайности можно выделить 3 образца (Calispero, Бурлак и Буляк), сформировавшие урожайность (598,4-626,8 г/м²) выше лучшего стандарта – Сибирская 17 (508,6 г/м²). Урожайностью на уровне (511,9-576,5 или не значительно выше (НСР₀₅ = 78,2 г/м²) лучшего стандарта характеризовались 14 образцов, которые также можно рекомендовать как источники устойчивости к мучнистой росе: Ласка, KW 240-3-13, Тасос, Тризо, Pasteur, Зауральская волна, Омская 43, Атлант, Кинельская Юбилейная, Экада 109, Экада 214, Jubilee, SW Kadrijl и Karee.

Для выявления генетического состава популяции мучнистой росы мы высевали сорта с установленными по литературным данным генами устойчивости (табл. 2). Так лишь образец с генами *Pm4b+Pm6* (Терция) характеризовался как восприимчивый (1-3 балла устойчивости). Устойчивость образца Cook (*Pm6+Pm38*) варьировала от средней устойчивости (5 баллов) до низкой (3 балла), Сорт Мис (*Pm7*) характеризовался как среднеустойчивый (5 баллов), при этом стоит отметить, что линия NIL Thatcher Lr25, несущая также ген *Pm7* характеризовалась как высокоустойчивая (7-99 баллов). Также высокой устойчивостью (7-9) характеризовались образцы, несущие ген *Pm1a* (Axminster и Thew), при этом

Табл. 2.

Результаты оценки устойчивости образцов с установленными генами устойчивости к поражению мучнистой росой в условиях естественного распространения инфекции (Новосибирская обл., п. Краснообск, 2020-2021 гг.).

Название	Pm гены*	Устойчивость к мучнистой росе, балл		Название	Pm гены*	Устойчивость к мучнистой росе, балл	
		2020	2021			2020	2021
Хакасская	-	1	1	Anemos	Pm4b+Pm5	7	5
Triso	Pm1+Pm4b+Pm5	9	99	Torka	Pm5+	9	99
WW 17283	Pm1+Pm2+Pm4b+Pm9	99	99	Норе	Pm5a	9	9
Wembley	Pm12	99	99	Сибирская 17	Pm5a	9	9
Axminster	Pm1a	7	7	Cook	Pm6+Pm38	5	3
NIL Thatcher Lr20	Pm1a	7	5	Воевода	Pm6Ag.i.1	99	99
Thew	Pm1a	7	9	Лютеценс 101	Pm6Ag.i.2	99	99
Normandie	Pm1a+Pm2, Pm9	99	99	Тулайковская 10	Pm6Ag.i.2	99	99
CI 12633	Pm2+Pm6	7	9	Тулайковская 100	Pm6Ag.i.2	99	99
Meri	Pm28	9	7	Тулайковская 110	Pm6Ag.i.2	99	99
AC Domain	Pm38	5	7	Тулайковская золотистая	Pm6Ag.i.2	99	99
Glenlea	Pm38	99	99	Тулайковская 5	Pm6Ag.i.2 + Pm38	99	99
Екатерина	Pm38	9	9	NIL Thatcher Lr25	Pm7	99	7
Маргарита	Pm38	9	7	Мис	Pm7	5	5
Свеча	Pm38	9	9	Annapurna 2	Pm8	7	7
AC Cadillac	Pm38	9	9	NIL Thatcher Lr26	Pm8	7	7
AC Corinne	Pm38	9	7	OC-8822	Pm8	9	99
PF-83144 W	Pm38	99	99	Омская 37	Pm8	9	*99
Chul	Pm3b	9	99	Омская 41	Pm8	9	99
SW-Vinjett	Pm3d	99	99	Прохоровка	Pm8	9	7
Zebra	Pm3d	9	9	Annapurna 3	Pm8	7	99
Jasna	Pm3d+	7	7	Amigo	Pm8+Pm17	7	7
Терция	Pm4b+Pm6	3	1	KS89WGRC10	Pm8+Pm17	7	7

*по данным из Genetic Resources Information System for Wheat and Triticale с сайта <http://www.wheatpedigree.net>

линия NIL Thatcher Lr20, несущая этот же ген, в 2021 году была среднеустойчивая (5 баллов). Образцы с геном устойчивости *Pm38* характеризовались в основном как высокоустойчивые (Glenlea, Екатерина, Маргарита, Свеча, AC Cadillac и AC Corinne) или иммунные (Glenlea и PF-83144 W), при этом устойчивость сорта AC Domain (*Pm38*) варьировала по годам от средней (2020) до высокой (2021). Сортообразцы с геном *Pm8* также характеризовались как высокоустойчивые (Аппарина 2, Прохоровка и NIL Thatcher Lr26) очень высокоустойчивые и/или иммунные (ОС-8822, Омская 37 и Омская 41). Устойчивость образца Аппарина 3 варьировала от высокой (2020 г) до полного отсутствия симптомов поражения (2021 г.). Очень высокую устойчивость к поражению мучнистой росой в годы изучения сохраняли все образцы, несущие различные аллели гена *Pm3* (Chul, SW-Vinjett и Zebra) при этом устойчивость сорта Ясна, несущего данный ген в сочетании с неизвестным, была высокой. Также очень высокой устойчивостью к патогену характеризовались образцы с генами *Pm5a*. Иммунность к поражению в оба года изучения придавали образцам гены и их сочетания - *Pm1+Pm2+Pm4b+Pm9* (WW 17283), *Pm12* (Wembley), *Pm1a+Pm2*, *Pm9* (Normandie), *Pm6Ag.i.1* (Воевода), *Pm6Ag.i.2* (Тулайковская 10, Тулайковская 100, Тулайковская 110 и Тулайковская золотистая), *Pm6Ag.i.2 + Pm38* (Тулайковская 5).

Выводы

1. По результатам проведенного изучения коллекции в условиях лесостепи Приобья, в качестве источников устойчивости к мучнистой росе можно рекомендовать сорта: Calispero, Бурлак, Буляк, Ласка, KW 240-3-13, Тасос, Тризо, Pasteur, Зауральская волна, Омская 43, Атлант, Кинельская Юбилейная, Экада 109, Экада 214, Jubilee, SW Kadrij и Карее, характеризующиеся устойчивостью в сочетании урожайностью на уровне или выше лучшего за годы изучения стандарта – сорта Сибирская 17 (508,6 г/м²).

2. Основная часть образцов, включенных в изучение, с установленными генами устойчивости характеризовалась устойчивостью от высокой до отсутствия признаков поражения, кроме сорта Терция, несущего сочетание генов *Pm4b+Pm6*, устойчивость которого была от низкой (3 балла) до очень низкой (1 балл).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект №20-016-00093.

Литература

1. Ширинян МХ, Бугаевский ВК, Гайдаш НИ. Отзывчивость сортов озимой пшеницы на удобрения и стабильность урожая по годам. В кн.: Вопросы селекции и возделывания полевых культур: матер. науч.-практ. конф. «Зеленая революция П.П. Лукьяненко». - Краснодар: Сов. Кубань; 2001. С.171-5.
2. Доброзракова ТЛ. Сельскохозяйственная фитопатология. Ленинград: Колос; 1974.
3. Gao H, Xu X, Ai P, Luo F, Guo P, Ma P. Identification of the powdery mildew resistance in Chinese wheat cultivar Heng 4568 and its evaluation in marker-assisted selection. *Front Genet.* 2022;(13):100-8.
4. He H, Du H, Liu R et al. Characterization of a new gene for resistance to wheat powdery mildew on chromosome 1RL of wild rye *Secale sylvestre* *Theor App Genet.* 2021;134:887-96.
5. He H, Liu R, Ma P, et al. Characterization of Pm68, a new powdery mildew resistance gene on chromosome 2BS of Greek durum wheat TRI 1796 *Theor App Genet.* 2021;134:53-62.
6. Li G, Cowger C, Wang X, Carver BF, Xu X. Characterization of Pm65, a new powdery mildew resistance gene on chromosome 2AL of a facultative wheat cultivar. *Theor App Genet.* 2019;132(9):2625-32.
7. McIntosh RA, Dubcovsky J, Rogers WJ, Xia XC, Raupp WJ. Catalogue of Gene Symbols for Wheat: 2019 Supplement. *Annu Wheat Newsllett.* 2019:98-113.
8. Радченко ЕЕ, Абдуллаев ПА, Анисимова ИН. Генетическое разнообразие зерновых культур по устойчивости к мучнистой росе *Экологическая генетика.* 2020;18(1):59-78.
9. Мережко АФ, Удачин ПА, Зуев ЕВ и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. Методические указания. СПб.: ВИР, 1999.

References

1. Shirinian MKh, Bugayevsky VK, Gaydash NI. Reactivity of winter wheat varieties to fertilizers and crop yield stability by years. In: *Voprosy Seleksii i Vozdelyvaniya Polevykh Kultur.* Krasnodar: Sov. Kuban; 2001. P.171-5
2. Dobrozrakova TL. *Selskokhoziaystvennaya Fitopatologiya.* Leningrad: Kolos; 1974.
3. Gao H, Xu X, Ai P, Luo F, Guo P, Ma P. Identification of the powdery mildew resistance in Chinese wheat cultivar Heng 4568 and its evaluation in marker-assisted selection. *Front Genet.* 2022;(13):100-8.
4. He H, Du H, Liu R et al. Characterization of a new gene for resistance to wheat powdery mildew on chromosome 1RL of wild rye *Secale sylvestre* *Theor App Genet.* 2021;134:887-96.
5. He H, Liu R, Ma P, et al. Characterization of Pm68, a new powdery mildew resistance gene on chromosome 2BS of Greek durum wheat TRI 1796 *Theor App Genet.* 2021;134:53-62.
6. Li G, Cowger C, Wang X, Carver BF, Xu X. Characterization of Pm65, a new powdery mildew resistance gene on chromosome 2AL of a facultative wheat cultivar. *Theor App Genet.* 2019;132(9):2625-32.
7. McIntosh RA, Dubcovsky J, Rogers WJ, Xia XC, Raupp WJ. Catalogue of Gene Symbols for Wheat: 2019 Supplement. *Annu Wheat Newsllett.* 2019:98-113.
8. Radchenko YeYe, Abdullayev PA, Anisimova IN. Genetic diversity of grain crops by their resistance to mildew. *Ekologicheskaya Genetika* 2020;18(1):59-78.
9. Merezko AF, Udachin PA, Zuyev YeV et al. Popolneniye, Sokhraneniye v Zhivom Vide i Izucheniye Mirovoy Kolleksii Pshenitsy, Egilopsa i Triticale. Saint- Petersburg: VIR; 1999.

«»

УДК: 632.51

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДНОЙ БОРЬБЫ С ОДНОДОЛЬНЫМИ СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ПОСЕВАХ ФАСОЛИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

И.Ю. Подковыров, А.П. Сметанников*

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская область, Россия

*Эл. почта: smetannikov34@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Надежная защита посевов фасоли от сорных растений – одна из главных составных частей интенсивной технологии ее возделывания. Цель наших исследований – обоснование обработки гербицидами для повышения урожайности фасоли в Московской области. При возделывании фасоли на опытных делянках наблюдалась засорённость однодольными и двудольными сорными растениями, среди которых доминировали *Elytrigia repens*, *Convolvulus arvensis*, *Oxybasis glauca*, *Amaranthus retroflexus*. Их вегетация шла активно во второй половине вегетационного сезона. Количество

сорных растений в среднем составило 476 шт/м². Засорённости оценена как средняя. Вегетативная масса сорных растений была высокой (133,3 г/м² в абсолютно сухом весе). Эффективность гербицидной обработки против однодольных сорняков составила 100 %.

Ключевые слова: гербицид, фасоль, вегетационный период, продуктивность, сорные растения.

HERBICIDES EFFECTIVENESS AGAINST WEEDS IN BEANS (*PHASEOLUS VULGARIS*) CROPS ON SOD-PODZOL SOILS

I.Yu. Podkovyrov, A.P. Smetannikov*

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow Region, Russia

Email: smetannikov34@yandex.ru

Reliable protection of the beans *Phaseolus vulgaris* crops from weeds is essential in intensive culturing. The objective of our study was to substantiate using herbicides for increasing beans yield in Moscow Region. Experimental plots with beans were contaminated with monocotyledonous and dicotyledonous weeds, the predominant ones being *Elytrigia répens*, *Convolvulus arvënsis*, *Oxybasis gláuca*, and *Amaranthus retroflexus*. Their growth was most intense in the second half of the vegetation period. The mean density of weeds was 476 plants/m². The contamination was judged as medium. The vegetative mass of weeds was high: 133,3 g/m² by dry weight. The effectiveness of herbicide treatment against monocotyledonous weeds was 100%.

Keywords: herbicide, beans, vegetation period, crop yield, weeds

Фасоль является уникальной зернобобовой культурой, продукция из которой востребована во многих отраслях промышленности. Актуально изучение продуктивности современных сортов и их реакций на различные гербициды. Зернобобовые культуры реагируют по-разному на факторы внешней среды и приёмы возделывания. [1]. В связи с этим мы в течение 2022 г. проводили исследования реакции фасоли на обработку гербицидом в Московской области.

Объекты и методы исследований

Полевые исследования проводили в мелкоделяночных опытах на территории ФГБНУ ВНИИФ. Посев фасоли и уход проводили вручную. Использовали широкорядный способ с нормой высева 0,3 млн. шт./га. Площадь учетной делянки составляла 26 м², повторность 3-х кратная [2]. Определяли распространенность (или частота встречаемости) сорных растений в посевах на учетных делянках [1, 9] с использованием визуального осмотра и определителей [10].

Результаты и обсуждение

Количество однодольных и двудольных сорных растений в среднем составило 476 шт/м². Степень засорённости оценена как выше средней. Вегетативная масса сорных растений была высокой – 2,21 в абсолютно сухом весе (табл. 1).

Табл. 1.

Влияние гербицида (Квизалофоп-П-тефурил) на общую засорённость посевов фасоли (Московская область, 2022 г.)

Условия на делянке	Число сорных растений на делянке, шт. / эффективность (%)			Сырой вес, кг	Воздушно сухой вес, кг	Доминирующие виды
	общее	однодольные	двудольные			
<i>Повторность 1</i>						
Контроль	603±12	264±4	339±6	11,85±0,23	2,75±0,05	<i>Elytrigia répens, Convolvulus arvënsis</i>
Обработка в посевах	186±4 / 70	/ 100	186±4 / 70	2,89±0,06	0,36±0,01	<i>Oxybasis gláuca</i>
Обработка без посева	412±8 / 32	/ 100	412±8 / 32	6,82±0,13	1,05±0,02	<i>Amaranthus retroflexus</i>
<i>Повторность 2</i>						
Контроль	531±10	196±3	335±6	8,95±0,18	1,45±0,03	<i>Elytrigia répens, Convolvulus arvënsis</i>
Обработка в посевах	196±4 / 63	/ 100	196±4 / 63	3,33±0,06	0,69±0,04	<i>Oxybasis gláuca</i>
Обработка без посева	385±71 / 27,5	/ 100	385±7 / 27,5	4,76±0,09	0,98±0,02	<i>Amaranthus retroflexus</i>
<i>Повторность 3</i>						
Контроль	569±15	208±4	361±4	9,43±0,19	1,68±0,03	<i>Elytrigia répens, Convolvulus arvënsis</i>
Обработка в посевах	202±4 / 64	/ 100	202±4 / 64	3,54±0,08	0,72±0,01	<i>Oxybasis gláuca</i>
Обработка без посева	392±79 / 31	/ 100	392±7 / 31	5,3±0,1	1,08±0,02	<i>Amaranthus retroflexus</i>

После применения гербицида, содержащего отмечена гибель однодольных сорных растений. Общая засорённость посадок однолетними растениями отсутствовала, так как гербицид полностью уничтожил сорняки. Установлено, что гербицид отличается слабой фитотоксичностью к двудольной растительности. Квизалофоп-П-тефурил имеет длительный защитный период в отношении многолетних сорных растений. Фитотоксичность на растения фасоли в полевом опыте не проявлялось. Квизалофоп-П-тефурил можно рекомендовать для борьбы с сорной растительностью на полях, предназначенных для выращивания фасоли в первой почвенно-климатической зоне.

Литература

1. Маракаева ТВ, Горбачева ТВ, Савельев ИС, Брестель ГА. Урожайность и качество зерна фасоли в зависимости от применения гербицидов в условиях южной лесостепи Омской области. В кн.: Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 200-4.
2. Савельев ИС, Горбачева ТВ, Маракаева ТВ, Брестель ГА, Данько ТВ. Формирование агрофитоценоза фасоли зерновой, при применении гербицидов в условиях южной лесостепи Омской области. В кн.: Состояние и перспективы развития садоводства в Сибири – материалы II Национальной научно-практической конференции, посвященной 85-летию плодового сада Омского ГАУ имени профессора А.Д. Кизюрина. 2016. С. 99-101
3. Маракаева ТВ. Результаты изучения сортообразцов коллекции фасоли овощной для селекционных целей в Омском ГАУ. В кн. Инновационные тенденции развития российской науки материалы X Международной научно-практической конференция молодых ученых, посвященной Году экологии и 65-летию Красноярского ГАУ. 2017. С. 54-7.
4. Куркина ЮН. Киеу НТЗ. К вопросу устойчивости овощной фасоли *Phaseolus vulgaris* L к засухе и болезням. В кн.: Агропромышленные технологии центральной России. 2021. С. 31-8
5. Мамиев ДМ, Тедеева АА, Абаев АА, Хохоева НТ, Бацазова ТМ. Эффективность гербицидов при возделывании фасоли. В кн. Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса юга России. 2020. С. 255-9

6. Козлова ИВ, Пищулин ГВ. влияние различных схем посева зерновой фасоли сорта южанка на урожайность и ее структуру. Рисоводство. 2020:74-80
7. Хугаев АБ, Хугаева ЛМ. Влияние сроков внесения гербицидов на засоренность и продуктивность фасоли в лесостепной зоне РСО-Алания. В кн.: Достижения науки - сельскому хозяйству. 2017. С. 62-4.
8. Мамедова ША. Влияние удобрений на химический состав овощной фасоли. Бюллетень науки и практики. 2020:188-96.
9. Маракаева ТВ, Горбачева ТВ, Эйрих КО, Атантаева АА. Применение гербицидов на фасоли зерновой в условиях южной лесостепи Омской области. В кн.: Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. 2017. С. 82-84
10. Брестель ГА, Атантаева АА. влияние гербицидов на урожайность и качество зерна фасоли// сборник материалов 23 научно-технической студенческой конференции. 2019. С 7-10.

«»

УДК:632.939

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ЗАРАЖЕНИЯ ФУЗАРИОЗОМ В СОЧЕТАНИИ С ОБРАБОТКОЙ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА РАСТЕНИЙ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОВСА

О.Б. Поливанова¹, С.К. Темирбекова^{2*}, К.Н. Тюрин¹, Е.А. Калашникова¹, Ю.В. Афанасьева³, А.Д. Кабашов⁴, А.С. Колупаева⁴, И.И. Сардарова²

¹РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия; ²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская область, Россия; ³ФГБНУ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия;

⁴ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская область, Россия

*Эл. почта: sul20@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; принята к печати 02.12.2022

Регуляторы роста растений могут стимулировать антиоксидантную защиту при стрессах, в том числе при воздействии патогенов. На рынке появляется множество регуляторов роста природного происхождения, но научные данные об их эффективности отсутствуют. В этой работе рассмотрено влияние распространенных в России препаратов Крезацин и Циркон на антиоксидантную систему проростков овса, полученных от растений после искусственного заражения *Fusarium culmorum*. У растений после обработки Крезацином увеличились уровни неферментативных антиоксидантов, таких как фенольные соединения и флавоноиды, а также пролина и низкомолекулярных сахаридов. При обработке препаратом Циркон наблюдалось уменьшение уровней пролина, сахаров и суммарной антиоксидантной активности, а по содержанию фенолов и флавоноидов существенных различий не было. Обработка Крезацином приводила к снижению активности пероксидазы, а активности каталазы и аскорбатпероксидазы не отличалась от контроля. Таким образом, Крезацин влияет преимущественно на неферментативные системы антиоксидантной защиты, в целом увеличивает продуктивность растений овса и более эффективен по сравнению с препаратом Циркон, который заметной эффективности не продемонстрировал.

Ключевые слова: овес, регуляторы роста, антиоксидантная система, *Fusarium culmorum*.

THE EFFECTS OF ARTIFICIAL INFECTING WITH FUZARIUM SPP. COMBINED WITH TREATMENT WITH PLANT GROWTH ENHANCERS ON THE ANTIOXIDANT DEFENSES AND PRODUCTIVITY OF OAT

O.B. Polivanova¹, S.K. Temirbekova^{2*}, K.N. Tiurin¹, Ye.A. Kalashnikova¹, Yu.V. Afansyeva³, A.D. Kabashov⁴, A.S. Kolupayeva⁴, I.I. Sardarova²

¹K.A. Timiriazev Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia; ²All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow Region, Russia; ³Federal Research Center of Breeding Technologies, Gardening, and Nursery Management, Moscow, Russia;

⁴Nemchinovka Federal Research Center, Moscow Region, Russia

Email: sul20@yandex.ru

Plant growth enhancers may stimulate antioxidant defenses upon stresses including infections. Numerous growth enhancers of natural origins are commercially available; however scientific evidence of their effectiveness is lacking. We examined the effects of the preparation Krezacin and Zirkon, which are widely used in Russia, on the antioxidant system of oat seedlings obtained from oat plants after artificial infecting them with *Fusarium culmorum*. Krezacin-treated plants had increased levels of nonenzymatic antioxidants, such as phenols and flavonoids, and of proline and low molecular saccharides. Zirkon, on the contrary, decreased the levels of proline, saccharides and total antioxidant activity, there being no differences from the effects of Krezacin as to phenols and flavonoids levels. Treatment with Krezacin reduced peroxidase activity, the activities of catalase and ascorbate peroxidase being not significantly different from the control values. Thus, Krezacin influenced predominantly the nonenzymatic antioxidant defences and, on the whole, enhances oat productivity and is more effective than Zirkon, which was not noticeably active.

Keywords: oat, plant growth enhancers, antioxidant system, *Fusarium culmorum*.

1. Введение

Генерация активных форм кислорода (АФК) является обычным явлением, связанным с нормальным клеточным метаболизмом растений. К АФК относят как молекулы, не являющиеся к свободным радикалам, такие как пероксид водорода (H₂O₂) и синглетный кислород (O₂), так и свободные радикалы – супероксид-анион и гидроксильный радикал [1]. АФК также выполняют сигнальные функции в организме растений. Однако химические особенности делают АФК потенциально вредными для клеточных компонентов. Избыточное образование АФК может привести к инактивации белков, разрушению мембран и повреждению ДНК. Растения, как и другие аэробные организмы, используют эффективные механизмы удаления АФК, которые включают ферментные и неферментативные химические антиоксидантные системы. Ферменты, такие как супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза играют важную роль в поддержании окислительно-восстановительного баланса и защитной реакции у растений, подвергающихся абиотическим и биотическим стрессам [2-5]. Основные неферментативные растительные антиоксиданты – аскорбиновая кислота, токоферол, каротиноиды и многообразные фенольные соединения [48].

Индукция систем защиты от АФК может быть вызвана гиперпродукцией производных АФК, что обычно происходит при различных биотических и абиотических стрессах. Производство АФК является частью реакции растений на атаку патогенов. Роль АФК при проникновении патогена в клетку связана с тем, что они могут непосредственно укреплять клетку хозяина за счет поперечного связывания гликопротеинов в мембране [6]. АФК являются важными сигналами, опосредующими активацию защитных генов [49].

В ответ на атаку патогенов и избыточное производство АФК наблюдается увеличение биосинтеза фенольных соединений и других неферментативных антиоксидантов в организме растения [7, 9]. Синтез специфических фенольных соединений может быть вызван контактом возбудителя с хозяином. Например, когда *Fusarium* поражает корни ячменя, происходит секреция синтезированной de novo коричной кислоты [10]. Антиоксидантные фенолы, присутствующие в зернах злаков, модулируют выработку микотоксинов *F. graminearum*; некоторые соединения увеличивают выработку токсинов, а некоторые снижают ее, что свидетельствует о структурно-зависимых сигналах [11]. Таким образом, фенольные

соединения активно вовлечены во взаимодействия растений и грибных патогенов как сигнальные молекулы. Несмотря на то, что фенольные соединения в большей степени связаны с реакцией растения на бактериальные инфекции и насекомых, они также обладают антифунгальной активностью. Коричная, бензойная, салициловая кислоты, тимол и дигидроксibenзальдегиды в концентрации 5 мМ ингибировали рост некоторых видов *Candida* и больше, чем на 90 %. Эффективными были комбинации фенолов и противогрибковых средств [12].

В ходе стресса растения также вырабатывают различные осмопротекторы. Среди них агрегация пролина при осмотическом стрессе наблюдается у различных видов высших растений. Кроме того, пролин участвует в стабилизации мембран и белков, задействован в удалении свободных радикалов и способен усиливать активность различных ферментов [13, 14].

Растворимые сахара играют ключевую роль в развитии и обмене веществ растений, поэтому их содержание значительно изменяться при заражении и взаимодействии растения с патогенами. Растворимые сахара в клетках растения-хозяина прежде всего являются источником углерода для патогена [15, 16]. Было показано, что сахароза индуцирует защитные механизмы в инфицированных клетках. Гексоза посредством передачи сигнала гексокиназой увеличивает продукцию пероксидаз и белков, непосредственно связанных с патогенозом [17, 18]. Растворимые сахара, как соединения с более высоким осмотическим потенциалом, ограничивают распространение инфекции внутри организма растения. Более того, они изолируют здоровые клетки от инфицированных и защищают их от потери воды [19].

Овес (*Avena sativa* L.) широко культивируется во всем мире, особенно в северной Европе, как зерновая и кормовая культура [20], но крайне подвержен грибным инфекциям. Среди них – фузариозная гниль, широко поражающая злаки в северных странах. Чаще всего фузариозная гниль ассоциирована с такими патогенами, как *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. poae* [21]. Поражение фузариозной гнилью злаков, в частности овса, вызывает существенные экономические потери, а также приводит к заболеваниям людей и животных [22]. В связи с этим, необходимы безопасные и эффективные подходы к контролю распространения фузариозной гнили и борьбы с ней.

Регуляторы роста растений являются важными компонентами сельскохозяйственного производства, так как обладают огромным потенциалом для повышения продуктивности растений. Они просты в применении, зачастую имеют низкую стоимость и подходят для многих сельскохозяйственных культур, так как их действие не является видоспецифичным [23]. Многие из имеющихся в настоящее время в продаже стимуляторов роста получены из натуральных источников (например, экстракт бурых водорослей, гуминовые вещества или белковые гидролизаты), что позволяет рассматривать их как безопасные для окружающей среды. Коммерчески доступный регулятор роста Циркон представляет собой смесь гидроксикоричных кислот. Согласно заявлению производителя, данный регулятор роста увеличивает всхожесть семян, ускоряет цветение, рост и развитие растений и способствует увеличению урожайности на 35-50 %. Доступны данные о стимулирующем действии коричных кислот на рост и развитие растений. Так обработка корней арабидопсидиса-коричной кислотой в низких концентрациях стимулировала рост и деление клеток [23]. Также установлено, что феруловая и кофейная кислоты обладают стимулирующими свойствами за счет ауксиноподобного действия [24].

Tris(2-hydroxyethyl)ammonium 2-methylphe- похуасетат (cresacin, trescresan) был синтезирован в 90-х годах 20 века в Фаворском институте химии (Иркутск). Согласно заявлению производителя, данное вещество является доступным и эффективным, низкотоксичным и экологически безопасным стимулятором роста и продуктивности сельскохозяйственных растений [25].

Обработка регуляторами роста может оказывать влияние на взаимодействия растения и патогена с вовлечением механизмов окислительного стресса. Целью данного исследования было изучение влияния обработки регуляторами роста крезацин и циркон на концентрацию неферментативных антиоксидантов и ферментов антиоксидантной защиты в проростках овса после искусственного заражения *F. culmorum*.

2. Материалы и методы

Исследования проводились в полевых условиях в 2019-2020 гг. на опытном поле ВНИИФ. Объектами исследования были сорта овса Буланый (Московский НИИСХ «Немчиновка») и Голозерный №7 (МОВИР). Почвы опытного участка дерново-подзолистые, тяжелосуглинистые. Хорошо выражен подзолистый горизонт. Подстилаящая порода – моренный суглинок, эрозийные процессы слабые. Содержание гумуса 2,5-3,2 % (по Тюрину), подвижного P₂O₅ (по Кирсанову) – 12-18 мг на 100 г почвы, обменного K₂O (по Маслову) – 15-23 мг на 100 г почвы, pH солевой вытяжки – 5,6-7,0. Климат умеренно влажный, умеренно континентальный. Среднемесячное количество осадков за вегетационный период составляет 264 мм. Гидротермический коэффициент равен 1,3-1,1. Полевые опыты заложены в 3-х кратной повторности. Агротехника общепринятая. Внутреннюю заселенность зерна *Fusarium culmorum* определяли по Семенов А.Я. и др. (1980).

Для заражения был использован штамм *Fusarium culmorum* (W.G.Sm) Sacc. M-2-3, выделенный из ячменя в 2005 г. в Московской области сотрудниками лаборатории микологии ВНИИ фитопатологии. Чистая культура фитопатогенных грибов длительно хранилась в холодильнике при температуре +4°C. Обработку суспензией гриба и регуляторами роста производили в фазу цветения, колошения, а также в фазу колошения и цветения в сухую безветренную погоду. Концентрация Крезацина в опыте составила 30 мг/л, а Циркона – 10 мг/л. Контрольные образцы были обработаны суспензией гриба без регуляторов роста. Концентрации были выбраны в соответствии с рекомендациями производителя. После обработки оценивались масса 1000 семян и урожай (г/м³). Также была произведена визуальная оценка зерна на инфицированность грибами рода *Fusarium spp.*

Семена от обработанных в поле растений проращивали на чашках Петри в течение 7 дней. Растительный материал лиофильно высушивали при –80°C и давлении 7 м Торр в течении 24 часов, измельчали в ступке и экстрагировали 80% спиртом при соотношении растительный материал:экстрагент 1:100. Полученные вытяжки лиофильно высушивали и использовали для анализа, экстрагируя биологически активные вещества (БАВ), содержащиеся в полученном лиофилизате, подходящим для анализа растворителем.

Содержание свободного пролина определяли с использованием кислого нингидринового реактива, приготовленного без нагревания (1,25 г нингидрата + 30 мл ледяной уксусной кислоты + 20 мл 6 М H₃PO₄). Навеску 200 мг заливали 5 мл дистиллированной воды и выдерживали в течение 10 минут при 100°C. Затем в чистую пробирку заливали 2 мл ледяной уксусной кислоты, 2 мл нингидринового реактива и добавляли 2 мл приготовленного экстракта. Пробу инкубировали в течение 20 мин при 100°C, после чего быстро охлаждали до комнатной температуры. После охлаждения измеряли оптическую плотность продуктов реакции при длине волны 520 нм на спектрофотометре. Содержания пролина определяли по калибровочной кривой, построенной с чистым пролином («Sigma») [26].

Для определения содержания низкомолекулярных фруктоз в 99,5 мкл спиртового экстракта вносили 0,5 мкл 25% NaOH, через 10 минут центрифугировали при 3000 об/мин 3 минуты. 50 мкл супранатанта смешивали с 1 мл резорцинового реактива (2 мг/мл резорцина в смеси 96% спирта и конц. HCl в соотношении 1:1), выдерживали 30 минут при температуре 80°C, затем доводили водой до 10 мл. Оптическую плотность измеряли при 480 нм на спектрофотометре. Фенольные соединений определяли по [27], флавоноиды – по [28]. Антиоксидантную активность спиртовых экстрактов измеряли по Oyaizu [29].

Для оценки активностей каталазы (САТ), аскорбатпероксидазы (АРХ) и пероксидазы (РОХ) навески гипокотелей с первым настоящим листом (150-200 мг) гомогенизировали отдельно в 2 мл 50 мМ K,Na-фосфатного буфера (pH 7,8) и в 2 мл 0,2 М Na-ацетатного буфера (pH 5,0). Полученные гомогенаты центрифугировали при 12000 g с охлаждением 5 минут, супернатанты хранили до анализа при 4°C. Активность каталазы определяли

по [49], аскорбатпероксидазы – по [31], пероксидазы – по [32]. Содержание белка определяли по окраске Brilliant Blue G250 [30]. Ферментативные активности рассчитывали на 1 г белка.

Результаты выражали как среднее значение ± доверительный интервал в трех повторностях. Для определения значимости различий ($P < 0,05$) использовали дисперсионный анализ, который выполняли с помощью MS Excel и Statistica.

3. Результаты и обсуждения

3.1 Оценка урожайности и массы 1000 семян после искусственного заражения *Fusarium* и обработки регуляторами роста

Fusarium spp. являются распространёнными патогенами зерновых, вызывающих широкий спектр заболеваний на всех стадиях развития растения, среди которых преобладает фузариозная гниль [33]. В Северной Европе наиболее распространёнными видами *Fusarium* являются *F. avenaceum*, *F. trincinctum*, *F. poae*, *F. culmorum* and *F. graminearum* [34].

Обработка растений одновременно и препаратом, и суспензией гриба улучшило структуру урожая у всех культур в сравнении с контролем. Наибольший эффект увеличения массы 1000 зерен и урожая зерна был получен в варианте, где обработка препаратом Крезацин и суспензией гриба проводилась в фазу цветения культуры (табл. 1). Возможно, присутствие патогена стимулирует репродуктивные особенности растения, а регулятор роста усиливает биохимические процессы в растениях и способствует преодолению инфекционного стресса.

Табл. 1.

Масса 1000 зёрен и урожайность овса плёнчатого сорта Буланый и голозерного овса Линия №7 после искусственного заражения *Fusarium* и обработки регуляторами роста, среднее за 2019-2020 гг., ОПИ Раменки

Вариант опыта	Буланый, плечатый овес		Линия №7, голозерный овес	
	Масса 1000 зёрен, г	Урожай, г/м ²	Масса 1000 зёрен, г	Урожай, г/м ²
Контроль	40,7	350	21,1	110
Крезацин	42,1	450	20,7	135
Циркон	40,0	440	19,8	115
<i>Fusarium</i> spp. (патоген)	38,9	350	17,3	85
Патоген+Крезацин, фаза колошения	39,2	320	20,8	140
Патоген+Крезацин, фаза колошения и цветения	38,0	280	21,9	120
Патоген+Крезацин, фаза цветения	43,9	520	24,1	210
Патоген+Циркон, фаза колошения	38,7	370	23,4	130
Патоген+Циркон, фаза колошения и цветения	37,0	300	21,5	100
Патоген+Циркон, фаза цветения	43,8	500	22,4	170
НСР ₀₅	Масса 1000 семян 0,8			
	Урожай 20			

Табл. 2.

Внутренняя заселенность зерна грибом *F. culmorum* после уборки урожая, % (среднее за 2019-2020 гг.)

Вариант опыта	Название сорта	
	Буланый (плечатый)	Голозерный №7
	Заселенность зерна <i>F. culmorum</i>	
Контроль	88,0	95,0
Крезацин	65,0	77,0
Циркон	77,0	85,0
Фузариум	90,0	97,0
	Фаза цветения	
Циркон+фузариум	45,0	55,0
Крезацин+фузариум	30,0	41,0
	Фаза колошения и цветения	
Циркон+фузариум	63,0	79,0
Крезацин+фузариум	51,0	69,0
	Фаза колошения	
Циркон+фузариум	63,79	79,0
Крезацин+фузариум	51,69	69,0

По визуальной оценке, инфицированность зерна грибами рода *Fusarium*, в контрольном варианте составила до 20%. Результаты исследований наличия внутренней инфекции в зернах показали, что применение препаратов приводило к снижению доли зараженных зерен в сравнении с контролем (табл. 2). Применение препарата Крезацин способствует большей устойчивости растений к болезни по сравнению с применением Циркона.

Показано, что обработка посевов овса сортов Буланый и голозерный №7 препаратами Крезацин и Циркон способствуют адаптации растений к действию патогена, что приводит к снижению инфицированности зерна и способствует получению урожая с хорошим качеством зерна. Наиболее эффективным является обработка растений в фазу цветения препаратом Крезацин, что подтверждается с ранее полученными данными [35].

Другие результаты, полученные при искусственном заражении в полевых условиях, демонстрируют, что самые высокие показатели заражения зерна, а также самый низкий процент всхожести наблюдались при инокуляции овса сорта Монтон во время цветения. Было показано, что гриб проникал в первую очередь через верхушку цветка в полость цветка, где инфекция могла развиваться через внутренние поверхности цветковых чешуек и зерновок [36]. При этом оценка урожайности и массы 1000 семян не производилась.

Инфекция грибами рода *Fusarium* влияет и на биохимические показатели, связанные с качеством зёрен. Так, инокуляция *Fusarium* spp. вызывала значимое снижение содержания крахмала, олеиновой, линолевой и α-линоленовой кислот в зерне овса при сравнении с контролем. При этом содержание β-D-глюкозана, общих пищевых волокон, общих липидов, пальмитиновой, стеариновой и цис-вакциновой кислот не отличалось от контроля [37].

3.2 Определение содержания пролина

На воздействие патогена растительная клетка быстро реагирует, экспрессируя гены, кодирующие белки, связанные с клеточной стенкой. В ответ на проникновение инфекции происходит быстрое укрепление клеточной стенки за счет перевода в нерастворимую форму и окислительного сшивания экстензинов – белков, богатых пролином [38]. Накопление свободного пролина в листьях растений является неспецифической реакцией растений на стресс (вода, температура, высокая концентрация солей в почве, загрязнение воздуха) и на заражение грибными возбудителями [26].

Результаты определения содержания свободного пролина в проростках овса, полученных из семян растений после обработки регуляторами роста, представлены на рис. 1.

Увеличение содержания пролина, отмеченное у семян, полученных от растений, обработанных Крезацином, составило 0,16 мкг/мг. У проростков, полученных после обработки исходных растений Цирконом, содержание свободного пролина составило 0,08 мкг/мг, что сопоставимо с контролем.

Доступны данные, показывающие, что при заражении грибными патогенами наблюдается увеличение содержания свободного пролина и других свободных аминокислот у злаков. Накопление свободных аминокислот увеличивалось на 30-50 % при сравнении с контролем при обработке пшеницы спорами *F. culmorum*. Обработка биостимуляторами также способствовала увеличению концентрации пролина и других аминокислот, но в меньшей степени (3-33 %) [39].

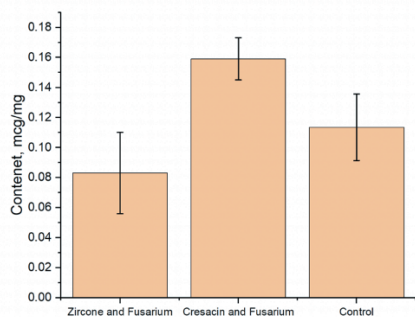


Рис. 1. Содержание пролина в проростках овса после обработки регуляторами роста и искусственного заражения *Fusarium*.

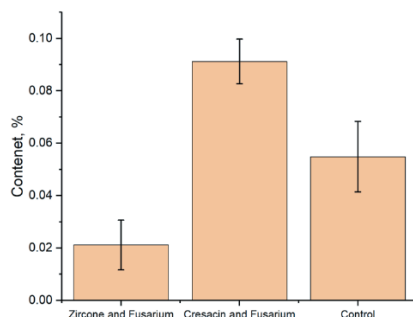


Рис. 2. Содержание низкомолекулярных фруктоз в проростках овса после обработки регуляторами роста и искусственного заражения *Fusarium*.

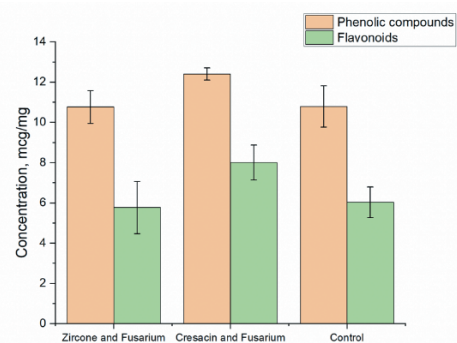


Рис. 4. Содержание фенолов и флавоноидов в проростках овса после обработки регуляторами роста и искусственного заражения *Fusarium*.

3.3 Определение содержания низкомолекулярных фруктоз

Растворимые сахара, такие как дисахариды, олигосахариды семейства раффиноз и фруктаны, наряду с ассоциированными с ними метаболическими ферментами, тесно связаны со стресс-индуцированным усилением продукции АФК в растениях, в том числе и в ответ на воздействие патогенов [40]. Результаты определения содержания низкомолекулярных фруктоз представлены на рис. 2. Статически значимые отличия от контроля обнаружены в обоих вариантах обработки растений. В проростках, полученных от растений, обработанных Крезацином совместно с *Fusarium*, было отмечено увеличение относительно контроля на 66,3%, а в растениях от проростков, обработанных цирконом совместно с *Fusarium* – уменьшение на 61,6%.

Некоторые исследования показывают, что сахара задействованы в инициации защитных реакций в ответ на воздействие абиотических и биотических факторов [41]. Сахара являются источником энергии для защитных реакций против патогенов, обеспечивают углеродный скелет для синтеза вторичных метаболитов (флавоноиды, стильбены и лигнины) [42] и играют роль сигнальных молекул (сахароза, глюкоза, фруктоза и трегалоза), индуцирующих в клетках растений-хозяев экспрессию защитных генов [43]. Высокий уровень сахаров в тканях растений усиливает иммунный ответ растений против грибковых патогенов. Сахара, вероятно, функционируют как праймирующие молекулы иммунитета, запускаемого патоген-ассоциированным молекулярным паттерном (pathogen-associated molecular pattern - PAMP), иммунитета, запускаемого эффектором (effector-triggered immunity ETI) у растений [44, 45].

Увеличение концентрации сахаров в ответ на заражение *Fusarium* в сочетании с обработкой регулятором роста Крезацин может указывать на стимулирующий эффект этого препарата, в том числе на усиление иммунного ответа, обусловленного сахарами.

3.4 Определение содержания фенольных соединений и флавоноидов

Фенольные соединения активно исследуются с точки зрения их вовлеченности в защитные механизмы растений от патогенов, включая бактерии, грибы и вирусы, а также от основных абиотических стрессов, таких как засуха, засоление и ультрафиолетовое излучение. Фенольное соединение обладает противомикробными и антиоксидантными свойствами, что помогает растению избегать инфекций, а также защищает основные ткани от токсического действия активных форм кислорода. В ответ на стресс окружающей среды можно наблюдать быструю активацию генов фенилпропановидного пути и накопление фенолов [46].

На рис. 4 представлены данные по количественному содержанию фенольных соединений и флавоноидов в проростках овса после обработки регуляторами роста Крезацин и Циркон в сочетании с искусственным заражением *Fusarium*. Увеличение содержание фенольных соединений и флавоноидов при сравнении с контролем отмечено у образцов, обработанных Крезацином. У образцов, обработанных цирконом, существенные отличия от контроля не выявлены.

3.5 Определение антиоксидантной активности

Результаты определения антиоксидантной активности представлены на рис. 4.

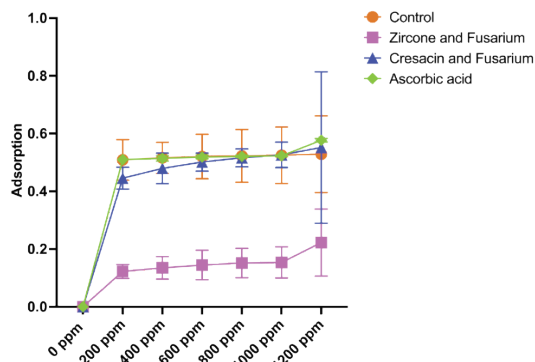


Рис. 4. Результаты определения суммарного содержания антиоксидантов в проростках овса при различных вариантах обработки.

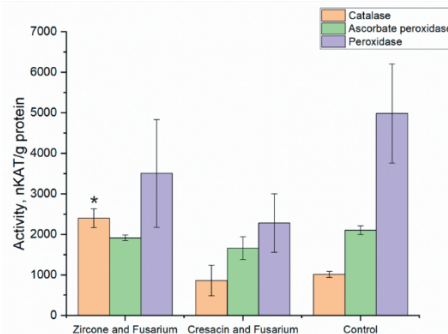


Рис. 5. Активность ферментов в проростках овса после обработки регуляторами роста и искусственного заражения *Fusarium*.

Наименьшая антиоксидантная активность была у экстрактов проростков растений, обработанных Цирконом и *Fusarium*. Содержание антиоксидантов в пересчете на аскорбиновую кислоту уменьшилось относительно контроля в среднем 50,6%.

Форма кривой не меняется в зависимости от концентрации БАВ, что говорит о достоверности результатов, так как коэффициент внутренней корреляции в среднем равен 0,99. Наиболее статистически различимые результаты получены при концентрации экстракта 600 ppm и 800 ppm. В образцах, полученных от растений после обработки Крезацином, существенные отличия от контроля не выявлены.

3.6 Определение активности ферментов антиоксидантной защиты

Взаимодействие патогенов с растительной клеткой вызывает генерацию АФК и активацию ферментативных систем антиоксидантной защиты. Отмечено, что при взаимодействии с патогенами у растений увеличивается активность САТ, АРС, АРХ и других ферментов [47]. На рис. 5 показаны результаты определения активности ключевых ферментов антиоксидантной защиты в проростках овса в ответ на искусственное заражение *Fusarium* в сочетании с обработкой регуляторами роста Крезацин и Циркон.

Наблюдалось увеличение активности каталазы в проростках растений, обработанных Цирконом. В проростках растений, обработанных Крезацином, существенных отличий от контроля не было.

В активности аскорбатпероксидазы существенных различий между вариантами выявлено не было. У проростков после обработки Крезацином наблюдалось снижение активности пероксидазы по сравнению с контролем.

4. Заключение

Регуляторы роста растений, полученные из натуральных источников, имеют преимущество перед искусственно синтезированными с точки зрения безопасности для окружающей среды. Применение этих препаратов может быть перспективно не только для увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур, но и для стимуляции механизмов устойчивости против патогенов. На территории России широко применяются регуляторы роста Крезацин и Циркон. Однако данные, подтверждающие их эффективность недостаточны. В данной работе рассматривается влияние Крезацина и Циркона в сочетании с искусственным заражением *F. culmorum* на системы антиоксидантной защиты проростков овса, полученных от обработанных растений. Визуальная оценка на инфицированность грибами рода *Fusarium* показала, что растения, обработанные Крезацином, менее подвержены инфекции. Урожайность и масса 1000 семян при такой обработке были выше, чем в контроле варианта и при обработке Цирконом. Количественный анализ неферментативных антиоксидантов у проростков, полученных от семян обработанных растений, показал, что при обработке Крезацином содержание пролина и низкомолекулярных фруктоз выше. Известна роль данных веществ в системе защиты растений против патогенов. Вероятно, применение Крезацина усиливает защитную реакцию растений овса в ответ на воздействие патогена. Обработка Цирконом, напротив, была связана со снижением концентрации пролина и низкомолекулярных фруктоз в проростках овса. Содержание фенольных соединений и флавоноидов также было выше в проростках после обработки Крезацином. У проростков после обработки Цирконом в содержании фенольных соединений и флавоноидов существенные различия выявлены не были, однако наблюдалось значительное снижение суммарной антиоксидантной активности. Таким образом, обработка Крезацином стимулирует накопление неферментативных антиоксидантов у проростков растений, инокулированных *F. culmorum*. У таких растений также снижена активность пероксидазы. При этом активность каталазы и аскорбатпероксидазы оставалась на одном уровне с контролем. Исходя из этого, можно предположить, что Крезацин оказывает влияния преимущественно на систему неферментативной антиоксидантной защиты, существенно не затрагивая активность проанализированных ферментов.

Новые коммерчески доступные регуляторы роста оказывают различное влияние на биохимические показатели и продуктивность сельскохозяйственных растений и требуют изучения в сочетании с различными абиотическими и биотическими факторами. Это позволит оценить их эффективность и целесообразность применения более полно.

Финансирование: Это исследование не получало внешнего финансирования.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Das K, Roychoudhury A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Front Environ Sci.* 2014;2:53.
2. ang T, Poovaiah BW. Hydrogen peroxide homeostasis: Activation of plant catalase by calcium/calmodulin. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2002;99: 4097-102.
3. Madadkhah E, Lotfi M, Nabipour A, Rahmanpour S, Banihashemi Z, Shoorooei M. Enzymatic activities in roots of melon genotypes infected with *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* race 1. *Sci Hortic.* 2012;135:171-6.
4. Wang W, Xia MX, Chen J, Yuan R, Deng FN, Shen F. Gene expression characteristics and regulation mechanisms of superoxide dismutase and its physiological roles in plants under stress. *Biochemistry.* 2016;81:465-80.
5. Gechev TS, Hille J. Hydrogen peroxide as a signal controlling plant programmed cell death. *J Cell Biol.* 2005;168:17-20.
6. Torres MA, Jones JD, Dangl JL. Reactive oxygen species signaling in response to pathogens. *Plant Physiol.* 2006;141(2):373-8.
7. Hammerschmidt R. Induced disease resistance: how do induced plants stop pathogens? *Physiol Mol Plant Pathol.* 1999;55:77-84.
8. Stout MJ, Thaler JS, Thomma BPHJ. Plant-mediated interactions between pathogenic microorganisms and herbivorous arthropods. *Annu Rev Entomol.* 2006;51:663-89.
9. Lehmann S, Serrano M, L'Haridon F, Tjamos SE, Metraux J-P. Reactive oxygen species and plant resistance to fungal pathogens. *Phytochemistry.* 2015;112:54-62.
10. Lanoue A, Burlat V, Henkes GJ, Koch I, Schurr U, Rose US. De novo biosynthesis of defense root exudates in response to *Fusarium* attack in barley. *New Phytol.* 2010;185:577-588.
11. Ponts N, Pinson-Gadais L, Boutigny AL, Barreau C, Richard-Forget F. Cinnamic-derived acids significantly affect *Fusarium graminearum* growth and in vitro synthesis of type B trichothecenes. *Phytopathology.* 2011;101:929-34.
12. Shalaby S, Horwitz BA. Plant phenolic compounds and oxidative stress: integrated signals in fungal-plant interactions. *Curr Genet.* 2014;61(3): 347-57.
13. Aggarwal M, Sharma S, Kaur N, Pathania D, Bhandhari K, Kaushal N, Kaur R, Singh K, Srivastava A, Nayyar H. Exogenous proline application reduces phytotoxic effects of selenium by minimising oxidative stress and improves growth in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Biol Trace Elem Res.* 2011;140:354-67.
14. Ben Ahmed C, Ben Rouina B, Sensoy S, Boukhriss M, Ben Abdullah F. Exogenous proline effects on photosynthetic performance and antioxidant defense system of young olive tree. *J Agric Food Chem.* 2010;58:4216-222.
15. Herbers K, Takahata Y, Melzer M, Mock H-P, Hajirezaei M, Sonnewald U. Regulation of carbohydrate partitioning during the interaction of potato virus Y with tobacco. *Mol Plant Pathol.* 2000;1:51-9.
16. Pocięcha E, Plazek A, Janowiak F, Dubert F, Kolasinska I, Irla M. Factors contributing to enhanced pink snow mould resistance of winter rye (*Secale cereale* L.) – Pivotal role of crowns. *Physiol Mol Plant Pathol.* 2013;81:54-63.
17. Streuter N, Moerschbacher B, Fischer Y, Noll U, Reisener H. Fructose-2,6-bisphosphate in wheat leaves infected with stem rust. *J Plant Physiol.* 1989;134:254-7.
18. Gaudet DA, Laroche A, Yoshida M. Low temperature-wheat-fungal interactions: A carbohydrate connection. *Physiol Plant.* 1999;106:437-44.
19. Eveland A, Jackson DP. Sugars, signalling, and plant development. *J Exp Bot.* 2012;63:3367-77.
20. Marshall A, Cowan S, Edwards S, Griffiths I, Howarth C, Langdon T, White E. Crops that feed the world 9. Oats – A cereal crop for human and livestock feed with industrial applications. *Food Sec.* 2013;5:13-33.
21. Parry DW, Jenkinson P, McLeod L. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – A review. *Plant Pathol.* 1995, 44, 207–238.

22. Havrlentová M, Šliková S, Gregusová V, Kováčsová B, Lančaričová A, Nemeček P, Hendrichová J, Hozlár P. The Influence of artificial Fusarium infection on oat grain quality. *Microorganisms*;2021;9:2108. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102108>
23. Steenackers W, El Houari I, Baekelandt A, Witvrouw K, Dhondt S, Leroux O, et al. cis-Cinnamic acid is a natural plant growth-promoting compound. *J Exp Bot.* 2019. doi:10.1093/jxb/erz392
24. Kefeli VI, MK Utjcek.. Phenolic substances and their possible role in plant growth regulation. In: Proc. 9th Int Conf Plant Growth Substances Berlin-Heidelberg; 1976 P. 181-9.
25. Boronkov MG, Gorbalskii VA, D'akov VM. [Crezacin - a new biostimulator of microbiological synthesis]. *Dokl Akad Nauk.* 1999; 369(6):831-2. (In Russ.)
26. Šrobárová A, Pavlová A. Toxicity of secondary metabolites of the fungus *F. culmorum* in relation to resistance of winter wheat cultivars. *Cereal Res Commun.* 2001;29:101-8.
27. Ainsworth EA, Gillespie KM. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Nat Protoc* 2007;2(4): 875-7.
28. Horszwald A, Andlauer W. Characterisation of bioactive compounds in berry juices by traditional photometric and modern microplate methods. *J Berry Res.* 2011;1:189-199.
29. Oyaizu M. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucoamine. *Jpn J Nutr.* 1986;4:307-15.
30. Kruger NJ. The Bradford method for protein quantitation. In: *The Protein Protocols Handbook*; 2009. P. 17-24.
31. Nakano Y, Asada K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiol.* 1981;22: 867-80.
32. Попов Т, Нейковская Л. Метод определения пероксидазной активности крови. *Гигиена и санитария.* 1971;10:89-91. [Popov T, Neykovskaya L. Method for determining blood peroxidase activity. *Gigiyena i Sanitariya.* 1971;10:89-91. (in Russ.)].
33. Gilbert J, Tekauz A, Woods SM. Effect of storage on viability of fusarium head blight-affected spring wheat seed. *Plant Disease.* 1997;81:159-62.
34. Yli-Mattila T. Ecology and evolution of toxigenic *Fusarium* species in cereals in northern Europe and Asia. *J Plant Pathol.* 2010;92:7-18.
35. Сардарова ИИ, Калашникова ЕА, Темирбекова СК, Киракосян РН, Глинушкин АП. Влияние регуляторов роста на фитопатогенные грибы рода *Fusarium*. *Аграрная наука.* 2017;2:107-9. [Sardarova II, Kalashnikova YeA, Temirbekova SK, Kirakosian RN, Glinushkin AP. The effect of growth regulators on phytopathogenic fungi of the *Fusarium* genus. *Agrarnaya Nauka.* 2017;2:107-9. (In Russ)].
36. Tekle S, Dill-Macky R, Skinnis H, Tronsmo AM, Bjørnstad Å. Infection process of *Fusarium graminearum* in oats (*Avena sativa* L.). *Eur J Plant Pathol.* 2011;132(3) 431-42.
37. Simon M, Hilker M. Herbivores and pathogens on willow: do they affect each other? *Agric Forest Entomol.* 2003;5:275-84.
38. Rashid A. Defense responses of plant cell wall non-catalytic proteins against pathogens. *Physiol Mol Plant Pathol.* 2016;94:38-6.
39. Iwaniuk P, Lozowicka B, Kaczynski P, Konecki R. Multifactorial wheat response under *Fusarium culmorum*, herbicidal, fungicidal and biostimulator treatments on the biochemical and mycotoxins status of wheat. *J Saudi Soc Agricult Sci.* 2021. doi:10.1016/j.jssas.2021.05.01
40. Keunen E, Peshev D, Vangronsveld J, Van den Ende W, Cuypers A. (). Plant sugars are crucial players in the oxidative challenge during abiotic stress: extending the traditional concept. *Plant Cell Environ.* 2013;36(7):1242-55.
41. Chen L-Q, Hou B-H, Lalonde S, Takanaga H, Hartung ML, Qu X-Q, Guo W-J, Kim J-G, Underwood W, Chaudhuri B. et al. Sugar transporters for intercellular exchange and nutrition of pathogens. *Nature.* 2010;468:527-32.
42. Jeandet P, Vannozzi A, Sobarzo-Sanchez E, Uddin MS, Bru R, Martinez-Marquez A, Clément C, Cordelier S, Manayi A, Nabavi SF. et al. Phytostilbenes as agrochemicals: biosynthesis, bioactivity, metabolic engineering and biotechnology. *Nat Prod Rep.* 2021;28:1282-329.
43. Morkunas I, Narozna D, Nowak W, Samardakiewicz W, Remlein-Starosta D. Cross-talk interactions of sucrose and *Fusarium oxysporum* in the phenyl propanoid pathway and the accumulation and localization of flavonoids in embryo axes of yellow lupine. *J Plant Physiol.* 2011;168:424-33.
44. Morkunas I, Ratajczak L. The role of sugar signaling in plant defense responses against fungal pathogens. *Acta Physiol Plant.* 2014;36:1607-19.
45. Bolouri Moghaddam MR, Van den Ende W. Sugars and plant innate immunity. *J Exp Bot.* 2012;63:3989-98.
46. Kumar S, Abedin MM, Singh AK, Das S. Role of phenolic compounds in plant-defensive mechanisms. In: Lone R, Shuab R, Kamili A. (eds). *Plant Phenolics in Sustainable Agriculture.* Singapore: Springer; 2020. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4890-1_22
47. García-Limones C, Hervás A, Navas-Cortés JA, Jiménez-Díaz RM, Tena M. Induction of an antioxidant enzyme system and other oxidative stress markers associated with compatible and incompatible interactions between chickpea (*Cicer arietinum* L.) and *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. *Physiol Mol Plant Pathol.* 2002;61(6):325-37.
48. Dumanović J, Nepovimova E, Natić M, Kuča K. The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: A concise overview *Front Plant Sci.* 2021.
49. Goth L, A simple method for determination of serum catalase activity and revision of reference range. *Clin Chim Acta.* 1991;196:143-52.

«»

УДК 575.26:581.154

ГОМОЛОГИЧЕСКИЕ РЯДЫ И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ*

Г.С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия

Эл. почта: genarozenberg@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; принята к печати 21.11.2022

Рассмотрены различные варианты параллельной изменчивости (гомологичности) экологических объектов разной природы. Показана принципиальная возможность использования закона гомологических рядов Н.И. Вавилова на уровне популяций (вариант периодической системы группового поведения популяций животных), сообществ (на примере как близких, так и отдаленных типов растительных сообществ) и теоретических конструкций современной экологии (схемы «соподчинения» основных понятий, которые призваны описать «ядро экологической теории» или «центральное понятийное звено»).

Ключевые слова: гомологическая изменчивость, популяция, сообщество видов, теоретические конструкции.

HOMOLOGICAL SERIES AND THEORETICAL ECOLOGY

G.S. Rozenberg

Institute of Ecology of Volga River Basin, Togliatti, Russia

Email: genarozenberg@yandex.ru

Different variants of the parallel variability (homology) of ecological objects referred to different classes are considered. Envisioned is an in-principle possibility of using the N.I. Vavilov's law of homological series at the levels of populations (a variant of the periodic system of group behavior of animal populations), communities (exemplified with both close and distant types of plant communities), and theoretical constructs of modern ecology (subordination schemes of the basic concepts that are meant to describe the «core of ecological theory» or «central conceptual link»).

Keywords: homological variability, population, community of species, theoretical constructs.

* Полный текст статьи опубликован в журнале *Биосфера* (2022;14(3):145-50). DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.690

«»

УСКОРЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ОДНОГО ПОКОЛЕНИЯ ЛУКА ЗА ГОД ТЕХНОЛОГИЕЙ КУЛЬТУРЫ ЦВЕТОЧНЫХ БУТОНОВ *IN VITRO*

В.С. Романов*, О.В. Романова, В.В. Логунова, М.М. Тареева

ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО), Московская обл., Россия

*Эл. почта: romanov_valera@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Лук репчатый (*A. cepa* L.) – многолетнее травянистое растение – можно выращивать от семени до семени в двух- или трехлетней культуре. Ускорить создания его селекционных форм можно получением гаплоидных и удвоено-гаплоидных растений, а также одного поколения использованием регулируемых условий фитотрона с защищенным грунтом. Мы использовали коллекционный растительный материал лука. У семенных растений бутоны высаживали на полужидкую питательную среду и для формирования каллуса культивировали при 25°C в темноте. Для индукции побегообразования после формирования каллуса культивировали проростки на фильтровальных мостиках в пробирках с жидкой питательной безгормональной средой на свету интенсивностью 5-8 тыс. люкс и фотопериодом 18 часов. Развитые растеньица лука высаживали в горшочки со стерильной почвенной смесью, накрывали сверху перфорированным пластиковым стаканчиком и помещали в климатическую камеру при освещении 10-15 тыс. люкс. Растения-регенеранты в фазу 3-4 настоящих листьев пересаживали в грунт для адаптации к фитотрону, а затем в пленочную теплицу для возделывания по общепринятой технологии выращивания лука репчатого. По такой технологии культуры цветочных бутонов *in vitro* удалось вырастить за год одно поколение растений лука (от бутона до бутона). Время образования каллуса, формирования проростков и выращивания их на фильтровальных мостиках составило 120 суток. В условиях фитотрона растения выращивали 120 суток. В пленочной теплице 60 суток возделывали растения до формирования луковицы, стрелкование – 30 суток, бутонизации и цветения – 30 суток. Созревание и подсушивание семян – ещё 60 суток. Определена выравненность растений лука по морфологическим признакам луковицы в потомствах после самоопыления, полученных по технологии культуры цветочных бутонов *in vitro*. Эти растения являются исходным материалом для селекции лука репчатого.

Ключевые слова: лук репчатый, растение-регенерант, питательная среда, бутон, яровизация, стрелкование.

ACCELERATED PRODUCTION OF ONE GENERATION OF ALLIUMS PER YEAR BY THE TECHNOLOGY OF FLOWER BUD CULTURE *IN VITRO*

V.S. Romanov*, O.V. Romanova, V.V. Logunova, M.M. Tareeva

Federal Vegetable Research Center, Moscow Region, Russia

*E-mail: romanov_valera@mail.ru

Onion (*A. cepa* L.) is a perennial herbaceous plant, which may be grown from seed to seed in a two- or three-year culture. Acceleration of the creation of breeding forms of onion is possible by producing of haploid and doubled-haploid plants, as well as of a single generation using regulated phytotron conditions with protected soil. In our research, a collection of onion plants was used. Buds were planted on a nutritional medium. To form calluses, the buds were cultivated in a thermostat at 25°C in the dark. To induce shoot formation after callus formation, a modified nutrient medium was used. Then the seedlings were cultivated on filter bridges in test tubes with a liquid nutrient medium without hormonal supplements at a 5000-8000 lux illumination and a 18-h photoperiod. The developed onion plants were planted in pots with a sterile soil mixture, which were covered with perforated plastic cups and placed in a climatic chamber under a 10000-150000 lux illumination. Regenerating plants at the phase of 3-4 real leaves were transplanted into soil for adaptation to a phytotron, and then into a film greenhouse for cultivation according to the generally accepted technology of onion cultivation. Plants of the first year of vegetation were also obtained through seedlings. After the formation of 3-4 real leaves in onion plants, they were planted in a field where a morphological assessment was carried out. In this way it was possible to grow one generation of onion plants in one year (from bud to bud). The times of callus formation and the formation of seedlings and their cultivation on filter bridges was 120 days. Onion plants were grown in a phytotron for 120 days. In a film greenhouse, plants were cultivated for 60 days before the formation of bulbs, and for 30 days for each, bolting and budding and for flowering. The ripening and drying of the seeds took 60 days. The aligning of onion plants, which were obtained using the technology of flower bud culture *in vitro*, according to the morphological characteristics of their bulbs in the offspring after self-pollination was determined. These plants are the starting material for the selection of onions.

Keywords: onion, regenerating plant, nutrient medium, bud, vernalization, bolting.

Введение

Среди луковых растений различают две жизненные формы со сходными приспособительными признаками, обусловленными сходством условий произрастания – корневищные и луковичные.

Растения корневищных форм имеют многолетнее корневище – стеблевое образование, несущее слабо развитые луковицы и выполняющее функции запасающего органа. У этой группы растений продолжительный период вегетации, одновременная сменяемость корневой системы и надземной части, отсутствие периода физиологического покоя.

Для луковичных форм характерно однолетнее стеблевое формирование (донце) и его слабая выраженность, сильное развитие запасающих сочных чешуй, сравнительно короткий вегетационный период, резкая и одновременная сменяемость корневой системы и надземной части.

Лук репчатый (*A. cepa* L.) – многолетнее травянистое растение, которое можно выращивать от семени до семени в двух- или трехлетней культуре. При двулетнем цикле растение в первый год образует настоящую луковицу, из которой на второй год развивается цветонос, заканчивающийся соцветием, в котором цветки расположены в виде зонтика, после цветения в зонтике завязываются семена. При трехлетнем цикле в первый год образуется мелкая луковичка (севок), на второй год из севка вырастает крупная луковица, из которой на третий год развивается цветонос и семена.

Цветки у лука репчатого расположены в виде шарообразного, густого, многоцветкового зонтика, на котором их число колеблется от 200 до 800. Цветок правильной симметричной формы. Цветоножки в несколько раз длиннее околоцветника. Завязь после опыления образует плод – трехгнездную коробочку, в которой попарно размещаются шесть семян. Семена трехгранные, черного цвета (реже коричневые), длиной 3,1 мм, шириной 2,1 мм, толщиной 1,8 мм. Масса 1000 семян 2,8-5,0 г [1].

В практике селекции и семеноводства существует ряд способов ускоренного выращивания сортовых семян однолетних, двулетних и трехлетних овощных культур [2]. Ускоренное размножение двух- и трехлетних культур возможно беспересадочным способом выращивания при осеннем посеве, ранним получением семян из маточников с оценкой по потомству в том же году, методом штеклингов, либо зимней посадкой яровизированных маточников в защищенный грунт, получение семян и их посев в защищенном грунте [3, 4]. У этих способов выращивания есть свои как достоинства, так и недостатки. Ускорить создание селекционных форм можно получением гаплоидов, как на луке репчатом [5, 6, 7, 8] и шнитт-луке [9], удвоенных гаплоидов [10, 11, 12, 13], так и получением одного поколения использованием регулируемых условий фитотрона с защищенным грунтом [14].

Цель исследования – ускорить создание селекционно-ценных форм лука применением технологии культуры цветочных бутонов *in vitro*.

Материалы и методы

В исследованиях представлен растительный материал лука из УНУ «Генетическая коллекция растительных ресурсов ВНИИССОК» Леон, Картье F1, Роухайд F1, форма $I_3BC_2F_5$ (*Allium cepa* × *A. fistulosum*), созданная на основе межвидовой гибридизации.

Леон – сорт лука с крупными бронзовыми луковичками. Отлично переносит засуху, поздний высокоурожайный. Vegetационный период: 115-120 дней. Листья темно-зелёного цвета с восковым налетом. Для сорта характерна отличная сдерживаемость верхних чешуй и высокая плотность лукович. Не подвержен пероноспорозу, корневой гнили, фузариозу (<https://www.bejo.ru/>).

Картье F1 – лук длинного дня. Цвет покровных чешуй желтый, высокое качество чешуи, луковичка округлая, плотная, шейка тонкая. Содержание сухих веществ 10,2%. Луковички раздвигаются в рядке. Лежкость средняя. Vegetационный период: 100 дней (<https://www.bejo.ru/luk-zheltyy/karte-f1>).

Роухайд F1 – лук длинного дня. Окрас рубашки – бронзовая. Лук длительного хранения. Содержание сухих веществ 11,6%. Отлично раздвигается в рядке. Vegetационный период: 100 дней. (<https://www.bejo.ru/luk-zheltyy/roukhayd-f1>).

Форма $I_3BC_2F_5$ (*Allium cepa* × *A. fistulosum*) – лук длинного дня. Цвет покровных чешуй желтый, высокое качество чешуи, луковичка округлая, плотная, шейка тонкая. Содержание сухих веществ 15,1%. Лежкость высокая. Высокая устойчивость к пероноспорозу. Vegetационный период: 110-120 дней [15].

У семенных растений лука брали бутоны из соцветий, их стерилизовали и в ламинарном боксе высаживали на среду В5 2 мг/л БАП + 1 мг/л 2,4 Д. Дважды пересаживали на свежую питательную среду, а затем бутоны переносили на среду БДС + 3% сахара с добавлением 0,1 мг/л БАП + 0,05 мг/л НУК и помещали в термостат при 25°C в темноту. Для индукции побегообразования после формирования каллуса его переносили дважды на свежую питательную среду БДС + 3% сахара с добавлением 0,1 мг/л БАП + 0,05 мг/л НУК и культивировали на свету интенсивностью 5-8 тыс. ЛК 18 часов. Затем проростки переносили на фильтровальные мостики в пробирки с жидкой питательной безгормональной средой. Культивировали на свету интенсивностью 5-8 тыс. люкс с фотопериодом 18 часов.

После двух пересадок хорошо развитые растения лука высаживали в горшочки со стерильной почвенной смесью, накрывали сверху перфорированным пластиковым стаканчиком и помещали в климатическую камеру при освещении 10-15 тыс. люкс (в случае появления грибной инфекции почву и растения припудривают фундазолом).

Растения-регенеранты в фазу 3-4 настоящих листьев пересаживали в грунт для адаптации при контролируемых условиях фитотрона. Затем их высадили в пленочную теплицу и возделывали по общепринятой технологии выращивания лука репчатого (Рис. 1) [16].

Растения первого года вегетации получали через рассаду, выращенную в зимней осклэнной теплице при температуре 18...20°C днем и 8...10°C ночью в период с 25 марта по 5 мая. Высевали по 2-3 семени в кассеты для рассады 8×8 (64-Ф, объём ячейки 80 см³), в которых находилась заранее приготовленная и увлажнённая торфо-почвенная смесь, дополненная перлитом в соотношении 4:2:1, и присыпали торфом. Затем дополнительно увлажняли и накрывали рассадные кассеты плёнкой во избежание пересыхания торфосмеси и для создания микроклимата при прорастании семян. По мере прорастания семян (от 7 до 10 суток) и перехода растений в фазу «петельки» с рассадных кассет убрали плёнку и культивировали до образования 3-4 настоящих листьев по технологии возделывания рассадной культуры лука репчатого. После образования 3-4 настоящих листьев у растений лука их высаживали в поле.

Биометрическую оценку проводили согласно указаниям [17]. Статистическую обработку результатов проводили по [18] с помощью MS Excel. Рассчитывали среднее и ошибку среднего



Рис. 1. Растения лука первого года вегетации

Результаты

Для ускорения создания селекционных форм лука в качестве исходного объекта использовали бутоны, собранные в III декаде июня с семенных растений из открытого грунта.

Бутоны стерилизовали в ламинарном боксе. Сначала их заворачивали в капроновую ткань и помещали в стеклянный сосуд с дезинфицирующим раствором коммерческого препарата «Белизна». Туда же добавляли на 100 мл раствора одну каплю Твина-20. Стерилизовали бутоны в течение 10 минут, затем многократно промывали в стерильной дистиллированной воде до исчезновения пены. В ламинарном боксе бутоны поместили в стерильные банки. Бутоны размером 2 мм сначала высадили на среду В5 2 мг/л БАП + 1 мг/л 2,4 Д, дважды через 20 суток пересаживали их на свежую питательную среду. Затем бутоны перенесли на среду БДС + 3% сахара с добавлением 0,1 мг/л БАП + 0,05 мг/л НУК. Банки с бутонами поставили в термостат в темноту при температуре 25 °C (Рис. 2). Через 40 суток у бутонов стал формироваться каллус.

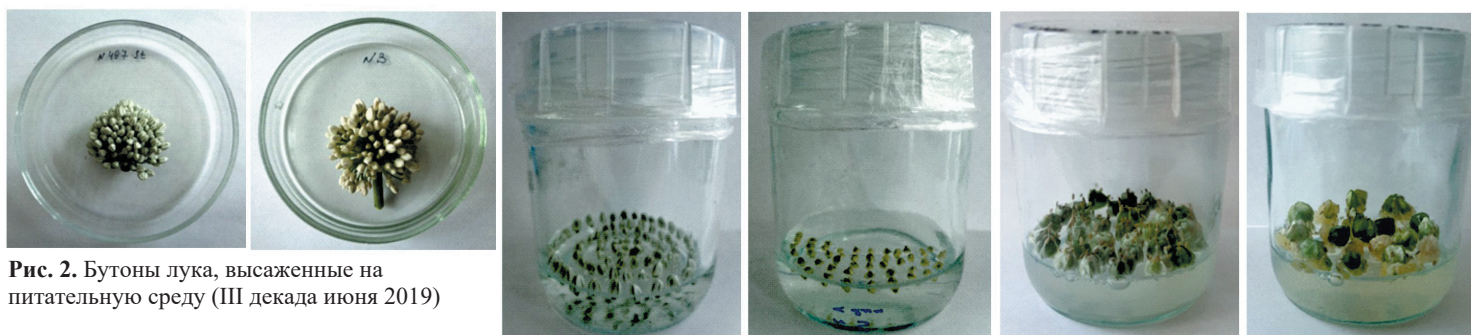


Рис. 2. Бутоны лука, высаженные на питательную среду (III декада июня 2019)

Для индукции побегообразования каллус переносили дважды на свежую питательную среду БДС + 3% сахара с добавлением 0,1 мг/л БАП + 0,05 мг/л НУК с интервалом в 20 суток и культивировали на свету (5-8 тыс. ЛК 18 часов) (Рис. 3). Спустя 20 суток образовавшиеся проростки переносили на фильтровальные мостики в пробирки с жидкой без гормональной питательной средой. Культивировали на свету интенсивностью 5-8 тыс. ЛК с фотопериодом 18 часов (Рис. 4).

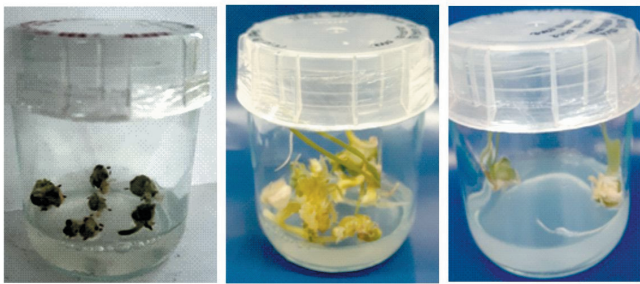


Рис. 3. Формирование каллуса у растений лука.

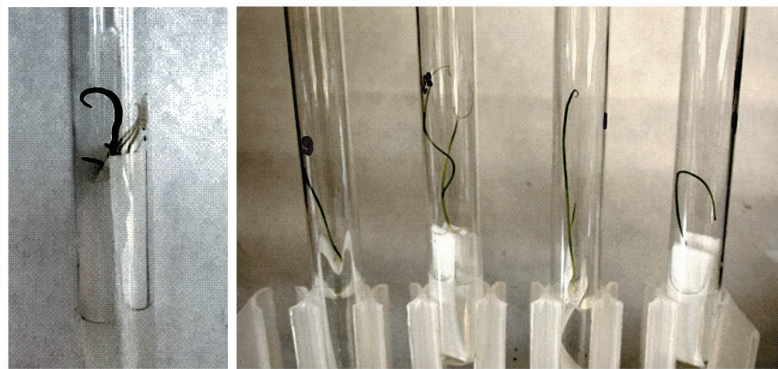


Рис. 4. Подращивание растений-регенерантов лука на фильтровальных мостиках.

Проведя две пересадки с интервалом в 20 суток, хорошо развитые растеньица лука высаживали в горшочки со стерильной почвенной смесью, накрывали сверху перфорированным пластиковым стаканчиком и помещали в климатическую камеру при освещении 10-15 тыс. ЛК (в случае появления грибной инфекции почву и растения припудривают фундазолом) (Рис. 5).



Рис. 5. Растеньица лука, высаженные на стерильную почвенную смесь и накрытые перфорированными стаканчиками (I декада января 2020 года).



Рис. 6. Растения-регенеранты, выращенные в нестерильной почве в контролируемых условиях фитотрона

Пластиковые стаканы убирали через 2 недели. Растения-регенеранты в фазу 3-4 настоящих листьев пересадили в нестерильные условия в грунт для адаптации в контролируемых условиях фитотрона ($t = +8-10^{\circ}\text{C}$). Спустя 3 месяца растения лука высадили в пленочную теплицу.

В теплице высаженные растения лука сформировали луковицы, а затем растений застрелковали. Стрелки отрастали высотой от 95 до 110 см., у одного растения лука высота стрелки составила 35 см (Рис. 8).

В III декаде июня отмечали фазу бутонизации, а в I-II декаде июля началось цветение. Застрелковавшие растения лука, каждое отдельно, изолировали пергаментными изоляторами. Внутри изоляторов провели самоопыление цветков в соцветии с помощью мух. В III декаде августа соцветия срезали и собрали семена.

На следующий год в III декаде марта семена, собранные с растений, полученных по технологии культуры цветочных бутонов *in vitro*, высеяли в кассеты и выращивали в зимней остекленной теплице. После образования 3-4 настоящих листьев растения лука высаживали в поле и выращивали с целью определения выравненности по селекционным признакам луковицы.

В конце периода вегетации провели морфологическую оценку лука. Растения высеянных потомств сформировали луковицы массой от 64,3 до 70,1 г округлой формы желтой окраски с незначительной изменчивостью (Табл. 1). Отсутствовали недоразвитые и слабые растения (**недогоны**) (Рис. 10).

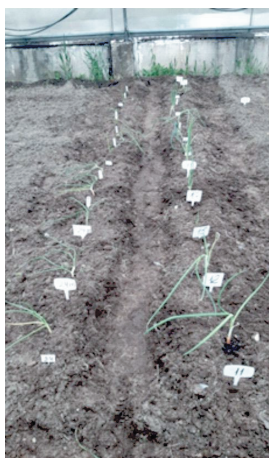


Рис. 7. Растения-регенеранты, высаженные в грунт пленочной теплицы (II декада апреля 2020 г.).

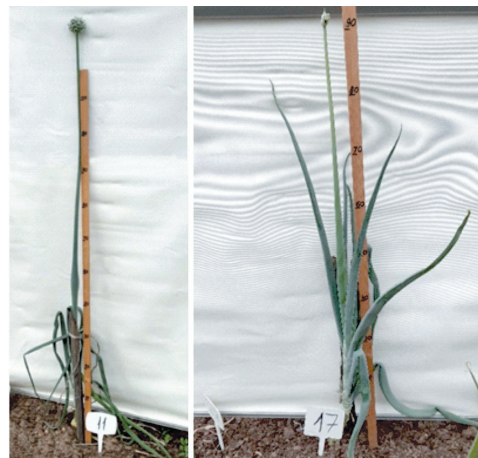


Рис. 8. Семенные растения лука в фазу бутонизации и начала цветения (III декада июня 2020 г.).



Рис. 9. Растения лука, выращиваемые через рассаду.

Оценка лука первого года вегетации по биометрическим показателям (2021 год).

Селекционная форма №	Окраска сухих покровных чешуй луковицы	Форма луковицы	Масса луковицы, г	Сv, %
№3 (<i>Allium cepa</i> L.)	жёлтая	круглая	64,3±2,2	5,4
№4 (<i>Allium cepa</i> L.)	жёлтая	круглая	61,5±3,2	6,8
№5 (<i>Allium cepa</i> L.)	жёлтая	круглая	70,1±2,8	6,5
I ₃ BC ₂ F ₅ (<i>A. cepa</i> × <i>A. fistulosum</i>)	жёлтая	круглая	60,1±3,5	4,5
Роухайд F1 (<i>Allium cepa</i> L.) (st.)	жёлтая	круглая	65,1±2,5	7,5
НСР ₀₅			5,2	

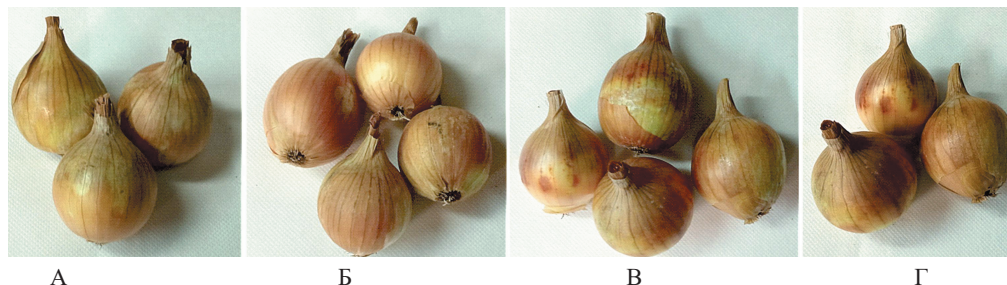


Рис. 10. Селекционные формы лука первого года вегетации от растений, полученных на основе технологии культуры цветочных бутонов *in vitro*: А) форма № 3, Б) форма № 4, В) форма № 5, Г) форма I₃BC₂F₅(*A. cepa* × *A. fistulosum*).

Обсуждение

Перед исследователями для ускорения селекционного процесса и создания исходного материала стоит задача в сокращении сроков вегетации двух-, трехлетних культур. Ранее разрабатывались способы получения одного поколения полуострых форм лука репчатого в год с использованием климатической камеры с заданными режимами освещенности и температуры [14]. Однако из-за сокращения периода прохождения яровизации луковиц небольшое число растений образует стрелку. В наших исследованиях, наряду с использованием контролируемых условий фитотрона, удалось совместить фазу прохождения яровизации на вегетирующих растениях. А также избежать затрат на хранение луковиц.

Заключение

В результате проведенных исследований по ускорению получения растений лука с помощью технологии культуры цветочных бутонов *in vitro* удалось вырастить за один год одно поколение растений лука (от бутона – до бутона).

Время образования каллуса, формирование проростков и выращивания их на фильтровальных мостиках составило 120 суток. 120 суток растения лука выращивали в условиях фитотрона. В пленочной теплице 60 суток возделывали растения до формирования луковицы, в течение 30 суток – стрелкование, бутонизация и цветение – 30 суток. Созревание и подсушивание семян составило дополнительно ещё 60 суток.

Определена выравненность растений лука по морфологическим признакам луковицы в потомствах после самоопыления, полученных на основе технологии культуры цветочных бутонов *in vitro*. Эти растения являются исходным материалом для селекции лука репчатого.

Литература

1. Пивоваров ВФ, Ершов ИИ, Агафонов АФ. Луковые культуры. М.; 2001.
2. Кадиров УА. Ускоренный способ получения семян лука репчатого в условиях южного Узбекистана. Молодой ученый. 2018;26:83-6.
3. Ершов ИИ, Раджабов ФШ. Семеноводство репчатого лука. Картофель и овощи. 1968;7:21-3.
4. Мирзоев МШ. Беспересадочный способ выращивания семян лука репчатого во влажных субтропиках Азербайджана. В кн.: Селекция и семеноводства овощных и бахчевых культур. М.; 2000. С.151-4.
5. Bohanec B, Jakse M, Ihanb A, Javornik B. Studies of gynogenesis in onion (*Allium cepa* L.): induction procedures and genetic analysis of regenerants. Plant Sci. 1995;104:215-24.
6. Campion B, Bohanec B, Javornik B. Gynogenic lines of onion (*Allium cepa* L.): evidence of their homozygosity. Theor Appl Genet. 1995;91:598-602.
7. Musial K, Bohanec B, Przywara L. Embryological study on gynogenesis in onion (*Allium cepa* L.). Sex Plant Reprod. 2001;13: 335-341.
8. Sulistyaningsih E, Yamashita K, Tashiro Y. Haploid induction from F1 hybrids between CMS shallot with *Allium galanthum* cytoplasm and common onion by unpollinated flower culture. Euphytica. 2002;125:139-44.
9. Романова ОВ, Середин ТМ, Романов ВС. Гаплоидия на шнитт-луке (*Allium schoenoprasum* L.) через гиногенез. В кн.: Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии. М; 2020. С.:74-6.
10. Rabinowich HD, Currah L, eds. Allium Crop Science: Recent Advances. CABI.; 2002.
11. Musial K, Bohanec B, Jakse M, Przywara L. The development of onion (*Allium cepa* L.) embryo sacs *in vitro* and gynogenesis induction in relation to flower size. In Vitro Cell Dev Biol. Plant. 2005;41:446-52.
12. Bohanec B. Doubled haploids via gynogenesis. In: Advances in Haploid Productions in Higher Plants. Springer Science Business Media B.V.; 2009. P. 35-46.
13. Sulistyaningsih E, Aoyagi Y, Tashiro Y. Flower bud culture of shallot (*Allium cepa* L. Aggregatum group) with cytogenetic analysis of resulting gynogenic plants and somaclones. Plant Cell Tiss Organ Cult. 2006;86:249-55.
14. Логунов АН, Тимин НИ. Методика ускоренного получения одного поколения лука за один год. Картофель и овощи. 2011;(1):16-7.
15. Романов ВС, Молчанова АВ, Павлова ОВ, Тареева ММ. Селекционная и биохимическая характеристика форм лука, созданных на основе межвидовой гибридизации. Овощи России. 2018;(6):23-5.
16. Попков ВА. Лук в условиях Республики Беларусь: Биология, агротехника, экономика. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого: 2001.
17. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность лук репчатый (*Allium cepa* L.) и лук шалот (*Allium ascalonicum* L.). RTG/46/2, УРОВ; 2000. С. 528-47.
18. Доспехов БА. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Pivovarov VF, Yershov II, Agafonov AF. Lukovye Kultury. Moscow; 2001. (In Russ.)
2. Kadirov UA. [An accelerated method of producing onion deeds in South Uzbekistan conditions]. Molodoy Uchenui. 2018;26:83-6.
3. Yershov II, Radzhabov FSh. [Onion seeds production]. Kartofel i Ovoschi. 1968;7:21-3.
4. Mirzoyev MSh. [A method of onion seeds production without onion replanting in moist subtropics of Azerbaijan]. In: Seleksiya i Semenovodstvo Ovoschnykh I Bakhchevykh Kultur]. Moscow; 2000. P. 151-4.
5. Bohanec B, Jakse M, Ihanb A, Javornik B. Studies of gynogenesis in onion (*Allium cepa* L.): induction procedures and genetic analysis of regenerants. Plant Sci. 1995;104:215-24.
6. Campion B, Bohanec B, Javornik B. Gynogenic lines of onion (*Allium cepa* L.): evidence of their homozygosity. Theor Appl Genet. 1995;91:598-602.
7. Musial K, Bohanec B, Przywara L. Embryological study on gynogenesis in onion (*Allium cepa* L.). Sex Plant Reprod. 2001;13: 335-341.
8. Sulistyaningsih E, Yamashita K, Tashiro Y. Haploid induction from F1 hybrids between CMS shallot with *Allium galanthum* cytoplasm and common onion by unpollinated flower culture. Euphytica. 2002;125:139-44.
9. Romanova OV, Seredin TM, Romanov VS. [Haploid state of chive (*Allium schoenoprasum* L.) via gynogenesis]. Biotekhnologiya v Semenovodstve, Zhivotnovodstve i Selskokhoziaystvennoy Mikrobiologii. Moscow; 2000. P. 74-6
10. Rabinowich HD, Currah L, eds. Allium Crop Science: Recent Advances. CABI.; 2002.
11. Musial K, Bohanec B, Jakse M, Przywara L. The development of onion (*Allium cepa* L.) embryo sacs in vitro and gynogenesis induction in relation to flower size. In Vitro Cell Dev Biol. Plant. 2005;41:446-52.
12. Bohanec B. Doubled haploids via gynogenesis. In: Advances in Haploid Productions in Higher Plants. Springer Science Business Media B.V.; 2009. P. 35-46.
13. Sulistyaningsih E, Aoyagi Y, Tashiro Y. Flower bud culture of shallot (*Allium cepa* L. Aggregatum group) with cytogenetic analysis of resulting gynogenic plants and somaclones. Plant Cell Tiss Organ Cult. 2006;86:249-55.
14. Logunov AN, Timin NI. [A technique for accelerated production of a single generation of onions during a single year]. Katofel i Ovoschi. 2011;(1):16-7.
15. Romanov VS, Molchanova AV, Pavlova OV, Tapeyeva MM. [Selection-related and biochemical characterization of onion forms obtained by interspecies hybridization]. Ovoschi Rossii. 2018;(6):23-5.
16. Popkov VA. Luk v Usloviyakh Respubliki Belarus: Biologiya, Agrotehnika, Tkonomika. Gomel: GGTU im. P.O. Sukhogo; 2001.
17. Anonimus. Metodika Provedeiya Ispytaniy na Otlichimost', Odnorodnost' i Stabilnost' Luk Repachayi (*Allium cepa* L.) i Luk Shalot (*Allium ascalonicum* L.). RTG/46/2, UPOV; 2000. P. 528-47.
18. Dospekhov BA. Metodika Polevogo Opyta. Moscow: Agroproizdat\$ 1985.



УДК:633.12:631.523:575(479.242)

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И АРЕАЛ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДИ- И ТЕТРАПЛОИДНЫХ ВИДОВ *TRITICUM* L. В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Х.Н. Рустамов

Институт генетических ресурсов НАНА и Научно-исследовательский институт земледелия, Баку, Азербайджан

Эл. почта: khanbala.rustamov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Глобальное изменение климата требует создания исходного материала для новых адаптивных сортов культурных растений. По литературным данным и на основе оригинальных исследований были изучены биоразнообразие и ареал распространения ди- и тетраплоидных видов пшеницы *Triticum* L. в Азербайджане. С использованием определителя ВИР определены виды, подвиды и ботанические разновидности. С помощью общеизвестных методов были проведены фенологические наблюдения и оценки. Установлено, что в Азербайджане в разное время из числа диплоидных видов *Triticum* были найдены *T. urartu* Thum. ex Gandil., *T. boeoticum* Boiss. и *T. monococcum* L. Из них широким полиморфизмом отличается *T. boeoticum*. Из диких тетраплоидных пшениц в Азербайджане распространен и имеет широкий внутривидовой полиморфизм только один вид - *T. araraticum* Jakubz. Из культурных тетраплоидных видов найдены *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl., *T. turgidum* L., *T. durum* Desf., *T. turanicum* Jakubz., *T. polonicum* L., *T. carthagicum* Nevski. Широким внутривидовым полиморфизмом отличаются *T. dicoccum*, *T. turgidum*, *T. durum* и *T. polonicum*. В последние годы из гибридных популяций созданы новые коллекции *T. dicoccum* и *T. polonicum*. Новые генотипы этих видов резко различаются по срокам колошения, образу жизни, устойчивости к стрессовым факторам, высоте растений, толщине стебля, остистости-безостистости колоса, цветку, форме чешуй и остей, плотности колоса, окраске и форме зерна и т.д. Вовлечением новых генотипов культурных тетраплоидных видов в программы гибридизации можно обогатить генофонд пшеницы твердой новыми транслокациями и геными блоками.

Ключевые слова: биоразнообразие, ареал, вид, *Triticum*, пшеница, полиморфизм, диплоидные виды, тетраплоидные виды.

BIODIVERSITY AND DISTRIBUTION AREA OF DI- AND TETRAPLOID SPECIES *TRITICUM* L. IN AZERBAIJAN

Kh.N. Rustamov

Genetic Resources Institute of ANAS and Research Institute of Crop Husbandry, Baku, Azerbaijan

Email: khanbala.rustamov@mail.ru

Global climate change warrants creating of source materials for new adaptive varieties of cultivated plants. Therefore, the biodiversity and distribution area of di- and tetraploid species of *Triticum* L. in Azerbaijan were studied based on literature data and original studies. Using VIR Identification Guide, species, subspecies and botanical varieties were identified. Using conventional methods, phenological observations and evaluations were carried out. It has been found that in Azerbaijan at different times the following were found among the diploid species: *T. urartu* Thum. ex Gandil., *T. boeoticum* Boiss. and *T. monococcum* L. Among them, *T. boeoticum* is characterized by wide polymorphism. Among the wild tetraploid wheats in Azerbaijan, only *T. araraticum* Jakubz is widespread and has a wide intraspecific polymorphism. Among cultural tetraploid species the following were found: *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl., *T. turgidum* L., *T. durum* Desf., *T. turanicum* Jakubz., *T. polonicum* L. and *T. carthagicum* Nevski. *T. dicoccum*, *T. turgidum*, *T. durum* and *T. polonicum* feature wide intraspecific polymorphism. In recent years, hybrid populations were used for selection and creating of new collections of *T. dicoccum* and *T. polonicum*. New genotypes belonging to these species differ sharply in terms of earing, lifestyle, resistance to stress factors, plant height, stem thickness, awned-awnless spikes, color, shape of scales and awns, ear density, grain color and shape, etc. With involvement of new genotypes in hybridization programs, cultural tetraploid species may be enriched with the durum wheat gene pool having new translocations and gene blocks.

Keywords: biodiversity, distribution area, species, wheat, *Triticum*, polymorphism, diploid species, tetraploid species.

Введение

«Фенотипическое исследование есть первое приближение, за которым должно идти генетическое исследование» [1]. Поэтому, сбор, уточнение генетического потенциала по морфометрическим и агрономическим признакам, на основе изучения внутривидового полиморфизма на различных (молекулярно-генетический – биогеоценотический) уровнях и разными методами, создание признаков коллекций, исходного селекционного материала, генетических источников и доноров является актуальной и перспективной [2-3].

Передняя Азия, являясь одним из первых центров происхождения культурных растений, отличается биоразнообразием видов рода пшениц (*Triticum* L.), причем 9 ботанических видов рода *Triticum* считаются эндемиками этого центра. Контрастные почвенно-климатические условия, вертикальная зональность, обилие естественной солнечной радиации в Азербайджане, привели к формированию богатого биоразнообразия культурных растений и их диких сородичей. Интенсивность формообразования, богатство диких и редких видов, подвидов, разновидностей и форм подтверждают, что Передняя Азия является одним из первых центров происхождения *Triticum* [2-3].

В результате археологических раскопок и палеонтологических исследований из разных слоев IV-II веков до н.э. в районах Бинагади, Мингячевир, Гёкгёль, Аскеран (Ходжалы) обнаружено большое количество остатков злаковых растений (солома, зерно и мука), а также каменные сошники для обработки зерновых, молотильные доски и каменные жернова для помола зерна. Обуглившиеся семена разных видов пшеницы, ячменя и полбы, относящиеся к середине III тысячелетия до н. э., найдены в раскопках на холме Культепе в Нахчыване. Они доказывают, что на территории Нахчывана, в те времена возделывались твердые, мягкие, карликовые пшеницы, полбы, различные виды ячменя и другие культуры. Здесь же были найдены ладьевидные каменные зернотерки и кремневые вкладыши для деревянных серпов [2-6].

Цель исследований

В условиях глобального изменения климата сбор, изучение внутривидового полиморфизма и генетического потенциала культурных растений и их диких сородичей по агробиологическим признакам, создание признаков коллекций, нового исходного материала для селекции, генетических источников и доноров является актуальной задачей.

Методика

С использованием определителя ВИР [7-8] собранный материал проанализирован, определены виды, подвиды и ботанические разновидности. С помощью общеизвестных методов были проведены фенологические наблюдения и оценки [9-10].

Результаты и обсуждение

Triticum являющиеся одним из родов семейства Poaceae Barnh. отличается широким биоразнообразием. Род *Triticum*, состоящий из 19 природных (широкораспространенных и эндемичных) и десятков синтетических видов природного мутантного и гибридогенного происхождения, по плоидности делят на 3 группы: 1) диплоидные (ряд *monococcum*); 2) тетраплоидные (ряд *dicocoides*); 3) гексаплоидные (ряд *spelta*) пшеницы [2-7].

По своему значению и распространению среди пшениц первое место занимает мягкая пшеница - хлебная пшеница (*T. aestivum* L.), второе место занимает твердая пшеница (*T. durum* Desf.), являющаяся незаменимым сырьем для макаронной и кондитерской промышленности. Культурная двузернянка *T. dicocum* (Schrank.) Schuebl в историческом прошлом возделывалась в разных континентах для получения крупы. Тетраплоидные: *T. turgidum* L., *T. turanicum* Jakubz., *T. polonicum* L., *T. carlicum* Nevski = *T. persicum* Vav. и гексаплоидные: *T. compactum* Host., *T. spelta* L., *T. sphaerococcum* Persiv. имели ограниченное практическое значение. Остальные виды встречаются в дикой природе или в виде биологической смеси вышеперечисленных видов [2-7].

I. Дикие диплоидные пшеницы: в Азербайджане были собраны *T. urartu* Thum. ex Gandil., *T. boeoticum* Boiss. и *T. monococcum* L. [2-7].

-*T. urartu* Thum. ex Gandil. – дикий, плёнчатый (зерно трудно отделяется от чешуи) вид с геномом А^u – источник генома А подрода *Triticum*. В Зангилянском районе обнаружено разновидности var. *spontaneorubrum* и var. *albionigrans* [2-6]. Нужно отметить, генофонд культурных растений и их диких сородичей хранилась в Карабахской НЭБ (бывший Мардакертский район). Во время военного конфликта в конце 80-х годов этот уникальный генофонд, к сожалению, почти был уничтожен.

T. boeoticum Boiss. - дикий, плёнчатый вид с геномом А^b, источник генома А подрода *Boeoticum* Mig. et Dor. В Джебраиле (630-750 м над уровнем моря), Нахчыванской АР, (село Чалханкала Бабекского района - 1230-1270 м над ур.м.), Шабран, Зангелан (630 м над ур.м.), Шамаха (720-1270 м над ур.м.) и Гадрутского района собрано 19 разновидностей, относящихся к 2 подвидам:

-subsp. *boeoticum* – В Азербайджане найдены разновидности: var. *aznaburticum*, var. *baydaricum*, var. *boeoticum*, var. *pseudoboeticum*, var. *viridiboeticum*, var. *symboloenense*, var. *viridisymboloenense*, var. *pseudozuccarini*, var. *mayssuriani*, var. *pubescentinigrum* и var. *helenae*;

-subsp. *thaoudar*: var. *thaoudar*, var. *azerbajdjanicum*, var. *nigrireuteri*, var. *balansae*, var. *balaclavicum*, var. *fuscum*, var. *luteinigrum* и var. *mazzettii* [2-7].

В Национальном генбанке Института генетических ресурсов (ИГР) поддерживается 23 образца *T. boeoticum* относящиеся к разновидностям: subsp. *boeoticum*: var. *boeoticum*, var. *pseudoboeticum*, var. *aznaburticum*, var. *mayssuriani*, var. *nigrum*, var. *pubescentinigrum*, var. *larionovii*, var. *symbolonense*, var. *helenae* и var. *chochlovae*;

subsp. *thaoudar*: var. *thaoudar*, var. *azerbajdjanicum*, var. *nigrireuteri*, var. *balaclavicum*, var. *fuscum*, var. *rufinigrum* и var. *pseudoreuteri*.

T. monococcum L. - культурный плёнчатый вид с геномом А^b. В прошлом, в основном из Карабахского региона - Шушинского, Ханкендинского (1000-1230 м над ур.м.), Лачинского, а также Исмаиллинского (600-1300 м над ур. м.) и Ярдымлинского (1000 м над ур. м.) районов были собраны 10 разновидностей: var. *monococcum*, var. *macedonicum*, var. *flavescens*, var. *pseudoflavescens*, var. *macedonicum*, var. *pseudomacedonicum*, var. *hohensteinii*, var. *hornemannii*, var. *pseudohornemannii* и var. *vulgare* [2-7; 11]. В Национальном генбанке хранятся местные образцы и различного происхождения *T. monococcum* из Международного генбанка ICARDA.

II. Дикие тетраплоидные пшеницы (геномы А^bG). В Азербайджане распространен только один вид - *T. araraticum* Jakubz. 1947. В различных классификациях даны названия *T. dicocoides* subsp. *armeniicum* Jakubz., 1932; *T. armeniicum* (Jakubz.) Makush., 1938; *T. montanum* Makush., 1948; *T. chaldicum* Menabde, 1948; *T. turgidum* subsp. *armeniicum* (Jakubz.) A. et De Löve, 1961; *T. timopheevii* subsp. *armeniicum* (Jakubz.) J. Mac Key, 1966 [7; 11].

В Нахчыванской АР (Бабекский район, село Чалхангала, 1230-1270 м над у.м.), Агсу (290-700 м над ур.м.), Шамаха (290-700 м над у.м.) и Карабаха (410 м над ур.м.) было собрано 8 разновидностей, относящихся к subsp. *araraticum*: var. *araraticum*, var. *nachitschevanicum*, var. *araxicum*, var. *thumaniani*, var. *pseudostraussianum*, var. *pseudoarmeniicum*, var. *pseudoaaronsohnii*, var. *nigrum* [2-7]. В Национальном генбанке хранятся 15 местных образцов *T. araraticum*: var. *nachitschevanicum*, var. *araxicum* и var. *thumaniani*.

III. Культурные тетраплоидные пшеницы с геномом А^bV. В Азербайджане найдены виды: *T. dicocum* (Schrank) Schuebl., *T. turgidum* L., *T. durum* Desf., *T. turanicum* Jakubz., *T. polonicum* L., *T. carlicum* Nevski = *T. persicum* Vav. [2-7].

T. dicoccum (Schrank) Schuebl. – Культурная двузернянка, полба, эммер, периндж. В Нахычеванской АР (Бабек и Шарур 1230-1270 м над ур. м.), Карабахе (Шуша, Ханкенди, Агдара - 800-1400 м над ур.м., Лачин - 1300-1400 м над ур.м.), а также в Лерике и Исмаиллы (600-1300 м над ур. м.) обнаружено 12 разновидностей, относящихся к двум подвидам:

-Subsp. *dicoccum* convar. *dicoccum*: var. *dicoccum*, var. *rufum*, var. *pseudorufum*, var. *semicanum*, var. *macratherum*, var. *atratum*, var. *hybridum* и var. *pseudoerythrurum*.

-Subsp. *asiaticum* convar. *transcaucasicum* Flaksb.: var. *uniluteotinctum*, var. *uniaeruginosum*, var. *aeruginosum* и var. *haussknechtianum* [2-7].

Исследованы представители всех эколого-географических групп культурной двузернянки, с охватом почти половины всей мировой коллекции ВИР (220 образцов). Амплитуда изменчивости *T. dicoccum* по высоте растений находится в пределах 85-155 см. в группы низкорослых образцов (85,0-110,0 см) вошли в основном образцы из Йемена, Индии и Эфиопии, а в группу высокорослых (140,0-155,0 см) образцы из Германии и Югославии. В орошаемых условиях Дагестана низкорослые формы не наблюдались [12].

Нужно отметить, что в 2012-2013 годах, наряду с другими отдаленными спонтанными гибридами, отобранные в Абшеронской НЭБ по многим признакам новые пшенично-полбяные гибриды (ППГ), в т.ч. карликовые и полукарликовые (45-70 см), с трудным обмолотом – плёнчатые и с лёгким обмолотом – голозёрные были изучены в Абшеронской НЭБ ИГР и Тертерской ЗОС НИИ Земледелия. Некоторые истинно озимые ППГ оказались позднеспелыми. Местные образцы полбы и сложные ППГ изучались в контрастных по условиям водобеспеченности для получения исходного материала и генетических источников по устойчивости к биотическим и абиотическим факторам, потенциальной урожайности и качества зерна [2-3].

Новые образцы полбы и ППГ, в основном устойчивые к мучнистой росе, но восприимчивые к желтой и бурой ржавчине, резко отличаются по образу жизни (выделены истинно озимые формы - 9+), по срокам колошения, высоте растений (47-165 см), по форме, плотности колоса и т.д. Новые гибриды по форме колоса не отличается от полбы, и включают формы сочетающие признаки пшеницы твердой (голое зерно, стекловидность, форма, окраска зерна) и полбы (форма, окраска зерна). Были выделены образцы с красным и белым зерном, с удлиненной и овальной формой зерна. Кроме того, выделены константные низкорослые формы с ложной (по типу *T. vavilovii*) и настоящей (по типу *T. turgidum*) ветвистостью. Некоторые ППГ по фенотипу не отличаются от полбы, но с лёгким обмолотом, голозёрные - легко обмолачиваются, независимо от марки молотилки. Выделены константные формы культурной полбы: низко, средне (50,0-95,0 см) и высокорослые (более 125 см), с ранним и поздним колошением (01-13 мая), пленчатые и голозерные - с легким обмолотом, с обычным колосом, плоские, инфлятные и тургидоидные формы колоса. По сравнению с низко и среднерослыми у высокорослых образцов устойчивость к грибным болезням высокая [2-3].

Анализ найденных спонтанных гибридов показывает, что, по сравнению с производственными посевами, на опытных полях, в селекционных питомниках, особенно в посевах генофонда видообразовательный процесс не ослабевает, а наоборот, усилился. Отобранные константные и перспективные гибриды изучаются в селекционном и контрольном питомнике, КСИ в Абшероне и Тертерской ЗОС НИИ Земледелия для создания низко- и среднерослых, высокоурожайных сортов полбы с трудным и лёгким обмолотом (Таблица 1).

Табл. 1.

Агробиологические показатели новых образцов *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl., Абшерон, 2021.

№ 2021	Вид, разновидность	Образ жизни	Колошение, дата	Высота растений, см	Плотность колоса, шт.	Зерно в колосе		Масса 1000 зерен, г
						число, штук	масса, г	
9	<i>T.dicoccum v.haussknechtianum</i>	9	09.V	130,0	24,1	39,6	1,74	43,9
13	<i>var.aeruginosum</i> (колос плоский)	5	30.IV	145,0	27,3	58,4	1,84	31,5
14	<i>var.aeruginosum</i> (колос плоский)	5	29.IV	125,0	23,7	41,6	1,14	27,4
15	<i>var.aeruginosum</i> (колос плоский)	3	29.IV	135,0	23,4	50,6	2,00	39,1
17	<i>var.flaksbergarii</i> (Листовые пластинки широкие)	5	03.V	165,0	21,9	48,2	2,24	46,5
26	<i>v.chevsuricum</i>	5	04.V	150,0	29,1	39,6	1,40	35,4
29	<i>var.haussknechtianum</i> (колос плоский)	7	9.V	125,0	25,8	42,2	1,46	34,4
34	<i>var.atratum</i>	7	10.V	135,0	24,8	52,0	2,24	43,1
35	<i>var.atratum</i>	7	10.V	110,0	23,6	50,4	2,22	44,1
36	<i>var.atratum</i> (колос плотный и плоский)	7	7.V	130,0	26,9	36,4	1,26	34,6
38	<i>var.flagsbergeri</i> (колос плоский и длинный, голозёрный)	7	3.V	125,0	27,5	45,2	1,68	37,2
39	<i>var.haussknechtianum</i> (колос плотный и плоский)	7	3.V	130,0	30,5	51,2	1,82	35,6
42	<i>var.pseudorufum</i> (yastudənli)	5	28.IV	145,0	28,0	53,6	2,38	44,4
176	<i>var.jakubsineri</i> (колос плотный и короткий)	5	05.V	125,0	36,6	44,0	1,70	38,6
177	<i>var.pseudorufum</i> (колос длинный)	7	11.V	120,0	35,0	37,2	1,32	35,4
178	<i>var.pseudorufum</i> (колос длинный)	3	11.V	135,0	26,9	51,4	2,04	39,7
179	<i>var.aeruginosum</i> (колос плоский)	3	10.V	135,0	29,7	47,6	1,72	36,3
180	<i>var.flagsbergeri</i> (колос длинный)	5	12.V	140,0	29,0	48,8	1,66	34,0
176	<i>var.jakubsineri</i> (колос плотный и короткий)	5	05.V	125,0	36,6	44,0	1,70	38,6
180	<i>var.flagsbergeri</i>	7	12.V	140,0	29,0	48,8	1,66	34,0
188	<i>var.haussknechtianum</i>	7	10.V	105,0	26,4	47,4	1,62	34,2

Староместные и стабильные по морфобиологическим показателям 92,0 образца полбы после размножения, для поддержания в живом виде в 2012-2021 гг. переданы в Национальный генбанк.

T. turgidum L. – *T. turgidum* собрана почти во всех территориях Азербайджана - равнинных, предгорных и среднегорных районах (48 разновидностей). В Азербайджане найдены как группы разновидностей с простым (не ветвистым) колосом (convar. *turgidum*), так и группы разновидностей с ветвистым колосом (convar. *compositum* Filat.):

convar. *turgidum*: var. *turgidum*, var. *melanatherum*, var. *nigroglumarum*, var. *muscibile*, var. *dreischianum*, var. *speciosissimum*, var. *ferespeciosissimum*, var. *herrerae*, var. *rubroherrerae*, var. *gentile*, var. *nigrobarbatum*, var. *striatum*, var. *speciosum*, var. *martensii*, var. *nigromartensii*, var. *albofumidum*,

var. *megalopolitanum*, var. *salomonis*, var. *pseudomirabile*, var. *rubroalbum*, var. *nigropseudomirabile*, var. *albojodurum*, var. *pseudosalomonis*, var. *rubroatrum*, var. *falsejodurum*, var. *jodurum*, var. *muticospeciosum* и var. *muticospeciosum*.

convar. *compositum* Filat. - var. *ramosolusitanicum*, var. *nachitschevanicum*, var. *pseudocervinum*, var. *plinianum*, var. *columbinum*, var. *cubinum*, var. *pavoninum*, var. *ramosostriatum*, var. *levipavoninum*, var. *leviramostriatum*, var. *schemachanicum*, var. *mirabile*, var. *felsemirabile*, var. *lencoranicum*, var. *giganteum*, var. *centrigranium*, var. *pseudocentigranum*, var. *compositum*, var. *pseudolinnaeanum* и var. *caucasicum* [2-7].

Из 420 образцов *T. turgidum*, хранящихся в мировой коллекции ВИР, 90 (21,4%) в советский период - до 70-80 годов были собраны с территории Азербайджана. Из 71,0 известного науке разновидностей 47,0 (66,0%) были обнаружены в Азербайджане. Это еще раз доказывает, что Азербайджан является одним из основных очагов формирования и полиморфизма пшеницы тургидум [2-7].

Староместные и новые - отобранные из гибридной популяции и стабильные по морфобиологическим показателям 72,0 образца *T. turgidum* после размножения в 2012-2021 гг. переданы в Национальный генбанк.

T. durum Desf. – Твердая пшеница встречается во всех эколого-географических условиях Азербайджана. Однако ботанические разновидности распределены не везде равномерно. В самом богатом по ботаническому составу районе - Ширване он резко меняется в зависимости от уровня моря (-16,0 – 1200,0 м над у.м.) и здесь обнаружено 19 разновидностей. Затем в сторону убывания выявлены разновидности: Муганско-Сальянская (16), Миль-Карабахская и Лянкяранская (11), Шеки-Загатальская (10), Губа-Хачмазская (8), Гянджа-Казахская, Нахчыванская АР и Нагорно-Карабахская (7), горная зона Малого Кавказа (6), Аразская долина (5) и Абшерон (3) [2-7].

Исследования показали, что генофонд пшеницы твердой Азербайджана имеет большой внутривидовой полиморфизм, здесь отмечено 52 разновидностей. По этому показателю она уступает только пшенице мягкой. Наиболее распространенные разновидности пшеницы твердой, встречающимися в нашей республике, относятся к подвиду subsp. *durum*. Наиболее распространенные разновидности: var. *leucurum*, var. *hordeiforme*, var. *melanopus*, var. *apulicum*, var. *caerulescens*, var. *leucomelan*, var. *affine*, var. *reychenbachii*, var. *alexandrinum*, var. *provinciale*, var. *valenciae* и var. *niloticum*. Некоторые селекционные сорта относятся к разновидностям subsp. *horanicum* - var. *horanoleucurum* и var. *horanomelanopus*. Твердые пшеницы распространены в вертикальной зональности от точек ниже уровня моря (-16,0 м, Прикаспийская низменность) до 1870 м над у.м. (Шуша, Кечалдар). Производственные посевы встречаются, в основном на равнинах и в предгорьях, на высоте 800-1000 м над у.м. В настоящее время в Национальном генбанке хранятся более тысячи ландрасов, селекционных линий и сортов *T. durum*. Современные сорта пшеницы твердой, в основном относятся к разновидностям: var. *leucurum*, var. *hordeiforme*, var. *leucomelan*, var. *caerulescens* и var. *provinciale* [2-7].

Староместные и новые - отобранные из гибридной популяции и стабильные по морфобиологическим показателям более 300,0 образцов *T. durum* после размножения в 2012-2021 гг. переданы в Национальный генбанк. Кроме того, для демонстрации достижений селекции пшеницы в Азербайджане и сравнительного изучения сортов, выведенные в разные периоды, в 2011-2021 гг. нами в Гобустанской и Тертерской ЗОС НИИЗ организован полевой генбанк пшениц. Другая цель была выяснить, какие морфобиологические, физиологические, генетические, технологические и др. изменения происходила в течение нескольких десятилетий у современных сортов, по сравнению со старыми сортами. В полевой генбанк включили ди-, тетра- и гексаплоидных видов пшениц: *T. boeoticum*, *T. monococcum*, *T. dicoccum*, *T. turgidum*, *T. durum*, *T. spelta*, *T. compactum*, *T. vavilovi* и *T. aestivum*. Были изучены 41 ландрасов, старые, новые и новейшие сорта *T. durum*. Проанализированы образ жизни, высота растений, срок колошения, устойчивость к желтой ржавчине и полеганию и урожайность у аборигенных и селекционных сортов твердой, пшеницы. Выявлено, что староместные и новые сорта отличаются по многим агробиологическим показателям [2-3].

T. turanicum Jakubz. = *T. orientale* Persiv. – пшеница Туранская генетически связана с пшеницей твердой, они образуют фертильные гибриды. По биоразнообразию лидируют Азербайджан (11 разновидностей) и Турция (10 разновидностей). В прошлом встречался в основном в Тертерском, Ходжавендском, Агдамском, Агджабединском, Физулинском, Масаллинском, Джалилабадском и Агсуинском районах. В Азербайджане найдены разновидности: var. *ferghanicum*, var. *gasimustafakemalii*, var. *generosum*, var. *insigne*, var. *jalovanianum*, var. *notabile*, var. *turanaffine*, var. *turaninigrum*, var. *turanobscurum*, var. *turanmursiense* и var. *turaniprovinciale* [2-7]. В последние годы найдены спонтанные гибриды по признакам колоса похожие на *T. turanicum* Jakubz. Но, они расщепляются – стабильные гибриды не выявлены.

T. polonicum L. – пшеница польская. В Азербайджане (Физулинский район) в небольшом количестве, в виде редкой биологической смеси обнаружены 3 разновидности *T. polonicum*: var. *polonicum*, var. *pseudolevissimum* и var. *villosum* [2-7].

В гибридном и селекционном питомниках Тертерской ЗОС Института земледелия в 2011 г. из внутривидовых и межвидовых гибридов, кроме ПППГ, спельтоидов, компактоидов были выделены 10 исходных форм полонидов - основателей. Они найдены в гибридных комбинациях между пшеницей твердой и мягкой. В последующие годы (2012-2015 гг.), в условиях Абшерона, из полонидов после расщепления и в результате «вторичного цветения» были отобраны, соответственно 28, 71, 114 и 119 образцов *T. polonicum* (5 образцов имеет 2 разновидности) [2-3].

В результате формообразование за короткий период выделены 20 разновидностей *T. polonicum*, которые резко отличаются по высоте растений, толщине стебля, остистости-безостости колоса, окраске остей, по окраске, форме, плотности колоса, по цвету и форме зерна и т.д. В результате отобраны образцы, относящихся к 15 разновидностям subsp. *polonicum* convar. *polonicum* и 12 образцов, относящихся к 5 разновидностям subsp. *polonicum* convar. *compactum* (5 образцов имеет 2 разновидности). Найдены, также новые разновидности относящихся к subsp. *abyssinicum*: var. *pseudoabyssinicum* var. *nova*, var. *pseudorubroseminum* var. *nova* и var. *azeripseudocaryopsirubrum* var. *nova* [2-3].

Новые образцы отличаются по многим признакам: колосья безостые, с короткими и обычными остями; колосья *короткие*, обычные и длинные; колосья рыхлые, средней плотности и ультраплотные; колосья веерообразные. В благоприятные годы выделены образцы с настоящими ветвистыми колосьями. За все годы изучения в 2015 году отмечены потенциально высокие показатели роста – высота растений на 10-20 см была выше, чем предыдущий год. В данном году образцы резко отличались по высоте растений: минимум 45,0 см, максимум 156 см, средний показатель 110,6 см. У образцов, входящих в subsp. *abyssinicum* высота растений была в пределах 60-88 см [2-3].

У большинства образцов из мировой коллекции ВИР образ жизни яровой. Отобранные нами новые образцы по образу жизни отличаются: у 57 образцов (47,9%) образ жизни озимый (9 баллов) – половина из них истинно озимые (балл 9+); 51 образец (42,9%) озимо-яровой (балл 7); 8 образцов (6,7%) полуозимые (балл 5); у 3 образцов образ жизни ярово-озимый (балл 3). Биологически яровые не встречались. Считается, что преобладание у новых образцов озимость связана с тем, что у родительских пар - современных сортов образ жизни в основном озимый и полуозимый [2-3].

В зависимости от метеоусловий, у изученных образцов сроки колошения резко отличались (03 апреля-17 мая), но, большинство выколосились в апреле. У образцов с поздним колошением, особенно у полукарликовых форм, из-за высокой температуры налив зерна преждевременно прекращается, зерновки оказываются невыполненными с мучнистой консистенцией [2-3].

Не найдена зависимость между сроком колошения и систематической принадлежностью и с высотой растения у образцов *T. polonicum*. У образцов с ранним и поздним сроком колошения встречались низко-, средне- и высокорослые генотипы, относящиеся к subsp. *abyssinicum*, convar. *polonicum* и convar. *compactum*. Новые образцы *T. polonicum* отличаются устойчивостью к грибным болезням и полеганию. По мучнистой росе наблюдалась восприимчивость, но в целом абсолютное большинство генотипов оказались высокоустойчивыми. У новых образцов форма зерна в основном

удлиненная (7-12 мм), но у низкорослых встречается генотипы с полуовальным зерном Изучение новых образцов *T. polonicum* показало, что по образу жизни, срокам колошения, высоте растений, устойчивости к полеганию и болезням, по форме и плотности колоса амплитуда изменчивости очень высокая - имеется широкий внутривидовой полиморфизм (Таблица 2.).

Табл. 2.

Агробиологические показатели новых образцов *T. polonicum* L., Абшерон, 2021.

№ 2021	Вид, разновидность	Образ жизни	Колошение, дата	Высота растений, см	Плотность колоса, шт.	Зерно в колосе		Масса 1000 зерен, г
						число, штук	число, штук	
114	<i>T. polonicum</i> var. <i>chrisospermum</i>	5	03.V	110,0	13,7	37,2	2,52	67,7
117	var. <i>chryospermum</i> (Веереобразный колос)	5	02.V	130,0	10,6	48,0	3,08	64,2
122	var. <i>pseudorubroseminum</i>	1	16.IV	95,0	14,5	39,6	1,90	48,0
124	var. <i>pseudochryospermum</i>	3	17.IV	85,0	14,8	44,4	1,40	31,5
125	var. <i>pseudochryospermum</i>	5	28.IV	85,0	15,0	26,0	1,50	57,7
127	var. <i>chryospermum</i> (Веереобр. колос)	3	19.IV	120,0	12,5	22,8	1,12	49,1
128	var. <i>pseudolevissimum</i>	5	21.IV	140,0	10,4	24,2	1,26	52,1
140	var. <i>compactum</i>	9	30.IV	145,0	12,6	51,2	2,54	49,6
141	var. <i>compactum</i>	9	02.V	150,0	15,8	54,2	2,84	52,4
142	var. <i>polonicum</i>	9	30.IV	155,0	12,6	51,2	2,54	49,6
143	var. <i>compactum</i>	9	30.IV	125,0	15,8	54,2	2,84	52,4
145	var. <i>chryospermum</i>	9	28.IV	90,0	18,0	34,2	1,64	48,0
146	var. <i>chryospermum</i>	9	28.IV	125,0	15,6	43,4	1,94	44,7
147	var. <i>chryospermum</i>	8	09.V	85,0	20,9	50,2	1,56	31,1
149	var. <i>pseudochryospermum</i> , var. <i>pseudolevissimum</i>	3	25.IV	120,0	19,4	69,2	2,72	39,3
151	var. <i>caryopsirubrum</i> , var. <i>compactum</i> (Веереобразный, ветвистый колос)	3	07.V	95,0	18,4	53,6	2,62	48,9
152	var. <i>pseudocaryopsirubrum</i>	7	07.V	90,0	20,2	61,6	2,68	43,5
153	var. <i>chryospermum</i>	9	07.V	95,0	13,2	61,0	3,48	57,1
161	var. <i>pissarevii</i>	9	07.V	90,0	18,7	28,6	1,98	69,2
163	var. <i>polonicum</i>	5	24.IV	110,0	15,1	64,2	1,82	28,3
164	var. <i>pseudolevissimum</i>	9	29.IV	145,0	11,9	49,4	2,86	57,9
170	var. <i>chryospermum</i>	7	05.V	85,0	20,6	48,4	2,66	55,0

Большинства генотипов оказались стабильными по морфобиологическим показателям. Другие же, из-за «вторичного - открытого» цветения расщепляясь, дают начало новым формам и разновидностям. Новых образцов, вовлекая в скрещивания можно использовать в качестве исходного материала для создания низко- и среднерослых, высокоурожайных сотов пшеницы твердой, с высоким качеством зерна, устойчивых к болезням. Карликовые и полукарликовые формы можно использовать как генетический источник низкорослости. Стабильные по морфобиологическим показателям 115,0 образцов *T. polonicum* в 2016-2021 гг. переданы в Национальный генбанк Института генетических ресурсов.

T. cartlicum Nevski = *T. persicum* Vav. – в Азербайджане Картвельская (Персидская) пшеница впервые была найдена Н.Н. Кулешовым (1926) в Нахчыване. Позже собраны образцы в Нахчыванской АР (Джульфа, Бабек, Шарур, Шахбуз), в районах Кельбаджар, Агдара, Агдам, Евлах, Саатлы, Сабирабат, Газах, Гейгёль, Аксу, Шамаха, Лерик, Масаллы, Джалилабад, Билясувар, Геранбой, Хачмас, Шабран, Губа, Шеки и в Закататах, на высотах 90-1600 м, отмечено 6 разновидностей: var. *stramineum*, var. *pseudostramineum*, var. *rubiginosum*, var. *pseudorubiginosum*, var. *nigrorubiginosum* и var. *fuliginosum*. Собранные образцы различались по плотности колоса, интенсивности окраски, длине и шероховатости остей [2-7]. В последние годы найдены спонтанные гибриды по признакам колоса похожие на *T. cartlicum*. Но, они тоже расщеплялись – стабильные гибриды не найдены.

Выводы

Генофонд некоторых азербайджанских видов (*T. boeoticum*, *T. araraticum*, *T. dicocum*, *T. turgidum*, *T. durum* и *T. polonicum*) пшениц рода *Triticum* отличаются широким полиморфизмом. В последние годы из гибридных популяций отобраны и созданы новые коллекции *T. dicocum* и *T. polonicum*. Новые генотипы относящихся к этим видам резко отличаются по срокам колошения, образу жизни, устойчивости к стрессовым факторам, по высоте растений, толщине стебля, остистости-безостости колоса, по цвету, форме чешуй и остей, плотности колоса, по окраске и форме зерна и т.д. С вовлечением в программы по гибридизации новых генотипов культурных тетраплоидных видов можно обогатить генофонд пшеницы твердой с новыми транслокациями и генными блоками.

Литература

1. Вавилов НИ. Центры происхождения культурных растений. Ленинград: Наука, 1987.
2. Рустамов ХН. Генофонд пшеницы (*Triticum* L.) в Азербайджане. LAMBERT Academic Publishing, 2016.
3. Рустамов ХН, Аббасов МА, Бабаева СМ. Генофонд пшеницы Азербайджана. Баку: Учитель, 2020. (на азербайджанском языке)
4. Мустафаев ИД. Материалы по изучению пшениц, ржи, ячменя и эгилопсов Азербайджана. Баку: Изд. АН Азербайджанской ССР; 1961.
5. Мустафаев ИД. Пшеницы Азербайджана и их значение в селекции и формообразовательном процессе: Доклад-обобщение ... д-ра биол. наук, Ленинград: ВИР; 1964.
6. Мустафаев ИД. Определитель пшениц Азербайджана. Баку: Аз. гос. изд., 1973, 148 с.
7. Дорофеев ВФ, Филатенко АА, Мигушова ЭФ и др. Культурная флора СССР. Т. 1. Пшеница. Ленинград: Колос; 1979.
8. Дорофеев ВФ, Филатенко АА, Мигушова ЭФ. Определитель пшениц. (Методические указания). Ленинград: ВИР; 1980.
9. Дувенллер Е, Сингх ПК, Мещиалама М, Сингх РП, Дабабат А. Болезни и вредители пшеницы. Руководство для полевого определения. Анкара: 2014.
10. Мережко АФ, Удачин РА, Зуев ЕВ, Филатенко АА и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: [метод. указания]. СПб.: ВИР; 1999.

11. Дорофеев ВФ, Удачин РА, Семенова ЛВ и др. Пшеницы мира. Ленинград: ВО Агропромиздат; 1987.

12. Альдеров АА Генетика короткостебельности тетраплоидных пшениц. СПб: ВИР; 2001.

References

1. Vavilov NI. Tseny Proiskhozhdeniya Kulturnykh Rasteniy [Centers of Origin of Cultural Plants]. Leningrad: Nauka; 1987. (in Russ.)
2. Rustamov KhN. Genofond Pshenitsy (*Triticum* L.) v Azerbaydzhanе. [Gene Pool of Wheat (*Triticum* L.) in Azerbaijan]. LAMBERT Academic Publishing; 2016. (in Russ.)
3. Rustamov KhN, Abbasov MA, Babayeva SM. [Wheat Gene Pool of Azerbaijan]. Baku: Uchitel; 2020. (in Azerbaijani)
4. Mustafayev ID. Materialy po Izucheniyu Pshenits, Rzhi, Yachmenia i Egilopsov Azerbaydzhana [Materials on Studying Wheat, Rye, Barley and Aegilops of Azerbaijan]. Baku: Publishing House of the Academy of Sciences of Azerbaijan SSR; 1961. (in Russ.)
5. Mustafayev ID. Wheats of Azerbaijan and their Importance in Selection and Shaping process. Report Diss. PhD. Leningrad: VIR; 1964. (in Russ.)
6. Mustafayev ID. Opredelitel Pshenits Azerbaydzhana. [Identification Guide for Wheat of Azerbaijan]. Baku: Azerbaydzhanskoye Gosudarstvennoye Izdatekstvo; 1973. (in Russ.)
7. Dorofeyev VF, Filatenko AA, Migushova EF et al. Kultunaya Flora SSSR. T.1. Leningrad: Kolos; 1979. (in Russ.)
8. Dorofeyev VF, Filatenko AA, Migushova EF. [Opredelitel Pshenits]. Leningrad: VIR; 1980. (in Russ.)
9. Duveiller E, Singkh PK, Metstisialama M, Singkh RP, Dababat A. Bolezni i Vrediteli Pshenitsy. Rukovodstvo dlia Polvevogo Opredeleniya. Ankara; 2014. (in Russ.)
10. Merezko AF, Udachin RA, Zuev EV, Filatenko AA et al. Popolneniye, Sokhraneniye v Zhivom Vide i Izucheniye Mirovoy Kolletsii Pshenitsy, Egilopas i Triticale. St. Petersburg: VIR; 1999. (in Russ.)
11. Dorofeyev VF, Udachin RA, Semenova LV et al. Pshenitsy Mira. Leningrad: VO Agropromizdat; 1987. (in Russ.)
12. Alderov AA. Genetika Korotkostebelnosti Tetraploidnykh Pshenits. St. Petersburg: VIR; 2001. (in Russ.)

⟷

УДК:631.527:633:574

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕНОТИПОВ ЯБЛОНИ К ГРИБУ *VENTURIA INAEQUALIS* (COOKE) WINT

Н.Н. Савельева*, А.Н. Юшков, А.С. Земисов, Н.В. Борзыкх, В.В. Чивилев, А.С. Лыжин
ФБГНУ «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина», Тамбовская обл. Россия

*Эл. почта: saveleva_natalya_nic@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Рассмотрены вопросы создания сортов яблони с устойчивостью к парше. Это наиболее распространенное заболевание в средней полосе России вызывается грибом *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. До настоящего времени моногенной устойчивостью обладали сорта с геном Rvi6.

Наблюдения в вегетацию 2022 года подтверждают, что иммунитет к парше не является долговечным, так как было отмечено преодоление устойчивости в насаждениях яблони Федерального научного центра им. И.В. Мичурина. В сложившейся эколого-биологической обстановке селекционеры столкнулись с острой необходимостью обеспечить устойчивость генотипов яблони к парше. Перспективным направлением является создание в новых генотипах «пирамиды» генов, обеспечивающих такую устойчивость.

Ключевые слова: яблоня, сорт, иммунитет, парша, преодоление устойчивости.

ENSURING THE STABILITY OF THE RESISTANCE OF APPLE TREE GENOTYPES TO THE FUNGUS *VENTURIA INAEQUALIS* (COOKE) WINT

N.N. Saveleva*, A.N. Yushkov, A.S. Zemisov, N.V. Borzykh, V.V. Chivilev, A.S. Lyzhin
I.V. Michurin Federal Research Center, Tambov Region, Russia

*E-mail: saveleva_natalya_nic@mail.ru

Issues of creating apple varieties with scab resistance are addressed. Scabs, which is the most common apple disease in central Russia, is caused by the fungus *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. Until now, varieties with the Rvi6 gene featured monogenic resistance. Observations in apple plantations of I.V. Michurin Federal Research Center during vegetation season in 2022 confirm that immunity to scab is not long-lasting. In the current ecological situation, breeders are faced with an urgent need to ensure the stability of the resistance of apple genotypes to scab. A promising approach is creating of a “pyramid” of genes in the new genotypes that can ensure the stability of resistance of apple trees to scab.

Keywords: apple tree, variety, immunity, scab, overcoming resistance.

Введение

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, зарегистрировано к настоящему времени более 480 сортов яблони, в том числе более 60 за последние пять лет. Отечественными селекционерами создано более 100 сортов с моногенной устойчивостью к парше, что составляет более 20 % от общего количества. Примерно у 86% генотипов устойчивость контролируется геном Rvi6. Однако это направление не получило достаточного распространения в мире, где доля иммунных сортов составляет не более 3% от всего сортимента.

Создание устойчивых к парше генотипов является наиболее перспективным направлением. Их выращивание в средней полосе может резко сократить или полностью исключить применение фунгицидов. Это позволит получать плоды высокого товарного качества при общем оздоровлении экологической обстановки [1, 2, 3, 4].

Любая устойчивость растений к возбудителям болезней контролируется генами. Исследователи различают вертикальную и горизонтальную устойчивость. По определению Я. Ван дер Планка [5] вертикальной или перпендикулярной называется устойчивость генотипа к определенным расам патогена. Если она равномерно распространяется на все расы патогена, то относится к горизонтальной или латеральной. Углубленное изучение генома растений выявило отсутствие существенных различий между вертикальной и горизонтальной устойчивостью и показало, что это деление весьма условно [6].

Моногенную устойчивость яблони к парше впервые обнаружил L.F. Hough [7] в Университете штата Иллинойс при изучении гибридных семян, которые получил C.S. Crandall [8] скрещиванием сорта Rome Buty (Римская красавица) с клоном *Malus loribunda* 821. Количество устойчивых и восприимчивых к парше семян расщеплялось в пропорции 1:1. Из этой семьи были выделены крупноплодные отборы (F₂26829-2-2 и F₂26830-2). Изучение потомства методом искусственного заражения показало, что устойчивость у них контролируется моногенно и определяется доминантным геном Rvi6, который находится в гетерозиготном состоянии [9, 10].

Эти устойчивые к парше отборы и полученные на их основе доноры стали базовым исходным материалом по созданию иммунных к парше сортов яблони: Prima, Priscilla, Sir Prize, Jonafree, Redfree, Williams' Pride, McShay, Pristine, Gold Rush, Enterprise, Scarlett O'Hara, Liberty, Freedom. Сорта Liberty, Prima, Redfree внесены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Северо-Кавказскому региону РФ.

К настоящему времени известно 17 генов, контролирующих устойчивость яблони к парше. Традиционные символы генов (V_j) заменены на новые R (resistance) с дополнением аббревиатуры названия патогена, вызывающего заболевание. При этом все идентифицированные главные гены устойчивости яблони к парше обозначаются символом Rvi [11...13] (Табл. 1).

Идентифицированные гены устойчивости яблони к парше располагаются в 8 из 17 хромосом, причем 6 генов картированы на хромосоме 2 [14]. Доминантный ген $Rvi6$, который наиболее распространен в иммунных к парше сортах, расположен на хромосоме 1, этот ген имеет сложную генетическую основу, причем в некоторых случаях ему присущи черты горизонтальной устойчивости, и не случайно доминантная гомозиготность по гену $Rvi6$ может усиливать устойчивость к парше [15, 16].

Материал и методы исследования.

Исследования проведены с 2019 по 2022 год на базе насаждений яблони ФНЦ им. И.В. Мичурина. При проведении работы было использовано методическое руководство [17]. Объектами наблюдения были сорта яблони с моногенной и полигенной устойчивостью к парше на площади 14 га. Схема посадки 5×3 м и 6×3 м, подвой 54-118. Все они включены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ.

Результаты и обсуждение

Сведения о преодолении гена устойчивости к парше $Rvi6$ стали появляться в научной литературе уже в конце XX века. Тогда была идентифицирована шестая раса парши, которая способна преодолеть устойчивость генотипов яблони с отмеченным геном. Предположительно существует седьмая раса парши, и у клона *M. floribunda* 821 независимо от гена $Rvi6$ существует второй доминантный ген $Rvi7$, который индуцирует гиперчувствительную реакцию [18,19].

Как уже было отмечено ранее [20], понятие о том, что устойчивость к парше на основе гена $Rvi6$ будет стабильной, нуждается в переоценке. Это подтвердили наши наблюдения в течение вегетационного периода текущего года (табл. 2). Нами была отмечена эпифитотия парши, которая привела к поражению листового аппарата и плодов сортов яблони, носителей гена устойчивости $Rvi6$. В исследованиях ученых Республики Беларусь уже в 2005 году отмечалось поражение в эпифитотийные годы сортов с геном $Rvi6$: Болотовское, Витос, Freedom, Юбиляр, Имрус, Vanda [21, 22].

Табл. 1.

Табл. 2.

Символы и источники генов устойчивости яблони к парше

Новый символ	Старый символ	Источник гена
$Rvi1$	Vg	Golden Delicious
$Rvi2$	$Vh2$	Russian apple R 12740-7A
$Rvi3$	$Vh3.1$	-
$Rvi4$	$Vh4$	Russian apple R 12740-7A
$Rvi5$	Vm	<i>M. micromalus</i> 245-38
$Rvi6$	Vf	<i>M. floribunda</i> 821
$Rvi7$	Vfh	<i>M. floribunda</i> 821
$Rvi8$	$Vh8$	<i>M. sieversii</i> W 193B
$Rvi9$	Vdg	-
$Rvi10$	Va	Antonovka P1172612
$Rvi11$	Vbj	<i>M. baccata</i> jackii
$Rvi12$	Vb	<i>Hansen'ss baccata</i> №2
$Rvi13$	Vd	<i>Durello di Forli</i>
$Rvi14$	-	<i>Dülmener Rosenapfel</i>
$Rvi15$	$Vr2$	GMAL 2473
$Rvi17$	Val	Antonovka APF22

Степень поражения паршой сортов яблони (балл).

Сорт	Степень поражения 2019-2021гг. (в среднем)		Степень поражения 2022 г	
	листовой аппарат	плоды	листовой аппарат	плоды
Сорта с устойчивостью к парше (ген $Rvi6$)				
Успенское	0	0	0	0
Вымпел	0	0	0	0
Фрегат	0	0	0	0
Флагман	0	0	0	0
Мунстер	0	0	0	0
Благовест	0	0	0,7	1,1
Былина	0	0	0,8	0,9
Рождественское	0	0	2,0	1,5
Болотовское	0	0	2,1	1,7
Академик Казаков	0	0	2,9	1,5
Сорта с полигенной устойчивостью к парше				
Памяти Нестерова	1,0	0,5	2,7	2,9
Богатырь	2,9	2,3	3,7	4,5
Мартовское	3,8	3,3	4,2	4,6
Лобо	4,3	4,5	4,5	4,6
Спартан	4,4	4,6	4,7	4,9
Жигулевское	4,4	4,8	5,0	5,0

Как видно из табл. 2 в поражении сортов яблони патогеном есть существенные различия. Сохранили свою устойчивость к парше сорта Успенское, Вымпел, Фрегат, Флагман, Мунстер. Обладают они высокой полигенной устойчивостью, или же в генотипе этих сортов присутствует ген, позволяющий удерживать стабильность устойчивости к шестой расе парши, помогут выяснить исследования ДНК. У сортов Благовест и Былина отмечено поражение листового аппарата на 0,7 и 0,8 балла, плодов на 1,1 и 0,9 балла соответственно. В большей степени пострадали генотипы Рождественское, Болотовское, Академик Казаков, у которых наблюдался наибольший балл поражения листьев и плодов (1,5-2,9 балла).

Из изученных сортов с полигенной устойчивостью к *V. inaequalis* высокой сопротивляемостью к патогену характеризуется сорт Памяти Нестерова. У сортов Богатырь, Мартовское, Лобо, Спартан и Жигулевское показатель поражения листьев и плодов составил от 3,7 до 5,0 балла.

Выводы

В мире селекционная работа по созданию иммунных к парше сортов яблони берет свое начало с середины 50-х, в России и странах СНГ с начала 70-х годов XX века. Таким образом, моногенная устойчивость к шестой расе парши сохраняла стабильность около 70 лет. Скорость преодоления устойчивости гена-хозяина патогеном в решающей степени определяется их распространением. Этому способствует бесконтрольный ввоз растительного материала. Широкое возделывание генетически однородных сортов, необдуманное применение пестицидов приводят к усилению темпов движущего отбора, появлению более вредоносных рас и биотипов, к увеличению шансов у вредных видов одержать победу в «эволюционном

танце» в системе «хозяин-паразит», так как их рекомбинационная и мутационная изменчивость в большей степени зависит от условий внешней среды [23, 24]. Поэтому важнейшей проблемой остается обеспечение долговременной стабильной устойчивости к патогенам.

В этой связи в современной эколого-биологической обстановке ослабления иммунитета к парше у яблони, необходимо сосредоточить усилия селекционеров на создании коммерческих сортов со стабильной долговременной устойчивостью к *V. inaequalis*, объединяющих в одном генотипе несколько олигогенов – «пирамиды генов», желательного в гомозиготном доминантном состоянии.

Литература

1. Савельева НН. Биологические и генетические особенности яблони и селекция иммунных к парше и колонновидных сортов. Мичуринск; 2016.
2. Савельева НН, Лыжин АС. Маркер-контролируемый скрининг генотипов яблони с иммунитетом к парше. Аграрная наука. 2019;(3);135-7.
3. Savelyev NI, Lyzhin AS, Savelyeva NN. Genetic diversity of genus *Malus* Mill. for scab resistance genes. Russ Agric Sci.;42(5):310-3.
4. Савельева НН, Лыжин АС, Акимов МЮ, Юшков АН Наследование моногенной устойчивости к парше у яблони. URL: <https://events.spbu.ru/events/genetic-selection-2019>
5. Ван дер Планк ЯЕ. Генетические и молекулярные основы патогенеза у растений. М.: Мир; 1981.
6. Павлюшин ВА, Левитин ММ. Предисловие. В кн.: Типы устойчивости растений к болезням: материалы научного семинара. СПб.: ВНИИЗР; 2003. С. 3-4.
7. Hough LF. A survey of the scab resistance of the foliage on seedlings in selected apple progeny. Proc Amer Soc Hortic Sci. 1944; 44: 260-72.
8. Crandall CS. Apple breeding at the University of Illinois. Univ Ill Arg Exp Sta. 1926;(275):341-600.
9. Hough LF, Shay JR, Dayton DF. Apple scab resistance from *Malus floribunda* Sieb. Proc Amer Soc Hortic Sci. 1953;62:341-7.
10. Williams EB, Dayton DF, Shay JR. Allelic genes in *Malus* for resistance to *Venturia inaequalis*. Proc Amer Soc Hortic Sci. 1966;88(1):52-6.
11. Bus VGM, Rikkerink EHA, Aldwinckle HS, et al. A proposal for the nomenclature of *Venturia inaequalis* races. Acta Hort. 2009; 814:739-46.
12. Benaouf G, Parisi L. Genetics of host-pathogen relationships between *Venturia inaequalis* race 6 and 7 and *Malus* specie. Phytopathology. 2000;90:236-2.
13. Hough LF, Williams EB, Dayton DF. Progress and problems in breeding apples for scab resistance. In: Proc Angers Fruit Breed Symp. Versailles; 1970.
14. Bus VGM, Rikkerink EHA, Caffier V et al. Revision of the nomenclature of the differential host-pathogen interactions of *Venturia inaequalis* and *Malus*. Ann Rev Phytopathol. – 2011;49:191-93.
15. Maliepaard C, Alston FH, Van Arkel G et al. Aligning male and female linkage maps of apple (*Malus pumilla* Mill.) using multiallelic markers. Theor Appl Genet. 1998;97: 60-73.
16. Tartarini S, Sansavini S, Vinatzer B et al. Efficiency of marker assisted selection (MAS) for the Vf scab resistance gene. Acta Hort. 2000;538:549-52.
17. Седов ЕН, Огольцова ТП, ред. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК; 1999.
18. Parisi L, Lespinasse V, Guillaumes J, Kruger J. A new race of *Venturia inaequalis* virulent to apples with resistance due to the Vf gene. In: Progress in Temperate Fruit Breeding. Kluwer Acad Publ; 1994. P.79.
19. Lespinasse V. Apple scab, resistance and durability. New races and strategies for the future. In: Progress in Temperate Fruit Breeding. Kluwer Acad Publ; 1994. P.105-6.
20. Roberts AL, Crute IR, Alston FH. Apple scab resistance of *Malus floribunda* 821 (Vf) is rendered ineffective by isolates of *Venturia inaequalis* from *Malus floribunda*. Norm J Agr Sci. 1994;7:313-8.
21. Козловская ЗА, Ярмолич СА, Марудо ГМ. Сравнительная оценка потенциала устойчивости к парше сортов и гибридов яблони в эпифитотийный год. Плодоводство. 2005;17(1):30-5.
22. Козловская ЗА. Научные основы селекции яблони для интенсивных садов Беларуси. Дис...докт. с-х. наук: Самохваловичи; 2006.
23. Brown SK, Maloney KE Genetic improvement of apple: breeding, markers, mapping and biotechnology. In: Apples: Botany, Production and Uses. 2003. P. 31-59.
24. Савельева НН. Хозяйственно-биологическая и экономическая оценка иммунных к парше сортов яблони в условиях Центрально-Черноземного региона России. Дис... канд. с-х. наук. М.; 2008.

References

1. Savelyeva NN. Biologicheskiye i Geneticheskiye Osobennosti Yablони i Seleksiya Immunnykh k Parshe i Kolonnovidnykh Sortov. Michurinsk; 2016.
2. Savelyeva NN, Lyzhin AS. [Marker-controlled screening of apple genotypes affording immunity to scab]. Agrarnaya Nauka. 2019;(3);135-7.
3. Savelyev NI, Lyzhin AS, Savelyeva NN. Genetic diversity of genus *Malus* Mill. for scab resistance genes. Russ Agric Sci.;42(5):310-3.
4. Savelyeva NN, Lyzhin AS, Akimov MYu, Yushko AN. [Hereditability of monogenic scab resistance in apples.] URL: <https://events.spbu.ru/events/genetic-selection-2019>
5. Van der Plank YaYe. Geneticheskiye i Molekuljarnye Osnovy Patogeneza u Rasteniy. Moscow: Mir; 1981.
6. Pavlyushin VA, Levitin MM. [Foreword]. In: Tipy Ustoychivosti Rasteniy k Boleznyam: Materialy Nauchnogo Seminara. St Petersburg: VNIIZR; 2003. P. 3-4.
7. Hough LF. A survey of the scab resistance of the foliage on seedlings in selected apple progeny. Proc Amer Soc Hortic Sci. 1944; 44: 260-72.
8. Crandall CS. Apple breeding at the University of Illinois. Univ Ill Arg Exp Sta. 1926;(275):341-600.
9. Hough LF, Shay JR, Dayton DF. Apple scab resistance from *Malus floribunda* Sieb. Proc Amer Soc Hortic Sci. 1953;62:341-7.
10. Williams EB, Dayton DF, Shay JR. Allelic genes in *Malus* for resistance to *Venturia inaequalis*. Proc Amer Soc Hortic Sci. 1966;88(1):52-6.
11. Bus VGM, Rikkerink EHA, Aldwinckle HS, et al. A proposal for the nomenclature of *Venturia inaequalis* races. Acta Hort. 2009; 814:739-46.
12. Benaouf G, Parisi L. Genetics of host-pathogen relationships between *Venturia inaequalis* race 6 and 7 and *Malus* specie. Phytopathology. 2000;90:236-2.
13. Hough LF, Williams EB, Dayton DF. Progress and problems in breeding apples for scab resistance. In: Proc Angers Fruit Breed Symp. Versailles; 1970.
14. Bus VGM, Rikkerink EHA, Caffier V et al. Revision of the nomenclature of the differential host-pathogen interactions of *Venturia inaequalis* and *Malus*. Ann Rev Phytopathol. – 2011;49:191-93.
15. Maliepaard C. Aligning male and female linkage maps of apple (*Malus pumilla* Mill.) using multiallelic markers / Maliepaard C, Alston FH, Van Arkel G et al. // Theor Appl Genet. – 1998. – V. 97. – P. 60-73.
16. Tartarini S, Sansavini S, Vinatzer B et al. Efficiency of marker assisted selection (MAS) for the Vf scab resistance gene. Acta Hort. 2000;538:549-52.
17. Sedova YeN, Ogoltsova TP, eds. Programma i Metodika Sortoizucheniya Plodovykh, Yagodnykh i Orekhoplodnykh Kultur. Orel: VNIISPК; 1999. – 608 s.
18. Parisi L, Lespinasse V, Guillaumes J, Kruger J. A new race of *Venturia inaequalis* virulent to apples with resistance due to the Vf gene. In: Progress in Temperate Fruit Breeding. Kluwer Acad Publ; 1994. P.79.
19. Lespinasse V. Apple scab, resistance and durability. New races and strategies for the future. In: Progress in Temperate Fruit Breeding. Kluwer Acad Publ; 1994. P.105-6.
20. Roberts AL, Crute IR, Alston FH. Apple scab resistance of *Malus floribunda* 821 (Vf) is rendered ineffective by isolates of *Venturia inaequalis* from *Malus floribunda*. Norm J Agr Sci. 1994;7:313-8.
21. Kozlovskaya ZA, Yarmolich SA, Marudo GM. [Comparative estimate of the potential of scab resistance in apple varieties and hybrids in an epiphytotic year]. Plodovodstvo. 2005;17(1):30-5.
22. Kozlovskaya ZA. Nauchnye Osnovy Seleksi Yablони Dlia Intensivnykh Sadov Belarusi. PhD Dissertation. Samohvalovichi; 2006..
23. Brown SK, Maloney KE Genetic improvement of apple: breeding, markers, mapping and biotechnology. In: Apples: Botany, Production and Uses. 2003. P. 31-59.
24. Savelyeva NN. Hoziaystvenno-Biologicheskaya i Tkonomicheskaya Otsenka Immunnykh k Parshe Sortov Yablони v Usloviyakh Tsentralno-Chernozemnogo Regiona Rossi. PhD Dissertation. Moscow; 2008.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ПРОХОЖДЕНИЯ РОСТА И РАЗВИТИЯ СОРТОВ СРЕДНЕВОЛОКНИСТОГО ХЛОПЧАТНИКА

А.Т. Садиков^{1*}, В.А. Драгавцев², С.Т. Саидзода¹¹Институт земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук, г. Гиссар, Республика Таджикистан; ²ФБГНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

*Эл. почта: dat.tj@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В процессе роста хлопчатник от посева до конца вегетации проходит пять основных фаз: 1) всходы, то есть семядоли; 2) образование настоящих листьев; 3) бутонизация, то есть образования симподиальных ветвей; 4) цветение; 5) созревания (раскрытие коробочек). Знание фаз развития и нормального ритма их прохождения, а также условий, вызывающих отклонение от нормального развития, важно для оценки состояния растений и правильного построения агротехники в соответствии с конкретными условиями. В статье представлены теоретические обоснования и результаты по изучению фаз развития средневолокнистого хлопчатника из коллекции новых сортов родительских пар для гибридизации. Исследование проводилось в опытном хозяйстве «Зироаткор» Гиссарского района Республики Таджикистан по методике ВНИИСХ им. Г.С. Зайцева. Опыт был заложен на 20-луночных 4-рядных участках. Все растения были пронумерованы. В каждой коллекции сортов было изучено от 75 до 80 растений. Все родительские сорта различались по прохождению основных фаз развития. Высота растений в среднем на 1 августа (2019-2020 гг.) у местных селекции достигли – от 75,0 до 80,6 см, у зарубежных – 67,3-83,3 см. Количество коробочек на 1 сентября 2019-2020 годы наших исследований в среднем у местных сортов составило от 14,3 до 15,9 шт./растение, а у зарубежных – 13,9-15,7 шт./растение. Значительным показателям выделились 5 зарубежных – ALC-86/6, Cocker-4104, DP-4025, NAD-53, NAK-99/1 и 2 местных – Дуст-ИЗ, Зироаткор-64, которые предложено использовать в селекции.

Ключевые слова: хлопчатник, сорт, селекция, родительских пар, высота растений, число коробочек.

FEATURES OF PASSING THROUGH DEVELOPMENTAL STAGES BY VARIETIES OF MEDIUM-FIBER COTTON

А.Т. Sadikov^{1*}, V.A. Dragavtsev², S.T. Saidzoda¹¹Institute of Farming, Tajik Academy of Agricultural Sciences, Republic of Tajikistan; ²Agroophysical Research Institute, Saint Petersburg, Russia

*E-mail: dat.tj@mail.ru

In the process of growth from sowing to the end of the growing season, cotton goes through five main phases of development: 1) seedlings, that is cotyledons; 2) real leaves formation; 3) budding, that is the formation of sympodial branches; 4) flowering; and 5) maturation (balls opening). Knowing the phases of development and the normal rhythm of their passage and the conditions that cause deviations from the normal developmental course is important for assessing the condition of plants and for the correct construction of agricultural machinery in accordance with specific conditions. The article presents theoretical justifications and practical results on a study of a collection of new varieties of parent pairs of medium-fiber cotton for hybridization. The study was conducted in the experimental farm «Ziroatkor» of the Hissar District of the Republic of Tajikistan according to the methodology of G.S. Zaitsev VNIISKH. The experiment was carried out on 20-hole 4-row plots. All plants were labeled with numbers. From 75 to 80 plants were studied in each collection of varieties. All of the parent varieties were different with regard to passing the main phases of development by the end of the growing season. The average height of locally bred plants on August 1 (2019-2020) was 75.0 to 80.6 cm, and of foreign ones, 67.3 to 83.3 cm. The number of balls as of September 1, 2019-2020 was from 14.3 to 15.9 per plant in the local varieties, and 13.9 to 15.7 in the foreign varieties. Five of the foreign ones (ALC-86/6, Cocker-4104, DP-4025, NAD-53, and NAK-99/1) and two the local ones (Dusti-IZ and Ziroatkor-64) were distinguished by their beneficial characteristics and were recommended for further breeding as donors of valuable traits.

Keywords: cotton, variety, breeding, parent pairs, plant height, number of cotton balls.

Введение

В повышении урожайности и валовых сборов хлопка-сырца и других сельскохозяйственных культур первостепенное значение имеют селекция и семеноводство. Создание новых сортов хлопчатника основывается на подборе исходных родительских пар для гибридизации и направленном отборе лучших линий, гибридов и мутантов с проверкой их по потомству. Отдаленная гибридизация и направленный отбор сочетаются с химическим и физическим мутагенезом, а также воспитанием гибридов, мутантов и отбором в резко контрастных экологических и агротехнических условий [1]. Выведенные селекционерами сорта хлопчатника отличаются высокой урожайностью и качеством хлопкового волокна [2]. Однако, селекция – это непрерывный процесс. Возрастающие требования сельскохозяйственного производства и текстильной промышленности требуют постоянное сортообновление [3, 4].

Высокая потенциальная продуктивность должна сочетаться со скороспелостью, которая в неблагоприятные годы решает судьбу урожая [5]. Сорта должны быть устойчивыми к поражению болезнями и вредителями, иметь высокий выход, длину и технологические качества волокна [6]. Новые сорта должны эффективно отзываться на повышение культуры земледелия, в частности, на повышение доз минеральных удобрений увеличением урожая [7, 8].

Считается [9], что обычно сорта приспособлены и дают наиболее высокую продуктивность в определённых агроэкологических условиях. Изменение условий возделывания, освоение площадей в новых экологических зонах, совершенствование агротехнических приёмов выращивания хлопчатника требует непрерывного обновления сортов. В настоящей работе изучены хозяйственно-ценные свойства различных сортообразцов средневолокнистого хлопчатника для создания новых сортов с высокими выходом технологическими свойствами волокна.

Материал и методы исследования

Материалом исследований послужили семена различных сортов и коллекционных образцов хлопчатника вида *Gossypium hirsutum* L. полученных отделом селекции Института земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук из сортов различных селекционных учреждений СНГ и зарубежных стран.

Опыт был заложен в хозяйстве «Зироаткор» Гиссарского района республика Таджикистан согласно методикам ВНИИССХ им. Г.С. Зайцева [10]. Посев проводили 14-25 апреля (2019-2020 гг.) по схеме 60×20-1 растений в лунке. Агротехника обычная для хозяйства. Математическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа [11].

Результаты и обсуждение

На 1 июля (2019-2020 гг.) местные сорта – Сорбон, Дуст-ИЗ, Дехкон и Зироаткор-64 – имели среднюю высоту главного стебля 53,3-56,0 см. У зарубежных сортов она составила от 49,3 до 60,3 см; большинство из них имели среднюю высоту – 57,0-60,3 см, т.е., были незначительно выше местных сортов (табл. 1).

На 1 августа (2019-2020 гг.) местные сорта достигли высоты главного стебля в среднем 75,0- 80,6 см, у зарубежных сортов она варьировала от 67,3 до 83,3 см, из них низкорослыми, со средней высотой 67,3-72,6 см, оказались 2 сорта – AC-4 и Nazilli-84-S.

Как видно из табл. 1, наиболее высокорослыми сортам свойственно было и большее накопление бутонов. У всех местных сортов, которые имели достаточно высокий рост основного стебля, по состоянию на 1 июля 2019-2020 годов имело место хорошее формирование бутонов. Их количество в среднем на 1 растение составило 24,0-26,6 шт. У зарубежных сортов этот показатель варьировал от 16,0 до 28,0 шт. и характеризовался широким диапазоном.

У 6 сортов – Nazilli-84-S, ALC-86/6, Coscer-4104, DP-4025 и NAD-53 – в среднем на 1 растение формировалось 21,0-28,0 бутонов. Максимальное количество бутонов (26,0-28,0 шт./растение) наблюдалось у сортов – NAD-53, DP-4025 и Coscer-4104.

Количество симподиальных ветвей в некоторой степени определяет урожайность. На 1 августа (2019-2020 гг.) у местных родительских сортов на 1 растение было образовано 15,3-17,0 симподий, наибольшим их количеством отличался сорт Дусти-ИЗ.

У зарубежных сортов количество симподий наблюдалось в более широком диапазоне – 15,6-18,0 шт./растений.

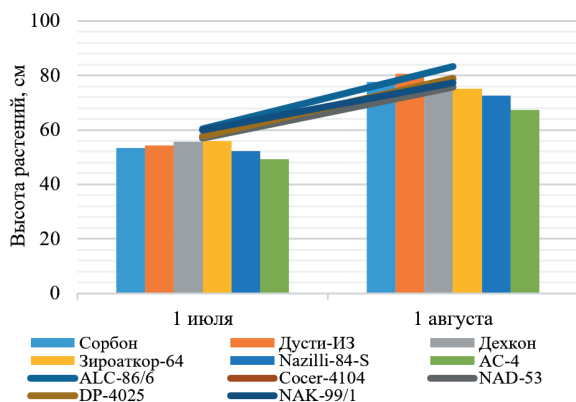


Рис. 1. Динамика высоты главного стебля эколого-географические сортов родительских форм в 2019-2020 гг.

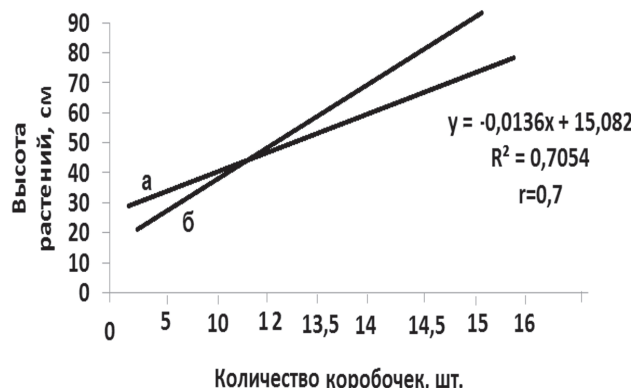


Рис. 2. Корреляция между высотой главного стебля (а) и количеством полноценных коробочек (б) у родительских форм в 2019-2020 гг.

У всех родительских сортов средневолокнистого хлопчатника на 1 августа, в среднем, по годам исследований (2019-2020) наблюдалось хорошее формирование коробочек. У местных сортов в среднем на 1 растение было образовано 13,6-14,8 шт. Из зарубежных (турецких), 4 сорта – ALC-86/6, Coscer-4104, DP-4025, NAD-53 и NAK-99/1 имели набор коробочек на 1 растение в пределах 13,5-14,6 шт.

Известно, что основных элементы продуктивности растений хлопчатника представляют собой очень сложный комплекс количественных характеристик. К ним относятся количество коробочек на одном растении, масса одной коробочки, количество створок на коробочки и т.д. Все эти элементы количественно являются признаками полигенной природы [12].

Из элементов урожайности важными признаками считаются количество коробочек на одном растении и масса одной коробки, и в них изменчивость в поколениях контролируется отдельными гипотетическими признаками. Однако эти признаки зависят от воздействия различных внешних факторов [13]. В частности, одним из важнейших хозяйственно ценных признаков растений хлопчатника является скороспелость, отрицательно коррелирующая с такими признаками, как урожайность, длина волокна, выход волокна, размер коробочки, качество волокна. Эти связи не могут быть подорваны из-за сильной наследственной корреляции, которой можно избежать с помощью направленного отбора.

Табл. 1.

Рост и развитие родительских сортов средневолокнистого хлопчатника в динамике 2019-2020 гг. (в среднем на 1 растение, М±m).

Сорта	1 июля		1 августа			1 сентября	
	Высота растений, см	Число бутонов, шт.	Высота растений, см	Число симподий, шт.	Число коробочек, шт.	Всего коробочек, шт.	Из них раскрытых, %
Хисор (st)	42,3±1,12	18,5±0,84	63,8±3,14	12,8±0,55	10,7±1,50	12,4±0,04	32,0
Сорбон	53,3±2,54	25,0±1,15	77,7±2,89	16,0±0,57	13,6±0,81	14,5±0,57	48,0
Дусти-ИЗ	54,3±2,52	26,6±2,41	80,6±2,75	17,0±0,81	14,5±0,76	15,0±1,16	42,0
Дехкон	55,6±2,25	25,0±2,15	77,0±2,08	15,3±0,78	13,8±1,19	14,3±0,88	54,4
Зироаткор-64	56,0±1,66	24,0±0,83	75,0±2,04	16,3±0,88	14,8±1,64	15,9±0,46	50,1
Nazilli-84-S	52,3±2,84	21,6±2,72	72,6±2,10	15,6±0,33	14,4±1,07	15,7±0,85	63,9
AC-4	49,3±1,45	16,0±0,82	67,3±4,25	16,6±1,20	13,8±0,88	14,9±0,58	40,3
ALC-86/6	60,3±1,45	21,0±2,51	83,3±2,9	18,0±2,0	14,5±0,77	15,6±0,72	40,6
Coscer-4104	57,6±2,40	28,0±2,03	79,0±2,19	16,3±1,20	13,7±0,89	15,0±1,15	40,1
NAD-53	57,0±2,51	26,0±1,52	75,6±2,74	17,0±0,57	14,6±0,88	15,4±0,95	40,8
DP-4025	57,6±2,40	28,0±2,03	79,0±2,19	16,3±1,20	13,5±1,39	13,9±0,57	63,3
NAK-99/1	60,0±1,24	25,5±2,22	77,4±1,45	17,8±0,79	14,2±1,87	14,8±0,78	55,4
НСР05	1,00		0,98			1,89	

К концу вегетации, на 1 сентября (2019-2020 гг.), количество коробочек на одном растении у местных сортов возросло до 14,3-15,9 шт. Из них раскрытых от 42,0 до 54,4 %, а у зарубежных сортов – до 13,9-15,7 шт. Раскрытых коробочек в диапазоне – 40,1-63,9 %.

Регрессионный анализ по полученным данным показал, что существует положительная корреляция между двумя признакам – высотой главного стебля и формированием количеством полноценных коробочек на одно растение (рис. 2).

Выводы

Высота главного стебля на 1 августа (2019-2020 гг.) перед чеканкой у местных сортов в среднем варьировала от 75,0 до 80,6 см, что на 11,2-16,8 см выше стандарта Хисор (63,8 см), а для зарубежных сортов – 67,3-83,3 см, от 3,5 до 19,5 см выше стандарта.

Количество полноценных коробочек на 1 сентября 2019-2020 гг. для местных сортов колеблется от 14,3 до 15,9 шт./растение, для сортов зарубежной селекции – 13,9-15,7 шт./растение. Отклонение от сорта Хисор (12,3 шт./растение) – на - 1,9-3,5 и 1,5-3,3 шт./растение соответственно.

Из изученных сортов отличались в лучшую сторону 5 зарубежных (ALC-86/6, Cocer-4104, DP-4025, NAD-53, NAK-99/1) и 2 местных (Дусти-ИЗ, Зироаткор-64), которые предложено использовать в дальнейшем для селекционных исследований.

Высота главного стебля и количество коробочек на растении на 1 сентября коррелируют.

Благодарность. Авторы выражают глубокую благодарность всему коллективу и руководству Института земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук за помощь в подготовке и проведении ежегодной научно-практической работы и в подготовке научных материалов.

Литература

1. Саидов СТ. Селекция хлопчатника и пути её совершенствования в Таджикистане]. Душанбе; 2014.
2. Сангинов БС, Саттаров У. Оценка селекционной ценности сортов и гибридов тонковолокнистого хлопчатника на инфекционном вилтовом фоне. Изв АН РТ Отд биол и мед наук.2008;(3):24-9.
3. Автаномов ВА, Рыстакон ВС. Селекция формы хлопчатника с толерантной устойчивостью к вилту хлопчатника. В кн.: Материалы совещания по вилту хлопчатника. Ташкент: ФАН; 1979. С.115-21.
4. Иксанов М. К вопросу о результативности различных методов в селекции хлопчатника. В кн.: Гуза генетикаси, селекцияси, уругчилиги ва бедачилик масалалари туплами. Ташкент; 2000. С. 52-5.
5. Яхъёев ТК. Изменчивость продуктивности и скороспелости у гибридов хлопчатника при гибридизации географически отдалённых форм в зависимости от способов опыления: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Душанбе; 2002.
6. Бурнашев ШТ. Новый перспективный сорт средневолокнистого хлопчатника интенсивного типа «Сомони». Инф листок центра НПИ. 1999;(51):1-3.
7. Бурнашев ШТ. Новый перспективный сорт средневолокнистого хлопчатника интенсивного типа «Равшан». Инф листок центра НПИ. 1999;(50):3.
8. Сангинов БС, Джуманкулов ХД. Биологическая интенсификация хлопководства. Кишоварз. 2003;1(8):55-3.
9. Симонгулян НГ, Мухамеджанов СР, Шафрин АН. Генетика, селекция и семеноводство хлопчатника. Ташкент: Мехнат; 1987.
10. Зайцев ГС. Методические указания селекцентра по хлопчатнику. Ташкент; 1980.
11. Доспехов БА. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - М.: Книга по требованию; 2012.
12. Sadikhova LD. On a combining ability of cotton varieties of AzNIHI selection. Khlopkovodstvo, 1986:3.
13. Belyakova AP. Ways to increase soil fertility in Southern Tajikistan in terms of cotton alfalfa crop rotation. Stalinabad; 1957.

References

1. Saidov ST. Selektoriya Khlopchatnika i Puti Yeyo Usovershenstvovaniya vv Tadzhiqistane. Dushanbe; 2014. (In Russ.)
2. Sanginov BS, Sattarov VA. [Evaluation of the breeding value of varieties and hybrids of fine-fiber cotton on an infectious wilt background] Izvestiya. AN RT. Otdeleniye Biologichastikh i Meditsynskikh Nauk. 2008;(3):24-9. (In Russ.)
3. Avtanomov VA, Rystakov VS. [Selection of a form of cotton with tolerant resistance to cotton wilt]. In: Matrialy Soveschaniya po Viltu Khlopchatnika. Tashkent: FAN;1979. P115-21. (In Russ.)
4. Iksanov M. [On the issue of the effectiveness of various methods in cotton breeding]. In: Guza Genetikasi, Seleksionasi, Urugchiligi va Bedachilik Masalalari Tuplami. Tashkent\$ 2000. P. 52-5. (In Russ.)
5. Yakheyev TK. Variability of productivity and Precocity in Cotton Hybrids During Hybridization of Geographically Distant Forms Depending on Pollination Methods. PhD Theses. Dushanbe; 2002. (In Russ.)
6. Burnashev ShT. [A new promising variety of medium-fiber cotton of intensive type "Somoni"]. Informatsionnyi Listok Tsentra NPI. 1999;(51):1-3. (In Russ.)
7. Burnashev ShT. [A new promising variety of medium-fiber cotton of intensive type "Ravshan"]. Informatsionnyi Listok Tsentra NPI. 1999;(50):3. (In Russ.)
8. Sanginov BS, Dzhumankulov HD. [Biological intensification of cotton crop production]. Keshovarz;2003;1(8):55-63. (In Russ.)
9. Simongulian NG, Mukhamedzhanov SR, Shafrin AN. Genetika, Seleksiya i Semenovodstvo Klopchatnika. Tashkent: Mekhnat; 1987. (In Russ.)
10. Zaytsev GS. Metodicheskiye Ukazaniya Sekertsentra po Khlopchatniku. Tashkent; 1980. (In Russ.)
11. Dospikhov BA. Metodika Polevogo Opyta. Moscow: Kniga po Trebovaniyu; 2012. (In Russ.)
12. Sadikhova LD. On a combining ability of cotton varieties of AzNIHI selection. Khlopkovodstvo. 1986:3.
13. Belyakova, AP. Ways to Increase Soil Fertility in Southern Tajikistan in Terms of Cotton-Alfalfa Crop Rotation. Stalinabad; 1957.

«»

УДК:633.51:631.523

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТИВНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ИХ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

А.Т. Садилов^{1*}, В.А. Драгавцев², С.Т. Саидзода¹

¹Институт земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук, г. Гиссар, Республика Таджикистан;

²ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

*Эл. почта: dat.tj@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Адаптивный потенциал – предел устойчивости культурных растений к неблагоприятным факторам. Селекция на его повышение являлась основой «народной селекции», при которой не ставилась задача получения рекордных урожаев, а ценилась устойчивость растений к стрессовым условиям. Изучение адаптивности культурных растений к различным условиям среды вызвано глобальным изменением климата. Внедрение адаптивных сортов хлопчатника, устойчивых к стрессовым факторам среды, – основа получения стабильных урожаев. В статье представлены результаты оценки адаптивного потенциала аборигенных и созданных в разные годы селекционных сортов средневолокнистого хлопчатника в Республике Таджикистан. Исследования проводили в условиях Гиссарского района на юго-западе Центрального Таджикистана, и Кабадиянского района Хатлонской области Таджикистана по методике ВНИИСХ им. Г.С. Зайцева. В 2019-2021 годах была проведена оценка урожайности и адаптивности 8 старых (районированных) и перспективных (недавно районированных) сортов средневолокнистого хлопчатника местной и зарубежной селекции.

Наибольшей (до $6,6 \pm 2,5 - 7,4 \pm 2,2$ т/га) урожайность была в Гиссарском районе у сортов Кабадиан-30, Дангара-30. В Кабадинском районе урожайность этих сортов не превышала $8,6 \pm 3,1$ т/га. Независимо от почвенно-климатических факторов, урожайность средневолокнистых сортов хлопчатника сильно варьировалась по годам исследований (коэффициент вариации от 22,8 до 39,8%). Сорта Кабадиан-30 и Дангара-30 характеризовались самым высоким показателем «реализации потенциальной урожайности» в Гиссарском районе (более 78,8%); в Кабадинском районе этот показатель превысил 71,8% во всех изученных разновидностях.

Ключевые слова: хлопчатник, сорт, потенциальная урожайность, выход волокна, адаптивность.

ECOLOGICAL ADAPTABILITY AND PRODUCTIVITY OF NEW PROMISING COTTON VARIETIES GROWN IN VARIOUS CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

A.T. Sadikov^{1*}, V.A. Dragavtsev², S.T. Saidzoda¹

¹Institute of Farming Tajik Academy of Agricultural Sciences, Hissar, the Republic of Tajikistan; ²Federal State Budgetary Scientific Institution «Agrophysical Research Institute», Saint Petersburg, Russia

*E-mail: dat.tj@mail.ru

The adaptive potential is the limit of resistance of cultivated plants to adverse factors. Breeding to increase the adaptive potential was the basis of «folk breeding», in which the task of obtaining record harvests was not set, but plant resistance to stressful conditions was valued. Studying the adaptability of cultivated plants to various environmental conditions is warranted because of global climate change. The introduction of adaptive varieties of cotton, which are resistant to environmental stress factors, is the basis for obtaining stable yields. The present article presents the results of the assessment of the adaptive potential of native varieties of medium-fiber cotton and the ones created in different years by breeding in the Republic of Tajikistan.

The research was carried out in the Gissar District of the southwest of Central Tajikistan and in the Kabadiyan District of the Khatlon Region of Tajikistan according to the methodology suggested in G.S. Zaitsev Agricultural Research Institute. In 2019-2021, the yield and adaptability of 8 old, zoned and new promising (recently zoned) varieties of medium-fiber cotton of local and foreign selection were evaluated in the Gissar and Kabadiyan districts. The highest yields, up to $6,6 \pm 2,5 - 7,4 \pm 2,2$ t/ha were observed in the Hissar district (the varieties Kabadian-30, Dangara-30). In the district, the maximum yield of these varieties did not exceed $8,6 \pm 3,1$ t/ha. Regardless of soil and climatic factors, the yield of medium-fiber cotton varieties varied greatly over the years (coefficient of variation from 22,8 to 39,8 %). The varieties Kabadian-30 and Dangara-30 featured the highest index of «realization of potential yield» in the Gissar district (more than 78,8 %), whereas in the Kabadian district, this index exceeded in 71,8 % in all varieties.

Keywords: cotton, variety, potential yield, fiber yield, adaptability.

Введение

Хлопчатник (*Gossypium hirsutum* L.) относится к группе волокнистых растений, среди которых он в мире занимает первое место, обеспечивая получение 70-75% прядильного сырья. Основной продукцией хлопчатника является хлопковое волокно, которое используется для изготовления ткани и является экспортной продукцией Республики Таджикистан [1].

Волокно хлопчатника с семенами (хлопок-сырец) на 30-35% состоит из волокна и 55-70% – из семян, в которых содержатся 22-29% растительного масла. Хлопок-сырец служит сырьем для текстильной, маслоперерабатывающей, гидролизной, химической и пищевой ряда других отраслей промышленности [2, 3].

Территория Республики Таджикистан разделена на шесть природно-хозяйственных зон, производство и переработка хлопка-сырца в основном сосредоточены в регионах, где условия и орошаемые земли позволяют выращивать хлопок с высокими технологическими качествами волокна [3]. Для развития хлопководства в республике необходимо создание и внедрение новых сортов и гибридов с высокими адаптивными свойствами и продуктивностью, а также ирригационные и мелиоративные работы [4, 5].

Главной задачей селекции является создание сортов с высоким потенциалом продуктивности и адаптивными свойствами в условиях зон их возделывания [6]. В решении этой проблемы основная роль принадлежит синтетической селекции. Этим методом создано более 90 % сортов сельскохозяйственных культур [7, 8]. Привлечение в сложные ступенчатые скрещивания сортов различного эколого-генетического происхождения обеспечивает сочетание в гено типе гибрида разобщенных в процессе микроэволюции разных генов, детерминирующих формирование элементов продуктивности и усиление их действия за счет аддитивного действия, неаллельных взаимодействий и кодоминирования. Вместе с тем, для усиления адаптивных свойств будущего сорта, может оказаться перспективным использование сортов местной селекции, в том числе линейных сортов, выделенных из сортов, адаптированных к условиям экониши и длительное время репродуцирующихся в данных условиях. Эти сорта являются источниками блоков адаптивных генов [9, 10].

Именно с помощью сорта (гибрида) удается эффективно использовать благоприятные и противостоять неблагоприятным условиям внешней среды, обеспечивая высокие показатели величины и качества урожая [11].

Количество сортов, разрешенных к использованию во всех регионах Республики Таджикистан, очень ограничено: на 2021 год в государственный реестр было введено только 27 средневолокнистых и 16 тонковолокнистых сортов хлопчатника, половина из них создана в Институте земледелия *Таджикской академии сельскохозяйственных наук*. Для более широкого распространения культуры в производстве требуется выявление сортов наиболее адаптивных к различным природным условиям. Цель исследований – оценить потенциальную продуктивность и адаптивность новых перспективных сортов хлопчатника при возделывании на различных почвенно-климатических условиях Республики Таджикистан.

Материал и методы исследования

Материалом для исследования послужили 8 сортов средневолокнистого хлопчатника, из которых 2 были новыми (недавно районированными), одобренными для использования в различных регионах Республики Таджикистан: Кабадиан-30, Дангара-30. Сорт Хисор использовался в качестве стандарта в обеих зонах. Предшественник в севообороте - бобовые культуры. Исследование проводилось в соответствии с методикой ВНИИСХ им. Г.С. Зайцева [12], статистическая обработка данных об урожайности – по Б.А. Доспехову [13], реализация потенциала урожайности - по Е.Д. Неттевичу [14].

Экологическое сортоиспытание проводилось в 2019-2021 годах в Гиссарском районе на юго-западе Центрального Таджикистана и Кабадинского района Хатлонской области Республики Таджикистан, где основная площадь орошаемых земель занята под хлопчатником.

Посев проводился в зависимости от года и метеорологических условий в соответствующих районах. Так, в Кабадинском районе посев проводился 5, 10 и 12 апреля, а в Гиссарском районе – 23-30 апреля. Размещение генотипов было рандомизированным в трехкратном повторении. Площадь участка для каждого сорта составляет $4 \text{ м} \times 3,6 \text{ м}$ с междурядьями 0,6 м, со схемой посева $60 \times 20 \times 1$.

В Гиссарском районе климат резкоконтинентальный, с холодной малоснежной зимой, жарким засушливым летом. Среднегодовая температура воздуха за 2019..2021 гг. составила $10,9^\circ\text{C}$, при этом минимальная температура была $22,6^\circ\text{C}$ (02.2020 г.), а максимальная – $+40,8^\circ\text{C}$ (08.2019 г.);

количество осадков за год варьировало от 245 мм (2020 г.) до 374,0 мм (2021 г.); за вегетацию (апрель-июль) выпадало от 42,0 мм в 2020 г. и до 169,0 мм в 2021 г. Почвы светло-каштановые тяжелосуглинистые. Агрохимическое обследование опытного участка показало, что в нем мало доступных для растений форм азота и фосфора, повышено содержание калия, количество гумуса составляет 1,8 %.

Кабадиянский район характеризуется большим количеством солнечной радиации и продолжительностью солнечного сияния. Сумма эффективных температур выше 10°C составляет 5200-6000°C, сумма осадков – 150-300 мм. Холодный период очень короткий: 55-60 дней. Влагообеспеченность посевов хлопчатника удовлетворительная и дефицит проявляется к моменту бутонизации. Почва – типичные сероземы с содержанием гумуса 2,0 %, количеством общего азота 0,11 %, подвижного фосфора – 31,0 мг/кг и калия – 280 мг/кг почвы.

Результаты и обсуждение

Выявлена высокая потенциальная урожайность изучаемых сортов в Гиссарском районе, составляющая в среднем по опыту 5,1±1,2 т/га, а в благоприятные годы для отдельных сортов – Кабадиан-30, Дангара-30 – она достигала 6,6±2,5-7,4±2,2 т/га (табл. 1).

В Кабадианском районе средняя урожайность по опыту была значительно ниже (4,9±3,0 т/га), с максимумом в благоприятные годы 5,0±3,2-8,6±3,1 т/га (Кабадиан-30, Дангара-30, Фаровон-20).

Коэффициенты ранговой корреляции большинства сортов по урожайности на разных типах почв не совпадали (исключение – Кабадиан-30 и Дангара-30), что указывает на присутствие генотип-средового взаимодействия, сдерживающего реализацию потенциальной продуктивности сортов в конкретных почвенно-климатических условиях. Независимо от условий почвенной среды, урожайность сортов средневолокнистого хлопчатника по годам существенно варьировала, коэффициент вариации колебался от 22,8% (сорт Nazilli-84 (92-1), Гиссарский район) до 39,8 % (сорт Кабадиан-30, Кабадианский район) (табл. 1).

Табл. 1.

Урожайность и ее изменчивость у старых (районированных) и новых (недавно районированных) сортов средневолокнистого хлопчатника в зависимости от региона выращивания (среднее за 2019-2021).

Сорт	Гиссарский район			Кабадиянский район		
	урожайность, т/га	коэффициент ранговой корреляции	коэффициент вариации, %	урожайность, т/га	коэффициент ранговой корреляции	коэффициент вариации, %
Хисор (st.)	3,6±3,0	2	32,5	3,0±2,1	1	29,6
Nazilli-84-S	3,3±0,8	1	29,8	4,3±1,8	4	32,7
Nazilli-84 (92-1)	4,5±1,2	3	22,8	3,5±2,0	2	28,9
Шарора-1020	5,4±2,0	6	28,9	4,6±1,0	5	32,4
Фаровон-20	5,2±1,5	5	35,1	5,0±3,2	6	33,4
Мехнат	4,8±3,5	4	33,4	4,2±3,0	3	27,9
Кабадиан-30	7,4±2,2	8	38,1	8,6±3,1	8	39,8
Дангара-30	6,6±2,5	7	25,6	6,2±0,1	7	36,4
Средняя по опыту	5,1±1,2			4,9±3,0		

Табл. 2.

Реализация потенциала урожайности у старых, районированных и новых перспективных (недавно районированных) сортов средневолокнистого хлопчатника в зависимости от региона выращивания (среднее за 2019-2021).

Сорт	Гиссарский район			Реализация потенциала урожайности, %	Кабадиянский район			Реализация потенциала урожайности, %
	урожайность, т/га				урожайность, т/га			
	max	min	x		max	min	x	
Хисор (st.)	5,6	3,0	3,6	65,2	6,0	3,2	3,0	55,2
Nazilli-84-S	5,8	2,5	3,3	78,5	6,3	3,1	4,3	68,7
Nazilli-84 (92-1)	6,5	3,9	4,5	69,8	7,0	4,1	3,5	68,9
Шарора-1020	7,4	4,2	5,4	77,2	7,7	2,1	4,6	71,0
Фаровон-20	6,2	4,5	5,2	70,9	7,2	3,6	5,0	69,0
Мехнат	6,8	3,6	4,8	76,8	7,8	3,3	4,2	71,8
Кабадиан-30	8,0	5,8	7,4	79,8	9,4	4,2	8,6	79,0
Дангара-30	7,6	4,9	6,6	78,8	8,0	3,6	6,2	76,0
Средняя по опыту	6,7	4,0	5,1	74,6	7,4	3,4	4,9	69,5

Реализация потенциала продуктивности культивируемых сортов обусловлена биологическими особенностями их развития, антропогенными и почвенно-климатическими факторами. Среднее значение этого показателя в наших исследованиях составило 74,6% в Гиссарском районе и 69,5% в Кабадианском районе. Она была самой высокой у новых перспективных (недавно районированных) сортов средневолокнистого хлопчатника Кабадиан-30 (79,8; 79,0%), Дангара-30 (78,8; 76,0%) (табл. 2). Дальнейшее увеличение показателя «реализации потенциала урожайности» сортов культуры связано с повышением их продуктивности и усовершенствованием технологии возделывания.

Наиболее сложными характеристиками сортов хлопчатника, составляющими компоненты продуктивности, являются выход волокна, который зависит от сортовых, видовых и агроклиматических факторов при выращивании определенных новых сортов. Выход волокна уменьшается при увеличении нормы полива за счёт повышения массы семян, из-за увеличения массы семян, а в условиях сушки выход может увеличиваться из-за уменьшения массы семян. Для всех изученных сортов в Гиссарской районе выход волокна колебался от 33,1 до 44,1 %. Высокой выход волокна, в зависимости от годов исследования, отличались новые сорта: Кабадиан-30 (от 42,9 до 44,1 %), Дангара-30 (от 39,0 до 42,0 %) и от старого районированного сорта Фаровон-20 (от 35,0 до 36,5 %). Их отклонение от стандарта Хисор (от 30,8 до 33,3 %) достигает 8,2–10,8 % (рис. 1А).

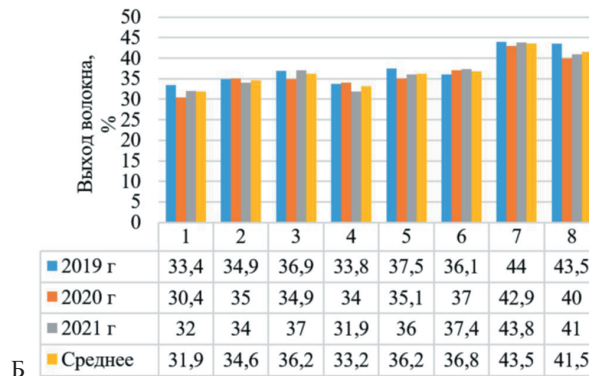
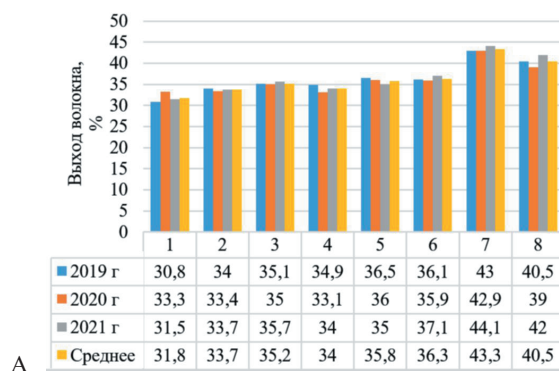


Рис. 1. Выход волокна у старых, районированных и новых перспективных (недавно районированных) сортов средневолокнистого хлопчатника в Гиссарском районе (А) и Кабадианском районе (Б).

При выращивании их в Кабадийском районе диапазон изменчивости выхода волокна для всех изученных материалов по данным наших исследований составлял от 31,9 до 44,0 %. Самый высокий выход волокна колеблется от 44,0 % (Кабадиан-30) до 40,0 % (Дангара-30). Эти генотипы превосходили стандартный сорт Хисор (30,4; 33,4 %) по выходу волокна на 9,6-10,6 % (рис. 1Б).

Выводы

1. Из 8 использованных методов адаптивности следует обратить особое внимание на показатели урожайности хлопка-сырца, стабильности и стрессоустойчивости сортов.
2. Наиболее адаптивными сортами для выращивания в обеих зонах (в Гиссарском и Кабадийском районах) являются «Кабадиан-30», и «Дангара-30» (недавно районированные) и со средним потенциалом адаптивности – «Фаровон-20», «Шарора-1020» (у старых, районированных), они способны давать относительно высокий и стабильный урожай хлопка-сырца хорошего качества не только в благоприятных, но и в контрастных условиях.
3. В Гиссарском районе потенциальная урожайность изученных образцов варьировалась – $3,3 \pm 0,8$ – $7,4 \pm 2,2$ т/га. У стандартного сорта этот признак составил $3,6 \pm 3,0$ т/га. В Кабадийском районе урожайность по опыту составила от $3,5 \pm 2,0$ до $8,6 \pm 3,1$ т/га. В благоприятные годы с максимальными значениями $5,0 \pm 3,2$ – $8,6 \pm 3,1$ т/га отличались сорта Кабадиан-30, Дангара-30, Фаровон-20. Превосходство по отношению к историческому стандарту Хисор ($3,0 \pm 2,1$ т/га) достигает до 5,6 т/га.
4. Наибольшей «реализацией потенциала урожайности» характеризовались новые перспективные (недавно районированные) сорта средневолокнистого хлопчатника Кабадиан-30 (79,8; 79,0 %), Дангара-30 (78,8; 76,0 %).

Литература

1. Автономов АР. Изменчивость, наследование и наследуемость признака «общее число коробочек на растении» у сложных межлинейных гибридов F1-F2. Мичуринский агрономический вестник. 2014;(3):58-62.
2. Сейдалиев НЯ. Рост и развитие хлопчатника при различной густоте стояния растений и применении удобрений. Плодородие. 2010;(5):13-4.
3. Сангинов А, Сангинов ПАЧ, Комилов Р. Урожайность хлопчатника в зависимости от густоты стояния растений в условиях Вахшской долины. Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. 2019;(2-4):86-8.
4. Сkochilov ЮВ. Экологическое движение Таджикистана: взгляд изнутри. Душанбе, 2002. (<http://www.tabiat.narod.ru/lastnews8.htm>)
5. Шахмедова ЮИ, Нестеренко ГИ. Адаптация образцов хлопчатника Австралии и Китая к условиям Прикаспийской низменности. Проблемы развития АПК региона. 2019;2:176-9. <https://doi.org/10.15217/issn2079-0996.2019.2.176>
6. Намозов Ф, Иминов А, Холтураев Ш. Влияние норм минеральных удобрений и режима орошения на урожайность хлопчатника Андижан-36. Вестник аграрной науки Узбекистана. 2019;(4):38-1.
7. Асланов ГА, Гулиева НА. Влияние густоты посевов и неорганических удобрений на урожайность хлопчатника летней посадки. Бюллетень науки и практики. 2021;7(3):58-3. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/64/06>
8. Анисков НИ, Сафонова ИВ, Хорева ВИ. Адаптивный потенциал сортов озимой ржи селекции ВИР по показателю «содержание белка в зерне» в условиях Ленинградской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(1):44-51. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-44-51
9. Драгавцев ВА, Джумаев КУ, Бободжанов ВА. Новый метод быстрой оценки адаптивности полигенов на примере генетических систем аттракции, адаптивности и микрораспределений пластических веществ. В кн.: Методы и технологии в селекции растений. Киров; 2014. С. 25-30.
10. Драгавцев ВА, Якушев ВП. Инновационные технологии селекции растений на повышение продуктивности и урожая. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015;(3):130-7.
11. Жученко АА. Адаптивное растениеводство (экологические основы). Теория и практика. Т. 2. М.: Агрорус; 2009.
12. Доспехов БА. Методика полевого опыта. М.: Колос; 1985.
13. Зайцев ГС. Методические указания селекционера по хлопчатнику. Ташкент; 1980.
14. Неттевич ЭД. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализации в условиях производства. Доклады РАСХН. 2001;(3):3-6.

References

1. Avtonomov AR. [Variability, inheritance and heritability of the trait "total number of boxes per plant" in complex interlinear F1-F2 hybrids]. Michurinsky Agronomicheskii Vestnik. 2014;(3):58-62. (In Russ.)
2. Seyidaliyev NYa. [Growth and development of cotton using different plant densities and application of fertilizers]. Plodorodiye. 2010;(5):13-4. (In Russ.)
3. Sanginov A, Sanginov PACH, Komilov R. [Cotton yield depending on the density of standing plants in the conditions of the Vakhsh valley]. Vestnik Bokhtarskogo Gosudarstvennogo Universiteta imeni Nosira Khusrava Seriya Yestestvennykh Nauk. 2019;(2-4):86-8. (In Russ.)
4. Skochilov YuV. [Ecological Movement of Tajikistan: A View from Inside]. Dushanbe; 2002. <http://www.tabiat.narod.ru/lastnews8.htm>. (In Russ.)
5. Shakhmedova Yul, Nesterenko GI. [Adaptation of cotton samples from Australia and China to the conditions of the Caspian lowland]. Problemy Razvitiya APK Regiona. 2019;2:176-9. (In Russ.)
6. Namozov F, Iminov A, Kholturaev Sh. [The influence of the norms of mineral fertilizers and irrigation regime on the yield of cotton Andijan-36]. Vestnik Agrarnoy Nauki Uzbekistana. 2019;(4):38-1. (In Russ.)
7. Aslanov GA, Guliyeva NA. [The influence of the density of crops and inorganic fertilizers on the yield of cotton in summer planting]. Biulleten Nauki i Praktiki 2021;7(3):58-3. (In Russ.)
8. Aniskov NI, Safonova IV, Khoreva VI. [Adaptive potential of winter rye varieties of VIR selection according to the indicator «protein content in grain» in the conditions of the Leningrad region]. Trudy po Prikladnoy Botanike, Genetike i Selektzii. 2019;180(1):44-51. (In Russ.)
9. Dragavtsev VA, Dzhumayev KU, Bobodzhanov VA. [A new method of rapid assessment of adaptability of polygenes on the example of genetic systems of attraction, adaptability and micro-distribution of plastic substances. In: Metody i Tkhnologii v Selektzii Rasteniy. Kirov; 2014. P. 25-30. (In Russ.)
10. Dragavtsev VA, Yakushev VP. [Innovative technologies of plant breeding to increase productivity and yield]. Trudy Kubanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2015;(3):130-7. (In Russ.)
11. Zhuchenko AA. Adaptivnoye Rasteniyevodstvo (Ekologicheskiye Osnovy. Teoriya i Praktika. Tom 3. Moscow: Agrorus; 2009. (In Russ.)
12. Dospekhov BA. Metodika Polevogo Opyta. Moscow: Kolos; 1985.
13. Zaytsev GS. Metodicheskiye Ukazaniya Selekttsentra po Khlpchatniku. Tashkent; 1980. (In Russ.)
14. Nettevich ED. [The yield potential of spring wheat and barley varieties recommended for cultivation in the central region of the Russian Federation and its implementation in production conditions]. Dollady RASKhN. 2001;(3):3-6. (In Russ.)

ГЕНЕТИКО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АТТРАКЦИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АССИМИЛЯТОВ ПО ОРГАНАМ ХЛОПЧАТНИКА

С.Т. Саидзода^{1*}, В.А. Драгавцев², А.Т. Садиков¹¹Институт земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук, г. Гиссар, Республика Таджикистан; ²ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», г. Санкт-Петербург, Россия

*Эл. почта: dat.tj@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Величина и качество урожая сельскохозяйственных культур зависит от интенсивности и эффективности фотосинтеза. Для изучения фотосинтетических и продуктивных показателей мы отбирали генотипы (линии) на четвертый год исследований и проводили анализ технологических свойств волокна. Те генотипы (линии), которые отличались удачным сочетанием генетических и физиологических показателей с высокой урожайностью хорошего качества, могут быть направлены на сортоиспытание. По их результатам принимается решение о представлении нового сорта в Государственную комиссию по сортоиспытанию и охране сорта. Опыты закладывались согласно методике полевого исследования по программе ВНИИССХ им. Зайцева Г.С. Агротехнические мероприятия были проведены по рекомендациям МСХ Республики Таджикистан. Установлено, что минеральные удобрения существенно влияют на формирование общей листовой поверхности растений (ОЛПР) хлопчатника. Это влияние прослеживается уже в фазе бутонизации, увеличиваясь к периоду плодоношения. Во все фазы вегетации при меньшей густоте стояния (66 тыс./га) общая листовая поверхность была несколько большей по сравнению с повышенной густотой (110 тыс./га). ОЛПР сортов хлопчатника Зарнигор и Зироаткор-64 имеет тесную связь с урожайностью, при коэффициенте корреляции, равном 0,82.

Ключевые слова: листовая поверхность, густота стояния, минеральные удобрения, хлопчатник, урожайность.

THE GENETIC AND PHYSIOLOGICAL SYSTEM OF ATTRACTIONS FOR THE FORMATION OF THE LEAF SURFACE AND THE DISTRIBUTION OF ASSIMILATES TO THE ORGANS OF COTTON

S.T. Saidzoda^{1*}, V.A. Dragavtsev², A.T. Sadikov¹¹Institute of Farming, Tajik Academy of Agricultural Sciences, Hissar, the Republic of Tajikistan; ²Agrophysical Research Institute, Saint Petersburg, Russia

*E-mail: dat.tj@mail.ru

The size and quality of the crop yield largely depends on the intensity and efficiency of photosynthesis. To study the photosynthetic and productive indicators, we choose genotypes (lines) at the fourth year of research, and analyzed the technological properties of the fiber. Those genotypes (lines) that were distinguished by a favorable combination of genetic and physiological indicators with high yields of good quality may be passed to competitive variety testing. Based on its results, a decision is made to submit a new variety to the State Commission for Variety Testing and Protection. The study was carried according to the methodology of field research developed at VNIISKh named after G.S. Zaitsev. Agrrotechnical procedures were carried out according to agricultural recommendations of the Ministry of Agriculture of the Republic of Tajikistan. It was found that mineral fertilizers significantly influenced the development of the total leaf surface (TLS) of cotton plants. This influence was traced as early as at budding phase and increased at the fruitage phase. At all vegetation phases, the smaller density of stand (66 thousand/ha) was associated with a larger leaf surface compared with the higher density (110 thousand/ha). TLS in cotton plant Zarnigor and Ziroatkor-64 varieties correlates with productivity at $r = 0.82$.

Keywords: leaf surface, standing density, mineral fertilizers, cotton, yield.

Введение

Рост и развитие растения осуществляется благодаря взаимосвязанной деятельности листьев и корней. Процессы фотосинтеза и дыхания, фосфорного, азотного и углеводного обменов, ферментативные процессы и многое другое – всё это изучается, прежде всего, на листьях. Лист является основным объектом всестороннего исследования физиологических процессов.

Площадь листовой поверхности и её ассимиляционная деятельность определяют эффективность использования растениями солнечной энергии, почвенной влаги и элементов питания. Листья выполняют не только функцию ассимиляции, но и участвуют в создании высокомолекулярных соединений в плодовых органах.

Основоположником теории поглощения солнечной энергии листьями растений является К.А. Тимирязев [1]. Ассимилянты из листьев транспортируются частично в репродуктивные органы, часть их поступает в корневую систему. Продукты фотосинтеза, поступившие в корни после обменных процессов и превращений, утилизируются на рост корней, с другой стороны поднимаются в надземные органы, в том числе и в коробочки на построение створок, семян и волокна. Поэтому, чем больше ассимиляционная поверхность, тем больше вырабатывается веществ, включающихся в общий сложный круговорот системы растительного организма и тем больше их при распределении между вегетативными и генеративными органами, поступает впоследствии, что и обуславливает их большой вес.

Отмечено [2], что хорошо развитая листовая поверхность растения обеспечивает интенсивный отток пластических веществ из листьев в репродуктивные органы. Показано [3], что развитие листьев связано с внешней средой и что площадь листовой поверхности играет большую роль в повышении урожайности. Предложен [4] подходить к листовой поверхности с учетом морфобиологических особенностей сортов растений и условий их выращивания.

Сортовые особенности и дозы азота достоверно не влияли на толщину листовой пластинки, хотя по площади поверхности листьев и массе одного листа сортовая специфика сохранялась [5]. Увеличение листовой поверхности до оптимального предела, как правило, сопровождается повышением урожайности. Дальнейшее увеличение оказывает отрицательное влияние [6].

Темп роста листовой поверхности хлопчатника может изменяться по фазам его развития. Так, установлено [7], что сорта Ташкент-1 и Ташкент-2 в ранние фазы несколько отстают по развитию листовой поверхности, а в период плодообразования опережают сорта С-4727 и 108Ф. Известно, что продуктивность фотосинтеза обусловлена, в основном, размером листовой поверхности, интенсивностью и продолжительностью работы фотосинтетического аппарата. Реализация фотосинтетической функции в целом растения определяется, с одной стороны, генетической и биохимической автономностью структур нижних порядков (хлоропласт, клетка, ткань), с другой – сложной системой интеграции и кооперативных связей фотосинтеза со всеми функциями растительного организма.

Фотосинтез находится под постоянным регуляторным воздействием общих процессов роста и развития, и является единственным источником первичных органических соединений. Соотношение между ростом и фотосинтетическим обеспечением ростового процесса постоянно изменяется в онтогенезе и зависит от факторов среды. Генетико-селекционное улучшение активности фотосинтетического аппарата ведущих сельскохозяйственных культур представляет важнейшую задачу. [8,9,10,11]

В связи с вышеизложенным, мы исследовали влияние таких факторов, как густота стояния растений, обеспеченность элементами питания новых районированных сортов средневолокнистого хлопчатника, на формирование листовой поверхности.

Материал и методы исследования

Для проведения полевых экспериментов в качестве исходных материалов были использованы сорта отечественные селекции – Зарнигор и Зироаткор-64. В период 2016-2018 гг. опыты закладывались согласно методике полевого исследования по программе ВНИИССХ им. Зайцева Г.С., [11] в опытно-показательном хозяйстве «Зироаткор» Института земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук, расположенном на юго-западе Гиссарской долины, абсолютная высота над уровнем моря 746 м. Агротехнические мероприятия были проведены по рекомендациям МСХ Республики Таджикистан [6]. В течение вегетации хлопчатника проводились фенологические наблюдения, были определены некоторые параметры фотосинтетической деятельности растений, выход общего, биологического и хозяйственного урожая. Растения для анализов брали с одинаковым уровнем роста и развития. Полученные результаты обчислены по [13].

Результаты и обсуждение

По результатам наших исследований общая листовая поверхность одного растения по фазам развития варьировала по сорту Зарнигор в фазу бутонизацию от 2,8±0,2 до 5,4±0,3 дм², в фазу цветения – от 12,4±1,2 до 19,0±0,8 дм² и в фазу плодоношения – от 13,9±1,0 до 32,5±2,4 дм² (табл. 1).

По сорту Зироаткор-64 варьирование общей листовой поверхности на одно растение по фазам развития составляло соответственно от 3,4±0,3 до 5,0±0,3 дм²; от 14,01,0 до 20,6±0,9 дм²; от 17,3±1,8 до 36,1±3,2 дм².

Как видно, в вариантах без удобрений при густоте стояния 66 и 110 тысяч растений на гектар по обоим сортам хлопчатника образовано общей листовой поверхности на одно растение по всем фазам развития меньше по сравнению с вариантами, где вносили минеральные удобрения. Наибольшая листовая поверхность на одно растение отмечена в вариантах с внесением N₂₅₀P₁₄₀K₆₀ в фазу плодоношения и составляла в зависимости от густоты стояния соответственно сортам 34,0±3,0 дм²; 32,5±3,4 дм²; 38,2±3,6; 36,1±3,2 дм².

В вариантах с одинаковыми нормами удобрений при увеличении густоты стояния растений увеличения ОЛПР на одно растение не наблюдалось. Заметное снижение её по сортам отмечено с увеличением густоты стояния от 66 до 110 тыс./га в фазу плодоношения.

Общая листовая поверхность на одно растение составляла, соответственно густоте стояния растений, по сорту Зарнигор 34,0±3,0 дм² и 32,5±2,4 дм², по сорту Зироаткор-64 – 38,2±3,6 дм² и 36,1±3,2 дм².

Такое явление мы объясняем меньшей освещённостью растений, и в связи с этим более ослабленной продуктивностью фотосинтеза. Отметим, что чем больше общая листовая поверхность на одно растение, тем выше получен урожай хлопка-сырца, то есть между данными показателями зависимость положительная.

Для выяснения взаимозависимости и формы связи между ОЛПР и урожаем хлопка-сырца мы использовали статистический метод корреляции. Применяя его, можно нагляднее представить закономерность между исследуемыми признаками.

Табл. 1

Табл. 2.

Общая листовая поверхность растений (ОЛПР) и урожай хлопка-сырца по фазам развития в зависимости от норм минеральных удобрений и густоты стояния растений (среднее за 2016-2018 гг.)

Вычисление теоретических значений V

Варианты и сорта			ОЛПР, дм ² /растение в фазе			
% годовой нормы	Норма минеральных удобрений, кг/га д.в.	Густота стояния растений, тыс./га	бутонизации	цветения	плодоношения	Урожай хлопка-сырца г/растение
Сорт Зарнигор						
	Без удобрений	66	2,8±0,2	12,4±1,2	13,9±1,0	15,8
	Без удобрений	110	3,0±0,6	10,0±1,0	14,2±1,6	14,8
60	N ₁₅₀ P ₈₄ K ₃₆	66	4,5±0,3	18,1±0,5	25,0±2,9	36,4
60	N ₁₅₀ P ₈₄ K ₃₆	110	4,4±0,4	17,0±0,6	24,2±3,0	32,0
100	N ₂₅₀ P ₁₄₀ K ₆₀	66	5,6±0,5	19,8±0,7	34,0±3,9	45,6
100	N ₂₅₀ P ₁₄₀ K ₆₀	110	5,4±0,3	19,0±0,8	32,5±2,4	40,5
Сорт Зироаткор-64						
	Без удобрений	66	3,4±0,3	14,0±1,0	17,3±1,8	18,2
	Без удобрений	110	3,5±0,5	13,9±0,6	17,0±1,7	14,7
60	N ₁₅₀ P ₈₄ K ₃₆	66	4,9±0,4	18,9±1,3	29,5±2,7	39,2
60	N ₁₅₀ P ₈₄ K ₃₆	110	4,6±0,5	18,4±0,5	27,0±2,6	33,7
100	N ₂₅₀ P ₁₄₀ K ₆₀	66	5,3±0,2	21,0±0,8	38,2±3,6	45,9
100	N ₂₅₀ P ₁₄₀ K ₆₀	110	5,0±0,3	20,0±0,9	36,1±3,2	41,5

Х, дм ²	Сорт Зарнигор		Сорт Зироаткор-64		
	V, г/растение		V, г/растение		
	Фактический	Теоретический V=1,61+1,22x	Фактический	Теоретический V=0,0+1,17x	
13,9	15,8	18,6	17,3	18,2	20,2
14,2	14,8	18,9	17,0	14,7	19,9
25,0	36,4	32,1	29,5	39,2	34,5
24,2	32,0	31,1	27,0	33,7	31,6
34,0	45,6	43,1	38,2	45,9	44,7
32,5	40,5	41,3	36,1	41,5	42,2

На рисунке 1 представлены эмпирические и теоретические линии регрессии сортов Зарнигор и Зироаткор-64, которые наглядно показывают, что они близки друг к другу.

Выводы

Установлено, что минеральные удобрения существенно влияют на формирование ОЛПР. Это влияние прослеживается уже в фазе бутонизации, достигая наибольших величин в период плодоношения хлопчатника. Во все фазы вегетации при меньшей густоте стояния (66 тыс./га) формировалась большая общая листовая поверхность на одно растение по сравнению с повышенной густотой (110 тыс./га).

Общая листовая поверхность растений сортов Зарнигор и Зироаткор-64 с учётом густоты стояния имела тесную связь с урожайностью, коэффициент корреляции для обоих сортов равен 0,82. Их эмпирические и теоретические линии регрессии при прямолинейной корреляции между ОЛПР в фазу плодоношения и урожаем (г/растение) близки друг к другу.

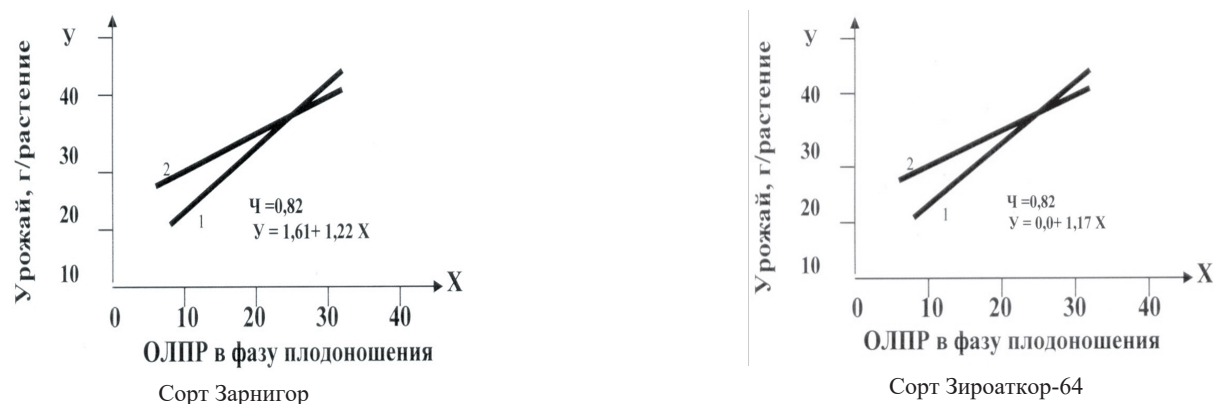


Рис. 1. Эмпирическая (1) и теоретическая (2) линии регрессии при прямолинейной корреляции между ОЛПР в фазу плодоношения и урожаем (г/растение) хлопчатника

Литература

1. Тимирязев КА. Жизнь растений. Избранные соч. Т.3. М.; 1948.
2. Курсанов АЛ, Выхребенцева ЭИ. Физиология растений. Т.1. М.; 1954.
3. Ничипорович АА. О методах учета и изучения фотосинтеза как фактора урожайности. М.: Труды института физиологии растений; 1955.
4. Коняев НФ. Продуктивность растений и площадь листьев. Иркутск; 1970.
5. Ei-Shaer M et al. Effect of nitrogen on growth analysis, yield and yield-contributing variables in three Egyptian cotton cultivars (*Gossypium barbadense* L.). Z. Acker-Pflanzenbau. 1979;148(4):249-62.
6. Дадабаев АД, Симонгулян НГ. Сота хлопчатника с предельно сжатым типом куста. Хлопководство. 1960;(1).
7. Юлдашев СХ, Назаров М. Влияние факторов среды на структуру куста и урожайность хлопчатника. Ташкент: 1976.
8. Кумаков ВА. Фотосинтетическая деятельность растений в аспекте селекции. В кн.: Физиология фотосинтеза. Москва: Наука; 1982. С. 283-4.
9. Федосеева ГП. Перспективы использования физиологических показателей в селекционной работе с картофелем. В кн.: Фотосинтез и продукционный процесс. Свердловск; 1988. С. 42-62.
10. Якубова ММ. Фотосинтетический метаболизм углерода в онтогенезе места хлопчатника. Науч докл высшей школы биол науки. 1983;(6):1-7.
11. Саидов СТ, Хужаназарова МИ. Эффективность различных методов селекции в создании новых сортов хлопчатника. В кн.: Актуальные вопросы земледелия. Душанбе; 2004. С.50.
12. Зайцев ГС. Методические указания селекцентра по хлопчатнику. Ташкент; 1980.-
13. Ахмадов ХМ, Набиев ТН, Бухориев ТА, ред. [Научно обоснованная система ведения сельского хозяйства Таджикистана]. Душанбе: Матбуот; 2009. (На тадж.)
14. Доспехов БА. Методика полевого опыта. М.: Колос; 1985.

References

1. Timiryazev KA. Zhizn' Rasteniy. Vol. 3. Moscow; 1948. (In Russ.)
2. Kursanov AL, Vyskrebentseva EI. Fiziologiya Rasteniy. Vol.1. Moscow; 1954. (In Russ.)
3. Nichiporovich AA. O Metodakh Ucheta i Izucheniya Fotosinteza Kak Faktora Urozhaynosti. Moscow: Trudy Instituta Fiziologii Rasteniy; 1955. (In Russ.)
4. Koniayev NF. Produktivnosy Reasteniy i Plaschad Lista. Irkutsk; 1970. (In Russ.)
5. Ei-Shaer M et al. Effect of nitrogen on growth analysis, yield and yield-contributing variables in three Egyptian cotton cultivars (*Gossypium barbadense* L.). Z. Acker-Pflanzenbau. 1979;148(4):249-62.
6. Dadabayev AD, Simongulian NG. [Cotton varieties with extremely compressed bush type]. Khlopkovodstvo. 1960;(1). (In Russ.)
7. Yuldashev SH, Nazarov M. Vliyaniye Faktorov Stredy na Strukturu Kusta i Urozhaynost' Khlopchatnika. Tashkent; 1976. (In Russ.)
8. Kumakov VA. [Photosynthetic activity of plants in the aspect of breeding]. In: Fiziologiya Fotosinteza. Moscow: Nauka; 1982. P. 283-4. (In Russ.)
9. Fedoseyeva GP. [Prospects for the use of physiological indicators in breeding work with potatoes]. In: Fotosintez i Produktionnyi Protseess. Sverdlovsk; 1988. P. 42-62. (In Russ.)
10. Yakubova MM. [Photosynthetic metabolism of carbon in the ontogenesis of cotton place]. Nauchnye Doklady Vyshey Shkoly. 1983;(6):1-7. (In Russ.)
11. Saidov ST, Khuzhanazarova MI. [The effectiveness of various breeding methods in the creation of new varieties of cotton]. In: Aktualnye Voprosy Zemledeliya. Dushanbe, 2004: P.50. (In Russ.)
12. Zaitsev GS. Metodichreskiye Ukazaniya Selekttsentra po Khlopchatniku. Tashkent; 1980. (In Russ.)
13. Akhmadov HM, Nabiyev TN, Bukhoriyev TA, eds. [The Scientifically Based System of Agriculture in Tajikistan]. Dushanbe: Matbuot; 2009. (In Tadj.)
14. Dospikhov BA. Metodika Polevogo Opyta. Moscow: Kolos; 1985. (In Russ.)

«»

УДК:633.511

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ И УРОЖАЙНОСТИ ХЛОПЧАТНИКА

Р.Ф. Саидзода*, С.Т. Саидзода, Т.Т. Пирзода, А.Т. Садиков

Институт земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук, г. Гиссар, Республика Таджикистан

*Эл. почта: dat.tj@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Оптимизация водного режима почвы, создаваемого при поливе, вместе с удобрениями резко повышает рост и физиологическую активность корневой системы растений. В статье представлены результаты опытов по изучению нормы орошения сортов средневолокнистого хлопчатника «Сорбон»

и «Дусти-ИЗ» при влажности почвы 75-70-60% от ППВ. Объектом исследования были средневолокнистые сорта хлопчатника отечественной селекции с различными периодами вегетации и продуктивностью. Исследование проводилось в 2016-2018 годах в дехканском хозяйстве «Бобой Зиёдали», расположенном в сельсовете Рудаки Вахшского района Южного Таджикистана. Для получения максимального урожая хлопка-сырца в определенных зонах предложены схемы орошения 2-5-2 и 2-6-2. Урожайность изучаемых сортов при поливе по прилагаемым схемам находилась в пределах 46,5-48,6 ц/га и 45,6-48,0 ц/га соответственно.

Ключевые слова: хлопчатник, сорт, почва, схема орошения, густота, плодовые элементы, выход волокна, урожайность.

THE INFLUENCE OF IRRIGATION REGIMES ON THE FORMATION OF ELEMENTS OF PRODUCTIVITY AND PRODUCTIVITY OF COTTON

R.F. Saidzoda*, S.T. Saidzoda, T.T. Pirzoda, A.T. Sadikov

Institute of Farming Tajik Academy of Agricultural Sciences, Hissar city, Republic of Tajikistan

*E-mail: dat.tj@mail.ru

Optimization of soil water regiment during irrigation together with fertilizers drastically enhances the growth and physiological activity of the root system of plants. The resent article presents the results of studies of the rate of irrigation of medium-fiber cotton varieties Sorbon and Dusti-IZ» at a soil moisture content of 75-70-60% of FPV. The objects of the study were domestically selected medium-fiber cotton varieties with different periods of vegetation and productivity. The study was conducted in 2016-2018 in the dehkan farm «Bobby Ziedali», located in the village Rudaki in the Vakhsh district of Southern Tajikistan. The optimal irrigation rate and scheme for the local varieties are proposed to be 2-5-2 and 2-6-2. The yields of the varieties irrigated according to these regiments range from 46,5 to 48,6 c/ha and 45,6 to 48,0 c/ha, respectively.

Keywords: cotton, variety, soil, irrigation scheme, density, fruit elements, fiber yield, productivity.

Введение

Особое значение для достижения суверенитета Республики Таджикистан имеет обеспечение продовольственной безопасности населения [1]. Основные направления развития сельского хозяйства, определены в государственных программах: «Программа реформирования сельского хозяйства Республики Таджикистан на 2010-2020 гг.» (Постановление Правительство Республики Таджикистан № 383 от 1 августа 2012 г); «Программа развития хлопководства в Республике Таджикистан на 2010-2014 гг.» (Постановление Правительства Республики Таджикистан № 586 от 31 октября 2009 г) [2].

Хлопок широко используется в текстильной промышленности и является стратегическим сырьём, поэтому хлопководством занимаются около 90 стран мира, засевая площадь около 35 млн га с валовым сбором около 70 млн т хлопка-сырца в год. Нашей стране необходимо около 700 тыс. тонн волокна для удовлетворения всех потребностей производства [3].

Природный потенциал Республики Таджикистан позволяет, как минимум в 2-3 раза повысить урожайность сельскохозяйственных культур в частности хлопчатника путем разработки и внедрения инновационных технологий, обеспечивающих повышение эффективности использования водно-земельных и других ресурсов [4,5,6]. Одним из главных звеньев в технологии возделывания сельскохозяйственных культур является оптимальная влагообеспеченность и способы орошения, определяющие условия и эффективность применения механизмов, удобрений и других агротехнических приёмов по уходу за растениями [7,8,9,10,11,12,13]. Хлопчатник выращивается в условиях орошаемого земледелия Таджикистана период активного роста растений хлопчатника характеризуется почти полным отсутствием осадков, очень низкой относительной влажностью и высокой температурой воздуха. В этих условиях снабжение растений водой в Вахшской долине влияет на урожай больше, чем какие-либо агротехнические мероприятия [14,15]. Влияние условий водно-минерального питания в зависимости от густоты стояния растений и сорта на получение высокого урожая хлопка-сырца и его качества в своих исследованиях показали [16,17,18].

Поэтому в комплексе мероприятий, обеспечивающих рост урожайности хлопчатника, большая роль принадлежит разработке и внедрению научно-обоснованных режимов орошения для конкретных почвенно-климатических условий [19,20]. Оросительная норма делится на несколько поливов для обеспечения необходимого увлажнения пахотного горизонта (активного слоя) почвы. Вследствие этого оросительную норму подразделяют на несколько поливных норм, объем которых зависит от водно-физических характеристик почвы, особенностей орошаемой культуры и способа полива.

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы было изучение оптимизация режима орошения, с учетом густоты стояния растений и формирование плодоземельных хлопчатника в серозёмных почвах Вахшской долины Таджикистана.

Материал и методы исследования

Материалом для опытов послужили среднеспелые сорта «Сорбон» и «Дусти-ИЗ» средневолокнистого хлопчатника *Gossypium hirsutum* L.

Эксперименты проводились в 2016-2018 гг. в дехканском хозяйстве «Бобой Зиёдали», сельсовет Рудаки Вахшского района Южного Таджикистана. Почва опытного участка староорошаемая светло-серая среднесуглинистая по механическому составу. В пахотном слое содержание гумуса 1,43 %, нитратного азота в слое 0-35 см 18,2 мг/кг, подвижного фосфора 25,80 мг/кг, обменного калия 235,8 мг/кг почвы. В подповерхностном слое соответственно 8,05; 15,25; 160,6 мг/кг почвы. Повторность опыта 4-кратная с одноярусным расположением каждой делянки. Участки 8-ми рядные по 100 м и шириной 4,8 (480 м²). Площадь под опытом с учетом защитных зон составляет 1,15 га. До начала полива все агротехнические мероприятия по вариантам опыта проводили одновременно, а с началом полива их связывали с обработками. Уклон участка 0,0350, полив производился по набегающим бороздам со сбросом. Количество изучаемых вариантов равно 4.

Полевые исследования проводились в соответствии с методикой полевых опытов с хлопчатником [21]. Данные по урожайности обрабатывались методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [22] с использованием программы Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение

Основные водно-физические константы опытного участка характеризуются: объемной массой в слое 0-50 см – 1,30 г/см³, наименьшей влагоемкостью – 28,5 % от массы абсолютно сухой почвы, запасом воды в слое 0-50 см при НВ, что составляет 1850 м³/га. Постоянство расчетного слоя почвы учитывается при определении сроков и норм поливов хлопчатника. Из таблицы 1 видно, что в зависимости от схемы орошения оросительная норма хлопчатника колеблется от 4300 до 6900 м³/га. Результаты исследования показали, что различные режимы орошения оказали существенное влияние на рост растений, количество плодоносящих ветвей и количество коробочек (табл. 2).

Расчеты показали, что поливы, проведенные до цветения, оказали влияние на рост растений и формирование плодовых элементов. Так в варианте 1, где в фазу цветения было проведено три полива, высота растений оказалась ниже, и образовалось наименьшее количество коробочек, чем при других вариантах полива.

Во все годы проведения опыта учёт урожая хлопка-сырца проводился строго по делянкам. Учёт показал, что в среднем от повторности максимальный урожай 46,5-48,6 ц/га получен у сорта Сорбон, а 45,6-48,0 ц/га хлопка-сырца по сорту «Дусти-ИЗ» в вариантах 3-4 при поливах по схеме 2-5-2 и 2-6-2.

Сроки поливов, поливные и оросительные нормы хлопчатника (м³, га) (средние за 2016-2018 гг.).

№ варианта	Схема полива	Показатели*	Номера поливов										Оросительная норма м ³ /га
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2-3-2	А	5-8.05	12-16.06	05-10.07	25-30.07	15-20.08	5-10.09	25-30.09				5800
		Б	900	1000	1000	1000	1000	900	800				
2	2-4-2	А	1-3.05	2-4.06	20-22.06	12-15.07	25-27.07	8-12.08	27-29.08	18-21.09			7600
		Б	900	1000	1000	1000	1000	1000	900	800			
3	2-5-2	А	20-24.04	20-23.05	10-15.06	27-29.06	15-17.07	27-29.07	15-18.08	3-5.09	20-23.09		8600
		Б	900	1000	1000	1000	1000	1000	1000	900	800		
4	2-6-2	А	21-24.04	15-17.05	1-3.06	15-17.06	1-2.07	13-15.07	28-30.07	12-15.08	28-30.08	15-17.09	9600
		Б	900	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	900	800	

* А – сроки поливов; Б – поливная норма

Табл. 3.

Урожай хлопка-сырца, ц/га
(среднее за 2016-2018 гг.)

Схема орошения	Сорбон					Дусти-ИЗ				
	повторность				среднее	повторность				среднее
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
2-3-2	37,4	37,4	36,6	37,0	37,1	34,4	30,5	34,5	33,2	33,1
2-4-2	43,9	49,1	45,8	46,4	46,4	43,3	49,1	40,2	41,3	43,4
2-5-2	45,1	48,3	46,5	46,5	46,5	45,8	48,3	43,4	45,0	45,6
2-6-2	48,5	50,4	46,5	48,6	48,6	49,7	50,4	46,5	45,7	48,0

Табл. 4.

Густота стояния хлопчатника, тыс./га
(среднее за 2016-2018 гг.)

Схема орошения	Сорбон					Дусти-ИЗ				
	повторность				среднее	повторность				среднее
	I	II	III	IV		I	II	III	IV	
2-3-2	106	108	99	100	103,2	100	106	105	103	103,5
2-4-2	100	110	106	105	106,7	103	106	110	100	104,7
2-5-2	110	108	109	110	109,2	110	109	109	110	109,5
2-6-2	106	109	108	107	107,5	108	106	99	107	105,0

Однако различия в урожае между этими вариантами опыта оказались незначительными и составили 1,09-2,4 ц/га (табл. 3). При этом в варианте 4 по сравнению с вариантом 3 число поливов увеличилось на 1 полив, а оросительная норма возросла на 1000 м³/га. Следовательно, рациональным и экономически целесообразным режимом орошения хлопчатника для сортов «Сорбон» и «Дусти-ИЗ» являются поливы по схеме 2-5-2. Прибавка урожая по сравнению с жёстким режимом орошения 2-3-2 составила 11,4-14,9 ц/га соответственно.

Табл. 2.

Влияние режимов орошения на рост и формирование плодоеlementов хлопчатника на 01 августа (среднее за 2016-2018 гг.).

№ варианта	Схема орошения	Сорбон			Дусти-ИЗ				
		Высота растений, см	Число моноподиальных ветвей шт.	Число симподиальных ветвей шт.	Число коробочек, шт.	Высота растений, см	Число моноподиальных ветвей шт.	Число симподиальных ветвей шт.	Число коробочек, шт.
1	2-3-2	77,6	0,7	10,3	8,4	72,7	0,6	10,9	8,1
2	2-4-2	90,2	0,8	11,6	9,3	70,4	0,5	11,0	8,5
3	2-5-2	93,2	1,3	12,7	9,3	77,7	0,4	12,2	8,6
4	2-6-2	96,6	1,2	12,7	9,5	74,0	1,0	13,4	8,8

Следует отметить, что самые высокие показатели по крупности коробочек на обоих сортах оказались в варианте 2-6-2; 5,4 до 5,6 г. Наименьшая масса одной коробочки отмечена на варианте 2-3-2; 4,6 до 5,1 г., соответственно. Густота стояния растений по сортам «Сорбон» и «Дусти-ИЗ» после прореживания была оставлена 110 тыс./га.

В табл. 4 приводится густота стояния хлопчатника. Видно, что она на обоих сортах по всем повторениям была высокой – 103,2-109,5 тыс./га.

В табл. 1. можно видеть, что самая лучшая схема орошения 2-5-2 при оросительной норме 8600 м³/га в обоих сортах густота стояния растений 109,5-110 тыс./га в конце сезона, т.е. при созревании хлопка-сырца. А самым худшим оказалась схема орошения (2-3-2) по сортам при густоте стояния растений 103,2-103,5 тыс./га.

Выводы

Поливы хлопчатника сортов «Сорбон» и «Дусти-ИЗ» по схеме 2-5-2 оказались наиболее эффективными. Уровень влагообеспеченности посевов хлопчатника и густоты стояния растений оказывает положительное влияние на структуру урожая сортов хлопчатника.

Урожай хлопка-сырца по всем исследуемым вариантам в среднем от повторности варьирует в пределах 37,1-48,6 ц/га у сорта Сорбон, и 33,1-48,0 ц/га у сорта Дусти-ИЗ. Самый высокий урожай 46,5-48,6 ц/га и 45,6-48,0 ц/га у обоих сортов получен при поливных схемах 2-5-2 и 2-6-2.

Литература

- Хасанзода ГК, ред. Информационный бюллетень по продовольственной безопасности и бедности. 2019;(2):73-116.
- Министерство сельского хозяйства Республики Таджикистан. <http://moa.tj/rus>
- Гендерные показатели в производственной деятельности дехканских хозяйств за 2012-2017 гг. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан; 2018.
- Найданова ЭБ, Аматаева АА. К вопросу об аграрной политике России. В кн.: Материалы всероссийской научной конференции «Байкальские экономические чтения». 2014. С. 25-7.
- Стратегия инновационного развития Республики Таджикистан на период до 2020 года. Душанбе; 2015.
- Наимов ДМ. Инновационные процессы в аграрном секторе республики Таджикистан: сущность и проблема развития. Аплея Науки. 2019;(1):10-20.
- Иванов ВМ, Туз РК. Хлопчатник в Нижнем Поволжье. Волгоград: Волгоградский ГАУ; 2015.
- Hunsaker DJ, French AN, Waller PM, Bautista E, et al. Comparison of traditional and ET-based irrigation scheduling of surface-irrigated cotton in the arid southwestern USA. *Agric Water Manag.* 2015;159:209-24.

9. Shumin H, Yonghui Y, Huilong L, Yanmin Y, et al. Determination of crop water use and coefficient in drip-irrigated cotton fields in arid regions. *Field Crops Res.* 2019;236:85-95.
10. Til F China, Ling YK, Yusuyunjiang M, Nan H, et al. Determinants of cotton farmers' irrigation water management in arid Northwestern. *Agric Water Manag.* 2017;187:1-10.
11. Dongmei Z, Zhen L, Suhua L, Weijiang L, et al. Effects of deficit irrigation and plant density on the growth, yield and fiber quality of irrigated cotton *Field Crops Res.* 2016;197:1-9.
12. Gunasekhar N, Nilantha RH, Mark DW, Lloyd AF, Bruce McC. Irrigation induced surface carbon flow in a Vertisol under furrow irrigated cotton cropping systems. *Soil Tillage Res.* 2018;183: 8-18.
13. Xianwen L, Menggui J, Nianqing Z, Simin J, Yaxian H. Inter-dripper variation of soil water and salt in a mulched drip irrigated cotton field: Advantages of 3-D modelling. *Soil Tillage Res.* 2018;184:186-94.
14. Алиев ИС, Пулатов ЯЭ, Рахматиллоев Р, Сангинов СР. Способы полива. Доклады АН РТ. 2003;(3):66-9.
15. Безднина СЯ. Влияние качества воды на водопотребление. Вопросы мелиорации. 2001;(3-4):45-50.
16. Безднина СЯ. Экосистемное водопользование в агропромышленном комплексе. В кн.: Материалы международной конференции «Экологические проблемы мелиорации». ВНИИГиМ. М.: 2002. С. 184-189.
17. Джалилов АШ. Радиационный баланс растительного покрова и диагностика сроков поливов сельскохозяйственных культур в Таджикистане. – Душанбе: ТаджикНИИТИ; 1986. С. 18-22.
18. Домулладжанов ХД. Режим орошения основных сельскохозяйственных культур в хлопкосеющей зоне Таджикистана (часть 1). Душанбе: «Дониш»: 1992.
19. Zurwellera BA, Rowland DL, Mulvaney MJ, Tillman BL, et al. Optimizing cotton irrigation and nitrogen management using a soil water balance model and in-season nitrogen applications. *Agric Water Manag.* 2019;216:306-14.
20. Zongkui C, Yuping N, Ruihai Z, Chunli H, et al. The combination of limited irrigation and high plant density optimizes canopy structure and improves the water use efficiency of cotton. *Agric Water Manag.* 2019;218:139-48.
21. Методика полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения. Ташкент: 1973.
22. Доспехов БА. Методики полевого опыта. М. Колос; 1985.

References

1. Khasanzoda G.K, ed. Informatsionnyi Biulleten po Provolstvennoy Bezopasnosti i Bednosti [Newsletter on Food Security and Poverty]. 2019;(2):73-116. (In Russ.)
2. Ministry of Agriculture of the Republic of Tajikistan. <http://moa.tj/rus> (In Russ.)
3. Anonymous. Gender indicators in the production activity of Dehkan farms for 2012-2017. Agency for Statistics under the President of the Republic of Tajikistan; 2018. (In Russ.)
4. Naidanova EB, Amtagayeva AA. [On the question of the agrarian policy of Russia]. In: Baykalskiye Ekonomicheskkiye Chyeniya [Baikal Economic Readings]; 2014. P 25-27. (In Russ.)
5. Anonymous. [Strategy of Innovative Development of the Republic of Tajikistan for the Period up to 2020]. Dushanbe; 2015. (In Russ.)
6. Naimov DM. [Innovative processes in the agricultural sector of the Republic of Tajikistan: the essence and problem of development]. *Alleya Nauki.* 2019;(1):10-20. (In Russ.)
7. Ivanov VM, Tuz RK. *Khlopchatnik v Nizhnem Povolzhye*. Volgograd: Volgogradskiy GAU; 2015. (In Russ.)
8. Hunsaker DJ, French AN, Waller PM, Bautista E, et al. Comparison of traditional and ET-based irrigation scheduling of surface-irrigated cotton in the arid southwestern USA. *Agric Water Manag.* 2015;159:209-24.
9. Shumin H, Yonghui Y, Huilong L, Yanmin Y, et al. Determination of crop water use and coefficient in drip-irrigated cotton fields in arid regions. *Field Crops Res.* 2019;236:85-95.
10. Til F China, Ling YK, Yusuyunjiang M, Nan H, et al. Determinants of cotton farmers' irrigation water management in arid Northwestern. *Agric Water Manag.* 2017;187:1-10.
11. Dongmei Z, Zhen L, Suhua L, Weijiang L, et al. Effects of deficit irrigation and plant density on the growth, yield and fiber quality of irrigated cotton *Field Crops Res.* 2016;197:1-9.
12. Gunasekhar N, Nilantha RH, Mark DW, Lloyd AF, Bruce McC. Irrigation induced surface carbon flow in a Vertisol under furrow irrigated cotton cropping systems. *Soil Tillage Res.* 2018;183: 8-18.
13. Xianwen L, Menggui J, Nianqing Z, Simin J, Yaxian H. Inter-dripper variation of soil water and salt in a mulched drip irrigated cotton field: Advantages of 3-D modelling. *Soil Tillage Res.* 2018;184:186-94.
14. Aliyev IS, Pulatov YaE, Rakhmatilloev R, Sanginov SR. [Irrigation methods]. *Doklady AN RT.* 2003;(3):66-9. (In Russ.)
15. Bezdina SYA. [Influence of water quality on water consumption] *Voprosy Melioratsii* 2001;(3-4):45-50.
16. Bezdina SYA. [Ecosystemic water use in an agro-industrial complex]. In: *Ekologicheskkiye Problemy Melioratsii*. Moscow: VNIIGiM; 2002. P. 184-9. (In Russ.)
17. Dzhaliyov ASH. [Radiatsionnyi Balans Rastitel'nogo Pokrova i Diagnostika Srokov Poseva Selskophozyaystvennykh Kultur v Tadjikistane. Dushanbe: TadjikNIINTI; 1986. (In Russ.)
18. Domulladzhano KhD. *Rezhim Orosheniya Osnovnykh Selskokhoziaystvennykh Kultur v Khlopkoseyuschey Zone Tadjikistana/ Chast 1*. Dushanbe: Donish; 1992. (In Russ.)
19. Zurwellera BA, Rowland DL, Mulvaney MJ, Tillman BL, et al. Optimizing cotton irrigation and nitrogen management using a soil water balance model and in-season nitrogen applications. *Agric Water Manag.* 2019;216:306-14.
20. Zongkui C, Yuping N, Ruihai Z, Chunli H, et al. The combination of limited irrigation and high plant density optimizes canopy structure and improves the water use efficiency of cotton // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 218. P. 139-148.
21. Anonymous. *Metodika Polevykh i Vegetatsionnykh Opytov s Khlopchatnikom v Usloviyakh Orosheniya*. Tashkent; 1973. (In Russ.)
22. Dospikhov BA. *Metodiki Polevogo Opyta*. Moscow: Kolos; 1985. (In Russ.)

«»

УДК:631.527:633:574

ГЕТЕРОЗИС НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКНА ХЛОПЧАТНИКА

С.Т. Саидзода^{1*}, С.Д. Суярова², С.С. Садирова²

¹Институт земледелия Таджикской академии сельскохозяйственных наук; ²Таджикский аграрный университет имени Ш. Шохтемур

*Эл. почта: dat.tj@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

При создании гетерозиготных гибридов F1 гетерозис позволяет поднять урожайность сельскохозяйственных культур на 20-50% по сравнению с исходными сортами. В данной работе дана оценка эффективности двух способов перекрестного опыления цветков хлопчатника при создании гетерозисных гибридов, обладающих комплексом хозяйственно-ценных признаков и свойств, в том числе улучшенным качеством хлопкового волокна.

Ключевые слова: хлопчатник, волокна, технологические качества, гетерозис, межвидовые и внутривидовые гибриды, штапельная длина.

HETEROSIS ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF COTTON FIBER

S.T. Saidzoda^{1*}, S.D. Syarova², S.S. Sadirova²¹Institute of farming of the Tajik Academy of Agricultural Sciences; ²Tadjik Agrarian University named after Sh. Shohtemur

*E-mail: dat.tj@mail.ru

In F1 hybrids, heterosis provides for increasing crop yield by 20-50%. This paper evaluates the effectiveness of two methods of cross-pollination of cotton flowers for creation of heterotic hybrids featuring a complex of economically valuable traits and properties, including improved cotton fiber quality.

Keywords: cotton, fibers, technological qualities, heterosis effect, interspecific and intraspecific hybrids, staple length.

Термин «гетерозис» известен давно, однако до сих пор нет его общепринятого определения. Чаще всего в термин «гетерозис» вкладывается определение, данное Шеллом в 1914 г.: эффект гетерозиса измеряется по разнице между первым поколением и лучшим родителем [1]. Это определение не допускает понятия отрицательный гетерозис. Однако впоследствии гетерозисом стали называть и превышение гибрида над средними показателями по родительским формам [2, 3].

Одним из путей увеличения продуктивности хлопчатника с высоким качеством волокна может явиться использование эффекта гетерозиса при внутривидовой и межвидовой гибридизации сортов в пределах видов *G. hirsutum* L. и *G. barbadense* L. [4].

Ассортимент тканей и технических изделий, вырабатываемых из волокна хлопчатника чрезвычайно велик. Их разнообразие и качество во многом зависят от волокна для переработки. В условиях самофинансирования выход волокна приобретает первостепенное значение, так как хлопководческие хозяйства должны получать доходы в основном за счёт волокна [5].

Существующие в настоящее время районированные сорта хлопчатника в основном отвечают запросам сельского хозяйства и текстильной промышленности. Однако интенсивное её развитие ставит перед селекционерами задачу создания новых, высокопродуктивных сортов и гибридов, обладающих повышенным качеством волокна.

Весь комплекс полевых исследований был проведен в 2016-2018 гг. параллельно на двух участках: а) внутривидовой гибридизации, б) межвидовой гибридизации. Объектом служили сорта Сугдиён-2, Сорбон, Зироаткор-64 *G. hirsutum* L., 9326-B, 750-B *Barbadense* L. Посев в питомниках родительских форм и гибридов был рандомизирован, в четырехкратной повторности. Площадь делянки 60 м² (50 м × 1,2 м) с соблюдением методических указаний по методике полевых опытов [6], проведения генетико-селекционных исследований 1987 [7] и лабораторных анализов качества волокна по ГОСТу 21820, 4-76.

Из табл. 1 видно, что выход волокна как у внутривидовых, так и у межвидовых гибридов повышается в сторону высоко-выходного родителя. Особенно сильная трансгрессия у внутривидовых гибридов по данному признаку выявляется в тех гибридных комбинациях, у которых материнская форма представлена высоко-выходным сортом (в нашем опыте это комбинация Сугдиён-2 × Сорбон).

Табл. 1.

Хозяйственно-ценные и технологические качества волокна у родительских сортов и гибридов F₁.

Варианты	Выход волокна, %			Средне за 2016-2018 гг	Штапельная длина, мм			Средне за 2016-2018 гг	Крепость, г			Средне за 2016-2018 гг	Относительная разрывная нагрузка, гс./текс			Средне за 2016-2018 гг
	Годы				Годы				Годы				Годы			
	2016	2017	2018		2016	2017	2018		2016	2017	2018		2016	2017	2018	
Сугдиён-2	35,4	36,0	35,7	35,7	33,4	33,5	33,2	33,4	4,8	4,8	4,7	4,7	25,8	25,9	25,5	25,7
Сорбон	37,6	37,0	37,7	37,4	31,0	32,5	32,3	31,9	4,7	4,6	4,6	4,6	26,1	25,7	25,8	25,8
9326-B	32,5	32,8	32,4	32,6	38,8	39,5	38,5	38,9	4,5	4,7	4,6	4,6	32,3	32,5	32,1	32,3
Зироаткор-64	36,1	35,7	35,4	35,7	33,7	34,1	33,5	33,4	4,7	4,6	4,5	4,6	25,2	25,1	25,5	25,2
750-B	31,8	32,3	31,6	32,2	38,2	38,3	37,8	38,1	4,6	4,7	4,8	4,7	32,7	32,7	32,2	32,5
Сугдиён-2 × Сорбон	38,2	38,5	37,8	38,1	33,5	33,4	32,6	33,1	4,8	4,8	4,7	4,7	26,8	26,3	25,7	26,2
Сорбон × Сугдиён-2	37,8	38,5	37,7	38,0	34,0	33,5	32,9	33,4	4,8	4,9	4,5	4,7	25,9	26,1	26,9	26,3
Сорбон × 9326-B	32,8	33,2	32,4	32,8	38,2	38,6	38,2	38,3	4,9	4,9	4,8	4,8	32,2	32,4	32,4	32,3
Зироаткор-64 × 9326-B	32,4	33,0	32,5	32,6	38,9	39,7	38,3	38,9	4,8	4,7	4,7	4,7	32,4	32,5	32,2	32,4
Зироаткор-64 × 750B	33,6	33,3	32,4	33,1	37,8	37,5	37,8	37,7	4,9	4,8	4,8	4,8	32,9	33,0	32,8	32,9

Примечание: Коэффициент корреляции $r = 0,92\%$.

Штапельная длина волокна у внутривидовых гибридов наследовалась промежуточно между исходными родительскими формами, а у межвидовых гибридов полностью доминировали длинноволокнистые родители.

Межвидовые гибриды в реципрокных комбинациях не давали различий по показателю крепости волокна, так как их родители были почти одинаковыми по данному признаку. По относительной разрывной длине волокна проявилось существенная разница у внутривидового гибрида Сугдиён-2 × Сорбон: 26,2 против 25,7 г/текс т.е. на 0,5 г/текс выше, чем у родителей, что очень эффективно для селекции хлопчатника.

Интересные данные по характеру наследования технологических свойств волокна получены у межвидовых гибридов, что обусловлено доминированием или сверхдоминированием этих показателей в пользу родителей с положительными свойствами.

Из приведённых данных можно сделать заключение, что повышение урожайности гибридных популяций в ряде случаев сопровождается улучшением качества хлопкового волокна, что также имеет немаловажное значение для практики. Существенная разница проявилась по относительной разрывной нагрузке и длине волокна у внутривидовых гибридов, так у гибридов Сугдиён-2 × Сорбон и Сорбон × Сугдиён-2 показатели составили 26,2 и 26,3 г/текс, что на 0,4-0,5 г/текс выше при сравнении с родительскими формами. Показатель разрывной нагрузки при межвидовой гибридизации Сорбон × 9326-B, Зироаткор-64 × 9326-B и Зироаткор-64 × 750-B составил 32,3-32,9 г/текс, что пределах 0,1 до 0,6 г/текс выше, чем у отцовских сортов, а по сравнению с материнскими генотипами на 7,1-7,7 г/текс выше. Это даст возможность для селекции по улучшению качества волокна.

Заключение

Большинство гибридных комбинаций унаследовали признак «выход волокна» от высоко-выходных родительских сортов средневолокнистого хлопчатника. Особенно высокой наследственностью в сторону увеличения отличалась комбинация – Сугдиён-2 × Сорбон.

Превышение лучших гибридов по относительной разрывной длине волокна составляло от 25,7 до 26,2 г/текс. Это выше, чем у родительских сортов на 0,5 г/текс.

Полученные результаты свидетельствуют о промежуточном характере наследования изучаемых признаков, когда в качестве исходного материала использовались сорта с разными показателями урожайности и технологическими качествами волокна.

Литература

1. Шелл Дж. Возникновение концепции гетерозиса. В кн.: Гибридная кукуруза. М.: 1955; 28-72.
2. Ghaderi A, Lower RL. Analysis of generative means for yield in sir crosses of cucumber. J Amer Hort Sci. 1979;104:(4): P.567-72.
3. Hassan A, Malaker AM, Gill AR. Heterosis studies for size weight and total soluble solids in *Citnells vulgaris* (watermelon). J Agric Res. 1974;12(2):145-52.
4. Арутюнова ЛГ, Гесос КФ, Ахмедов Д. Массовое получение гибридных семян хлопчатника без кастрации цветков (Рекомендации). Ташкент; 1985.
5. Мансуров НИ, Биологические резервы повышения урожайности хлопчатника. В кн.: Дальнейшее развитие хлопководства в СССР. Москва: Колос; 1979. С. 28-32.
6. Доспехов БА. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985.
7. Симонгулян НГ, Шафрин АН, Мухамедханов СР. Генетика, селекция и семеноводства хлопчатника. Ташкент: Мехнат; 1987.

References

1. Shell J. [The emergence of the concept of heterosis]. In: Gibridnaya Kukuruza. Moscow; 1955. P. 28-72. (In Russ.)
2. Ghaderi A, Lower RL. Analysis of generative means for yield in sir crosses of cucumber. J Amer Hort Sci. 1979;104:(4): P.567-72.
3. Hassan A, Malaker AM, Gill AR. Heterosis studies for size weight and total soluble solids in *Citnells vulgaris* (watermelon). J Agric Res. 1974;12(2):145-52.
4. Arutyunova LG, Gesos KF, Akhmedov D. Massovoye Polucheniye Gibiridnykh Semian Khlopchatnika bez Kastratsii Tsvetkov. Tashkent: 1985. (In Russ.)
5. Mansurov NI. [Biological reserves of cotton yield increase] In: Dalneysheye Razvitiye Khlopkvodstva v SSSR. Moscow: Kolos; 1979. P. 28-32. (In Russ.)
6. Dospekhov BA. Metokika Polevogo Opyta. Moscow, Agropromizdat; 1985. (In Russ.)
7. Simongulian NG, Shafrin AN, Mukhamedkhanov SR. Genetika, Seleksiya i Semenovodstvo Khlopchatnika. Tashkent: Mekhnat; 1987. (In Russ.)

⟷

УДК:631.527:633:574

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЫСОКОГОРЬЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КАРТОФЕЛЯ К ВИРУСНЫМ БОЛЕЗНЯМ

В.К. Сердеров*, Д.В. Сердерова

ФГБНУ «Аграрный научный центр республики Дагестан», Махачкала, Республика Дагестан, Российская Федерация

*Эл. почта: serderov55@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Картофельное растение подвержено целому ряду вирусных, грибных и бактериальных болезней. Распространение вирусных болезней зависит от температуры и влажности почвы и воздуха, наличия посадок пасленовых культур и переносчиков вирусных болезней. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния почвенно-климатических условий высокогорной провинции Дагестана на поражение и распространение вирусных болезней картофеля. Рассмотрены возможности использования благоприятных почвенно-климатических условий высокогорья для организации первичного семеноводства на безвирусной основе, а также выбора экономически выгодной схемы выращивания супер-суперэлитного и элитного картофеля. При использовании шестилетней схемы выращивания элиты семенной материал сохраняет свои качества, а его валовой объем увеличивается в 6,0–7,3 раз.

Ключевые слова: картофель, климатические условия, схема семеноводства, вирусные болезни, переносчики болезней, урожайность.

INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS OF HIGH MOUNTAINS ON THE RESISTANCE OF POTATOES TO VIRAL DISEASES

V.K. Serderov*, D.V. Serderova

Agrarian Research Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, The Republic of Dagestan, The Russian Federation

*E-mail: serderov55@mail.ru

The potato plant is susceptible to a number of viral, fungal and bacterial diseases. Viral diseases prevalence depends on soil and air temperature and humidity, the presence of plantings of solanaceous crops and on virus vectors. The present article addresses the results of studies on the influence of soil and climatic conditions of the high-mountainous province of Dagestan on the spread of viral diseases and lesions in potato farms. The possibilities of using favorable soil and climatic conditions of high mountains for organizing primary seed production on a virus-free basis, as well as of choosing an economically profitable scheme for growing super-super elite and elite potatoes, are considered. When using a six-year scheme for growing the elite, the seed material retains its qualities, and its gross amount increases by 6.0 - 7.3 times.

Keywords: potatoes, climatic conditions, seed production scheme, viral diseases, disease vectors, yield.

Картофель, важнейшая продовольственная культура, получившая название «второй хлеб», является одной из основных выращиваемых культур во всем мире как в промышленных хозяйствах, так и на частных участках. В Дагестане его возделывают во всех природно-климатических зонах, от Прикаспийских равнин, находящихся ниже уровня мирового океана (-28 м), до высокогорных склоновых земель, расположенных на высоте 2500 метров над уровнем моря.

В деле увеличения производства и получении высоких урожаев картофеля ведущее место занимает научно обоснованная система семеноводства, задачей которого является сохранение сорта в чистоте и улучшение его семенных качеств [1, 2, 5].

Картофельное растение подвержено целому ряду болезней щ, среди которых особое место занимаю вирусные. Они встречаются повсеместно, где возделывается картофель [1, 2, 5]. Их распространение зависит от температуры, влажности почвы и воздуха, наличия вблизи посадок пасленовых культур и переносчиков вирусных болезней, в частности насекомых, таких как тли, из которых главным является персиковая тля, способная разносить более 50 различных вирусов растений.

Природно-климатические условия с поздно наступающей растянутой весной, открытые земельные массивы без древесной кустарниковой растительности не благоприятны для размножения тлей [2, 3].

Использование благоприятных почвенно-климатических условий высокогорья республики для организации семеноводства картофеля на безвирусной основе и обеспечение хозяйств республики высококачественным посадочным материалом позволят увеличить производство картофеля в республике и повысить эффективности отрасли.

Место и методика проведения исследований

Работа выполнена в 2010-2019 годы в отделе плодоовощеводства и картофелеводства ФГБНУ «Аграрный научный центр республики Дагестан» на полигоне «Курахский», расположенном на высоте 2000 метров над уровнем моря.

Для изучения влияния климатических условий на развитие вирусных болезней и подбора территории для организации первичного семеноводства на безвирусной основе сотрудниками Дагестанского НИИ сельского хозяйства был завезен из СКНИИГиПСХ, г. Владикавказ, безвирусный семенной материал картофеля сорта Волжанин, районированного в Республике Дагестан, и посажен в различных климатических зонах:

- высокогорной (с. Куруш на высоте 2500 м);
- горной (с. Урсун на высоте 2000 м);
- предгорной зоне (с. Микрах на высоте 1200 м);
- равнинной (Прикаспийская низменность, г. Махачкала).

Площадь опытной делянки – 14 м², повторность четырехкратная.

Опытный участок был отдален от производственных посадок 12-метровой полосой, занятой кукурузой.

Результаты и обсуждение

Для оценки посадок в фазу цветения был проведен визуальный осмотр картофельных кустов на наличие вирусных болезней (табл. 1).

Табл. 1.

Влияние климатических условий на поражение растений вирусными болезнями (%).

Место выращивания	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
с. Куруш	0	0	0	1	2
с. Урсун	0	0	0	1	3
с. Микрах	0	2	6,5	9	14
г. Махачкала	-	0	43	91	-

Как показали результаты визуальной оценки, при размножении безвирусного материала картофеля в горной и высокогорной провинциях, в течение трех лет растений с признаками вирусных заболеваний не обнаружено. Посадки картофеля здесь в фазу цветения имели здоровый и выровненный вид.

Необходимо отметить, что у полученного путем верхушечной меристемы материала, выращенного в пробирках и размноженного в теплицах, как правило ослабевает иммунитет. При возделывании освобожденных от вирусов растений в открытом грунте, где поблизости есть производственные посевы картофеля, пасленовые культуры, а также благоприятные условия для переносчиков, эти растения за короткий период времени поражаются вирусными болезнями.

Более благоприятные условия для размножения освобожденных от вирусов семенного материала до категории супер-суперэлита и элита имеются в горной провинции на высоте 2000 и более метров над уровнем моря, где отсутствуют переносчики вирусных болезней. Здесь при размножении безвирусного картофеля в течение 5-6 лет у растений укрепляется иммунитет, а при дальнейшем возделывании его в других климатических условиях, он сохраняет свои высокие семенные качества.

Элитное семеноводство включает производство суперэлитного и элитного картофеля, путем последовательного размножения оригинального семенного материала, при одновременном сохранении и поддержании его высокой сортовой чистоты, продуктивных свойств и посевных качеств.

В современной практике первичного семеноводства картофеля применяют два основных способа воспроизводства исходного материала:

– оздоровление сортов на основе меристемной культуры и отбора лучших меристемных линий, свободных от инфекций; клональное размножение меристемных микро-растений в лабораторных условиях; выращивание безвирусных мини-клубней в защищенном грунте или гидропонных модулях;

– отбор здоровых исходных растений и клонов в полевых условиях на основе визуальных оценок и лабораторных методов тестирования на наличие вирусной, вирусной и бактериальной инфекции [4].

С целью использования благоприятных природно-климатических условий высокогорья для организации первичного семеноводства на безвирусной основе, а также для размножения новых перспективных сортов и гибридов, был организован высокогорный полигон Дагестанского НИИСХ «Курахский».

Для проведения дальнейших исследований и организации в республике первичного семеноводства картофеля на безвирусной основе из Северной Осетии (Агрофирма «Бавария») в 1914 году был завезен освобожденный от вирусов семенной материал районированных в Республике Дагестан сортов картофеля – Жуковский ранний и среднераннего срока созревания Волжанин.

Для получения элитного материала, а также сравнения различных схем выращивания семян супер-суперэлита и элиты эти сорта были размножены по рекомендованной в нашей стране пятилетней и новой шестилетней схеме.

Табл. 2.

Табл. 3

Пятилетняя схема выращивания элиты

Год	Питомник	Сорт *	Площадь (га)	Наличие вирусов (%)	Урожайность (т/га)	Валовой сбор (т)
1-й	Отбора клонов	В	0,01	0	27,4	0,27
		Ж	0,01	0	29,1	0,29
2-й	Испытания клонов	В	0,07	0	34,6	2,3
		Ж	0,07	0	37,8	2,6
3-й	Супер-суперэлиты	В	0,5	0	34,4	17,2
		Ж	0,6	0	37,8	22,6
4-й	Суперэлиты	В	3,8	1,0	36,2	137,6
		Ж	5,0	1,0	38,1	190,8
5-й	Элиты	В	30	1,8	32,7	1143
		Ж	42	1,2	34,9	1466

* В – Волжанин; Ж – Жуковский

Шестилетняя схема выращивания элиты

Год	Питомник	Сорт *	Площадь (га)	Наличие вирусов (%)	Урожайность (т/га)	Валовой сбор (т)
1-й	Отбора клонов	В	0,01	0	27,4	0,27
		Ж	0,01	0	29,1	0,29
2-й	Испытания клонов	В	0,07	0	34,6	2,3
		Ж	0,07	0	37,8	2,6
3-й	Испытания клонов 2 года	В	0,5	0	34,0	17,0
		Ж	0,6	0	37,8	22,6
4-й	Супер-суперэлиты	В	3,8	0	33,9	129,7
		Ж	5,0	0	36,5	175,0
5-й	Суперэлиты	В	29	1,1	33,4	969
		Ж	5,0	1,0	36,2	1412
6-й	Элиты	В	210	2,1	32,2	6760
		Ж	310	1,4	34,4	10660

Как показали результаты исследований, полученный в горных условиях семенной картофель категории элита, выращенный по пятилетней схеме, имел хорошее качество и соответствовал требованиям ГОСТ Р 53136-2008 «Картофель семенной» и ГОСТ 29267-91 «Оздоровленный семенной материал».

В отличие от пятилетней схемы выращивания элиты, при шестилетней схеме клоновый материал испытывали в течение двух лет (добавляется питомник испытания клонов второго года).

Как видно из табл. 3, элита, выращенная в горных условиях по шестилетней схеме, также имела хорошее качество и соответствовала ГОСТу.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при использовании шестилетней схемы выращивания элиты семенной материал сохраняет свои качества, а его валовой объем увеличивается, в зависимости от возделываемого сорта, в 6,0 – 7,3 раз.

Полученные по предлагаемой схеме партии элитного картофеля, отвечающие требованиям стандартов по посевным и сортовым качествам, поступает в торговый оборот, который реализуются семеноводческим предприятиям или хозяйствам с товарным производством картофеля, а также хозяйствам населения для сортообновления и сортоосмены.

Литература

1. Анисимов БВ, Писарев БА, Трофимец АН. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: ВНИИКС; 2009.
2. Амбросов АП. Вирусные болезни картофеля и меры борьбы с ними. Минск: Урожай»; 1975.
3. Зыкин АГ. Тли – переносчики вирусов картофеля. Л., Колос; 1970.
4. Малько АМ, Николаев ЮН, Макарова ВС, Симаков ЕА, Анисимов БВ, Юрлова СМ, Усков АИ. Технологический процесс производства оригинального, элитного и репродуктивного семенного картофеля. Методические рекомендации ВНИИКС. М.; 2011.
5. Сердеров ВК. Организация селекции и семеноводства картофеля в Дагестане. Махачкала: АПЕФ; 2022.



УДК:635.21

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ И ДРУГИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В.К. Сердеров*, Д.В. Сердерова

ФГБНУ «Аграрный научный центр республики Дагестан», Махачкала, Республика Дагестан, Российская Федерация

*Эл. почта: serderov55@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Большое значение в повышении урожайности и улучшении качества картофеля принадлежит агротехнике. Обработка почвы – самый энергоёмкий и дорогостоящий прием в земледелии, на которую приходится примерно половина энергетических затрат от всего их объема на выращивание сельскохозяйственных культур. В статье представлены результаты экспериментальных данных, полученных при изучении влияния новой ресурсосберегающей технологии возделывания картофеля, на рост и развитие растений и накопления урожая, при выращивании на склоновых землях горной провинции Дагестана. Показаны преимущества данной ресурсосберегающей технологии, а также её экономическая эффективность по сравнению с другими технологиями. Механические обработки почвы сельскохозяйственной техникой отрицательно влияют (особенно это касается пахоты с оборотом пласта) на её плодородие. Предлагаемая нами ресурсосберегающая технология позволяет сократить затраты на основную обработку почвы на 50 процентов, а также сохранить плодородие и ослабить эрозию.

Ключевые слова: *картофель, ресурсосберегающая технология, склоновые земли, урожайность, себестоимость.*

A RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR CULTIVATING POTATO AND OTHER CROPS

V.K. Serderov*, D.V. Serderova

Agrarian Research Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, the Republic of Dagestan, Russian Federation

*E-mail: serderov55@mail.ru

Agricultural technology is important for increasing potato yield and improving its quality. Tillage is the most energy-intensive and expensive method in agriculture, which accounts for about half of the energy costs for growing crops. The article presents the results of experimental data obtained in the study of the impact of a new resource-saving technology of potato cultivation, on the growth and development of plants and the accumulation of crops, when grown on the sloping lands of the mountainous province of Dagestan. The advantages of this resource-saving technology as well as its economic efficiency in comparison with other technologies are shown. It is known that mechanical tillage using agricultural machinery (especially plowing with a layer turnover) negatively affects soil fertility. The resource-saving technology we offer makes it possible to reduce the cost of basic tillage by 50% and to preserve fertility and reduce erosion.

Keywords: *potatoes, resource-saving technology, slope lands, productivity, Prime cost.*

Введение

Картофель возделывается во всех регионах Российской Федерации. Его роль в продовольственном обеспечении страны определяется существенными объемами производства и потребления, значимостью как повседневного и доступного продукта питания, использованием как кормового ресурса для животноводства и как сырья для пищевой и перерабатывающей промышленности [1, 2, 3, 4.]

В Дагестане картофель возделывается во всех природно-климатических зонах, от высокогорных склоновых земель, расположенных до 2500 метров над уровнем моря, до Прикаспийских равнин, находящихся ниже уровня мирового океана В 2016 году площади посадок картофеля в республике составили более 22 тыс. га. Больше половины производимого картофеля в республике приходится на горную зону [3, 4, 5, 6]

Проведенными в последние годы исследованиями доказано отрицательное влияние механических обработок почвы сельскохозяйственной техникой (особенно это касается пахоты с оборотом пласта) на её плодородие. Обработка почвы – самый энергоёмкий и дорогостоящий прием в земледелии. В настоящее время на обработку почвы приходится примерно половина энергетических затрат от всего их объема на выращивание сельскохозяйственных культур [1, 2, 3.]

Предлагаемая нами ресурсосберегающая технология позволяет сократить затраты на основную обработку почвы (пахоту), подготовку участка после пахоты и предпосадочную обработку поля на 50%, а также сохранить плодородие и ослабить эрозию.

Суть технологии заключается в следующем: осенью (во время зяблевой вспашки) тракторным плугом без отвала пахут полосы шириной 70 см., оставляя такие же полосы (70 см) без обработки.

Выполняется этот процесс следующим образом: при пахоте 6-корпусным плугом, у него снимается 2 средних корпуса, а следующий проход пашется через 70 см. Все последующие операции (внесение удобрений, посадка, уход, полив) выполняются в 70 см обрабатываемых полосах, не обрабатываемые 70 см полосы оставляют для движения колес сельскохозяйственной техники.

Методика и место проведения исследований

Исследования проведены в 2017-2020 годы на горном опорном пункте Дагестанского НИИСХ «Курахский», расположенном на землях крестьянского хозяйства «Зул» села Урсун в Курахском районе на высоте 2000 – 2200 метров над уровнем моря.

Почвенный покров в зоне проведения исследований представлен горными каштановыми среднесуглинистыми почвами. Содержание гумуса – 3,0%. Питательными веществами эти почвы обеспечены слабо: гидрוליзуемого азота в них от 2,2 до 3,0 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – от 2 до 4 мг/100 г почвы, обменного калия – от 12 до 14 мг на 100 г почвы.

Посадка картофеля осуществлялась ленточно-гребневым способом по схеме 60 × 80 см.

Последующие обработки осуществлялись так же, как при осетинской ленточно-гребневой технологии: до появления всходов проводят 1-2 междурядные обработки, а после – двукратное рыхление с окучиванием, где всходы полностью закрывают почвой. При этом уничтожаются сорняки и защищаются всходы от ночных кратковременных весенних заморозков.

Дальнейший уход заключается в своевременных поливах, в зависимости от влажности почвы, и защите растений от вредителей и болезней.

Для изучения эффективности предлагаемой нами ресурсосберегающей технологии возделывания картофеля был заложен полевой опыт. В схему опыта вошли следующие варианты:

1. Местная технология (контроль), которая широко распространена в горных и предгорных хозяйствах республики, подготовка участка, посадка и окучивание картофеля – под конный плуг;

2. Технология выращивания картофеля «Поверхностная посадка» – разработанная сотрудниками «Федеральный аграрный научный центр республики Дагестан». Суть технологии заключается в следующем: весной на заранее подготовленную почву, при ручной посадке, мотыгой проводят борозды на глубину 2 – 3 см через каждые 70 см, в которые раскладывают клубни на расстоянии 30 см друг от друга и сверху закрывают почвой слоем в 4 – 6 см, образуя гребни. При механизированной посадке сажалку необходимо регулировать так, чтобы высаживаемые клубни находились на поверхности почвы, и дисковые сошники сажалки закрывали их почвой, образуя невысокие гребни из прогретого верхнего слоя почвы.

3. Технология «Способ возделывания сельскохозяйственных культур» также разработана сотрудниками «Федеральный аграрный научный центр республики Дагестан» (а.с. №2133991). Ее недостатком является то, что она рассчитана на применение ручного труда. Имеющийся набор сельскохозяйственной техники в настоящее время не рассчитан на механизацию производственных процессов данной технологии.

4. Новая ресурсосберегающая технология возделывания картофеля, рассчитанная на механизацию всех производственных процессов. Суть технологии заключается в следующем: осенью во время зяблевой вспашки пашут полосы шириной 70 см., оставляя такие же полосы по 70 см. без обработки (рис. 1). Выполняется этот процесс следующим образом: при пахоте 6-корпусным плугом, у него снимается 2 средних корпуса, а следующий проход пашет через 70 см. Все последующие операции выполняются в 70 см полосах в шахматном порядке, 70 см полосы оставляют без обработки для движения колес сельскохозяйственной техники. Посадка картофеля производится по осетинской ленточно-гребневой технологии – (60+80) × 70 см. Новизна заключается в том, что участок обрабатываю сельскохозяйственной техникой только на 50%, оставляя 50 % участка в виде необрабатываемых полос. Необходимое количество минеральных и органических удобрений вносятся в обрабатываемые полосы.

Повторность трехкратная, площадь делянки 56 м², сорт – Волжанин.

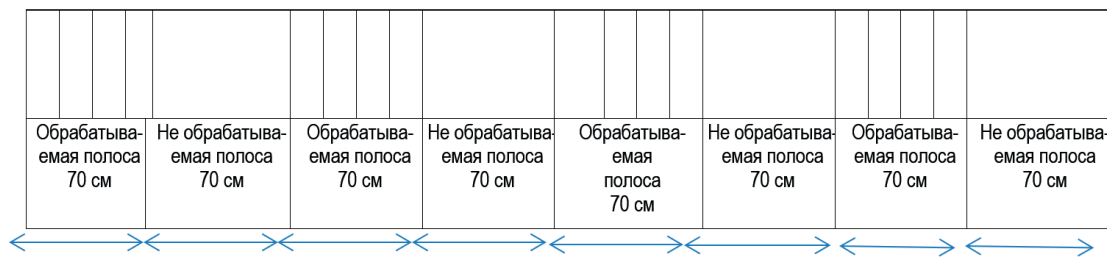


Рис. 1. Схема участка.

Результаты исследований

Визуальное обследование растений в фазе цветения показало, что на вариантах с Осетинской ленточно-гребневой и разработанной нами ресурсосберегающей технологией растения имели более развитую надземную массу и более высокую урожайность картофеля, на 2,4 и 2,1 т/га по сравнению с контролем или на 8 – 9 процентов (табл. 1).

Табл. 1.

Урожайность картофеля в зависимости от технологий возделывания

Варианты	Урожайность картофеля в годы проведения исследований, т/га				В среднем за 4 года	
	2017	2018	2019	2020	т/га	%
Местная технология (контроль)	31,0	22,6	24,6	26,8	26,1	100
«Способ возделывания с/х культур».	30,3	22,4	24,2	26,5	25,9	99
Ресурсосберегающая технология	30,3	23,7	24,2	26,9	26,3	101
«Поверхностная посадка»	39,3	25,6	30,7	31,1	31,7	121
НСР ₀₅	4,7	2,1	2,3	0,56		

Табл. 2

Экономические показатели вариантов различных технологий возделывания

Технология	Общие затраты, тыс. руб. на 1 га						
	Пахота	Предпосадочная подготовка	Урожайность, т/га	Себестоимость, тыс. руб./га.	Выручка, тыс. руб.	Прибыль, тыс. руб.	Рентабельность, %
Местная гребневая (контроль)	200	70	26,1	7,66	409,6	209,6	105
«Способ возделывания с/х культур».	206	70	25,9	7,95	396,8	190,8	93
Ресурсосберегающая технология	164	36	26,3	6,23	412,9	248,9	151
«Поверхностная посадка»	220	70	31,7	6,94	475,5	255,5	116

Одним из показателей эффективности отрасли картофелеводства является себестоимость продукции.

На себестоимость продукции влияют затраты на гектар посадки и урожайность. Поэтому сокращение затрат труда и средств на возделывание картофеля и повышение его урожайности ведет к снижению себестоимости и росту рентабельности производства.

Анализ экономической эффективности технологий показывает, что затраты на получение единицы продукции при ресурсосберегающей технологии, значительно меньше (табл. 1).

Предлагаемая нами ресурсосберегающая технология возделывания картофеля позволяет получать высокие урожаи при оптимальной себестоимости продукции. По сравнению с контролем здесь себестоимость на 1,43 тыс. рублей или на 23% ниже.

Как показывают результаты исследований, рентабельность при использовании новой ресурсосберегающей технологии, по сравнению с контролем, увеличивается на 44%.

Использование технологии «поверхностная посадка», способствовало повышению урожайности, по сравнению с контролем на 21%. Урожайность картофеля при использовании новой ресурсосберегающей технологии была на уровне контроля. Так как, из всех операций при возделывании картофеля, больше всех затрат приходится на пахоту, то затраты здесь в два раза меньше, так как используется только 50% участка.

Разработанная новая ресурсосберегающая технология позволяет получать высокие урожаи при оптимальной себестоимости продукции. По сравнению с контролем здесь себестоимость на 1,37 тыс. рублей на гектар или на 20% ниже.

Использование ресурсосберегающей технологии способствует, по сравнению с контролем, увеличению рентабельности на 44%.

Литература

1. Абидов ХК. Влияние густоты посадки на урожайность и качество перспективных сортов картофеля. В кн.: Актуальные проблемы развития овощеводства и картофелеводства. Махачкала 2017. С. 157-62.
2. Албегов ХК и др. Ленточно-гребневая технология возделывания и уборки картофеля. (Рекомендации) М., Россельхозиздат; 1968.
3. Галимов АХ. Опыт выращивания картофеля на узких грядах. Махачкала: Даг НИИСХ; 2007. С. 59-60.
4. Казиев РА, Аличаев ММ и др. Агроэкологическая оценка почв Горной провинции. Почвы Высокогорной провинции. В кн.: Региональная модель адаптивно-ландшафтной системы земледелия Республики Дагестан. Махачкала; 2010. С. 75-8.
5. Сердеров ВК, Атамов БК, Хан-Бабаев ТГ. Новая ресурсосберегающая технология возделывания картофеля на склоновых землях горной провинции Дагестана. Овощи России. 2017;(2):62-5.
6. Шабанов АЭ. Отзывчивость новых сортов картофеля на разные дозы, способы внесения минеральных удобрений и загущение посадок. В кн.: Картофелеводство. Сборник научных трудов. М; 2012. С. 217-24.



УДК:630*443.3

ТИРОСТРОМОЗ ЛИПЫ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

А.Н. Смирнов*, О.Г. Смирнова

Российский государственный аграрный университет МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

*Эл. почта: asmirnov@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Виды рода липа (*Tilia*) использовали в озеленении Москвы и других мегаполисов. В настоящее время липы активно завозятся из европейских питомников. Возникает вопрос: насколько липы подвержены поражению тиростромозом в условиях мегаполисов. Для ответа на него в 2021 и 2022 гг. исследовали насаждения липы из крупномерных современных посадок лип в Москве (Тверская улица, Цветной бульвар, у станции метро Спортивная), импортируемых из европейских питомников. Определяли развитие и характерные симптомы тиростромоза. Под микроскопом при увеличении $\times 400$ определяли количество конидий *Thyrostroma compactum* на mm^2 пораженной поверхности. Во всех исследованных локациях обнаружили характерные проявления тиростромоза и наблюдали значительную рекреационную и антропогенную нагрузку на насаждения липы. На Тверской улице значительного количества конидий *Th. compactum* не выявили. Однако на Цветном бульваре на отдельных экземплярах лип (5%) количество конидий достигало до $100/\text{mm}^2$. Около метро Спортивная количество конидий было максимальным. В 40% образцов оно достигало не менее $100/\text{mm}^2$ пораженной. Поэтому есть основания полагать, что жизнеспособность данных насаждений лип в условиях другого климата и значительной урбанизации в центре Москвы падает. Защитные реакции перестают срабатывать и импортируемые липы массово поражаются тиростромозом. Целесообразно усилить работу по адаптации лип в условиях Москвы. Перед посадкой крупномерный посадочный материал лип необходимо адаптировать и проверять на приживаемость и толерантность к тиростромозу в течение не менее 2 лет.

Ключевые слова: липа, тиростромоз липы, Москва, урбанизация, *Thyrostroma compactum*.

LIME-TREE (*TILIA*) THYROSTROMOSIS UNDER CONDITIONS OF URBANIZED ENVIRONMENT

A.N. Smirnov*, O.G. Smirnova

Russian Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

*E-mail: asmirnov@rgau-msha.ru

Species of genus *Tilia* are extensively used for greening in Moscow and other cities. Currently lime trees are imported from European nurseries. The question how much lime trees can be affected by thyrostromosis in an urbanized environment. To get an insight in this issue, lime trees from large-scaled modern cropping in Moscow (Tverskaya street, Tsvetnoy bulvar and metro station Sportivnaya vicinity), which were imported from European nurseries, were investigated in 2021 and 2022. The development and typical symptoms of thyrostromosis was assessed and the counts of *Thyrostroma compactum* conidia per mm^2 of affected area were determined. at a $\times 400$ magnification. In all locations investigated, typical symptoms of thyrostromosis have been found. Also, significant recreation and anthropogenic press on lime trees has been observed. In Tverskaya street, just a few *Th. compactum* conidia were detected. However, on Tsvetnoy bulvar on particular lime trees (5%) the counts of conidia reached 100 per mm^2 . Near metro station Sportivnaya, the counts of conidia were maximal. In 40% of samples they were not less than 100 per mm^2 . Thus, the viability of lime trees plantations in an alternative climate and under strong urbanization in the center of Moscow is compromised. The defensive reactions of the imported lime trees plants fail to protect them from thyrostromosis. It would be wise to enhance efforts for adapting lime trees to Moscow conditions. Before planting, large scaled planting material is necessary to adapt and check for resistance against thyrostromosis for not less than 2 years.

Keywords: *Tilia*, thyrostromosis, Moscow, urbanization, *Thyrostroma compactum*.

Виды рода липа (*Tilia*) активно используются в озеленении Москвы и других мегаполисов. В настоящее время декоративные формы липы активно завозятся из зарубежных европейских питомников. Отражая современные требования к ландшафтному дизайну домовых комплексов, именно они в настоящее время активно используются в озеленении городских массивов.

Грибы рода *Thyrostroma compactum* Sacc. (*Stigmina compacta* (Sacc) M. B. Ellis) вызывают инфекционное увядание липы и других пород (вяз, режесень и клен) [1]

На протяжении последних лет данное заболевание считается очень опасным. В исследованиях различных лет в Самарской области (Жигулевский заповедник, природный национальный парк «Самарская Лука») и Московском регионе [1, 5, 7] показано, что, хотя тиростромоз встречается часто, но на уровень эпифитотии все же не выходит. Имунные реакции липы с учетом физиологической специфики древесных растений [2] в данных условиях справляются с тиростромозом. Но в городских насаждениях липы складывается куда более тяжелая ситуация.

Таким образом возникает вопрос: насколько липы подвержены поражению тиростромозом в условиях мегаполисов. Есть данные, что в условиях гг. Москвы и Тольятти (Самарская область) с 1985 по 1993 гг. интенсивность спороношения патогена была более значительной в парках, чем в центральной части города. Отсюда заключили, что урбанизация способна приостанавливать развитие патогена [1]. Цель настоящего исследования – оценить влияние урбанизации на проявление тиростромоза липы в ее современных насаждениях в Москве.

Материалы и методы исследования

В 2021 и 2022 гг. исследовали насаждения липы из крупномерных современных посадок лип в Москве (Тверская улица, Цветной бульвар, у станции метро Спортивная), импортируемых из европейских питомников (табл. 1).

Определяли развитие и характерные симптомы тиростромоза [1]. Под микроскопом при увеличении ×400 определяли количество конидий *Th. compactum* на квадратный миллиметр пораженной поверхности в соответствии с методологией, разработанной в секторе фитопатологии кафедры защиты растений РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева [3, 4].

Характеристики лип, использованных в исследовании

Локация в Москве	Число исследованных деревьев	Примерный возраст деревьев
Тверская ул.	20	5-7
Цветной бульвар	50	20-25
м. Спортивная	30	2-3

Табл. 1.

Уровень развития тиростромоза и встречаемости конидий *Th. compactum* в насаждениях липы

Локация	Развитие тиростромоза, %	Встречаемость конидий <i>Th. compactum</i>
Москва, Тверская ул.	10-15	1
Москва, Цветной бульвар	5-10	3-7
Москва, м. Спортивная,	20-25	50-75

Табл. 2.



Рис. 1. Цветной бульвар. Характерные трещины на стволе при поражении тиростромозом.

Результаты и обсуждение

Во всех исследованных локациях обнаружили характерные проявления тиростромоза (рис. 1-3).



Рис. 2. Окрестности метро Спортивная. Симптоматика в виде покраснения и характерных разрывов коры на пораженном тиростромозом боковом побеге



Рис. 3. Окрестности метро Спортивная. Симптоматика в виде покраснения коры и подушечек спороношения возбудителя на пораженном тиростромозом боковом побеге

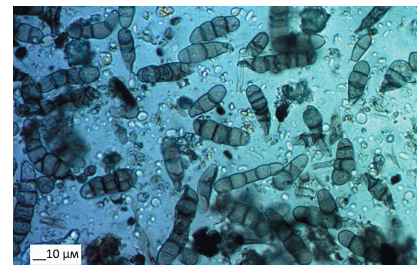


Рис. 4. Цветной бульвар. Скопление конидий *Th. compactum* на пораженном тиростромозом боковом побеге

Во всех точках наблюдений в Москве наблюдали значительную рекреационную и антропогенную нагрузку на насаждения липы, ведущую к загрязнению воздуха и почвы.

На Тверской улице в 2021 г. значительных нарушений декоративности и жизнеспособности лип не наблюдали. В 2022 г. на части обследованных экземпляров (25%) зарегистрировали симптомы тиростромоза при значительном ухудшении общего состояния растений.

На Цветном бульваре в 2021 г. наблюдали ограниченные снижения жизнеспособности. В 2022 г. на 50% обследованных деревьев выявили признаки поражения тиростромозом.

В окрестностях м. Спортивная на территории современных жилых комплексов в 2022 г. наблюдали тотальное проявление симптомов тиростромоза на липах в виде крупномерных посадок и декоративной живой изгороди. Развитие заболевания составляло на них 10 и 20% соответственно.

Встречаемости конидий *Th. compactum* в насаждениях липы в 2022 г. с учетом развития тиростромоза дана в табл. 2.

Надо отметить, что на Тверской улице значительного количества конидий *Th. compactum* не выявили. Однако на Цветном бульваре на отдельных экземплярах лип (5%) количество конидий достигало до 100 единиц/мм² пораженной поверхности (рис. 4).

В окрестностях метро Спортивная количество конидий возбудителя было максимальным. В 40% образцов оно достигало не менее 100 единиц/мм² пораженной поверхности.

В данном исследовании установлено, что насаждения липы последних двадцати лет значительно поражались тиростромозом. На это указывает как симптоматика (уровень развития тиростромоза), так и интенсивность образования конидий возбудителя. Оба показателя достигают высоких

значений. Есть основания полагать, что жизнеспособность данных насаждений лип в условиях другого климата и значительной урбанизации в центре Москвы заметно падает. Защитные реакции перестают срабатывать и импортируемые липы массово поражаются тиростромозом.

Определенно, и на Тверской улице, и на Цветном бульваре уровень урбанизации в 2022 г. стал очень высоким. В районе метро Спортивная он визуально был несколько ниже, но вероятно, тоже достигал высоких значений, возможно, с превышениями ПДК.

Отчасти заключение исследований Е. П. Кузьмичева с соавторами (Кузьмичев и др., 1995) не утратило своей актуальности к 2022 г. В то же время обнаружение довольно большого числа образцов предельно высоким числом конидий в центре Москвы указывает на ярко выраженный тренд популяций *Th. compactum* на приспособление к растущим уровням урбанизированного загрязнения среды [6]. На это указывает и факт того, что в 2021–2022 гг. в неурбанизированных условиях уровень как развития тиростромоза на липах, так и образования конидий возбудителя был на порядок ниже, чем в насаждениях крупномерных лип, импортируемых в Москву на протяжении последних лет [5]. При данном уровне урбанизации импортируемые липы демонстрировали довольно низкую жизнеспособность. Мы полагаем, что рассмотренная проблема имеет комплексный характер. Она связана с повышением агрессивности факультативных паразитов грибной природы [4, 6] в городских условиях, может затрагивать весьма многие патосистемы и стать универсальным вызовом для современного городского озеленения.

Выводы

1. Проведенное исследование подтверждает правильность аргументов Н. И. Вавилова о комплексной природе иммунитета растений, в том числе и древесных культур.

2. Целесообразно усилить работу по адаптации лип в условиях Москвы. Перед посадкой крупномерный посадочный материал лип необходимо адаптировать и проверять на приживаемость и толерантность к тиростромозу в течение не менее 2 лет.

Литература

1. Кузьмичев ЕП, Шленская НМ, Колганихина ГБ. Тиростромоз липы и вяза в городских и лесных фитоценозах. Лесной журнал. 1995;(4-5):29-36.
2. Ларикина ЮС, Кондратьев МН. Физиология древесных растений. М: Бибком; 2017..
3. Смирнов АН., Кузнецов СА. Определение стратегий размножения и жизнеспособности полевых популяций *Phytophthora infestans*. Защита и карантин растений. 2006;(9):30-1.
4. Смирнов АН и др. Прикладное значение определения репродуктивного потенциала и агрессивности грибных и псевдогрибных патогенов картофеля и томата. Картофель и овощи. 2019;(6):18-25.
5. Смирнов АН, Смирнова ОГ. Тиростромоз – опаснейшее заболевание липы в условиях Москвы. В кн.: Материалы пятого съезда микологов России. Москва, 2022. В печати.
6. Смирнов АН и др. Сравнение родового состава возбудителей микозов ослабленных древостоев, почв под ослабленными древостоями, завезенных грунтов и урбосферы Москвы. Успехи медицинской микологии. 2019;20:581-5.
7. Соколова ЭС, Мозолевская ЕГ, Галасьева ТВ. Инфекционные болезни деревьев и кустарников в насаждениях Москвы. М. Издательство Московского государственного университета леса, 2009.

References

1. Kuzmichev YeP, Shlenskaya NM, Koganikhina GB. [Thyrostromosis of lime and elm in urban and forestry phytocenoses]. Lesnoy Zhurnal. 1995;(4-5):29-36. (In Russ.)
2. Larikova YuS, Kodratyev MN. Fiziologiya Drevesnykh Rasteniy. Moscow: Bibkom; 2017. (In Russ.)
3. Smirnov AN, Kuznetsov SA. [Determination of strategies of reproduction and viability of field *Phytophthora infestans* populations]. Zashchita i Karantin Rasteniy. 2006;(9):30-1. (In Russ.)
4. Smirnov AN et al. [Applied significance of determination of reproductive potential and aggressiveness of fungal and pseudofungal pathogens of potato and tomato]. Kartofel i Ovoschi. 2019(6):18-25. (In Russ.)
5. Smirnov AN, Smirnova OG. [Thyrostromosis – a dangerous lime tree disease under Moscow conditions]. In: Materialy Piatogo Kongressa Mikologov v Rossii [Proc 5th Congr Mycol Russ]. Moscow: 2022. In press. (In Russ.)
6. Smirnov AN et al. [Comparison of genera of fungal agents of weakened tree stands, soils under weakened tree stands, imported soils and urbosphere in Moscow]. Uspekhi Meditsinskoy Mikologii. 2019;20:5815. (In Russian)
7. Sokolova ES, Mozolevskaya EG, Galasyeva TV. Infektsionnye Bolezni Derevyev i Kustarnirov v Nasazhdeniyakh Moskvyy. Moscow: MGUL; 2009. (In Russ.)

«»

УДК:631.527:633:574

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПЛОДОРДИЕ ПОЧВЫ СЕНОКОСА ПРИ ДОЛГОЛЕТНЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Д.М. Тебердиев^{1*}, А.В. Родионова¹, С.А. Запывалов^{1,2}

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», Московская область;

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

*Эл. почта: vik_lugovod@bk.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Приведены результаты исследований по изменению продуктивности и показателей плодородия почвы при использовании долголетнего травостоя. Урожайность агрофитоценоза при естественном плодородии (без применения удобрений) в среднем за последние 29 лет составила 3,30 т/га СВ или 29,7 ГДж обменной энергии. Регулярное применение минеральных удобрений в дозе $N_{90-180}P_{45}K_{90}$ способствует увеличению урожайности до 6,28–8,17 т/га СВ или 61,8–81,6 ГДж ОЭ, при этом сбор сырого протеина достигает 907–1128 кг/га. Полученный корм в соответствии с ГОСТ соответствует классам качества I и II. Долголетнее использование способствует улучшению плодородия почвы, повышает содержание гумуса. За 74 года использования, без применения удобрения, в почве стало на 24,4 т/га гумуса больше по сравнению с исходным показателем, на фоне внесения навоза (20 т/га через каждые 4 года) – на 34,9 т/га. При внесении минеральных удобрений накопление гумуса повышается на 19,0–23,4 т/га. Это свидетельствует о улучшении плодородия почвы.

Ключевые слова: сенокос, продуктивность, качество корма, гумус, удобрения, плодородие почвы.

The article presents the results of research on changes in soil productivity and fertility when using a long-lived herbage. The natural (without the use of fertilizers) yield from an agrophytocenosis averaged 3.30 t/ha of wet weight or 29.7 GJ of exchangeable energy over the past 29 years. Regular use of mineral fertilizers at a dose of $N_{90-180}P_{45}K_{90}$ contributes to an increase in yield up to 6.28-8.17 t/ha or 61.8-81.6 GJ, while the output of crude protein reaches 907-1128 kg/ha. The resulting forage corresponds to quality classes I and II by State Standard (GOST). Long-term use contributes to the improvement of soil fertility and increases the content of humus. For 74 years without fertilizers, humus in the soil increased by 24.4 t/ha vs. the initial value, and upon using manure f bulk (20 t/ha every 4 years), by 34.9 t/ha. When applying mineral fertilizers, the accumulation of humus increases by 19.0–23.4 t/ha. This confirms an improvement of soil fertility.

Keywords: hayfield, productivity, feed quality, humus, fertilizers, soil fertility.

Введение

Важным компонентом рациона при кормлении животных является высококачественные объемистые корма [1-3]. Для обеспечения животных достаточным количеством таких кормов целесообразно проведение мероприятий по улучшению природных кормовых угодий, продуктивность которых составляет 1-2 тыс. корм. ед. [4-7]. Наиболее эффективно решить эту проблему можно за счет создания высокопродуктивных долголетних агрофитоценозов на основе самовозобновляющихся злаковых и бобовых видов трав, которые обеспечивают высокую продуктивность и качество корма [8-11].

Создание высокоурожайных фитоценозов требует дополнительных мероприятий по интенсификации лугового кормопроизводства, создание благоприятных условий для роста и развития растений [12]. Одним из основных эффективных приемов обеспечения растений достаточным режимом питания является применение органических и минеральных удобрений, продукционный и экономический эффект, который в полной мере можно оценить при проведении длительных опытов [13-17].

Использование долголетних фитоценозов обеспечивает существенную экономию капитальных затрат, улучшает структуру почвы, способствует сохранению почвенного плодородия. Средообразующий потенциал лугового агрофитоценоза формируется благодаря дерновому процессу при сохранении дернины без регулярной перепашки. При этом в почве увеличивается содержание органического вещества, гумуса, минеральных веществ, корневой массы [18-22].

С целью определения долголетнего использования агрофитоценоза при разных системах интенсификации на продуктивность и изменение показателей плодородия почвы в ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» проводится многовариантные исследования на сенокосе.

Методика исследований

В 1946 г. году М.С. Афанасьевой и П.И. Ромашовым был заложен опыт по изучению влияния минеральных и органических удобрений, а также их сочетаний, на продуктивность сеяного фитоценоза. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая (суходол временно избыточного увлажнения), в слое почвы 0-20 см содержалось 2,03 % гумуса, 50 мг/кг подвижного фосфора, 70 мг/кг обменного калия, $pH_{\text{соед}} = 4,3$, перед закладкой опыта было проведено известкование (5,0 т/га извести). Залужение проведено беспокровно сложной традиционной на тот момент семикомпонентной травосмесью, в состав которой входили клевер луговой (*Trifolium pratense* L., норма высева 3 кг/га), клевер ползучий (*Trifolium repens* L., 2 кг/га), тимфеевка луговая (*Phleum pratense* L., 4 кг/га), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds., 10 кг/га), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L., 3 кг/га), костреч безостый (*Bromus inermis* Leys., 3 кг/га), мятлик луговой (*Poa pratensis* L., 2 кг/га). Дозы фосфорных удобрений за годы исследования в связи увеличением урожайности и высоким выносом питательных веществ повысили с P_{30} до P_{45-60} , калийных – с K_{30} до K_{90-120} , азотных – с N_{30} до N_{60-180} . Навоз вносится поверхностно один раз в четыре года, начиная с 1950 г. Использование травостоя двуукосное: первый укос – в фазу массового цветения доминирующего вида (лисохвост луговой), второй – в первой декаде сентября. Опыт включен в реестр географической сети, имеется аттестат РАСХН длительного опыта № 145 от 1 июня 2009 года.

Результаты исследований

С года закладки, в течении 75 лет на этом опыте исследования проводили П.И. Ромашов, Л.Д. Федорова, Н.М. Ахламова, Л.С. Трофимова, В.В. Гудков, М.В. Олигер, Д.М. Тебердиев, А.В. Родионова, Л.В. Рослякова, С.А. Запывалов. В среднем за последние 29 лет урожайность долголетнего сенокоса на фоне естественного плодородия составила 3,30 т/га сухого вещества (табл. 1). При внесении одинарных видов удобрений (N, P, K) она увеличилась в 1,1-1,5 раза, на фоне $P_{45}K_{90}$ в 1,5 раза благодаря биологического источника азота, за счет участия бобовых от 6 до 40 % по годам пользования. На фоне внесения $N_{60-180}PK$ урожайность повысилась в 1,8-2,5 раза. При применении органических удобрений (20 т/га навоза 1 раз в 4 года) урожайность повысилась в 1,5 раза, при сочетании органических и минеральных в 2,2 раза.

Сбор обменной энергии по вариантам опыта изменялся от 29,7 до 81,6 ГДж/га, кормовых единиц от 2,1 до 6,5 тыс./га. Наиболее высокая продуктивность долголетнего травостоя отмечена при внесении $N_{180}P_{45}K_{90}$, что в 2,5 раза выше контроля, сбор сырого протеина составил 1,13 т/га. За последние два года (74 и 75 гг.) урожайность сухого вещества на варианте без удобрений составила 4,43 и 4,66 т/га, что объясняется благоприятными погодными условиями, сумма среднесуточных температур за вегетационный период составила 2779,3°C и 3231°C, что в 1,2–1,4 раза выше среднесуточного показателя, сумма осадков выше в 1,4 раза. При внесении $N_{180}P_{45}K_{90}$ она почти в два раза выше контроля (8,48; 10,38 т/га), что обеспечило высокую продуктивность 81,6–98,6 ГДж/га ОЭ, 6,3–6,5 тыс./га кормовых единиц, сбор сырого протеина составил 2,7–3,2 т/га, что говорит о высокой питательности корма.

Содержание сырой клетчатки в среднем за последние 29 лет пользования – 25,25–29,20% и протеина – 10,25–13,841% отвечало требованиям первого и второго класса качества корма с естественных угодий (табл. 2). Содержание минеральных веществ составило по элементам 0,18–0,32 % P, 0,96–1,99 % K. сбор основных питательных веществ находится в непосредственной зависимости от продуктивности и качества корма. Потребление элементов питания (вынос с урожаем) неудобренным травостоем, формирующимся за счет естественного плодородия в среднем за 29 лет, составило 55 кг азота, 16 кг P_2K_5 , 45 кг/га K_2O . При внесении K_{90} вынос азота увеличился на 36%, фосфора – на 12%, калия – на 21%; при внесении P_{45} , соответственно на 0,3%, 56% и 0,2%; при внесении N_{120} – 102%, 44% и 23%. При внесении $P_{45}K_{90}$ вынос элементов питания увеличился в 1,6-2,4 раза. Высокий вынос элементов питания отмечен при внесении $N_{180}P_{45}K_{90}$: на 212% азота, на 200% фосфора, на 223% калия выше, чем контрольном варианте, при совместном внесении органоминеральных удобрений, соответственно, азота на 148%, фосфора – на 231%, калия – на 240%.

Коэффициент использования азотных удобрений составил 28–50%, фосфорных – 20–51%, калийных – 61–103%.

Табл. 1.

Табл. 2.

**Продуктивность долголетнего сенокоса
(в среднем за 1993-2021 гг.)**

Вариант опыта	Урожайность СВ, т/га	Производство с 1 га			Окупаемость удобрений, корм. ед. на 1 кг
		ОЭ ГДж	корм. ед.	сырой протеин кг/га	
Без удобрений	3,30	29,7	2131	345	-
K ₉₀	4,31	40,6	3060	485	10
P ₄₅	3,49	32,0	2338	373	5
N ₁₂₀	5,03	50,1	3974	433	15
P ₄₅ K ₉₀	4,94	47,2	3606	565	11
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀	5,90	56,4	4307	678	11
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	6,28	61,8	4836	788	12
N ₁₂₀ P ₄₅ K ₉₀	7,15	70,7	5577	907	14
N ₁₈₀ P ₄₅ K ₉₀	8,17	81,6	6536	1128	14
Навоз 20 т/га 1 раз в 4 года	5,01	47,5	3607	579	295
Навоз 20 т/га 1 раз в 4 года +N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	7,40	72,5	5698	903	172
НСР ₀₅	0,86				

**Качество корма и вынос минеральных веществ
(в среднем за 1993-2021 гг.)**

Вариант опыта	Содержание СВ, %				Вынос, кг/га				
	СК	СП	Р	К	N	P	P ₂ K ₅	K	K ₂ O
Без удобрений	25,25	10,28	0,20	1,20	58	7	16	39	47
K ₉₀	27,20	11,25	0,18	1,99	76	8	18	86	104
P ₄₅	25,40	10,69	0,32	1,33	60	11	25	40	48
N ₁₂₀	26,20	14,56	0,19	0,96	117	10	23	48	58
P ₄₅ K ₉₀	27,90	11,44	0,31	1,93	90	15	34	95	114
N ₆₀ P ₄₅ K ₉₀	27,70	11,50	0,32	1,91	108	19	44	112	135
N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	28,60	12,56	0,31	1,94	126	19	44	122	147
N ₁₂₀ P ₄₅ K ₉₀	29,00	12,69	0,30	1,68	145	21	48	120	145
N ₁₈₀ P ₄₅ K ₉₀	29,20	13,81	0,26	1,54	181	21	48	126	152
Навоз 20 т/га 1 раз в 4 года	26,10	11,56	0,25	1,26	93	13	30	63	76
Навоз 20 т/га 1 раз в 4 года +N ₉₀ P ₄₅ K ₉₀	28,70	12,19	0,32	1,79	144	23	53	133	160

Применение минеральных и органических удобрений не только повышает продуктивность травостоя, но и способствует воспроизводству почвенного плодородия. Одним из основных показателей почвенного плодородия является содержание гумуса (Рис. 1). Исходное содержание гумуса в год закладки опыта (1946 г.) составило 50,8 т/га, на 13-й год пользования на травостое без внесения удобрений масса гумуса увеличилась на 7,3 т/га, при внесении P₄₅K₉₀ – на 1,9 т/га, что объясняется низкими дозами фосфора (P₂₀) и калия (K₃₀). За 33 года пользования содержание гумуса увеличилось на 18,5 т/га или на 36% по сравнению с исходным и составило 69,3 т/га, внесение фосфорно-калийных удобрений способствовало увеличению гумуса на 21%, однако при сравнении с контрольным вариантом (без удобрений) его содержание снизилось на 7,9 т/га. При внесении N₆₀₋₁₂₀PK содержание гумуса со ставило 74,3–77,0 т/га, прирост составил 23,5–26,2 т/га по сравнению с исходным. По сравнению с контролем накопление гумуса было выше на 7–11%.

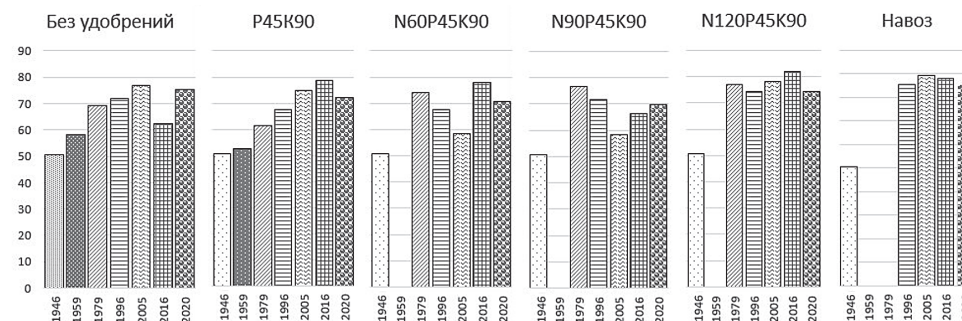


Рис. 1. Содержание гумуса по годам пользования, т/га.

При внесении навоза 20 т/га 1 раз в 4 года содержание гумуса за 50 лет пользования составило 85,6т/га, что на 20% выше контроля и на 16% выше, чем при N₁₂₀PK. За девять лет пользования накопление гумуса составило 3,0 т/га. Общее содержание составило 89,4 т/га, что на 16% выше контроля и на 14% выше N₁₂₀PK. Через десять лет (70 лет пользования) содержание гумуса составило 88,2 т/га, на 41% выше контроля. На 74 года пользования содержание гумуса снизилось до 85,7 т/га. Снижение накопления гумуса за последние 14 лет связано с изменением состава травостоя и снижением активности минерализации дернины. На основании исследований видно, что благодаря дерновообразовательному процессу содержание гумуса за 74 года пользования на фоне естественного плодородия увеличилось на 24,4 т/га, среднегодовой прирост составил 330 кг/га, внесении фосфорно-калийных удобрений на 9 % ниже, ежегодный прирост составил 301 кг/га. На фоне N₆₀₋₁₂₀PK содержание гумуса увеличилось на 19,0-23,4 т/га, ежегодный прирост составил 256-316 кг/га. Самое высокое накопление гумуса до 34,9 т/га было при внесении органических удобрений, 20 т/га навоза один раз в четыре года, ежегодный прирост составил 472 кг.

Таким образом, за последние 29 лет максимальное производство корма на долголетнем сенокосе – 81,6 ГДж/га (6,5 тыс. корм. ед.), 1,13 т/га сырого протеина, получено на фоне полного минерального удобрения N₁₈₀P₄₅K₉₀. Качество корма по содержанию сырой клетчатки, сырого жира, минеральных веществ соответствовало I и II классу качества сена. Наибольший вынос питательных веществ, превышающий их количество, внесенное с удобрением в дозах N₁₈₀P₄₅K₉₀. Увеличение накопления гумуса в слое почвы 0-20 см, за 74 года составило 19,0-34,9 т/га, ежегодное накопление гумуса 257-472 кг/га. Наиболее высокие показатели получены при внесении 20 т/га навоза 1 раз в четыре года.

Литература

1. Григорьев НГ, Волков НП, Воробьев ЕС и др. Биологическая полноценность кормов. М.: Агропромиздат; 1989.
2. Всяких АС, Ткаченко ЕИ. Технология молочного скотоводства на промышленной основе. М.: Россельхозиздат; 1977.
3. Воробьев ЕС, Гарист АВ, Волков НП. Углеводы в рационах молодняка крупного рогатого скота. Животноводство. 1982;(1):14-6.
4. Практическое руководство по технологиям улучшения и использования сенокосов и пастбищ лесной зоны. М.: Агропромиздат; 1987.

5. Кутузова АА, Зотов АА, Тебердиев ДМ и др. Ресурсосберегающие технологии улучшения сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне. М., 1999. 46 с.
6. Кутузова АА, Тебердиев ДМ, Привалова КН и др. Многовариантные технологии освоения залежных земель под пастбища и сенокосы в Нечерноземной зоне России. М.; 2004.
7. Зотов АА, Кутузова АА, Косолапов ВМ и др. Ресурсосберегающие технологии улучшения сенокосов и пастбищ в Центрально-черноземном районе. М.: ООО «Угрешская типография»; 2012.
8. Трофимова ЛС, Кулаков ВА. Управление травянистыми экосистемами из многолетних трав. Вестник РАСХН. 2012;(4):64-9.
9. Тебердиев ДМ, Кулаков ВА, Родионова АВ. Продуктивный потенциал и качество корма сенокосов и пастбищ. Животноводство России. 2010;(9):45-50.
10. Привалова КН. Продуктивность разновозрастных пастбищных травостоев. Кормопроизводство. 1999;(11):12-4.
11. Трофимова ЛС, Кулаков ВА, Новиков СА. Продуктивный и средообразующий потенциал агрофитоценозов и пути его повышения. Кормопроизводство. 2008;(9):17-9.
12. Кутузова АА, Тебердиев ДМ, Родионова АВ. Эффективность антропогенных затрат и природных факторов на долголетнем сенокосе. Кормопроизводство. 2016;(10):8-12.
13. Золотарев ВН, Лебедева НН. Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на формирование структуры и продуктивность разновозрастных семенных травостоев диплоидной и тетраплоидной овсяницы луговой. Агрехимия. 2003;(3):44-51.
14. Elgersma A, Soegaard K, Jensen SK, Sehested J. Herbage mineral contents in grass and legume species. Eur Grassland Fed. 2018;23:169-71.
15. Ромашов ПИ. Удобрения сенокосов и пастбищ. М.: Колос; 1972.
16. Роботнов ТА. Влияние минеральных удобрений на луговые растения и луговые фитоценозы. М.; 1973.
17. Кулаков ВА, Щербakov МФ. Продуктивный потенциал луговых агрофитоценозов и плодородие почв. Кормопроизводство. 2010;(2):8-12.
18. Сычева ВГ, Шевцовой ЛК, ред. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв. М.: ВНИА; 2010..
19. Привалова КН. Продуктивность и средообразующая роль долголетних бобово-злаковых пастбищных фитоценозов. Земледелие. 2011;(7):21-2.
20. Привалова КН. Биологический потенциал самовозобновляющихся видов многолетних трав в составе разновозрастных пастбищных травостоев. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. 2020;(24):14-8.
21. Ахламова НМ, Федорова ЛД, Гудков ВВ, Зятчина ГП. Интенсивность дернового процесса и эффективность удобрений при длительном использовании сенокосов. В кн.: Эффективные приемы повышения продуктивности природных кормовых угодий по зонам страны. М.; 1988. С. 121-32.
22. Трофимова ЛС, Кулаков ВА. Современное экспериментальное обоснование развития дернового процесса на лугах. Кормопроизводство. 2003;(11):11-4.

References

1. Grigoryev NG, Volkov NP, Vorobyev YeS. et al. Biologitschekaya Polnotsennost Kormov. Moscow: Agropromizdat; 1989.
2. Vsyakikh AS, Tkachenko YeI. Tekhnologiya Molochnogo Skotovodstva na Promyshlennoy Osnove. Moscow: Rosselkhozizdat; 1977.
3. Vorobyev YeS, Garist AV, Volkov NP. [Carbohydrates in ration for cattle]. Zhivotnovodstvo. 1982;(1):14-6.
4. Anonymous. Praktitcheckoye Rukovodstvo po Tekhnologiyam Uluchsheniya i Ispolzovaniya Senokosov i Pastbish Lecnoy Zony. Moscow: Agropromizdat; 1987.
5. Kutuzova AA, Zotov AA, Teberdiyev DM et al. Resursosberegayuschye Tekhnologii Uluchsheniya Senokosov i Pastbish v Nechernozemnoy Zone. М.; 1999.
6. Kutuzova AA, Teberdiyev DM, Privalova KN et al. Mnogovariantnye Tekhnologii Osvoyeniya Zaleznykh Zemel pod Pastbischa i Senokosy v Nechernozemnoy Zone Rossii. Moscow; 2004. .
7. Zotov AA, Kutuzova AA, Kosolapov VM et al. Resursosberegayuschye Tekhnologii Uluchsheniya Senokosov i Pastbish v Tsentralno-Chernozemnom Rayone Moscow: ООО Ugrshskaya Tipografiya; 2012.
8. Trofimova LS, Kulakov VA. [Management of perennial herbs ecosystems]. Vestnik RASKhN. 2012;(4):64-9.
9. Teberdiyev DM, Kulakov VA, Rodionova AV. [The productive potential and forage quality of hayfields and pastures]. Zhivotnovodstvo Rossii. 2010;(9):45-50.
10. Privalova KN. [Productivity of pasture grass stands of different ages]. Kormoproizvodstvo. 1999;(11):12-4.
11. Trofimova LS, Kulakov VA, Novikov SA. [Productivity and environment modifying potential of agricultural phytocenoses and approaches to enhancing thereof]. Kormoproizvodstvo. 2008;(9):17-9.
12. Kutuzova AA, Teberdiyev DM, Rodionova AV. [The effectiveness of anthropogenic efforts and natural factors in a perennial grass stand]. Kormoproizvodstvo. 2016;(10):8-12.
13. Zolotarev VN, Lebedeva NN. [The effects of dosage and timing of nitrogen fertilizer application on the development of structure and productivity of diploid and tetraploid meadow fescue seed-producing stands of different ages]. Agrokhiimiya. 2003;(3):44-51.
14. Elgersma A, Soegaard K, Jensen SK, Sehested J. Herbage mineral contents in grass and legume species. Eur Grassland Fed. 2018;23:169-71.
15. Romashov PI. Udobreniya Senokosov i Pastbishch. Moscow: Kolos; 1972.
16. Robotnov TA. Vliyaniy Mineralnykh Udobreniy na Lugovye Rasteniya i Lgovvye Fitotsenozy. Moscow; 1973.
17. Kulakov VA, Shcherbakov MF. [The productive potential of meadow phytocenoses and soil fertility]. Kormoproizvodstvo. 2010;(2):8-12
18. Sycheva VG, Shevtsova LK, eds. Vliyaniye Dlitelnogo Primeneniya Udobreniy na Organicheckoye Veschestvo Pochv. Moscow: VNIА; 2010.
19. Privalova KN. [Productivity and environment-modifying role of perennial herb and legume pasture phytocenoses]. Zemledeliye. 2011;(7):21-2.
20. Privalova KN. [Biological potential of self-reproducing species of perennial herbs comprised by pasture grass stands of different ages]. Mnogofunktsionalnoye Adaptivnoye Kormoproizvodstvo. 2020;(24):14-8.
21. Akhlamova NM, Fedorova LD, Gudkov VV, Zyatchina GP. [The intensity of sod processes and the effectiveness of fertilizers upon long-term exploitation of hayfields]. In: Effektivnye Priemy Povysheniya Produktivnosti Prirodnykh Kormovykh Ugody po Zonam Strany. Moscow; 1988. P. 121-32.
22. Trofimova LC, Kulakov VA. [Modern experimental rational for sod development in meadows]. Kormoproizvodstvo. 2003;(11):11-4.

«»

УДК:633.112.2

О ПШЕНИЦЕ ТУРГИДНОЙ (ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ)

С.К. Темирбекова^{1*}, Ю.В. Афанасьева²

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вяземы, Московская область, Россия; ²ФГБНУ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

*Эл. почта: sul20@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Пшеница тургидная *Triticum turgidum* L. subsp. *turgidum* относится к древнейшим культивируемым видам зерновых. Её выращивают уже около 6 000 лет. Урожайность этих старых сортов пшеницы хотя и ниже, но растения более неприхотливы и менее чувствительны к болезням и вредителям. Созданный новый сорт пшеницы яровой тургидной Каныш является единственным в Российской Федерации. В 2022 году решением Государственной комиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений данный сорт включен в Госреестр для выращивания во всех

регионах РФ. Работа по изучению этого сорта была выполнена в ФГБНУ ФНЦ Садоводства в 1997-2020 гг. Фенологические и биометрические наблюдения и учеты в период вегетации проводили в соответствии с методикой государственного сортоиспытания. Установлено, что новый сорт пшеницы яровой тургидной отличается хорошей засухоустойчивостью, устойчивостью к переувлажнению, к бурой и стеблевой ржавчине, корневым гнилям, к энзимо-микозному истощению семян, высоким содержанием белка и клейковины, стекловидностью. Рекомендуется для всех регионов РФ для хлебопекарных целей. По вкусовым качествам хлеб из заявленного сорта получается вкусный, пористый, с желто-золотистой корочкой. **Ключевые слова:** селекция, пшеница тургидная, новый сорт, белок, урожайность.

ABOUT TURGID WHEAT (THEORETICAL AND PRACTICAL VALUE)

S.K. Temirbekova^{1*}, Yu.V. Afanasyeva²

¹All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshye Vyazyomy, Odintsovo District, Moscow, Russia;

²Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

*E-mail: sul20@yandex.ru

Turgid wheat *Triticum turgidum* L. subsp. *turgidum* is one of the oldest cultivated cereal species. It has been being grown for about 6 000 years. Although the yields of these old wheat varieties are relatively low, the plants are more unpretentious and less susceptible to diseases and pests. The created new variety of spring turgid wheat Kanysh is the only one in the Russian Federation. In 2022, by decision of the State Commission for Variety Testing and Protection of Breeding Achievements, this variety was included in the State Register for cultivation in all regions of the Russian Federation. The work aimed at characterizing the new variety was carried out at the Federal Scientific Center for Horticulture (Center for the Gene Pool and Plant Bioresources, Mikhnevo) in 1997-2020. Phenological and biometric observations and records during the growing season were carried out in accordance with the official methods of state variety testing. The new variety of spring turgid wheat is distinguished by good resistance to drought and waterlogging, leaf and stem rust, root rot, and enzyme-mycosis depletion of seeds. It stands out for its high content of protein and gluten, and high vitreousness. It is recommended for all regions of the Russian Federation for baking. In terms of taste, bread from this variety is tasty, porous, with a yellow-golden crust.

Keywords: selection, turgid wheat, new variety, protein, productivity.

Введение

Пшеница тургидная *Triticum turgidum* L. subsp. *turgidum* относится к древнейшим культивируемым видам зерновых. Её выращивают уже около 6 000 лет. Урожайность этих старых сортов пшеницы хотя и ниже, но растения были более неприхотливы и менее чувствительны к болезням и вредителям. Тургидная пшеница обладает большой питательной ценностью и легче усваивается, чем современные сорта пшеницы. Она в два раза крупнее обычной пшеницы, имеет сладковатый ореховый вкус и твердую текстуру [1]. Зерно содержит большее количество минералов, клетчатки и протеина, чем современная пшеница; у него выше уровень антиоксидантов (полифенолы, каротиноиды, флавоноиды). Содержание белка, ненасыщенных жирных кислот, аминокислот, витаминов и минеральных веществ в тургидной пшенице выше, чем в других сортах пшеницы. Она богата витаминами E, B2, B5, B6 и фолиевой кислотой. Этот древний вид пшеницы содержит к тому же магний, кальций и фосфор. Содержащийся в нём микроэлемент селен поддерживает здоровье кожи и волос.

Помимо богатого питательного профиля, зерно сорта Камут обладает рядом очень полезных для здоровья свойств. Исследования показали, что эта зерновая культура повышает противовоспалительную и антиоксидантную активность в организме [2, 3], улучшает профиль риска пациентов с ОКС (острый коронарный синдром) [4], снижает уровень холестерина в крови и риск развития сердечно-сосудистых заболеваний [5]. Древняя пшеница также полезна для людей с диабетом 2 типа, так как снижает уровень глюкозы и инсулина в крови [6, 7]. По мнению ученых, замена современной пшеницы пшеницей Камут в рационе облегчает симптомы синдрома раздраженного кишечника (СРК) [8].

Материал и методы исследования

Работа была выполнена в ФГБНУ ФНЦ Садоводства (Центр генофонда и биоресурсов растений, п. Михнево, Ступинский р-н, Московская обл.) в 1997-2020 гг. Объектом исследований были пшеница тургидная яровая *Triticum turgidum* L. subsp. *turgidum*.

Фенологические и биометрические наблюдения и учеты в период вегетации проводили в соответствии с методикой государственного сортоиспытания. Биохимический анализ образцов проводили на спектрофотометре SpectraStar XT 2600 XT-1 (США). Физико-химические показатели зерна определяли по действующим стандартам: натуру зерна – по ГОСТ 10840-2017, общую стекловидность – по ГОСТ 10987-76, количество и качество сырой клейковины – по ГОСТ Р 54478-2011, число падения – по ГОСТ ISO 3093-2016.

Вегетационный период 2018 г. отличался засушливыми условиями. При недостатке осадков (86,5 мм), в 3 раза ниже «нормы», умеренные среднесуточные температуры воздуха (18°C) превышали среднемесячные данные на 2,9°C. ГТК=0,45

Агроклиматические условия вегетационного периода 2019 года были умеренно влажными. Осадков выпало 212,7 мм за вегетационный период, средняя многолетняя норма – 264 мм. Температура 17,0°C при норме 15,1°C. ГТК=0,9.

Вегетационный период 2020 года оказался особенно влажным. Сумма осадков за вегетацию составила 425,7 мм, в 1,6 раз выше многолетних показателей (264 мм). При этом средняя температура воздуха составила 16,3 °C, что превысило многолетние данные лишь на 1,2 градуса. ГТК=2,1

Результаты и обсуждение

Созданный новый сорт пшеницы яровой тургидной Каныш является единственным в Российской Федерации. Сорт характеризуется устойчивостью к бурой и стеблевой ржавчине, корневым гнилям, к энзимо-микозному истощению семян. В 2022 году решением Государственной комиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений данный сорт включен в Госреестр для выращивания во всех регионах РФ.

Пшеница яровая *Triticum turgidum* L. subsp. *turgidum* сорта Каныш получена путем многолетнего отбора (с 1997 г.) по желаемым признакам из коллекционного образца Faга (ФРГ) на естественном почвенном инфекционном фоне.

Авторами сорта являются Темирбекова С.К., Куликов И.М., Глинушкин А.П., Афанасьева Ю.В., Давыдова Н.В., Бегеулов М.Ш., Сардарова И.И.

В качестве стандарта был выбран сорт иностранной селекции Kamut (Германия). Созревание среднее одновременное.

Биологические особенности

Основной морфологический признак сорта Каныш – волнообразность стебля (рис. 1). Вегетационный период 90 дней. Число зерен в колосе – 28-30 шт. Масса зерен с колоса – 1,6 г. Масса 1000 зерен – 50-54 г. Урожайность 23-25 ц/га. Форма куста в период кущения прямостоячая, стебель средней толщины, опушенный. Лист не опушенный, зеленой окраски, узколистный, восковой налет отсутствует. Колос плотный, цилиндрической формы с белой окраской, длина колоса 9-11 см. Зубец колосковой чешуи слегка изогнут, средний, характер плеча скошенный, киль выражен слабо.



Рис. 1. Колосья сорта Каньш.



Рис. 2. Колос и зерно сорта Каньш.

Табл. 1.

Физико-химические показатели зерна яровой пшеницы нового сорта

Показатель	Стандарт Камут (Германия)	Новый сорт Каньш
Влажность, %	11,0	13,2
Зольность, %	1,75	1,81
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %	13,5	14,3
Качество клейковины, ед. ИДК	69	76
Количество клейковины, %	24,6	25,5
Стекловидность, %	48,3	78,3
Число падения, сек.	338	355



Рис. 3. Хлеб из зерна тургидной пшеницы сорт Каньш

Ости длинные параллельно расходящиеся, зубчатые, белые с частично черной окраской. Высота растения по годам от 95 до 120 см, продуктивная кустистость 3,0. Устойчивость к полеганию средняя. Зерно крупного размера, голое, по форме полу-удлинённое, имеет красную окраску. Бороздка средняя (рис. 2).

Новый сорт пшеницы яровой тургидной отличается хорошей засухоустойчивостью, устойчивостью к переувлажнению, к бурой и стеблевой ржавчине, корневым гнилям, к энзимо-микозному истощению семян. Выделяется высоким содержанием белка и клейковины, высокой стекловидностью (табл. 1). Рекомендуется для всех регионов РФ для хлебопекарных целей. По вкусовым качествам хлеб из заявленного сорта получается вкусный, пористый, с желто-золотистой корочкой (рис. 3)

Выводы

Пшеница тургидная – образец древнего, не подвергавшегося усиленной селекции злака. Зерна отличаются более крупным размером, а также приятным вкусом. Полученный нами сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2022 году для выращивания во всех регионах.

Финансирование:

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0003 Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями и в составе Тематического плана ВНИИ фитопатологии № 0598-2019-0005, ОГРН ЕГИСУ НИОКТР–АААА-А19-1191212901090.

Литература / References

1. Khlestkina EK, Röder MS, Grausgruber H, Börner A. A DNA fingerprinting-based taxonomic allocation of Kamut wheat. *Plant Genetic Resources*. 2007;4(3). doi:10.1079/PGR2006120
2. Gianotti A, Danesi F, Verardo V, Serrazanetti DI, Valli V, Russo A, Riciputi Y, Tossani N, Caboni MF, Guerzoni ME, Bordoni A. Role of cereal type and processing in whole grain in vivo protection from oxidative stress. *Front Biosci*. 2011;16(5):1609-18. doi: 10.2741/3808
3. Benedetti S, Primiterra M, Tagliamonte MC, Carnevali A, Gianotti A, Bordoni A, Canestrari F. Counteraction of oxidative damage in the rat liver by an ancient grain (Kamut brand khorasan wheat). *Nutrition*. 2012;28(4):436-41. doi: 10.1016/j.nut.2011.08.006
4. Whittaker A, Sofi F, Luisi MLE, Rafanelli E, Fiorillo C, Becatti M, Abbate R, Casini A, Gensini GF, Benedettelli S. An organic Khorasan Wheat-Based replacement diet improves risk profile of patients with acute coronary syndrome: A randomized crossover trial. *Nutrients* 2015;7:3401-15. doi:10.3390/nu7053401
5. Sofi F, Whittaker A, Cesari F et al. Characterization of Khorasan wheat (Kamut) and impact of a replacement diet on cardiovascular risk factors: cross-over dietary intervention study. *Eur J Clin Nutr*. 2013;67:190-5. https://doi.org/10.1038/ejcn.2012.206
6. Whittaker A, Dinu M, Cesari F et al. A Khorasan wheat-based replacement diet improves risk profile of patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM): a randomized crossover trial. *Eur J Nutr*. 2017;56:1191-200. https://doi.org/10.1007/s00394-016-1168-2
7. Sofi F, Whittaker A, Gori AM, Cesari F, Surrenti E, Abbate R, Gensini GF, Benedettelli S, Casini A. Effect of Triticum turgidum subsp. turanicum wheat on irritable bowel syndrome: a double-blinded randomised dietary intervention trial. *Brit J Nutr*. 2014;111(11):1992-9. https://doi.org/10.1017/S000711451400018X
8. Trozzi C, Raffaelli F, Vignini A, Nanetti L, Gesuita R, Mazzanti L. Evaluation of antioxidative and diabetes-preventive properties of an ancient grain, Kamut® Khorasan wheat, in healthy volunteers. *Eur J Nutr*. 2019;58(1):151-161. doi: 10.1007/s00394-017-1579-8

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ГОЛОЗЁРНОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РФ

Н.В. Тетяников

Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

Эл. почта: tetyannikovnv@ya.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Практический интерес к голозёрному ячменю прежде всего связан с его питательной ценностью и привлекательностью с экономической точки зрения. Вопросы повышения его продуктивности, и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессовым факторам могут решаться путём внедрения в селекционный процесс перспективного, генетически разнообразного исходного материала. В статье представлены результаты предварительного (2020-2021 гг.), комплексного изучения 60 генотипов голозёрного ячменя в условиях юга Московской области. Тесная взаимосвязь отмечена между признаками «урожайность» и «масса зерна с одного растения» ($r=0,593$), «урожайность» и «высота растений» ($r=0,535$), «продуктивная кустистость» и «масса 1000 зёрен» ($r=0,516$), «высота растений» и «масса зерна с одного растения» ($r=0,465$), «высота растений» и «устойчивость к полеганию» ($r=-0,393$). Двурядные формы голозёрного ячменя характеризовались более высокими значениями продуктивной кустистости, массы 1000 зёрен и устойчивости к полеганию. У многорядных образцов наблюдалась большая масса зерна с растения, потенциально высокая урожайность.

Ключевые слова: разновидность, селекция, исходный материал, коллекция, урожайность.

STUDY OF GENETIC RESOURCES OF HULLESS BARLEY IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

N.V. Tetianikov

Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

Email: tetyannikovnv@ya.ru

Practical interest in hulless barley is primarily related to its nutritional value and economic attractiveness. Increasing its productivity and resistance to biotic and abiotic stress factors can be solved by introducing promising, genetically diverse source material into the breeding process. The article presents the results of preliminary (2020-2021), comprehensive study of 60 hulless barley genotypes in the conditions of south of the Moscow region. The tight correlation between the traits “yield” and “mass of grain per plant” ($r=0,593$), “yield” and “plant height” ($r=0,535$), “productive tilling capacity” and “weight of 1000 grains” ($r=0,516$), “plant height” and “mass of grain per plant” ($r=0,465$), “plant height” and “resistance to lodging” ($r=-0,393$) were noted. Two-rowed forms of hulless barley were characterized by higher values of productive tilling capacity, weight of 1000 grains and lodging resistance. Six-rowed barley had a high grain weight per plant and potentially high yield.

Keywords: variety, breeding, source material, collection, yield.

Введение

Голозёрный ячмень, несущий рецессивный аллель гена *nud* представляет несомненный интерес не только для практической селекции, но и для сектора производства. Многими исследованиями было показано преимущество голозёрных форм ячменя над плёнчатыми по биохимическим показателям. Так, в его зерне отмечается повышенное содержание белка, незаменимых аминокислот, β -глобулинов, токоферолов, антиоксидантов, что несомненно отражается на общей пищевой ценности голозёрного зерна и его кормовых достоинствах [1,2,3,4]. Если рассматривать вопрос использования голозёрного ячменя с точки зрения производственной привлекательности, то отсутствие плёнок способствует облегчению ведения уборочных и послеуборочных работ, а также при переработке зерна [5]. Практические результаты демонстрируют положительную динамику в повышении продуктивности животных за счёт использования в их рационе голозёрного ячменя [6, 7, 8].

Несмотря на это, голозёрный ячмень проигрывает плёнчатому по урожайности, хотя в ряде случаев отмечается его потенциально высокая продуктивность [9]. Также к числу факторов, отрицательно сказывающихся на его продуктивности, относят низкую устойчивость к полеганию, высокую восприимчивость к грибным болезням, а также возможность травмирования семян [10, 11]. От части эти вопросы могут сглаживаться своевременным использованием различных агротехнических приёмов, однако наиболее эффективным решением этой задачи является привлечение в селекцию голозёрного ячменя высокоадаптивного и продуктивного селекционного материала, притом, как показали наши предыдущие исследования, среди генетических ресурсов голозёрного ячменя можно выделить перспективные источники по искомым признакам [12]. В связи с чем целью настоящего исследования являлось изучение голозёрного ячменя для выделения ценного исходного материала адаптированного к условиям Московской области.

Материалы и методика исследования

Исследование проведено в период 2020-2021 гг., в условиях юга Московской области, на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах ($55^{\circ}08'09.2''N$ $37^{\circ}57'30.7''E$). Объектом исследования служили 57 образцов из мировой коллекции ВИР, а также 3 сорта голозёрного ячменя, полученные из ФГБНУ «Омский АНЦ», относящиеся к 15 разновидностям (двурядный *subsp. distichon* L.– var. *colonicum*, *griseinudiinerm*, *nudum*, *neogenes*, *nigrinudum*, *dupliatrum*; многорядный *subsp. vulgare* – var. *acachicum*, *coeleste*, *cornutiforme*, *duplinigrum*, *himalayense*, *revelatum*, *tibetanum*, *trifurcatum*, *violaceum* (табл. 1).

Закладка опытов, проведение биометрических учётов и фенологических наблюдений за растениями выполнены в соответствии с Методическими указаниями по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса [13], методикой полевого опыта Б.А. Доспехова [14]. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методами корреляционного анализа, с использованием программного обеспечения Statistica 7. Для средних величин были рассчитаны ошибка среднего (S_x), коэффициент вариации (CV). Достоверность различий определена по t- критерию Стьюдента. В качестве стандартов использовались сорта плёнчатого ячменя Зазерский 85, Яромир (var. *nutans*), рекомендованные к возделыванию в испытываемом регионе. Площадь учётной делянки – 2 м². Норма высева – 500 шт.

Результаты и обсуждение

Анализ климатических условий показал, что вегетационные периоды существенно различались по тепло- и влагообеспеченности (табл. 2). Посев 2020 года был проведён в оптимальные сроки – I декада мая. В июне и июле наблюдалась повышенная среднесуточная температура воздуха, на фоне сильного переувлажнения. Август характеризовался дефицитом осадков. В 2021 году из-за затянувшихся дождей в начале мая сроки посева были смещены (конец II декады), что отразилось на общем состоянии растений в период их роста и развития. Температура воздуха во все месяцы была выше среднегодовых значений на 2,2-4,3°C.

Для Центральной Нечерноземной зоны основными лимитирующими признаками являются скороспелость, устойчивость к полеганию и болезням, крупнозёрность, реализация которых во многом зависит от высокой адаптивности сортов к стрессовым условиям возделывания [15,16].

Образцы ячменя, используемые в качестве объекта исследования.

Код	Генотип	Происхождение	Код	Генотип	Происхождение
G1	Местный	Россия	G31	С. I. 10975	Перу
G2	Местный	Россия	G32	С. I. 11074	Перу
G3	Местный	Россия	G33	С. I. 2253	США
G4	Местный	Россия	G34	Nepal b14-7	США
G5	Местный	Россия	G35	Athiopien-AB. 1105	Германия
G6	Местный сд-2	Россия	G36	H.3949 Sulo Coll. v. gruber	Германия
G7	-	Россия	G37	Schwarze Nackte Kraftborn	Германия
G8	Местный	Латвия	G38	Abyssinian 1139	Германия
G9	Местный	Россия	G39	Nackte aus Erytraea	Эфиопия
G10	-	Россия	G40	Местный	Эфиопия
G11	Колхозный 7	Россия	G41	Н. 3786 Jimma7	Эфиопия
G12	Гаринский	Россия	G42	Н.2198 Ubamer Vaco	Эфиопия
G13	Вышневолоцкий	Россия	G43	De printermppe	Франция
G14	Walpersi	Великобритания	G44	H.2866 Coll.Halle EP80	Эфиопия
G15	-	Россия	G45	Ra 6	Франция
G16	Местный	Россия	G46	H-3869 Gidole	Ботсвана
G17	Кабамаруми	Россия	G47	-	Россия
G18	Caspian C.I.5644	Канада	G48	N166	Россия
G19	Himalaya C.I.2448	Канада	G49	Пайтовский голозерный	Россия
G20	Ranando C.I.5170	КНДР	G50	Местный	Россия
G21	-	-	G51	24	Россия
G22	Abyssinian 1102	Швеция	G52	Местный	Россия
G23	Местный	Эфиопия	G53	N167	Россия
G24	Uamto [AHOR 350/70]	Германия	G54	Himalayen	Канада
G25	62-Ir24 Mancnugia x C.I.2286	Швеция	G55	Buck CDC	Канада
G26	Tupper	Канада	G56	Голозёрный 1	Россия
G27	Линия-1289	Россия	G57	Местный	Россия
G28	23007	Дания	G58	Омский голозёрный 2	Россия
G29	Ц-99-2837	Россия	G59	Омский голозёрный 1	Россия
G30	С. I. 11073	Перу	G60	Омский голозёрный 4	Россия

Метеорологические условия вегетационных периодов 2020-2021 гг.

Месяц	Среднесуточная температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм		
	2020 г.	2021 г.	средне-многолетние	2020 г.	2021 г.	средне-многолетние
Май	11,4	13,6	11,4	135,4	90,4	49,0
Июнь	18,3	19,7	15,4	159,7	85,5	63,0
Июль	18,6	21,6	17,7	106,8	51,0	78,0
Август	16,9	19,5	16,0	23,8	66,0	74,0

В первый год исследования продолжительность вегетационного периода голозёрных образцов варьировала в пределах от 81 до 97 суток. Фаза колошения отмечалась на 47-71 сутки. Во второй год исследования, несмотря на более поздний посев, наблюдалось сокращение периода кущения-выхода в трубку, фаза полного колошения зарегистрирована на 44-67 сутки; полная спелость на 80-91 сутки. У стандартов Зазерский 85 и Яромир полная спелость в оба года отмечена на 83-87 сутки. Среди образцов, более коротким периодом вегетации (80-81 суток) в сравнении со стандартами характеризовались G1, G4, G9, G10, G48, G56, G59 (var. *nudum*); G5, G6, G20, G25, G53, G55, G57, G58, G60 (var. *coeleste*); G18 (var. *cornutum*); G19, G52, G54 (var. *himalayense*); G22, G35 (var. *nigrinudum*); G33 (var. *revelatum*); G37 (var. *violaceum*); G38 (var. *duplinigrum*); G42, G44 (var. *griseinudiinerm*); G46 (var. *tibetanum*). У остальных генотипов вегетационный период был более растянутый или на уровне стандартов в зависимости от года.

Большинство образцов (26 шт.) голозёрного ячменя в 2020 году по морфотипу были средненизкие с высотой растений 71-80 см. Пределы варьирования отмечены от 58,8±1,4 (G33, var. *revelatum*) до 99,4±1,4 см (G47, var. *coeleste*). К группе среднерослых растений отнесено 33,3% или 20 шт., низкорослым – 18,3% (11 шт.). У стандартов среднее значение по данному признаку составило 72,4±3,1 см (Зазерский 85) и 74,4±4,4 см (Яромир). При этом большая часть исследуемого материала отличалась высокой устойчивостью к полеганию, получивших 9 баллов (54 шт.), средняя устойчивость (5 баллов) отмечена у 13 образцов, низкой устойчивостью к полеганию, получивших 3 балла, характеризовались 3 образца (G19, G47, G48). Взаимосвязь между рассматриваемыми признаками составила $r = -0,558$. В 2021 году высота растений изменялась от 40,5±1,3 (G14, var. *coeleste*) до 73,9±1,1 см (G37, var. *violaceum*), при среднем значении 60,2±0,9 см, что соответствует низкорослому морфотипу. К группе растений с высотой ниже 60 см отнесено 26 шт. Среднерослых растений не наблюдалось. Среднее значение по данному признаку у стандартов составило 56,9±0,7 см – Зазерский 85 и 56,9±1,0 см – Яромир. Высокая устойчивость к полеганию наблюдалась у 35 образцов. К числу генотипов, получивших 7 баллов отнесено 16 шт., 5 баллов – 14 шт. С низкой устойчивостью к полеганию образцов не обнаружено. Сила связи между высотой растений и устойчивостью к полеганию ослабевала ($r = -0,191$). В среднем за годы исследования (2020-2021 гг.) стабильно высокой устойчивостью к полеганию характеризовались G8, G9, G10, G20, G25, G26, G28, G31, G33, G35, G38, G40, G58, с высотой растений 54,0-69,9 см.

Среди грибных заболеваний, на растениях ячменя наблюдалось поражение тёмно-бурой листовой пятнистостью, признаки поражения отмечены на всех образцах во все годы исследования, в том числе на стандартах. Устойчивых генотипов к данному заболеванию не обнаружено. Кроме того, в первый год испытания на образцах G18; G21, G58, G60 (var. *coeleste*) зарегистрировано поражение пыльной головнёй до 5%. Во второй год, на 5 образцах (G18; G38, var. *duplinigrum*; G41, var. *acachicum*; G42, G44, var. *griseinudiinerm*) наблюдалось поражение стеблевой ржавчиной, что может быть связано с ослабленным состоянием растений, и благоприятными для развития болезней климатическими условиями.

Продуктивная кустистость определяется количеством продуктивных или колососных стеблей, сформированных одним растением. В среднем по годам растения голозёрного ячменя формировали по 3,0-3,1 продуктивных побега, при максимальном значении в 2020 году – 6,4 шт., (G48, var. *nudum*), в 2021 – 5,0 шт., (G3, var. *nudum*). Двурядные формы характеризовались большей способностью образовывать продуктивные стебли, в среднем

(2020-2021 гг.) насчитывалось по 2,6-4,6 шт., в то время как у многорядных образцов пределы варьирования составляли от 2,3 до 3,6 шт. Наиболее стабильным проявлением данного признака характеризовались генотипы G1, G4, G6, G8, G10, G11, G20, G25, G34, G40, G41, G46, G52, G53, G57, G59 (2,3-4,1 шт.) у которых коэффициент вариации (CV) не превышал 10%. Стандарты в среднем формировали по 3,2-3,4 продуктивных стебля.

Средняя масса зерна с одного растения в первый год исследования составила 2,4±0,2 г, при минимальном значении 0,9 г (G31, var. *coeleste*; G38 var. *duplinigrum*) и максимальном – 7,0 г (G47, var. *coeleste*). В вегетационный период 2021 года масса зерна с растения снизилась в среднем до 2,0±0,1 г. Наибольшее значение продемонстрировал многорядный образец G16 – 3,8 г. У сортов Зазерский и Яромир масса зерна с растений составляла 2,4-2,7 г. За два года полевых испытаний к числу генотипов с массой зерна превышающей стандарты на 0,1-2,4 граммов отнесены G27, G48 (подвид двурядного ячменя), G8, G15, G16, G21, G24, G47, G49, G50, G52 (подвид многорядного ячменя).

Анализируя массу 1000 зёрен, тесно связанную с крупностью семян, наблюдалась тенденция к снижению данного показателя во второй год исследования практически по всем образцам. Среднее популяционное значение в 2020 году составило 39,38 г, при минимуме 32,2 (G31, var. *coeleste*) г и максимуме 51,2 г (G48, var. *nudum*), в 2021 году – 34,06 г, при варьировании от 28,6 (G18) до 45,2 г (G3, var. *nudum*). У плёнчатых стандартов масса тысячи зёрен составила у сорта Зазерский 85 – 40,7-45,9 г, у сорта Яромир – 41,2-45,8 г. При этом как отдельно, так и в среднем по годам более высокие значения массы 1000 зёрен наблюдались у двурядных форм голозёрного ячменя (35,1-46,7 г) в сравнении с многорядными (28,9-38,7 г).

Условия 2020 года были более благоприятны для оптимального роста и развития растений голозёрного ячменя, что способствовало получению максимальной урожайности 387,5 г/м² у образца G47, при среднем значении стандартов Зазерский 85 и Яромир – 162,5 и 242 г/м², соответственно. Тогда как в 2021 году наибольшее значение урожайности составило 111,8 г/м² у генотипа G58. Варибельность голозёрных образцов отмечена в широких пределах 5,0-387,5 г/м² (CV=75,92%) в 2020 году и 0,2-111,8 г/м² (CV=78,97%) в 2021 году. По усреднённым данным (2020-2021 гг.) относительно высокой урожайностью, на уровне стандартов или превышающих их характеризовались генотипы многорядного ячменя G53, G16, G47, (var. *coeleste*), с урожайностью 110,2, 162,8 и 211,0 г/м², соответственно. О значительной подверженности нестабильного формирования урожайности голозёрного ячменя говорит широкий размах коэффициента вариации по всем испытываемым образцам CV=3,22-129,57 %.

Проведённый корреляционный анализ позволил выявить более тесную сопряжённость между такими признаками как «урожайность» и «масса зерна с одного растения» (r=0,593), «урожайность» и «высота растений» (r=0,535), «продуктивная кустистость» и «масса 1000 зёрен» (r=0,516), «высота растений» и «масса зерна с одного растения» (r=0,465), «высота растений» и «устойчивость к полеганию» (r= -0,393). Между остальными признаками связь была менее выражена (табл. 3).

Табл. 3.

Корреляционная матрица между изученными признаками голозёрного ячменя (2020-2021 гг.).

	ВП	ВР	УП	ПК	МР	МЗ
ВП	-0,109					
УП	0,153	-0,393*				
ПК	0,179	-0,057	-0,013			
МР	0,252*	0,465*	-0,221	0,160		
МЗ	0,061	0,043	-0,120	0,516*	0,246	
УР	-0,181	0,535*	-0,263*	0,042	0,593*	0,103

Примечание: * достоверно при $P < 0,05$; ВП – вегетационный период, ВР – высота растений, УП – устойчивость к полеганию, ПК – продуктивная кустистость, МР – масса зерна с одного растения, МЗ – масса 1000 зёрен, УР – урожайность.

Закключение

По результатам предварительной оценки (2020-2021 гг.), в условиях юга Московской области более высокими значениями продуктивной кустистости (2,6-4,6 шт.), массы 1000 зёрен (34,2-46,7 г) и устойчивости к полеганию обладают двурядные формы голозёрного ячменя. Многорядные образцы характеризуются большей массой зерна с растения (до 5,0 г), потенциально высокой урожайностью (до 211,0 г/м²).

Среди испытываемых образцов голозёрного ячменя высоким потенциалом урожайности, на уровне плёнчатых стандартов, обладают многорядные генотипы G16, G47, G53 с вегетационным периодом 80-87 суток.

Корреляционный анализ исследуемых признаков показал, что в формирование урожайности голозёрного ячменя больший вклад вносят признаки «масса зерна с одного растения» (r=0,593), а также «высота растений» (r=0,535).

Литература

- Белкина РИ, Губанов МВ, Грязнов АА, Губанова ВМ. Качество зерна сортообразцов плёнчатого и голозёрного ячменя в условиях Северного Зауралья. Агропродовольственная политика России. 2015;10:22-5.
- Грязнов АА, Лойкова АВ, Бидянов ВА. К вопросу о повышении качества семян голозёрного ячменя. Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2013;65:118-23.
- Shaveta H, Kaur S. Hulless barley: A new era of research for food purposes. J Cereal Res. 2019;11:114-24.
- Махалов АГ. Сравнительная характеристика различных сортов ячменя, используемых в составе комбикормов для гусей. В кн.: Инновационные технологии в полеводстве и декоративном растениеводстве. 2019. С. 160-6.
- Грязнов АА. Ячмень голозёрный в условиях неустойчивого увлажнения. Куртамыш; 2014.
- Кононенко СИ. Голозёрный ячмень в рационах свиней. В кн.: Аграрная наука – сельскому хозяйству. 2016. С. 133-5.
- Романова ОВ, Грязнов АА. Пигментированный голозёрный ячмень в животноводстве. В кн.: Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ. 2018. С. 889-93.
- Грязнов АА, Тарасова АВ, Кравченко АА. Анализ аминокислотного состава голозёрного ячменя сорта Нудум 95 и перспективы его использования в кормлении свиней. В кн.: Актуальные проблемы и научное обеспечение развития современного животноводства. 2019. С. 9-13.
- Thomason WE, Brooks WS, Griffey CA, Vaughn ME. Hulless barley seeding rate effects on grain yield and yield component. Crop Sci. 2009; 49:342-6.
- Тяглый СВ, Ковалева ОН, Лоскутов ИГ. Источники продуктивности голозёрного ячменя из коллекции ВИР для условий северо-запада России. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2009;165:77-83.
- Филиппов ЕГ, Дорошенко ЭС. Голозёрный ячмень состояние изученности и перспективы использования. Зерновое хозяйство России. 2015;(4):8-12.
- Тетяников НВ, Боме НА. Источники ценных признаков для селекции голозёрного ячменя. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020;181:49-55.
- Лоскутов ИГ, ред. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. ГНУ ВИР Россельхозакадемии; 2012.
- Доспехов БА. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М: Альянс, 2014.

15. Темирбекова СК, Афанасьева ЮВ, Куликов ИМ, Ковалева ОН, Ионова НЭ. Исходный материал для селекции ярового ячменя в Центральной Нечерноземной зоне. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019;(6)19-23.
16. Ерошенко ЛМ, Ерошенко АН, Ромахин ММ, Ерошенко НА. Селекция инновационных сортов ярового ячменя в условиях Центрального Нечерноземья. Зерновое хозяйство России. 2017;(3)25-8.

References

- Belkina RI, Gubanov MV, Gryaznov AA, Gubanova VM. [Reference grain quality of barley in North Trans-Urals]. *Agroprodovalstvennaya Politika Rossii*. 2015;(10):22-5. (in Russ.)
- Gryaznov AA, Loikova AV, Bidyanov VA. [On increasing grain quality of hulless barley]. *Vestnik Cheliabinskoy Gosudarstvennoy Agroinzhenernoy Akademii*. 2013. T.65. S. 118-123. (in Russ.)
- Shaveta H, Kaur S. Hulless barley: A new era of research for food purposes. *J Cereal Res*. 2019;11:114-24.
- Makhalov AG. [Comparative characteristics of different barley varieties used as forage for geese]. In: *Innovatsionnye Tekhnologii v Polevom i Dekorativnom Rasteniyevodstve*. 2019. P.160-6. (in Russ.)
- Griaznov AA. *Yachmen Golozorni v Usloviyakh Neustoychivogo Uvlazhneniya*. Kurtamysh; 2014. (in Russ.)
- Kononenko SI. [Hulless barley in forage for pigs]. In: *Agrarnaya Nauka – Selskomu Khoziaystvu*. 2016. P. 133-5. (in Russ.)
- Romanova OV, Gryaznov AA. [Pigmented hulless barley in animal farming]. In: *Nauchnoye Obespecheniye Innovatsionnogo Razvitiya Agropromyshlennogo Kompleksa Regionov RF*. 2018. P. 889-93. (in Russ.)
- Griaznov AA, Tarasova AV, Kravchenko AA. [Analysis of amino acid composition of the hulless barley Nudum 95 and its prospects for pigs feeding]. In: *Aktualnye Problemy i Nauchnoye Obespecheniye Razvitiya Sovremennogo Zhivotnovodstva*. 2019. P. 9-13. (in Russ.)
- Thomson WE, Brooks WS, Griffey CA, Vaughn ME. Hulless barley seeding rate effects on grain yield and yield component. *Crop Sci*. 2009; 49:342-6.
- Tiaglyi SV, Kovaleva ON, Loskutov IG. [Sources of productivity of hulless barley from VIR collection the Northwest of Russia]. *Trudy po Prikladnoy Botanike, Genetike i Seleksii*. 2009;165:77-83. (in Russ.)
- Filippov EG, Doroshenko ES. [Hulless barley: the state of knowledge and the prospects for usage]. *Zernovoe Khoziaystvo Rossii*. 2015;(4):8-12.
- Tetiannikov NV, Bome NA. [Sources of valuable traits for hulless barley selection]. *Trudy po Prikladnoy Botanike, Genetike i Seleksii*. 2020;181:49-55. (in Russ.)
- Loskutov IG, ed. *Metodicheskiye Ukazaniya po Izucheniyu i Sokhraneniyyu Mirovoy Kollektzii Yaachmenia i Ovsy*. GNU VIR Rosselkhozakademii; 2012. (in Russ.)
- Dospekhev BA. *Metodika Polevogo Opyta (s Osnovami Statisticheskoy Obrabotki Rezultatov Issledovaniy)*. Moscow: Alyans; 2014.
- Temirbekova SK, Afanasyeva YuV, Kulikov IM, Kovaleva ON, Ionova NE. [Starting material for spring barley selection in the Central Non-Chernozem Zone]. *Vestnik Rossiyskoy Selskokhoziaystvennoy Nauki*. 2019;(6):19-23. (in Russ.)
- Yeroshenko LM, Yeroshenko AN, Romakhin MM, Yeroshenko NA. [Selection of innovation varieties of spring barley in the Central Non-Chernozem Zone]. *Zernovoye Khoziaystvo Rossii*. 2017;(3):25-8. (in Russ.)



УДК:631/636;911;502/504;574/576

АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ И СОХРАНЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

И.А. Трофимов^{1,2*}, Л.С. Трофимова¹, Е.П. Яковлева¹, А.В. Емельянов², Е.В. Скрипникова²

¹Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, Московская область, Россия; ²Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

*Эл. почта: viktrofi@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Районирование является одним из основных путей биологизации и экологизации сельского хозяйства. Оно изучает пространственное размещение биологических закономерностей агрогеоэкосистем и обеспечивает информационную основу для управления сельским хозяйством. В целях оптимального информационного обеспечения управления территорией осуществлено агроландшафтно-экологическое районирование Центрально-Черноземного природно-экономического района. Районирование выполнено на базе разработанных нами методологических основ агроландшафтно-экологического изучения и оценки территории. В качестве контурной основы агроландшафтно-экологического районирования использованы материалы Почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Использовались также природно-сельскохозяйственное и ландшафтно-экологическое районирования территории, эколого-географические, геоботанические карты и пояснительные записки к ним, Национальный атлас почв РФ, данные государственного земельного учета, литературные и фондовые материалы, данные наземных и дистанционных наблюдений. Определены пространственное размещение биологических и экологических закономерностей агрогеоэкосистем, основные пути биологизации и экологизации сельского хозяйства, дифференцированное использование агроэкологических свойств земель, природных и хозяйственных особенностей агроландшафтов, дифференцированное применение систем ведения сельского хозяйства, приемов и технологий, культивируемых видов растений и антропогенных факторов. Установлено, что наиболее слабым звеном в динамической системе сельскохозяйственных модификаций агроландшафта является пашня, занимающая 62% площади Центрального Черноземья. Из общей площади пашни около 34% являются эрозионно опасными и 18% дефляционно опасными, из них 19% уже эродированы и дефлированы; 3% переувлажнены и заболочены, 56% кислые. Создание высокопродуктивного, устойчивого, экологически чистого сельскохозяйственного производства и здоровой среды обитания для человека, животных и сельскохозяйственных культур, предполагает необходимый компромисс отношений человека и природы, рациональное природопользование, разработку и освоение дифференцированных систем земледелия и растениеводства, максимально адаптированных к конкретным агроклиматическим, ландшафтными, экологическим, почвенным, растительным, социальным и экономическим условиям агроэкосистем территорий.

Ключевые слова: агроэкосистемы, агроландшафты, закономерности, управление.

AGRO-LANDSCAPE AND ECOLOGICAL ZONING FOR THE PROTECTION AND CONSERVATION OF SOIL AND LAND RESOURCES CENTRAL CHERNOZEM REGION

I.A. Trofimov^{1,2*}, L.S. Trofimova¹, E.P. Yakovleva¹, A.V. Emelyanov², E.V. Skripnikova²

¹Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology; ²Tambov Derzhavin State University

*E-mail: viktrofi@mail.ru

Zoning is one of the main ways of biologization and ecologization of agriculture. In order to ensure optimal information management of the territory, agro-landscape and ecological zoning of the Central Chernozem Natural and Economic region was carried out. The materials of Soil-ecological zoning of the Russian Federation were used as the contour basis of agro-landscape-ecological zoning. Natural-agricultural and landscape-ecological zoning of the territory, ecological-geographical, geobotanical maps and explanatory notes to them, the National Atlas of Soils of the Russian Federation, data of the state land registration, literary and stock materials, data of ground and remote observations were also used. The spatial placement of biological and ecological patterns of agrogeoecosystems, the main ways of biologization and ecologization of agriculture, differentiated use of agroecological properties of lands, natural and economic features of agricultural landscapes, differentiated use of farming systems, techniques and technologies, cultivated plant species and anthropogenic factors are determined. It is established that the weakest link in the dynamic system of agricultural modifications of the agricultural landscape is arable land, which occupies 62% of the area of the Central Chernozem Region. Of the total area of arable land, about 34% are erosively dangerous and 18% are deflationally dangerous, of which 19% have already been eroded and deflated; 3% are waterlogged and swampy, 56% are acidic. The creation of highly productive, sustainable, environmentally friendly agricultural production and a healthy habitat for humans, animals and crops presupposes the necessary compromise of human-nature relations, rational nature management, development of differentiated systems of agriculture and crop production.

Keywords: *agroecosystems, agricultural landscapes, patterns, management.*

Введение

Районирование является одним из основных путей биологизации и экологизации сельского хозяйства, поскольку оно изучает пространственное размещение биологических закономерностей агрогеоэко систем, обеспечивает информационную основу для дифференцированного использования природных и хозяйственных особенностей агроэко систем и агроландшафтов, адаптивного применения систем ведения сельского хозяйства, приемов и технологий, культивируемых видов растений и антропогенных факторов.

Биологизация и экологизация в сельском хозяйстве, адаптации сельскохозяйственных культур, сортов, агроэко систем и технологий к региональным, ландшафтным и экологическим условиям территорий – стратегический путь создания высокопродуктивного, устойчивого, экологически чистого сельскохозяйственного производства и здоровой среды обитания для человека, животных и сельскохозяйственных культур.

Это предполагает компромисс отношений человека и природы, рациональное природопользование, разработку и освоение дифференцированных систем земледелия и растениеводства, максимально адаптированных к конкретным агроклиматическим, ландшафтным, экологическим, почвенным, растительным, социальным и экономическим условиям агроэко систем. В жестких условиях рыночной экономики, при острой нехватке средств и материальных ресурсов интенсификация сельского хозяйства должна базироваться на максимальном использовании природно-климатических ресурсов, биологических и экологических факторов.

Материалы и методы исследования

Агроландшафтно-экологическое районирование Центрально-Черноземного природно-экономического района (ЦЧР) выполнено на базе разработанных нами методологических основ агроландшафтно-экологического изучения и оценки территории [1, 2].

В качестве контурной основы агроландшафтно-экологического районирования использованы материалы Почвенно-экологического районирования Российской Федерации [3].

Использовались также природно-сельскохозяйственное и ландшафтно-экологическое районирования территории, эколого-географические, геоботанические карты и пояснительные записки к ним, Национальный атлас почв РФ, данные государственного земельного учета, литературные и фондовые материалы, данные наземных и дистанционных наблюдений [4, 5, 6 и др.].

Результаты и обсуждение

В результате районирования изучаемая территория разделена по определенной системе на зоны, провинции, округа. Раскрыты закономерности распределения природных факторов сельскохозяйственного производства, их взаимодействие и проявление в определенных территориальных выделах, а также особенности экологического состояния агроландшафтов и использования земель.

Учитывая закономерности пространственного распределения природных условий и ресурсов, использования земель, а также их ландшафтных, экологических и биологических особенностей, рассматриваемое районирование удовлетворяет требованиям управления адаптивным кормопроизводством на научной основе.

В целях оптимального информационного обеспечения управления, в агроландшафтно-экологическом районировании осуществлена увязка природных выделов территории с административными границами субъектов федерации. По субъектам федерации приведены данные государственного учета земель и их качественного состояния.

Предлагаемое районирование предназначено для разработки и освоения адаптивных систем ведения кормопроизводства, земледелия, оптимизации агроландшафтов, рационального природопользования и охраны окружающей среды.

Установлено, что в сельском хозяйстве Центрального Черноземья происходит опасный перекокс в сторону удовлетворения экономических интересов в ущерб экологическим и социальным. В результате проведенного нами районирования, агроландшафтно-экологического анализа и оценки состояния изучаемой территории выявлены следующие обстоятельства: разбалансированность сельского хозяйства (земледелия, растениеводства, животноводства) агроландшафтов (мало средостабилизирующих элементов, составляющих их экологический каркас) структуры посевных площадей (значительное преобладание экономически привлекательных культур).

В ЦЧР наблюдается неоправданно высокая распаханность территории (58–64%) захватывающая эрозионно опасные земли. На значительной части территории отмечается кризисное состояние агроландшафтов, деградация сельскохозяйственных земель, развитие негативных процессов эрозии, дегумификации и др. Неустойчивость сельскохозяйственного производства и колебания урожайности экосистем связаны с несбалансированностью продуктивных и защитных экосистем в нарушенной инфраструктуре агроландшафтов, структуре посевных площадей и севооборотов ЦЧР.

Существенную роль в регионе играет усиление эрозионных процессов в результате интенсификации сельскохозяйственного производства с ориентацией на зерновые, пропашные монокультуры и чистые пары, оголяющие почву, ослабляющие почвозащитные и противозерозионные свойства агроэко систем. Сокращение поголовья скота повлекло за собой сокращение доли многолетних трав, основных почвообразователей, в структуре посевных площадей в 8–10 раз.

Установлено, что наиболее слабым звеном в динамической системе сельскохозяйственных модификаций агроландшафта является пашня, занимающая 62% площади ЦЧР. Из общей площади пашни около 34% являются эрозионноопасными и 18% дефляционноопасными, из них 19% уже эродированы и дефлированы; 3% переувлажнены и заболочены, 56% кислые.

В результате несбалансированности продуктивных и защитных экосистем в нарушенной инфраструктуре агроландшафтов Центрального Черноземья, структуре посевных площадей и севооборотов идет «тихий кризис» агроландшафтов, развитие негативных процессов эрозии, дегумификации, снижения плодородия почв [7, 8].

Но даже если локальные нарушения в агроэкосистемах могут быть велики, пространственные связи в природных комплексах способны в определенной степени компенсировать их на уровне более крупных природных образований – агроландшафтов. С учетом этих закономерностей необходим ландшафтно-экологический баланс, определение оптимального соотношения в агроландшафтах между площадями, занимаемыми пашней, парами, многолетней травянистой растительностью, водоемами, лесом и ООПТ.

При конструировании адаптивных агроэкосистем и агроландшафтов наиболее перспективен эволюционно-аналоговый подход. Организация земледелия, растениеводства и животноводства в агроэкосистемах и агроландшафтах наиболее целесообразна на принципах функционирования естественных экосистем, гармонизации отношений природы и человека.

Гармонизация отношений Природы и Человека осуществляется в процессе рационального природопользования в сельском хозяйстве, сбалансированном развитии отечественного растениеводства, животноводства, земледелия, структуры посевных площадей, севооборотов и агроландшафтов. Это необходимо для сохранения продуктивного долголетия сельскохозяйственных земель, агроэкосистем и агроландшафтов.

Адаптивность, биологизация и экологизация сельского хозяйства связаны с многолетними травами и травяными экосистемами, которые являются основными почвообразователями и обеспечивают устойчивость сельскохозяйственных земель к воздействию климата и негативных процессов, защищают их от воздействия стихий (засух, эрозии, дефляции).

Ведущая роль в биологизации и экологизации интенсификационных процессов в растениеводстве принадлежит однолетним и многолетним бобовым травам, а также зернобобовым культурам. Связано это с тем, что при обычных для умеренной зоны потерях гумуса под зерновыми культурами в условиях равнинного рельефа, составляющих в течение года в среднем около 620 кг/га, с помощью бобовых предшественников может быть восстановлено около 300 кг/га, т.е. почти половина, а в течение 2-х лет – восстановлено полностью [9, 10].

Сидеральный пар (с возделыванием в качестве сидератов многолетних трав) равноценен внесению 10–15 т/га навоза. Важно учитывать и то, что в результате селекции границы некоторых бобовых культур (клевера, люцерны, гороха, пелюшки и др.) продвинулись далеко на север. В целом же при длительном выращивании многолетних бобовых растений энергонасыщенность почвы за счет накопления гумуса может быть повышена до 200–250 МДж/га.

Необходимость значительного увеличения продуктивности кормовых культур, включая их более масштабное и эффективное использование, особенно актуальна в России, где концентратный тип кормления (приводящий к неоправданно высокому расходу зерна на единицу животноводческой продукции) начиная с 1980-х гг. стал преобладающим [7, 9, 10].

Травосеяние, также как и уход за сенокосами и пастбищами, обеспечивает наиболее быструю, а значит, и эффективную окупаемость материальных и трудовых затрат.

Для современного сельского хозяйства характерны переход к севооборотам с короткой ротацией и даже монокультуре, специализация на возделывании ограниченного числа видов растений, широкое распространение генетически однотипных сортов и гибридов. При этом преобладает техногенный подход.

В сложившейся стратегии интенсификации сельского хозяйства, в т.ч. земледелия, растениеводства и животноводства, деятельности сельскохозяйственных производителей доминируют не естественнонаучные приоритеты устойчивого развития экологически чистого сельского хозяйства и сохранения продуктивного долголетия агроэкосистем, а конъюнктурно-рыночные приоритеты получения быстрой выгоды.

Однако, как показывают многочисленные данные, такой односторонний подход не только обуславливает экспоненциальный рост затрат невосполнимой энергии на каждую дополнительную единицу продукции, но и представляет реальную опасность для сохранения природной среды и поддержания экологического равновесия биосферы. Преимущественно химико-техногенная интенсификация земледелия и растениеводства и узкая специализация хозяйств сопровождаются также разрушением и снижением разнообразия естественных элементов ландшафта, снижением биоразнообразия природных биоценозов, исчезновением многих природных видов растений и животных.

Полевые культуры весьма существенно различаются по их влиянию на процессы минерализации гумуса и почвообразования. Наибольшие среднегодовые потери гумуса наблюдаются под чистым паром и пропашными (1,5–2,5 т/га), средние — под зерновыми и однолетними травами (0,4–1 т/га). Под основными почвообразователями – многолетними травами, запасы гумуса увеличиваются на 0,3–0,6 т/га. Посев злаково-бобовых травосмесей эквивалентен внесению 100–150 кг/га минерального азота [1, 11].

Многолетние травы являются единственной группой сельскохозяйственных культур, способствующей расширенному воспроизводству органического вещества в почве. За счет накопления корневой массы, запасы которой в почве по мере увеличения срока использования многолетних трав (с 2–3 до 5–8 лет и более) в 2–4 раза превосходят урожайность надземной массы, улучшается баланс углерода и азота в почве. В этом состоит их важное преимущество по сравнению с однолетними культурами, особенно пропашными. Вместе с тем, надземная масса однолетних культур, поступающая в виде корма животным, способствует накоплению органических удобрений в хозяйстве. Поэтому при разработке баланса гумуса на полях в зависимости от структуры севооборота необходимо учитывать, наряду с многолетними травами, поступление органических удобрений за счет этой группы культур.

Получение экологически чистой сельскохозяйственной продукции в настоящее время также имеет важнейшее значение и является одной из стратегических целей научно-технологического развития России.

Широкое применение пестицидов в результате разрушения механизмов и структуры биоценотической саморегуляции в агроэкосистемах приводит к появлению более агрессивных и вредоносных популяций патогенов, насекомых и сорняков. Если при монокультуре неизбежна односторонняя утилизация элементов минерального питания, то при адаптивном чередовании культивируемых видов растений в продукционный процесс вовлекаются элементы питания разных горизонтов почвы, в т.ч. труднодоступные.

Так, посевы бобово-злаковых (клеверо-тимофеечных) смесей более равномерно используют всю толщу почвы и подпочвы, люпин и гречиха значительно повышают растворимость фосфоритов. Особенно велика роль предшественников на бедных почвах.

Уменьшение пестицидной нагрузки в техногенно-интенсивном сельском хозяйстве, в т.ч. земледелии и растениеводстве имеет исключительно важное значение, поскольку, несмотря на утверждение о якобы экологической и пищевой безвредности большинства синтетических пестицидов, реальная опасность их широкого применения существует для всей биосферы. В результате интенсивной химизации земледелия и растениеводства в биосфере накапливаются и циркулируют биологически активные вещества, несвойственные природной среде, в качестве источников хронической интоксикации и антропогенного загрязнения [8].

Кроме того, широкое применение пестицидов значительно усиливает давление естественного отбора среди громадного генотипического разнообразия паразитирующих видов, существенно ускоряя появление резистентных и зачастую более вредоносных форм. Широкое применение новых пестицидов изменяет давление и даже направление естественного отбора в популяциях полезных и вредных видов биоты.

Адаптивно-интегрированная защита растений, агроценозов и урожая от вредных организмов – это важнейшая составляющая любой агроэкосистемы, учитывающая ее зональные, природно-климатические, ландшафтно-экологические особенности и приспособленная к ним. Устойчивость посевов

и насаждений к биотическим стрессорам базируется на обязательном учете локальных факторов агроландшафта (микрорельефа, микроклимата, почвы и т.п.) на агробиологическом контроле и порогах вредоносности, на фитосанитарном мониторинге и прогнозировании потерь урожая от вредных видов. Знание их реакции на конкретные факторы и использование последних в защите агроценозов от биотических стрессоров «... представляет одно из основных звеньев адаптивно-интегрированной системы» и устойчивое производство продукции растениеводства [12–15].

Здоровая экосистема, здоровая почва сами защищаются от инфицирования фитопатогенами и очищаются от органических поллютантов. Только они способны стабильно и эффективно производить экологически чистую продукцию. Здоровая почва способна защищать от загрязнения сопряженные с ней компоненты ландшафта. Оздоровление почв, обеспечение посевов научно обоснованными дозами удобрений и средствами защиты растений – важнейший фактор повышения культуры земледелия и стабилизации продуктивности растениеводства. Рациональное использование минеральных и органических удобрений, мелиорантов, экологических средств защиты растений позволит сберечь и оздоровить наши почвы, приостановить их истощение, повысить производство растениеводческой продукции.

Здоровая среда обитания является необходимым условием укрепления иммунитета, повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к болезням и вредителям. Несмотря на утверждения о якобы экологической и пищевой безопасности остатков большинства используемых синтетических пестицидов, вероятность загрязнения ими продуктов питания остается высокой. Об этом, в частности, свидетельствуют снижение видового разнообразия фауны и флоры в техногенно-интенсивных агроландшафтах (их биотическое опустынивание) испарение и перенос пестицидов на большие расстояния, загрязнение ими грунтовых и дождевых вод, отрицательного влияния на здоровье окружающей среды, растений, животных, микроорганизмов и человека [10].

Важно также учитывать глобальные и локальные изменения климата, адаптация к которым предполагает уточнение агроландшафтно-экологического макро-, мезо- и микрорайонирования территории, моделей конструируемых агроэкосистем и агроландшафтов, региональных систем земледелия и растениеводства, включая оптимизацию видовой и сортовой структуры посевных площадей, а также технологий возделывания каждой культуры.

Выводы

Сельское хозяйство должно обеспечивать поддержание экологического равновесия в агроландшафтных системах. Соблюдение требований рационального природопользования, охраны окружающей среды, биоразнообразия и оптимизации управления агроландшафтами становится одним из основных условий повышения продуктивного долголетия агроэкосистем, повышения их иммунитета к болезням и вредителям, эффективности сельскохозяйственного производства.

Решение проблемы интенсификации сельского хозяйства, в т.ч. земледелия, растениеводства, кормопроизводства, животноводства должно базироваться на максимальном использовании природно-климатических ресурсов, биологических и экологических факторов

Обеспечить стабильность сельскохозяйственного производства, защитить его от засух, разрушения эрозией и дефляцией, повысить плодородие почв в полной мере может только рациональное природопользование и охрана окружающей среды – это необходимые условия для обеспечения продуктивного долголетия степных экосистем и агроландшафтов.

Сельскохозяйственную деятельность необходимо привести в соответствие с возможностями и выносливостью природы Центрального Черноземья с целью обеспечения продуктивного долголетия сельскохозяйственных земель и агроландшафтов региона для настоящих и будущих поколений.

Работа выполнена в рамках темы госзадания 20.04.06. «Разработать агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий европейской части территории России для адаптивного размещения сенокосно-пастбищных экосистем, рационального природопользования, оптимизации и охраны агроландшафтов».

Литература

1. Косолапов ВМ, Трофимов ИА, Трофимова ЛС, Яковлева ЕП. Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление. М.: Наука; 2015.
2. Косолапов ВМ, Трофимов ИА, Трофимова ЛС, Яковлева ЕП. Агроландшафты Поволжья. Районирование и управление. Москва-Киров: Вятка; 2010.
3. Урусевская ИС, Алябина ИО, Винюкова ВП, Востокова ЛБ, Дорофеева ЕИ, Шоба СА, Щипихина ЛС. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2 500 000. Москва: 2013.
4. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР. Карта масштаба 1:8 000 000.: ГУГК; 1984.
5. Каштанов АН, ред. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. М.: Колос; 1983.
6. Природные кормовые угодья Российской Федерации и сопряженных государств (карта 1:4 000 000), М.: ФСГК; 2001.
7. Косолапов ВМ, Трофимов ИА, Трофимова ЛС, Яковлева ЕП. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России. М.: РАН; 2018.
8. Косолапов ВМ, Трофимов ИА, Трофимова ЛС, Яковлева ЕП. «Тихий кризис» агроландшафтов Центрального Черноземья. Земледелие. 2014;(1):3-6.
9. Косолапов ВМ, Трофимов ИА, ред. Всероссийский научно-исследовательский институт кормов имени В.Р. Вильямса на службе российской науке и практике. М.: Россельхозакадемия; 2014.
10. Жученко АА. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. М.: Агрорус; 2009–2011.
11. Шпаков АС. Системы кормопроизводства Центральной России: молочно-мясное животноводство. М.: РАН; 2018.
12. Косолапов ВМ, Трофимов ИА, Трофимова ЛС, Яковлева ЕП. Пути повышения эффективности возделывания отечественных сортов и технологий в агроландшафтах юга России. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015;(54):305-9.
13. Глинушкин АП, Соколов МС, Торопова ЕЮ. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве. М.: Агрорус; 2016.
14. Соколов МС, Санин СС, Долженко ВИ, Спиридонов ЮЯ, Глинушкин АП, Каракотов СД, Надыкта ВД. Концепция фундаментально-прикладных исследований защиты растений и урожая. Агрохимия. 2017;(4):3-9.
15. Скрипникова ЕВ, Емельянов АВ, Скрипникова МК. Применение микробных консорциумов для деструкции органических отходов. В кн.: Биотехнология: состояние и перспективы развития. Материалы IX международного конгресса. 2017. С. 108110.

References

1. Kosolapov VM, Trofimov IA, Trofimova LS, Yakovleva YeP. Agrolandshafy Tsentralnogo Chernozemya. Rayonirovaniye i Upravleniye. Moscow: Nauka; 2015.
2. Kosolapov VM, Trofimov IA, Trofimova LS, Yakovleva YeP. Agrolandshafy Povolzhya. Rayonirovaniye i Upravleniye. Moscow-Kirov: Viatka; 2010.
3. Urusevskaya IS, Alyabina IO, Vinyukova VP, Vostokova LB, Dorofeyeva Yel, Shoba SA, Shchipikhina LS. Karta Pochvenno-Ekologicheskogo Rayonirovaniya Rossiyskoy Federatsii Masshtab 1:2 500 000. Moscow; 2013.
4. Anonymous. Prirodno-Selskokhoziaystvennoye Rayonirovaniye Zemelnogo Fonda SSSR. Karta Masshtaba 1:8 000 000. Moscow: GUGR; 1984.
5. Kashtanov AN, ed. Prirodno-Selskokhoziaystvennoye Rayonirovaniye i Ispolzovaniye Zemelnogo Fonda SSSR. Moscow: Kolos; 1983.

6. Anonymous. Prirodnye Kormovye Ugodya Rossiyskoy Federatsii i Sopriazhennykh Gosudarstv (Karta M 1 : 4 000 000). Moscow: FSGK; 2001.
7. Kosolapov VM, Trofimov IA, Trofimova LS, Yakovleva YeP. Ratsionalnoye Prirodopolzovaniye i Kormoproizvodstvo v Selskom Khoziaystve Rossii. Moscow: RAN; 2018.
8. Trofimov IA, Trofimova LS, Yakovleva YeP. [“Silent Crisis” of agricultural landscapes of the Central Chernozem Zone] Zemledelie. 2014;(1):3-6.
9. Kosolapov VM, Trofimova IA, eds. Vserossiyskiy Nauchno-Issledovatel'skiy Institut Kormov Imeni V.R. Vilyamsa na Sluzhbe Rossiyskoy Nauke i Praktike. Moscow: Rosselkhozakademiya; 2014.
10. Zhuchenko AA. Adaptivnaya Strategiya Ustoychivogo Razvitiya Selskogo Khoziaystva Rossii v XXI Stoletii. Teoriya i Praktika. Moscow: Agrorus, 2009–2011.
11. Shpakov AS. Sistemy Kormoproizvodstva Tsentralnoy Rossii: Molochno-Miasnoye Zhivotnovodstvo. Moscow: RAN; 2018.
12. Kosolapov VM, Trofimov IA, Trofimova LS, Yakovleva YeP. [Approaches to increasing the effectiveness of cultivating the domestic varieties and of technologies in the agricultural landscapes in the south of Russia]. Trudy Kubanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2015;(54):305-9.
13. Glinushkin AP, Sokolov MS, Toropova YeYu. Fitosanitarnye i Gigiyenicheskiye Trebovaniya k Zdorovoy Pochve. Moscow: Agrorus; 2016.
14. Sokolov MS, Sanin SS, Dolzhenko VI, Spiridonov YuYa, Glinushkin AP, Karakotov SD, Nadykta VD. [A concept of basic and applied studies related to plans and crops protection]. Agrokimiya, 2017;(4): 3-9.
15. Skripnikova YeV, Emelyanov AV, Skripnikova MK. [The use of microbial consortiums for destruction of organic wastes]. In: Biotekhnologiya: Sostoyanie i Perspektivy Razvitiya. Materialy IX Mezhdunarodnogo Kongressa. 2017. P. 108-10.

«»

УДК 631/636; 911; 502/504; 574/576

АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА*

И.А. Трофимов^{1,2*}, Л.С. Трофимова¹, Е.П. Яковлева¹, А.А. Шпедт², Т.А. Асеева³

¹Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса, г. Лобня Московской области;

²Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН, Красноярск;

³Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Хабаровского федерального исследовательского центра
Дальневосточного отделения РАН, Хабаровск, Россия

* Эл. почта: viktrofi@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.10.2022; принята к печати 21.11.2022

Изучение пространственного распределения ландшафтных, биологических, экологических и экономических закономерностей является необходимой основой развития высокопродуктивного, устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, что стало одним из важнейших национальных приоритетов развития России. В целях оптимального информационного обеспечения управления территорией на основе разработанных нами методологических основ выполнено агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий Восточно-Сибирского и Дальневосточного природно-экономических районов России. В качестве контурной основы агроландшафтно-экологического районирования использованы материалы Почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Использовались также природно-сельскохозяйственное и ландшафтно-экологическое районирования территории, эколого-географические, геоботанические карты и пояснительные записки к ним, Национальный атлас почв РФ, данные государственного земельного учета, наземных и дистанционных наблюдений, литературные, фондовые и другие материалы. В комплект документов агроландшафтно-экологического районирования территории входят карты, легенды, классификации кормовых угодий, классификации оленьих пастбищ, базы данных по земельным угодьям, базы данных по кормовым угодьям и пояснительные записки. Выделены зоны, горные территории, провинции, округа. Дана характеристика земельных и кормовых ресурсов, развития негативных процессов, экологического состояния, приоритетов развития единиц районирования. В Восточной Сибири выделены 136 единиц районирования. Сельскохозяйственные угодья занимают 24,7 млн га, природные кормовые угодья – 16,3 млн га, оленьи пастбища – 56,6 млн га. На Дальнем Востоке выделены 162 единицы районирования. Сельскохозяйственные угодья занимают около 8 млн га, из них пашня – 0,5%, сенокосы – 0,4%, пастбища – 0,4%, оленьи пастбища – 184,2 млн га, или 30% территории. Определены пространственное размещение биологических и экологических закономерностей агроэкоэкоосистем для устойчивого развития сельского хозяйства.

Ключевые слова: закономерности территории, управление.

AGRO-LANDSCAPE AND ECOLOGICAL ZONING IS THE BASIS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE IN EASTERN SIBERIA AND THE FAR EAST

I.A. Trofimov^{1,2*}, L.S. Trofimova¹, Ye.P. Yakovleva¹, A.A. Shpedt², T.A. Aseyeva³

¹Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnia, Moscow Oblast;

²Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk;

³Far Eastern Research Institute of Agriculture of the Khabarovsk Federal Research Center
of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia

E-mail: viktrofi@mail.ru

The study of the spatial distribution of landscape, biological and ecological patterns is a necessary basis for the development of highly productive, and sustainable agriculture, which is one of the most important national priorities of Russia's development. In order to ensure optimal information management of the territory, agro-landscape and ecological zoning of natural forage lands of the East Siberian and Far Eastern natural and economic regions of Russia has been developed. The materials of soil-ecological zoning of the Russian Federation were used as the contour basis of agro-landscape-ecological zoning. Natural-agricultural and landscape-ecological zoning of the territory, ecological-geographical, geobotanical maps, data of the state land registration, ground and remote observations, literary, stock and other materials were also used. Zones, mountainous territories, provinces, districts are highlighted. The characteristics of land and fodder resources, the development of negative processes, the ecological state, the priorities of the development of zoning units are given. 136 zoning units have been allocated in Eastern Siberia. Agricultural lands occupy 24.7 million hectares, natural forage lands – 16.3 million hectares, deer pastures – 56.6 million hectares. 162 zoning units have been allocated in the Far East. Agricultural land occupies about 8 million hectares, of which arable land – 0.5%, hayfields – 0.4%, pastures – 0.4%, deer pastures – 184.2 million hectares, or 30% of the territory. The spatial placement of biological and ecological patterns of agroecosystems are determined. **Keywords:** patterns of the territory, management.

*Полный текст статьи опубликован в журнале Биосфера (2022;14(3):193-9). DOI: 10.24855/biosfera.v14i3.695

УДК:633.12:631.523:575(479.242)

РОЛЬ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ СОЗДАНИИ НОВЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ТВЕРДОЙ

Ф.А. Худаев*, С.Т. Гаджиева, С.К. Гаджиева

Научно-исследовательский институт земледелия, Баку, Азербайджан

*Эл. почта: faiq.xudayev.1974@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Пшеница твердая, объект нашего исследования, относится к традиционным культурам для Азербайджана. Глобальные изменения климата делают необходимым создание и внедрение экологически пластичных сортов пшеницы. На местных и зарубежных сортах пшеницы твердой проведены фенологические наблюдения, оценены высота, урожайность, устойчивость к болезням, показатели качества. Сорта с отдельными положительными признаками были вовлечены в гибридизацию. Часть результатов внутривидовой гибридизации сортов с различными отдельными положительными признаками имели хорошие комплексные показатели. Они рекомендованы для гибридизации с целью обогащения геноплазмы местных сортов признаками хороших продуктивно-технологических показателей, устойчивостью к болезням и вредителям. С целью создания новых сортов пшеницы твердой эти линии изучаются в орошаемых (Тертерская ЗОС) и богарных (Джалилабадская ЗОС) районах республики. В результате созданы сорта пшеницы твердой для необеспеченных влагой богарных условий «Тадж 20» и «Галиб» переданы в ГСИ.

Ключевые слова: селекция, сорт, твердая пшеница, родительская форма, гибридизация, устойчивая линия, рост растений, болезнь, желтая ржавчина, урожайность, качество зерна.

THE ROLE OF THE SOURCE MATERIAL IN THE CREATION OF NEW VARIETIES OF DURUM WHEAT

F.A. Khudayev*, S.T. Hajiyeva, S.K. Hajiyeva

Research Institute of Crop Husbandry, Baku, Azerbaijan

*E-mail: faiq.xudayev.1974@gmail.com

The durum wheat, which is the object of our research, is one of the traditional agricultural plants cultivated in Azerbaijan. Global climate changes make it expedient to create ecologically plastic wheat varieties having high productivity potential. We hybridized durum wheat varieties of local and foreign origin and made phenological observations and determined heights, productivity, resistance to diseases, grain quality and other features. Some of the hybrid lines created by intraspecific hybridization using wheat genotypes of local and foreign origin, which have separate positive traits, had complex positive traits and were recommended for being used in hybridization with the aim to enrich the local wheat varieties with high productivity and technological-quality indicators and resistant to diseases. These lines were studied in irrigated and non-irrigated regions. As a result of the study, the newly developed varieties of durum wheat «Taj 20» and «Ghalib» were transferred to State Variety Testing.

Keywords: breeding, variety, durum wheat, parental form, crossing, crossing line, infection, yellow rust, yield, grain quality.

Введение

Почвы, как и рельефно-климатические условия Азербайджана отличаются разнообразием, что создало благоприятные условия для обилия как дикорастущей, так и культурной флоры, в том числе пшениц. В Азербайджане зарегистрировано около 4500 видов высших растений, составляющих 66% кавказской флоры, из них 25 видов относятся к Poaceae Barnh [1].

В мировой системе земледелия, а также в экономике Азербайджана зерновые и производимые из них продукты занимают одно из главных мест. Увеличение производства пшеницы является одним из важнейших вопросов, а развитие этой отрасли считается одним из приоритетных направлений в нашей стране.

Не случайно в последние годы на государственном уровне приняты важные решения и реализована система мер в направлении повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. Стратегические цели, отраженные в «Стратегической дорожной карте по производству и переработке сельскохозяйственной продукции в Азербайджанской Республике», утвержденной Указом Президента Азербайджанской Республики № 1138 от 6 декабря 2016 года. Они включают в себя укрепление устойчивости продовольственной безопасности, повышение качества научного обеспечения сельского хозяйства [2].

Глобального изменения климата делают актуальным создание и внедрение в производство экологически пластичных сортов пшеницы с высоким потенциалом продуктивности и, улучшенными показателями качества. Для этого большое значение имеет исследование исходного материала.

По мнению Н.И.Вавилова, эффективное использование генофонда растений является главным условием селекции. Самая большая трудность в селекции пшеницы заключается в том, чтобы собрать все ценные признаки и особенности в одном генотипе [3, 4].

В Азербайджане в результате отбора ценных генотипов с агрономически важными характеристиками из местных популяций пшениц созданы селекционные сорта пшеницы твердой и мягкой, радикально отличающихся от исходных форм. Также с применением методов синтетической селекции в республике достигнуты достаточно высокие результаты [5].

Основной задачей селекционеров является непрерывное создание и улучшение новых сортов пшеницы с комплексом положительных показателей [6, 7].

Цель исследований состояла в создании исходного материала для селекции новых сортов пшеницы твердой с высокой урожайностью и высокими показателями качества зерна для макаронного производства. Кроме того, созданные путем внутривидовой гибридизации с использованием местного и зарубежного генофонда с комплексом хозяйственно-ценных признаков сорта должны отличаться устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессовым факторам в различных почвенно-климатических условиях республики.

Методика

У сортообразцов пшеницы твердой местного и зарубежного происхождения проводились фенологические наблюдения, была произведена оценка генотипов по продуктивности [8], устойчивости к болезням [9], показателей качества [10, 11]. Генотипы, отличающиеся положительными признаками, были включены во внутривидовую гибридизацию общепринятыми методами.

Результаты и обсуждение

Селекционный материал, состоящий из перспективных линий и сортов пшеницы твердой, были изучены и оценены в Научно-исследовательском институте земледелия с последующим привлечением в гибридизацию. В результате были созданы сорта с улучшенными хозяйственно-ценными характеристиками: Худаферин, Реван, Гёмур-74, Ясаман, Тадж 20, Дерелаяз и др. [12].

Создание новых сортов с высокой урожайностью и качеством зерна возможно при использовании в гибридизации генотипов с комплексными ценными признаками. С этой целью из 130 генотипов пшеницы твердой, изученных в 2015-2016 вегетационном году в Апшеронском подсобно-

экспериментальном хозяйстве (ПЭХ) НИИ земледелия, в условиях орошения, по рекомендациям А.Дж. Мусаева, Ф.Ш. Махмудова, А.М. Абдуллаева, Х.Н. Рустамова и Ф.А. Худаева в фазе колошения была проведена гибридизация с привлечением 29 местных и зарубежных генотипов пшеницы твердой с комплексно положительными признаками. При гибридизации в качестве материнской формы использованы старые селекционные сорта пшеницы твердой - Шарк, Ширван 5, Туран, Кяхраба и др., и широко культивируемые в настоящее время в хозяйствах - Карабах, Баракатлы-95. Эти генотипы, несмотря на высокую адаптивность, высокорослые. Кроме того, в скрещивания включены новейшие сорта - Гёйтепе, Зангезур (Азербайджан), Затино (Франция), Кораль одесский (Украина) и хранящихся в Генбанке 6 староместных генотипов пшеницы твердой (*var. hordeiforme*, *var. murciense*, *var. apulicum*). При гибридизации эти образцы были опылены пылью низко- среднерослых генотипов (Каракылчык-2, Карабах, Тертер-2, Мирвари и др.). В результате гибридизации 33 комбинаций получена количество 647 штук гибридных зерен, завязываемость 63,3%.

Полученные гибридные зерна, посеяны вручную на площади в 1 м². Перед посевом на опытное поле под пахотный слой было внесено 100,0 кг/га нитрофоски, а ранней весной, в фазе кущения 250,0 кг азотного удобрения (NH₄NO₃). В течение вегетационного периода на опытном участке проводили орошение в фазах трубкования, колошения и формирования зерна, а также были проведены другие агротехнические работы.

Абшеронский ПЭХ, где проводились полевые опыты, расположено на Абшеронском полуострове, и распространенные в этом районе серобурье почвы менее плодородны и слабо обеспечены основными элементами питания. Абшеронский полуостров входит в зону сухих субтропиков с жарким сухим летом, тёплой осенью и умеренной зимой. На полуострове часто наблюдается северные (хазри) и южные (гилявар) ветры, климатические условия нестабильны. Климат Абшерона очень жаркий и солнечный летом и умеренный зимой. Среднегодовое количество осадков 220 мм, максимальное 250 мм, минимальное 200 мм. Относительная влажность воздуха колеблется в основном в пределах 60-80% в течение года. Зимняя и весенняя температура года в период исследования, а также количество осадков в целом соответствовали среднепогодным показателям.

Полученные в результате гибридизации 33 комбинации гибридов пшеницы твердой были изучены до четвертого поколения в сравнении со стандартным сортом пшеницы твердой Баракатлы 95. На Абшеронском ПЭХ отобрано 16 гибридных линий с высокими показателями урожайности и качества зерна, оптимальным ростом и сроком колошения, с устойчивостью к болезням. Отобранные линии были изучены в орошаемых (Тертерская ЗОС) и богарных (Джалилабадская ЗОС) условиях республики (таблица).

Табл. 1.

Стабильные гибриды пшеницы твердой отпавленные на Тертерскую и Джалилабадскую ЗОС НИИ Земледелия, Абшерон, 2020 г.

Гибридные линии	Высота растений, см	Устойчивость к желтой ржавчине	Урожайность г/м ²	Стекло-видность %	Клейковина %	Белок %
Баракатлы-95 (Стандарт)	93,0	10MS	402	92,0	26,8	13,2
[Периндж × Туран] × Мирвари, k-ST/2016/13	90,0	R	496	100	28,7	14,0
[Фадда 98 × Карабах] × Тертер, k-ST/2016/16	80,5	R	698	100	29,2	13,7
[Фадда 98 × Карабах] × Тертер, k-ST/2016/19	100	R	852	95,0	28,4	13,5
[Фадда 98 × Карабах] × Тертер, k-ST/2016/23	80,5	R	774	94,0	28,0	13,5
[Фадда 98 × Карабах] × Тертер, k-ST/2016/28	85,0	R	489	100	27,2	13,6
Затино × Туран, k-ST/2016/45	80,8	R	460	100	28,4	13,9
Затино × Туран, k-ST/2016/48	87,4	R	580	94,0	27,0	13,5
Затино × Туран, k-ST/2016/50	110	R	598	100	29,6	14,0
Мирвари × Туран, k-ST/2016/78	88,4	R	540	92,5	28,3	14,4
Мирвари × Туран, k-ST/2016/86	90,1	R	524	92,3	27,0	13,5
[Тертер × Кахраба] × Берекетли-95, k-ST/2016/107	90,1	R	558	95,0	28,5	14,2
Мирбешир-50 × Восток, k-ST/2016/123	105	R	584	100	28,0	13,9
Мирбешир-50 × Восток, k-ST/2016/133	94,8	5MR	410	98,0	27,5	14,0
[Туран × Зедони-3-56] × Каракылчык-2, k-ST/2016/137	87,8	10MR	404	95,0	28,2	13,8
<i>v.hordeiforme</i> , <i>v.murciense</i> × [Тертер × Мирвари], k-ST/2016/18 (a)	88,5	0	650	92,4	28,7	14,0
<i>v.hordeiforme</i> , <i>v.murciense</i> × [Тертер × Мирвари], k-ST/2016/19 (a)	82,6	0	525	100	28,6	14,0

Примечание: 0 – иммунный, R – устойчивый, MR – средне устойчивый, MS – средне чувствительный, S – восприимчивый

При высоком агрофоне и орошении высокорослые сорта сильно полегают, в результате чего снижается урожайность, ухудшается качество зерна и семян. С учетом этого в качестве родительских форм при гибридизации с целью создания низкорослых сортов были использованы высокорослые сорта с многими адаптивными признаками и низкорослые сорта. Так как рост родительских форм, использованных при гибридизации, в ходе исследований был разным, то и высота гибридных линий различалась, а отобранные гибридные линии имели средние показатели роста (80,5-110 см).

Одним из основных факторов, влияющих на снижение урожайности растения пшеницы и ухудшение качества продукции, являются болезни и вредители. Жёлтая, бурая и стеблевая ржавчины, мучнистая роса, пыльная головня и др. болезни наносят большой ущерб зерновым культурам. Среди болезней, наносящих ущерб урожайности, выделяются жёлтая и бурая ржавчины. Создание устойчивых к болезням сортов пшеницы и внедрение их в производство - одна из основных задач, стоящих перед селекционерами. Учитывая вышеизложенное, при отборе гибридных поколений в первую очередь были отобраны устойчивые к болезням линии. Как видно из табл. 1, две из отобранных гибридных линий (k-ST/2016/18 (a), k-ST/2016/19 (a)) иммунные к желтой ржавчине (0), другие четырнадцать гибридных линий были устойчивы (R - 10MR). Эти линии, также не были поражены бурой и стеблевой ржавчиной.

Урожайность отобранных внутривидовых гибридных линий варьировала в интервале 404,0-852,0 г и была на 2,0-180,0 г выше стандарта (Баракатлы 95 – 402,0 г). Высокой продуктивностью выделялись гибриды [Фадда 98 × Карабах] × Тертер, k-ST/2016/19 – 852 г, [Фадда 98 × Карабах] × Тертер, k-ST/2016/23 – 774 г, [Фадда 98 × Карабах] × Тертер, k-ST/2016/16 – 698, *var. hordeiforme*, *var. murciense* × [Тертер × Мирвари], k-ST/2016/18 (a) – 650,0 г.

Известно, что стекловидность зерна меняется в зависимости от количества осадков и частоты орошения. У исследованных гибридных линий стекловидность зерна варьировала в интервале 92,3-100%. В гибридных линиях: [Периндж × Туран] × Мирвари, k-ST/2016/13, [Фадда 98 × Карабах] × Тертер, k-ST/2016/16 и т.д. стекловидность составляла 100% - на 0,3-8,0% выше стандарта (Баракатлы: 95-92,0%).

Количество клейковины у стандартного сорта Баракатлы-95 составило 26,8%, а у гибридных линий этот показатель варьировал в пределах 27,0-29,6%. Затино (Франция) × Туран, k-ST/2016/50 – 29,6%; *var. hordeiforme*, *var. murciense* × [Тертер × Мирвари], k-ST/2016/18 (a) – 28,7%; [Тертер × Кахраба] × Баракатлы-95, k-ST/2016/107- 28,5%; и др. имели высокие показатели - выше стандарта на 0,2-2,8%.

Известно, что около половины ежедневной потребности человека в белке приходится на зерновые. Одна из основных проблем в обеспечении динамичного и стабильного развития макаронного производства в республике связана с отсутствием сортов с высоким содержанием белка. С учетом важности вышеизложенного было определено количество белка в гибридах пшеницы твердой и установлены изменения этого показателя в пределах 13,5-14,2%, в зависимости от гибридных линий. Количество белка у гибридов пшеницы твердой Мирвари × Туран, k-ST/2016/78 – 14,4 %, [Тертер × Кяхраба] × Баракатли-95, k-ST/2016/107– 14,2 %, var. *hordeiforme*, var. *murciense* × [Тертер × Мирвари], k-ST/2016/18 (а) - 14,0 , что на 0,3-1,0% выше стандарта (13,2%).

Выводы

Часть гибридных линий, созданных путем внутривидовой гибридизации с использованием местных и зарубежных генотипов пшеницы твердой с различными хозяйственно-ценными признаками, отличаются комплексом высоких показателей. Гибридные линии k-ST/2016/13, k-ST/2016/16, k-ST/2016/19, k-ST/2016/23, k-ST/2016/28, k-ST/2016/45, k-/2016/48, k-ST/2016/50, k-ST/2016/78, k-ST/2016/86, k-ST/2016/107, k-ST/2016/123, k-ST/2016/133, k-ST/2016/137, k-ST/2016/18a и k-ST/2016/19a рекомендуются к использованию в для гибридизации с целью обогащения гермоплазмы местных генотипов пшеницы в качестве исходного материала с высокими продуктивно-технологическими показателями качества устойчивостью к болезням. С целью создания новых сортов пшеницы твердой эти линии включены в испытание в орошаемых (Тертерская ЗОС) и богарных (Джалилабадская ЗОС) условиях. В результате исследований для необеспеченных влагой богарных регионов созданы и переданы в ГСИ сорта пшеницы твердой Тадж 20 и Галиб.

Литература

1. [Исследования биоразнообразия в Азербайджанской Республике. Первый национальный доклад о конверсии биологического разнообразия]. Баку; 2004 г. (На азербайджанском).
2. [Стратегическая дорожная карта по производству и переработке сельскохозяйственной продукции в Азербайджанской Республике]. Баку; 2016. (На азербайджанском).
3. Вавилов НИ. Научные основы селекции пшеницы. М.-Л.: Сельхозгиз; 1935.
4. Вавилов НИ. Научные основы селекции пшеницы. В кн.: Бахтеев Ф, ред. Избранные статьи Вавилова Н. И. Т 2. Ленинград: Наука; 1967. С. 7-25
5. Алиев Джа, Талаи ДжМ, Мусаев АДж, Ахмедов МГ, Абдуллаев АМ. [Роль селекционных достижений института земледелия в увеличении производства пшеницы в Азербайджане]. [Сборник научных трудов Аз. НИИЗ]. 2015;XXVI: 8-23. (На азербайджанском).
6. Tack J, Barkley A, Nalley LL. Effect of warming temperatures on US wheat yields. Proc Natl Acad Sci USA. 2015;112:6931-6.
7. Reynolds M, Foulkes J, Furbank R, Griffiths S, King J, Murchie E, Parry M, Slafer G. Achieving yield gains in wheat. Plant Cell Environ. 2012;35: 1799-823
8. Мусаев АДж, Гусейнов ГС, Мамедов ЗА. [Методика полевых опытов по научно-исследовательским работам в области селекции зерновых культур]. Баку; 2008. (На азербайджанском).
9. McIntosh RA, Wellings CR, Park RP. Wheat Rusts. An Atlas of Resistance Genes. CSIRO and Kluwer Publishers; 1995. P. 149-77
10. Методы оценки технологических качеств зерна. Москва: Научный совет по качеству зерна; 1971.
11. Жемела ГП, ред. Справочник по качеству зерна. Киев: Урожай; 1977.
12. Худаев ФА, Мусаев АДж., Гаджиева СК, Гусейнов СИ, Фейзуллаев ГА, Асадуллаев ШС. [Некоторые результаты селекции твердой пшеницы в условиях Южной Муги]. Сборник научных трудов НИИЗ. 2018;XXIX:93-7. (На азербайджанском).

References

1. Anonymous. [Studies on Biodiversity of the Republic of Azerbaijan. First National Report on Biological Diversity Conversion]. Baku; 2004. (in Azerbaijani)
2. Anonymous. [Strategic Roadmap for the Production and Processing of Agricultural Products in the Republic of Azerbaijan]. Baku; 2016. (in Azerbaijani)
3. Vavilov NI. Nauchnye Osnovy Seleksii Pshenitsy. Moscow-Leningrad: Selkhozgiz: 1935. (in Russ.)
4. Vavilov NI. [Scientific basis of wheat breeding]. In: Bakhteyev F. Izbrannye Statyi Dfbdkiva N. I., T. 2. Leningrad: Nauka; 1967. Pp. 7-25 (in Russ.)
5. Aliyev Dzha, Talai DzhaM, Musayev ADzh, Ahmedov MG, Abdullayev AM. [The role of breeding achievements of the Institute of Crop Husbandry in increasing wheat production in Azerbaijan]. Sbornik Nauchnyh Trudov Az NNIZ. 2015;XXVI:8-23. (in Azerbaijani)
6. Tack J, Barkley A, Nalley LL. Effect of warming temperatures on US wheat yields. Proc Natl Acad Sci USA. 2015;112:6931-6.
7. Reynolds M, Foulkes J, Furbank R, Griffiths S, King J, Murchie E, Parry M, Slafer G. Achieving yield gains in wheat. Plant Cell Environ. 2012;35: 1799-823
8. Musayev ADzh, Guseynov GS, Mamedov ZA. [Methodology of Field Experiments on Research Works in the Field of Cereal Crop Selection]. Baku, 2008. (in Azerbaijani)
9. McIntosh RA, Wellings CR, Park RP. Wheat Rusts. An Atlas of Resistance Genes. CSIRO and Kluwer Publishers; 1995. P. 149-77
10. Anonymous. Metody Otsenki Tekhnologicheskogo Rfchestva Zerna. Moscow: Nauchnyi Sovet po Kachestvu Zerna, Moscow; 1971. (in Russ.)
11. Zhemelia GP, ed. Spravochnik po Kachestvu Zerna. Kiev: Urozhay; 1977. (in Russ.)
12. Khudayev FA, Musayev ADzh, Gadzhiev SA, Guseynov SI, Feyzullayev GA, Asadullayev ShS. [Some results of durum wheat breeding conducted under the non-irrigated conditions of Southern Mugan]. [Proceedings of Research Institute of Crop Husbandry]. 2018;XXIX:93-7 (in Azerbaijani)

«»

УДК:632.4.01/.08:631.466.1

ИЗМЕНЕНИЯ В КОМПЛЕКСЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ (ЧЕРНОЗЕМ ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ) В СВЕКЛОВИЧНОМ АГРОЦЕНОЗЕ

А.А. Шамина*, О.И. Стогниенко

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы имени А.Л. Мазлумова, Московская область, Россия

*Эл. почта: proet@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Узкая специализация растениеводства и внедрение малозатратных технологий влияют на структуру почвенного комплекса микроскопических грибов. В ней растет доля фитопатогенных видов, способствуя развитию болезней корневой системы, фитотоксикозов и почвоутомлению. Выявление видового состава, распространения, вредоносности и экологических особенностей формирования и изменений структуры почвенной микобиоты агроценозов остается актуальной задачей исследований. В работе использованы общепринятые материалы и методы. Отбор проб проводился методом квадратов в мае, июле и октябре в 4-х кратной повторности. Определены видовой состав, частота встречаемости и обилие видов почвенных грибов. Численность грибов определяли методом почвенного разведения с высевом 4-го разведения на среде Чапека и на кукурузный и почвенный агар. Приведены результаты многолетних исследований в свекловичном агроценозе. Выявлены группы

типичных и случайных видов грибов. Установлены особенности изменения пространственной и временной частоты встречаемости, относительного обилия вида и численности почвенных грибов, в том числе *Fusarium* sp., наиболее вредоносных на черноземе выщелоченном. Полученные данные могут быть использованы при формировании интегрированных приемов защиты растений и всей системы земледелия.
Ключевые слова: фитопатогенные почвенные грибы (микобиота), частота встречаемости вида, обилие вида, сахарная свекла, болезни корневой системы сахарной свеклы.

CHANGES IN THE STRUCTURE OF THE COMPLEX OF SOIL MICROSCOPIC FUNGI OF SUGAR BEET AGROCENOSIS ON LEACHED CHERNOZEM

A.A. Shamin*, O.I. Stognienko

A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet, Moscow Region, Russia

*E-mail: proet@mail.ru

The narrow specialization of crop production and the introduction of low-cost technologies affect the structure of the soil complex of microscopic fungi. The proportion of phytopathogenic species increases contributing to the development of root system diseases, phytotoxicosis and soil fatigue. Identification of the species composition, distribution, harmfulness and ecological features and of changes in the structure of soil mycobiota in agrocenoses is an urgent task. In the present work, conventional materials and methods were used. Sampling of the rhizosphere was carried out by the method of squares in May, July and October in 4-fold repetitions. Species composition, frequency of occurrence and the abundance of soil fungi types were determined using soil samples culturing, after their fourth dilution, on Chapek medium and on corn and soil agar. Groups of typical and random species of fungi have been identified. The characteristics of changes in the spatial and temporal frequency of occurrence and relative abundance of species and in the abundance of soil fungi, including the most harmful ones, *Fusarium* spp., on leached chernozem were determined. The data may be useful for the development of integrated plant protection techniques and for the entire farming system.

Keywords: Phytopathogenic soil fungi (mycobiota, frequency of occurrence of the species, abundance of the species, sugar beet, diseases of the root system of sugar beet.

Введение

Выявление видового состава, распространения, вредоносности и экологических особенностей развития сообществ микромицетов продолжает оставаться актуальной задачей исследований в фитопатологии, защите растений, земледелии и др. Основу большинства почвенных комплексов микроорганизмов составляют микроскопические грибы (микобиота)[7]. Наиболее заметные изменения в ней происходят в зонах активной хозяйственной деятельности. Разнообразие и структура сообществ почвенных грибов выступает важной характеристикой антропогенного влияния на экосистемы [6].

Узкая специализация растениеводства и внедрение малозатратных технологий, привели к изменению структуре почвенного комплекса микроскопических грибов. Усилилось накопление фитопатогенов в верхнем пахотном горизонте, способствуя развитию болезней корневой системы, фитотоксикозов и почвоутомлению [8, 3].

Целью исследований стало всестороннее изучение комплекса видов почвенных микроскопических грибов, населяющих окультуренные почвы чернозема выщелоченного в свекловичных агроценозах ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова.

Материал и методы исследования

Использованы общепринятые материалы и методы исследований. Пробы ризосферы были отобраны методом квадратов в мае, июле и октябре в 4-х кратной повторности [1]. Определяли видовой состав, частоту встречаемости и обилие вида почвенных грибов [2]. Определяли численность ризосферных грибов модифицированным методом почвенного разведения [4] с высевом 4-го разведения на среду Чапека и на кукурузный и почвенный агар.

Были рассчитаны показатели относительного обилия вида (ООВ, ОВ), частоты встречаемости (ЧВ) и численности КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы. На основе установленной временной частоты встречаемости удалось выделить типичные и случайные виды патогенов для нашей зоны.

Результаты и обсуждение

Главными представителями почвенной микобиоты являются факультативные паразиты, ведущие сапротрофный образ жизни, но при определенных условиях способные поражать ослабленные растения или их части. Подавляющее число выделенных видов – анаморфные грибы (Anamorphic fungi). Это грибы с вегетативным телом в виде септированного мицелия или отдельных клеток, размножающиеся бесполом путем, делением или почкованием. Объединение в эту группу основано на поверхностном сходстве (мицелий, конидии, конидиеносцы). Несколько установленных видов относятся к классу Zygomycetes., это в основном *Rhizopus* spp., *Mucor* spp. и *Mortierella* spp.

За последние 10 лет произошло существенное сокращение видового разнообразия (табл. 1) с 2010 по 2013 год выделено около 40 видов различных грибов, а с 2016 по 2021 год не более 30. Видовое разнообразие сократилось практически в 1,3 раза. Нами проведено разделение почвенного комплекса по среднему за 10 лет обилию вида на 3 условных группы: 1 – ОВ ≥ 5% (5 видов) 2 – ОВ = 1 – 5 % (20 видов) 3 – ОВ < 1 % (более 22 видов). Эти группы предложены в качестве дополнительного параметра к показателю ЧВ, по которому можно сформировать представление о наиболее типичных видах.

Грибов из группы Zygomycetes за весь период исследований выделено 5 видов, а из группы Anamorphic fungi более 42 видов, то есть около 90 % всех выделенных видов.

Для мукоровых показатель обилия вида в первые 4 года исследований составлял 0,2 – 4,3 %. После 2013 года обилие сократилось практически вдвое и не превышало 1,9 %. В среднем за 10 лет обилие Мукоров составило 1,6 %. Грибы *Mortierella* sp. – типичные почвенные сапротрофы и поэтому они встречались в структуре почвенной микобиоты на протяжении всех лет исследований. Их обилие изменялось в пределах 1,4 – 7,8 %, составляя в среднем 3,5 % общего числа микромицетов.

Патогенный вид *Rhizopus stolonifer* выделялся при анализе почв на протяжении всего периода исследований. Несмотря на то, что его ООВ довольно резко изменялось от 1,8 до 9,1%, *Rhizopus* один из пяти видов который относился к 1 группе обилия (ср. ОВ ≥ 5%) Это указывает, что он зачастую может выступать в качестве самостоятельного возбудителя болезней корневой системы сахарной свеклы.

Среди несовершенных видов почвенных грибов следует выделить виды *Alternaria alternata* и *Cladosporium herbarum*. Они присутствовали в почвенном комплексе на протяжении всего периода исследований. По показателю среднего ОВ эти виды относились к группе 2 обилия (1 – 5 %). ОВ *A. alternata*, а исключением 2010 и 2019 годов, составляло 3 – 6,7 %.

В структуре фитопатогенов из представителей рода *Aspergillus* выделено более 3 видов. Основными были *A. flavus*, *A. candidus*, *A. niger*. Суммарное ОВ представителей рода *Aspergillus* в 2021 году составило 17,5% и было наибольшим за 10 лет. По показателю среднего ОВ каждый вид *Aspergillus* относился к группе 2.

Экологические характеристики видов почвенных микроскопических грибов (ВНИИСС, 2010–2021 гг.).

Год	Видовой состав, и относительное обилие											Частота встречаемости									
	2010	2011	2012	2013	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2010	2011	2012	2013	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Zygomycetes																					
<i>Absidia</i> sp.	0,7	0,1	0,1	0,3			0,6				11,1	3,7	7,4	14,8			16,7				
<i>Mucor hiemalis</i>	0,8	2,7	2,0	4,3							11,1	66,6	70,3	96,3							
<i>Mucor</i> sp.	3,9	0,2	0,4	1,5		0,9	1,9	0,5		0,6	40,7	7,4	22,2	44,4		8,3	43,8	12,5		8,3	
<i>Rhizopus stolonifer</i>	7,1	7,3	1,8	3,8	5,9	4,9	2,3	9,1	5,4	2,2	85,2	100,0	62,9	96,3	26,6	81,3	52,1	83,3	50,0		
<i>Mortierella</i> sp.	2,4	3,1	3,8	4,6	7,8	1,4	2,6	3,5	3,6	2,3	25,9	74,0	92,6	85,2	32,8	22,9	45,8	37,5	25,0	16,6	
Anamorpha fungi																					
<i>Acremonium</i>	1,0	1,4	0,9	1,2	0,8	0,4	1,5	3,0	1,4	1,9	14,8	37,0	44,4	51,8	7,0	6,3	27,1	25,0	8,3	8,3	
<i>Alternaria alternata</i>	0,6	4,1	3,4	6,0	6,6	3,1	5,0	1,7	6,7	5,6	7,4	70,3	88,9	100,0	32,8	31,3	89,6	33,3	41,7	8,3	
<i>Aspergillus</i> ssp.	0,3	1,8	1,3	1,3		4,9	4,0	1,5		5,1	3,7	25,9	44,4	40,7		39,6	70,8	25,0		16,5	
<i>Asp. flavus</i>	0,9	2,3	2,2	3,2		2,7	2,1	2,6		8,6	7,4	51,8	77,8	81,5	35,9	12,5	27,1		16,7	8,3	
<i>Aspergillus candidum</i>	0,5	5,3	1,7	3,3	6,0	0,9	1,3		1,6	3,8	7,4	70,3	62,9	70,3		20,8	33,3	37,5		24,9	
<i>Aspergillus niger</i>	2,4	3,2	2,0	2,3		1,7		0,3			14,8	55,5	70,3	70,3		22,9		8,3			
<i>Botrytis cinerea</i>	0,9										14,8										
<i>Cl. herbarum</i>	3,0	2,7	3,7	3,5	4,7	2,0	1,4	1,1	3,2	1,0	33,3	62,9	96,3	92,6	32,8	16,7	29,2	12,5	33,4	8,3	
<i>Fusarium</i> ssp.		1,6	1,5			0,4	0,3	6,8		0,4		22,2	44,4			4,2	8,3	91,7			
<i>Fusarium oxysporum</i>	8,1	7,3	5,2	5,4	8,6	8,4	7,7	8,5	4,8	7,3	77,7	96,3	100,0	96,3	59,4	79,2	89,6	83,3	41,7	16,6	
<i>Fusarium solani</i>	2,3	4,4	4,9	4,1	4,8	7,5	6,4	4,5	5,8	6,0	29,6	85,2	100,0	96,3	25,0	79,2	87,5	54,2	41,7	24,9	
<i>Fusarium gibbosum</i>	2,0	1,0	1,1	1,3		0,6	1,4	0,9		2,8	25,9	33,3	59,2	59,2		10,4	31,3	16,7		16,6	
<i>F. oxy.v.ortoceras</i>	2,4	1,5	0,4	4,3							25,9	40,7	14,8	92,6							
<i>Fusarium sambucinum</i>		0,1	2,5	0,2								3,7	74,1	22,2							
<i>Fusarium semitectum</i>			0,5	0,3									29,6	14,8							
<i>F. oxy. v.acuminatum</i>	0,7										7,4										
<i>Fusarium solani</i> зеленый	1,1										7,4										
<i>Gliocladium</i> sp.	1,5	1,5	5,4	6,8	7,2	2,2	2,9		1,9	4,7	22,2	22,2	100,0	100,0	18,8	10,4	58,3		16,7	16,6	
<i>Penicillium</i> sp.	15,0	13,3	10,2	4,7	10,0	10,2	5,9	8,9	19,0	9,1	92,6	92,6	100,0	74,1	62,5	68,8	87,5	54,2	75,0	50,0	
<i>P. auranto-candidum</i>		0,6	1,1									11,1	18,5								
<i>P. brevicompactum</i>		1,8	13,0	2,5		0,1	0,3	1,6	1,2	0,6		11,1	81,5	22,2		2,1	4,2	20,8	8,3	8,3	
<i>Penicillium digitatum</i>		1,5	1,8	4,6		2,6	4,1	0,8		3,1		37,0	62,9	88,9		27,1	70,8	16,7		16,6	
<i>Penicillium cyclopium</i>	0,8	2,2	3,3	5,6	7,2	3,7	6,0	4,9	13,1	4,0	7,4	40,7	88,9	100,0	42,2	35,4	77,1	62,5	50,0	8,3	
<i>P. chrysogenum</i>		3,7	4,1	5,9	0,4	4,9	5,8	4,6	5,2	7,4		33,3	77,7	100,0	3,1	41,7	77,1	50,0	33,4	16,6	
<i>Penicillium expansum</i>	1,9	2,9	7,6	8,1	5,4	6,7	6,4	2,1	4,2	4,2	11,1	40,7	85,2	88,9	21,9	37,5	89,6	33,3	25,0	24,9	
<i>Penicillium notatum</i>	4,1	2,1	0,4	0,3							18,5	33,3	22,2	11,1							
<i>Penicillium soliteum</i>	0,5	0,6	0,2	1,4							3,7	11,1	11,1	33,3							
<i>Penicillium luteum</i>			0,8	0,3									22,2	14,8							
<i>Penicillium liloceum</i>			0,3	0,2									14,8	14,8							
<i>P. purpurogenum</i>	1,1	0,6	2,5	1,3	2,1	2,8	3,0	0,7		3,2	14,8	7,4	70,3	51,8	7,8	29,2	50,0	16,7		24,8	
<i>Penicillium polonicum</i>		0,4	1,0	1,3		0,2	1,8	0,2				7,4	37,0	44,4		4,2	35,4	4,2			
<i>Penicillium friqucans</i>		0,6										11,1									
<i>Penicillium roeqforti</i>	0,3	1,6				0,2					3,7	33,3				2,1					
<i>Penicillium viridicatum</i>	1,1										7,4										
<i>Penicillium cummine</i>		0,5	1,2	0,6		12,2	2,5	9,7	0,5	4,7		7,4	44,4	18,5		29,2	43,8	45,8	8,3	16,6	
<i>Penicillium glabrum</i>	5,5	2,2	0,4	0,1		0,3					51,8	33,3	11,1	3,7		4,2					
<i>P. griseofolium</i>		3,5	1,5	0,4		1,1						51,8	37,0	11,1		2,1					
<i>Penicillium citrinum</i>		3,3	1,0	1,9								33,3	33,3	59,2							
<i>Penicillium candidum</i>						2,0	7,3	7,5	16,7	4,3						20,8	87,5	66,7	58,4	8,3	
<i>Penicillium rubrum</i>					0,4										1,6						
<i>Phoma betae</i>	0,5		0,2	0,2							3,7		7,4	7,4							
<i>Trichoderma viride</i>	7,7	2,5	2,1	2,7	7,5	3,3	5,6	10,2	3,9	3,5	77,7	62,9	66,6	74,0	43,8	54,2	89,6	100,0	50,0	16,6	
Прочие грибы	19,0	4,4	2,2	0,3	14,7	7,8	9,8	4,7	1,8	3,6	81,5	59,2	48,1	14,8	19,1	39,6	85,4	37,5	8,3	8,3	

Постоянное присутствие аспергиллов в структуре почвенного комплекса связано с их хорошей устойчивостью к неблагоприятным условиям. Представители этой группы считаются ксерофильными грибами, а в зоне ЦЧР (в т.ч. на полях ВНИИСС) недостаток влаги один из главных неблагоприятных факторов.

Вид *Trichoderma viride* выделялся на протяжении всего периода исследований. Его обилие вида в 2019 году достигало 10,2%. По величине среднего ОБ гриб отнесен к группе 2, но на самом деле он был пограничным видом (среднее ОБ = 4,9 %).

Грибы рода *Penicillium* являются типичными почвенными грибами и характеризуется экологической пластичностью и большой устойчивостью к воздействию неблагоприятных условий среды. Поэтому это группа на протяжении всего периода исследований была представлена наибольшим видовым разнообразием в структуре почвенного комплекса микобиоты. Наиболее типичные виды: *P. digitatum*, *P. brevicompactum*, *P. expansum*, *P. chrysogenum*, *P. cyclopium*, *P. purpurogenum*, *P. commune*, *P. candidum*. Суммарное обилие видов рода *Penicillium* изменялось в пределах 26 – 60 %. В среднем их доля составляла почти половину (47 %) от общего количества выделенных видов в структуре почвенного комплекса. Два вида *P. expansum* и *P. cyclopium* относились к группе 1 обилия ($OB \geq 5$ %). Примечательно, что эти же виды зачастую выступали возбудителями болезни корневой системы сахарной свеклы.

Особый интерес представляет группа почвенных микроскопических грибов рода *Fusarium*. Это связано с тем, что в зоне ЦЧР наиболее распространены болезни корневой системы сахарной свеклы фузариозной этиологии [5]. Их доля в структуре почвенных грибов составляла 11–21% от общего числа выделенных колоний. Общее число видов, которые были выделено в течение 10 лет, составило 9 наименований. Наибольших значений ОБ среди всех видов и родов грибов за время исследований достигали виды *F. oxysporum* (до 8,6 %) и *F. solani* (до 7,5 %). Эти же виды отнесены к группе 1 обилия и составляли большую часть в ризосферном и патогенном комплексах грибов.

Важным показателем, по которому можно оценить многообразие, выделить типичные и случайные виды любого комплекса тех или иных организмов, является частота встречаемости. Встречаемость (частота встречаемости, коэффициент встречаемости, ЧВ) – это относительное число выборок (образцов), в которых встречается вид. Благодаря ЧВ, удалось сформировать среднеголетнюю структуру видов – возбудителей корнееда (табл. 1).

Установленные для некоторых фитопатогенов (*Absidia* sp., *Botrytis cinerea*, *Phoma betae* и др) показатели ЧВ выявили случайный характер их присутствия в структуре почвенного комплекса микобиоты. Некоторые виды (*F. oxysporum* v. *acuminatum*, *P. viridicatum*, *P. rubrum* и др. выделялись в период исследований только единожды, и их временная ЧВ была менее 10 %.

Наибольшая средняя частота встречаемости была у рода *Mucor* (96%). В среднем за 10 лет временная частота встречаемости муконовых составила 24%. Это означает, что муконовые в структуре патогенов корнеедов является типичными и входят в категорию редких видов (ЧВ) = 10–30%). Интересно отметить, *Mucor hiemalis* доминировал (ЧВ >60%) в комплексе почвенной микобиоты, но после 2013 г. полностью перестал встречаться. Грибы *Mortierella* sp. также являются типичными и в общем частыми видами (средняя ЧВ за 10 лет – 46 %) в структуре почвенных микроорганизмов. В 2012 году частота встречаемости грибов рода *Mortierella* составляла 92,6% и достигала наибольшего значения за период исследований. Значение временной частоты встречаемости *Rhizopus stolonifer* изменялось в пределах 26–100%, и только в 2021 году впервые не был выделен ни в одной из проб. По показателю среднеголетней ЧВ он является не только типичным видом в структуре патогенов, но и относится к группе доминирующих (ЧВ = 64%).

Такие виды как *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum* *A. flavus*, *A. candidus*, также являлись типичными и частыми представителями почвенной микобиоты исследованных полей (Временная ЧВ за 10 лет до 50%). До 2016 года вышеназванные виды были доминирующими в почвенном комплексе (ЧВ до 75–100%).

Trichoderma viride наблюдался в структуре почвенного комплекса на протяжении всего периода исследований как доминирующий (ЧВ = 43,8–100 %), и только в 2021 году этот показатель снизился до 16,6%.

Отдельные виды рода *Penicillium* оказались не просто типичными, а частыми и доминирующими видами. Средняя за десять лет исследований временная частота встречаемости рода составила 100%. Наиболее часто встречались *P. digitatum* (среднеголетняя ЧВ 32%), *P. chrysogenum* (51%), *P. cyclopium* (43%), *P. expansum* (46%).

Fusarium sp. – единственная группа грибов, представители которой по среднеголетней ЧВ доминировали в структуре популяции почвенных микромицетов (*F. oxysporum* (74%) и *F. solani* (62%).

Частота встречаемости *F. oxysporum* изменялась в пределах 42–100% (исключение 2021 год – 16,6%). Вторым по показателю средней за десять лет частоты встречаемости был *F. solani* (24–100 %). Эти виды присутствовали во всех пробах почвы, исследованных за 10 лет.

Результаты подсчета среднеголетней общей численности почвенных видов грибов показали, что в среднем она изменяется от 170 до 450 тыс. КОЕ / 1 г абсолютно сух. почвы (далее – тыс. КОЕ/1 г) (рис. 1). Конечно, в отдельные годы (например, 2012–2013 гг.) в наиболее жаркие периоды вегетации (например, в июле при достаточном количестве влаги) на отдельных полях (с научно-обоснованными лучшими дозами минеральных и органических удобрений) численность выделенных грибов превышала и 700 тыс. КОЕ/1 г.

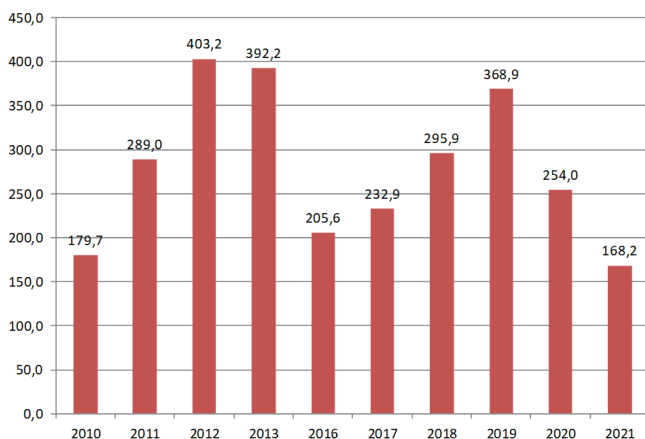


Рис. 1. Общая численность почвенных видов грибов (ВНИИСС, 2010–2021 гг.), тыс. КОЕ / 1 г.

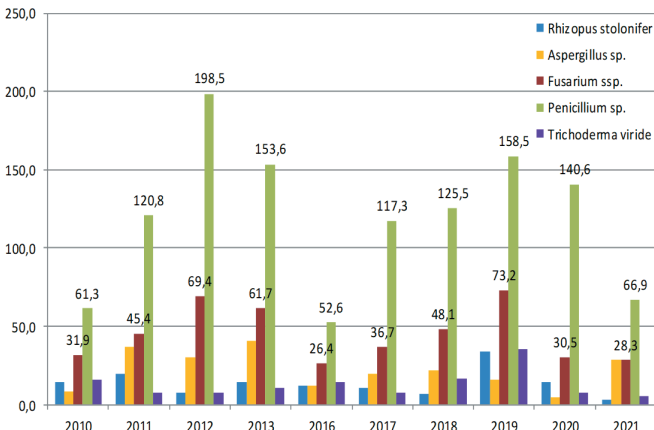


Рис. 2. Изменения численности наиболее типичных почвенных групп грибов (ВНИИСС, 2010–2021 гг.), тыс. КОЕ / 1 г.

Важно отметить, что изменение численности происходит как бы «волнами», что связано с неблагоприятными условиями погоды в период вегетации года исследований. При неблагоприятных гидротермических условиях года численность резко сокращается, а затем даже при достаточно благоприятных условиях восстанавливается постепенно.

Анализ изменений численности отдельных групп почвенных грибов показал, что первым по численности был род *Penicillium* sp. (52,6 – 198,5 тыс. КОЕ/1 г) (рис. 2). Общая численность *Penicillium* sp. превышала численность любой другой группы патогенов минимум в 2,5 раза. Так, в отдельные годы численность *Trichoderma* (тоже доминирующей и распространенной типичной группы почвенных грибов) была ниже в 25 раз.

Вторым по численности в структуре почвенных видов в течение всего исследования был род *Fusarium*. Его средняя численность изменялась от 26 до 73 тыс. КОЕ/1 г (в 2,5 раза меньше *Penicillium* sp.). Доля фузариума составляла от среднегодовой численности 12–20 % (а вместе с *Penicillium* sp. – до 67 % от общей численности). Третьей по численности группой были *Aspergillus* sp. (4,7–40,8 тыс. КОЕ/ 1 г).

По итогам анализа многолетних данных по частоте встречаемости почвенных видов грибов была сформирована структура комплекса (табл. 4).

Табл. 4.

Изменения в комплексе микобиоты почвы (ВНИИСС, 2010–2021 гг.).

Год	Типичные виды			Случайные
	Доминирующие	Частые	Редкие	
	Частота встречаемости, %			
	>60	30-60	10-30	<10
2010	<i>R. stolonifer, F. oxysporum, Penicillium ssp., T. viride</i>	<i>Mucor sp., C. herbarum, F. solani, P. glabrum</i>	<i>Absidia ssp., Mucor hiemalis, Acremonium ssp., Alternaria alternata, Aspergillus niger, Botrytis cinerea, F. oxysporum v. ortoceras, F. gibbosum, Mortierella sp., Gliocladium sp., P. expansum, P. purpurogenum</i>	<i>Aspergillus ssp., A. candidus, A. flavus, Gliocladium sp., Fusarium oxysporum v. acuminatum, Penicillium cyclopium, P. soliteum, P. roequeforti, P. viridicatum, Phoma betae</i>
2011	<i>Mucor hiemalis, R. stolonifer, A. alternata, A. candidus, C. herbarum, F. oxysporum, F. solani, Mortierella sp., Penicillium ssp., T. viride</i>	<i>Acremonium ssp., A. flavus, A. niger, F. gibbosum, F. oxysporum v. ortoceras, Penicillium digitatum, P. cyclopium, P. chrysogenum, P. expansum, P. notatum, P. roequeforti, P. glabrum, P. griseofolium</i>	<i>Aspergillus ssp., Gliocladium sp., P. aurantio-candidum, P. brevicompactum, P. soliteum, P. friquintans, и др.</i>	<i>Absidia ssp., Mucor sp., Fusarium sambucinum, P. purpurogenum, P. polonicum, P. commune и др.</i>
2012	<i>Mucor hiemalis, R. stolonifer, A. alternata, A. candidus, A. flavus, A. niger, C. herbarum, F. oxysporum, F. solani, F. sambucinum, Gliocladium sp., Mortierella sp., Penicillium ssp., P. brevicompactum, P. digitatum, P. cyclopium, P. chrysogenum, P. expansum, P. purpurogenum, T. viride</i>	<i>Acremonium ssp., Aspergillus ssp., F. gibbosum, F. semitectum, P. polonicum, P. commune, P. griseofolium</i>	<i>Mucor sp., F. oxysporum v. ortoceras, P. aurantio-candidum, P. notatum, P. soliteum, P. luteum, P. lilaceum, P. glabrum и др.</i>	<i>Absidia ssp., Phoma betae и др.</i>
2013	<i>Mucor hiemalis, R. stolonifer, A. alternata, A. candidus, A. flavus, A. niger, C. herbarum, F. oxysporum, F. solani, F. oxysporum v. ortoceras, Gliocladium sp., Mortierella sp., Penicillium ssp., P. digitatum, P. cyclopium, P. chrysogenum, P. expansum, T. viride</i>	<i>Mucor sp., Acremonium ssp., Aspergillus ssp., F. gibbosum, P. soliteum, P. purpurogenum, P. polonicum</i>	<i>Absidia ssp., F. sambucinum, F. emitectum, P. brevicompactum, P. notatum, P. luteum, P. lilaceum, P. commune, P. griseofolium и др.</i>	<i>P. glabrum Phoma betae и др.</i>
2016	<i>Penicillium ssp.</i>	<i>A. alternata, A. flavus, C. herbarum, F. oxysporum, Mortierella sp., P. cyclopium</i>	<i>R. stolonifer, F. solani, Gliocladium sp., P. expansum, и др.</i>	<i>Acremonium ssp., P. chrysogenum, P. purpurogenum, P. rubrum и др.</i>
2017	<i>R. stolonifer, F. oxysporum, F. solani, Penicillium ssp.</i>	<i>A. alternata, Aspergillus ssp., P. cyclopium, P. chrysogenum, P. expansum, T. viride</i>	<i>A. candidus, A. flavus, A. niger, C. herbarum, F. gibbosum, Gliocladium sp., Mortierella sp., P. digitatum, P. purpurogenum, P. commune и др.</i>	<i>Mucor sp., Acremonium ssp., P. polonicum, P. roequeforti, P. glabrum, P. griseofolium и др.</i>
2018	<i>A. alternata, Aspergillus ssp., F. oxysporum, F. solani, Penicillium ssp., P. digitatum, P. cyclopium, P. chrysogenum, P. expansum, T. viride</i>	<i>Mucor sp., R. stolonifer, A. candidus, F. gibbosum, Gliocladium sp., Mortierella sp., P. purpurogenum, P. polonicum, P. commune</i>	<i>Acremonium ssp., A. flavus, C. herbarum</i>	<i>Absidia ssp., Fusarium ssp., и др.</i>
2019	<i>R. stolonifer, F. oxysporum, P. cyclopium, T. viride</i>	<i>A. alternata, A. candidus, F. solani, Mortierella sp., Penicillium ssp., P. chrysogenum, P. expansum, P. commune</i>	<i>Mucor sp., Acremonium ssp., Aspergillus ssp., C. herbarum, F. gibbosum, P. digitatum, P. purpurogenum, и др.</i>	<i>A. niger, P. brevicompactum, P. polonicum и др.</i>
2020	<i>Penicillium ssp.</i>	<i>R. stolonifer, A. alternata, C. herbarum, F. oxysporum, F. solani, P. cyclopium, P. chrysogenum, T. viride и др.</i>	<i>A. flavus, Gliocladium sp., Mortierella sp., P. expansum,</i>	<i>Acremonium ssp., P. commune и др.</i>
2021		<i>Penicillium ssp.</i>	<i>Aspergillus ssp., A. candidus, F. oxysporum, F. solani, F. gibbosum, Gliocladium sp., Mortierella sp., P. digitatum, P. chrysogenum, P. expansum, P. purpurogenum, P. commune, T. viride и др.</i>	<i>Mucor sp., Acremonium ssp., A. alternata, A. flavus, C. herbarum, P. brevicompactum, P. cyclopium, и др.</i>

Выводы

Установлено, что в структуру видов почвенного комплекса микобиоты входят более 47 видов микроскопических грибов. 89 % видов являются представителями группы Anamorphic fungi. Типичными представителями почвенного комплекса является более 30 видов грибов. Среди них доминирующие виды (ЧВ > 60%): *F. oxysporum, F. solani, R. stolonifer, Trichoderma viride*. Частые виды (ЧВ 30 – 60 %): *P. digitatum, P. chrysogenum, P. cyclopium, P. expansum, Alternaria alternata, Cladosporium herbarum Aspergillus flavus, A. candidus*. Редкие виды (10 – 30 %): *Mucor sp., Acremonium sp., A. niger и др.* Случайные виды (< 10 %): *Absidia sp., Botrytis cinerea, Phoma betae, Fusarium oxysporum v. acuminatum, Penicillium viridicatum, Penicillium rubrum* и др. За последние годы видовое разнообразие почвенных микромицетов сократилось (в 1,3 раза). Наиболее вредоносными и распространенными являются виды *F. oxysporum* и *F. solani*.

Финансирование: Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2021 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (соглашение № 22-16-20007 от 25.03.2022 г).

Литература

1. Билай ВИ. Микромицеты – компоненты почвенных биогеоценозов (фрагменты к экологии почвенных микромицетов). В кн.: Микромицеты почв. Киев: Наукова думка; 1984. С. 5-33.
2. Билай ВИ. Основы общей микологии. Киев: Вища школа; 1980.
3. Куркина ЮН, Хыонг НТЛ. Анализ структуры почвенного микокомплекса под бобовыми травами. Защита и карантин растений. 2014;(5):43-4.
4. Мирчинк ТГ, Бабьева ВП. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ; 1988.
5. Стогниенко ОИ, Селиванова ГА. Болезни сахарной свеклы, их возбудители. Воронеж: ООО «Антарес»; 2008.
6. Сумина ОИ, Власов ДЮ, Долгова ЛЛ, Сафронова ЕВ. Особенности формирования сообществ микромицетов в зарастающих песчаных карьерах севера Западной Сибири. Вестник Санкт-Петербургского университета Сер. 3. 2010;(2):84-90.
7. Терехова ВА. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. М.: Наука; 2007.
8. Шамин АА, Стогниенко ОИ, Боронтов ОК. Влияние элементов агротехники на формирование фитопатогенного комплекса возбудителей и развитие микозов корневой системы сахарной свеклы. Земледелие. 2013;(4):35-8.

References

1. Bilay VI. [Micromycetes – components of soil biogeocenoses (fragments to the ecology of soil micromycetes)]. In: Mikromitsety Pochv. Kiev: Naukova Dumka; 1984. P. 5-33.
2. Bilay VI. Osnovy Obschey Mikologii. Kiev: Vischa Shkola; 1980.
3. Kurkina YuN, Hyong NTL. [Analysis of the structure of the soil mycocomplex under leguminous grasses]. Zashchita i Karantin Rasteniy 2014. 2014;(5):43-4.
4. Mirchink TG, Babyeva VP. Pochvennaya Mikologiya. Moscow: MGU; 1988.
5. Stogniyenko OI, Selivanova GA. Bolezni Sakharnot Sviokly, Ikh Vozbuditeli. Voronezh: Antares; 2008..
6. Sumina OI, Vlasov DYu, Dolgova LL, Safronova YeV. [Features of the formation of micromycete communities in overgrown sand pits in the north of Western Siberia. Vdstnik Sankt Peterburgskogo Universiteta Ser 3. 2010;(2):84-90.
7. Terekhova VA. Mikromitsety v Ekologicheskoy Otsenke Vodnykh i Nazemnykh Ekosistem. Moscow: Nauka, 2007.
8. Shamin AA, Stogniyenko OI, Borontov OK. [The influence of agrotechnical elements on the formation of a phytopathogenic complex of pathogens and the development of mycoses of the root system of sugar beet]. Zemkedeliye. 2013;(4):35-8.

«»

УДК:631.527:633:574

ПОЛЕВАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КЛУБНЕВОЙ НЕМАТОДЕ И ДИТИЛЕНХОЗУ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

А.А. Шестеперов¹, С.В. Лычагина^{1*}, О.Г. Грибоедава², Н.В. Зейрук³, В.В. Захарова¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук»; ²АО «Фирма Август»;

³Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха

*Эл. почта: lychagina-svetlana@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

В полевых условиях на искусственно созданном инвазионном очаге проведено испытание 50 сортов картофеля. на восприимчивость к клубневой нематоде. Установлено, что все испытанные сорта картофеля были поражены дитиленхозом и в той или иной степени, заражены нематодами *Ditylenchus destructor*. По степени восприимчивости к клубневой нематоде сорта отнесены на три группы: сильно восприимчивые, средневосприимчивым и слабовосприимчивым. Сорта Колобок, Купец, Беларусь, Брянский деликатес и Мечта отнесли к слабовосприимчивым сортам. Устойчивые сорта картофеля к клубневой нематоде в результате испытаний не выявлены.

Ключевые слова: сортоиспытание, *Ditylenchus destructor*, клубневая нематода.

FIELD EVALUATION OF POTATO VARIETIES FOR RESISTANCE TO TUBEROUS NEMATODE AND DITALENCHIASIS IN A FIELD EXPERIMENT

A.A. Shesteperv¹, S.V. Lychagina^{1*}, O.G. Griboyedava², V.N. Zeyruk³, V.V. Zakharova¹

¹K.I. Skriabin and Ya. R. Kovalenko All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary of the Russian Academy of Sciences; ²AO Avgust August;

³A.G. Lorkh Federal Potato Research Center r

*E-mail: lychagina-svetlana@rambler.ru

In the field conditions, 50 potato varieties were tested in an artificially created invasive focus for resistance to tuberous tuber nematode. It was found that all tested potato varieties were affected to varying degrees by the nematode *Ditylenchus destructor*. According to the degree of susceptibility to tuberous nematode, the varieties are classified into three groups: highly susceptible, medium-susceptible and weakly susceptible. Potato varieties Kolobok, Merchant, Belarus, Bryansk Delicacy and Dream were classified as weakly susceptible. Resistant to tuberous nematode varieties were not identified.

Keywords: Variety testing, *Ditylenchus destructor*, tuber nematode.

Клубневая нематода *Ditylenchus destructor* (Thorne, 1945) является причиной возникновения дитиленхоза клубней картофеля – широко распространенного и наиболее вредоносного заболевания этой культуры. В среднем потери клубней картофеля при хранении от дитиленхоза составляют 5-40% [5, 6]. Решающим звеном в системе комплексных мероприятий по борьбе с опасными фитогельминтозами часто является применение нематодоустойчивых сортов картофеля [3, 6]. Первым требованием любой программы отбора на устойчивость к фитопаразитам должно быть обнаружение источника или донора устойчивости. Такие источники могут иметься в культивируемых или местных сортах, в диких формах того же вида, в близкородственных видах.

Первый из этих возможных источников и доноров наиболее пригоден, потому что здесь не будет проблем бесплодия, которые встречаются у межвидовых гибридов, и не потребуются устранять агрономически нежелательные признаки, передаваемые от диких растений. [5].

В приведенных ранее фитогельминтологических исследованиях, устойчивые к клубневой нематоде среди испытанных сортов и гибридов картофеля не обнаружены [1, 2, 3]. Поэтому необходима оценка районированных и перспективных сортов картофеля на устойчивость к клубневой нематоде картофеля для последующей совместной работы селекционеров и фитопаразитологов по созданию устойчивых к дитилинхозу сортов [4].

Целью работы было испытать в полевых условиях при искусственном создании инвазионного очага и дать оценку сортов картофеля на устойчивость к клубневой нематоде и дитилинхозу.

Для этого в июне 2020 года в Куриловском отделе ВНИИП был заложен полевой опыт на сортах картофеля, полученных из ВНИИКСХ, на устойчивость к клубневой нематоде и дитилинхозу. Для создания искусственного инвазионного фона в каждую лунку при посадке были выложены частички от клубня, заражённого клубневой нематодой, с предварительно вырезанными глазками. Глазки с клубня для заражения удаляли чтобы избежать ненужных всходов и исключить пересортицу. В течение вегетационного сезона были проведены агротехнические мероприятия согласно технологии выращивания картофеля: окучивание, прополка, внесение минеральных удобрений (азофоска в количестве 5 г под каждый куст).

Опыт закладывали в трёхкратной повторности. В течение опыта проводили фенологические и фитосанитарные наблюдения, учёт проявления дитилинхоза и других болезней, вредителей. Степень заражения каждого образца определяли по соотношению заражённых и незаражённых клубневой нематодой клубней картофеля, а также по степени размножения фитогельминта в очаге поражения (дитилинхозных) клубней каждого сорта. Были испытаны 50 сортов картофеля (см. табл. 1).

Уборка урожая производилась вручную в конце сентября 2020 года.

В связи с тем, что при первичном клубневом анализе на клубнях всех испытанных сортов не было выявлено видимых признаков дитилинхоза, клубни с 10 растений каждого сорта были помещены в мешки и хранили при 10-15°C в течении 60 дней. За это время на клубнях проявились признаки развития заражения дитилинхозом. Степень поражения сортового образца определяли по проценту поражённых клубней. После внешней оценки поражения клубня дитилинхозом осторожно в зоне инокулюма срезали скальпелем кусочек ткани размером 1 кв. см и помещали его в воду чашки Петри, где его измельчали и оставляли в воде на 3-5 часов. Подсчёт численности клубневых нематод в чашках Петри проводили под биноклем МБС-1 или МБС-2 при увеличении в 40-60 раз. Если пробы не успевали просмотреть в тот же день, то чашки Петри с нематодами помещали в холодильник и сохраняют при температуре +5-8°C.

Степень поражаемости дитилинхозом каждого сорта определяли по трехбалльной шкале: балл 0 – заражённых клубней нет, балл 1 – количество заражённых клубней до 9%, балл 2 – поражённых клубней от 10% до 19%, балл 3 – поражённых клубней свыше 20%. Степень размножения клубневой нематоды и ее личинок в поражённых клубнях каждого образца определена в баллах: 0 – нет дитилинхозов, 1 балл – меньше 25 экз. на 1 кв. см поражённой ДЗ поверхности клубня, 2 балл – от 26 до 100 экз., 3 балл – больше 100 экз.

Результаты фитогельминтологического анализа образцов клубней картофеля испытанных сортов полевого опыта представлены в табл. 1.

Табл. 1.

Результаты фитогельминтологического анализа образцов клубней картофеля испытанных сортов на устойчивость к клубневой нематоде и дитилинхозу

Сорт картофеля	Поражения ДЗ, %	Численность нематод, min-маx экз.	Средняя числен., экз.	Сорт картофеля	Поражения ДЗ, %	Численность нематод, min-маx экз.	Средняя числен., экз.
Blondine	6	50-150	85	Крепыш	5	60-100	80
Red Scarlett	7	40-300	150	Купец	3	7-10	8
Азарт	4	30-50	40	Лабелла	15	100-500	350
Алёна (не взошла)	-	-	-	Лорх	16	250-500	380
Армада	5	35-100	70	Лукьяновский	12	30-200	65
Аспия	7	3-60	45	Люкс	10	80-150	120
Безымянный	4	30-50	35	Малиновка	6	35-50	45
Беларусь	2	90-120	100	Метеор	17	50-1000	180
Беркут	27	50-500	210	Мечта	3	10-25	20
Браво	10	240-500	380	Надежда	11	150-800	350
Брянский деликатес	3	15-35	25	Невский	6	10-500	125
Варяг	10	450-1000	630	Никулинский	8	50-500	180
Вега	11	45-150	85	Патриот	10	60-500	150
Восторг	5	80-200	140	Принц	17	10-1000	180
Вымпел	3	325-40	30	Сигнал	20	100-2000	270
Голубизна	7	60-200	120	Сиреневый туман	10	150-500	310
Гулливёр	2	5-100	50	Старт	14	20-100	65
Дебют	1	150	150	Тарас	7	45-150	70
Жуковский ранний	7	30-100	75	Удача	8	15-200	120
Ильинский	8	55-300	210	Утро	3	35-50	40
Импала	3	300-500	410	Фаворит	12	45-100	65
Инноватор	13	150-500	420	Фиолетик	4	210-500	310
Колетте	7	30-150	55	Фрителла	21	40-500	250
Колобок	1	15	15	Чародей	7	20-50	40
Красавчик	10	30-100	55	Экстра	9	12-50	35

Установлено, что все испытанные сорта картофеля были поражены дитилинхозом, но в разной степени. 19 сортов были отнесены к сильно поражаемому – 3 балла. Это: Лабелла, Инноватор, Сиреневый туман, Красавчик, Варяг, Голубизна, Сигнал, Надежда, Лорх, Фаворит, Люкс, Фрителла, Метеор, Старт, Лукьяновский, Восторг, Браво, Вега, Беркут, Патриот и Принц. Ко 2-му баллу отнесены 18 сортов. Слабопоражаемые сорта (1 балл), для которых характерно поражение до 9% клубней, составили 26%. Среди них сорта Беларусь, Гулливёр, Дебют, Колобок имели одиночные поражённые клубни.

К сильновосприимчивым сортам отнесли 25 сортов. В дитиленхозных клубнях других 20 сортов численность клубневой нематоды колебалась от 25 до 100 экз. В сортах Колобок, Купец, Белорусь, Брянский деликатес и Мечта численность выявленных дитиленхов была наименьшей – от 8 до 25 экз.

Устойчивые сорта картофеля не выявлены.

Литература

1. Бабич АГ, Шестеперов АА, Бабич ОА, Лычагина СВ. Мелойдогинозы и гетеродерозы сельскохозяйственных культур. Киев: Компринт; 2019.
2. Бзыкова ЗА, Щербинин АН. Изучение устойчивости сортов картофеля к стеблевой нематоды в условиях Северо-Осетинской АССР. В кн.: Сборник зоологических работ. Орджоникидзе; 1973С. 75-9.
3. Иванюк ВГ, Банадысов СА, Журомский ГК. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Минск: РУП «Белорусский НИИ картофелеводства»; 2003.
4. Федоренко СВ. Разработка лабораторного метода оценки устойчивости к дитиленхозу селекционного материала картофеля. В кн.: Биотехнология: достижения и перспективы развития. Сборник материалов III международной научно-практической конференции. 2018. С. 44-4.
5. Шестеперов АА и др. Создание нематодоустойчивых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. М.: РГАЗУ; 2004.
6. Шестеперов АА, Перевертин КА, Багров РА, Бутенко КО. Клубневая нематода картофеля: биология и контроль. Картофель и овощи. 2018;(7):27-31.

References

1. Babich AG, Shesteperv AA, Babich OA, Lychagina SV. Meloydoginozy i Geteroderozy Selskokhoziaystvennykh Kultur. Kiev: Komprint; 2019.
2. Bzykova ZA, Shcherbinin AN. [Study of the resistance of potato varieties to the stem nematode in the North Ossetian ASSR]. In: Sbornik Zoologicheskikh Rabot. Ordzhonikidze; 1973. P. 75-9.
3. vaniuk VG, Banadysov SA, Zhuromskiy GK. Zashchita Kartofelia ot Boleznet, Vrediteley i Sornikov. Minsk: RUP Belorusskiy NII Kartofelevodstva. 2003.
4. Fedorenko SV. [Development of a laboratory method for assessing resistance to ditylenchose in potato breeding material]. In: Biotkhnologiya: Dostzheniya i Perespektivy Razvitiya. 2018. P. 44-6.
5. Shesteperv AA. Sozdaniye Nematoustoychvykh Sortov i Gibridov Selskkhoziaystvennykh Kultur. Moscow: RGAZU; 2004.
6. Shesteperv AA, Perevertin KA, Bagrov RA, Butenko KO. [Potato tuber nematode: biology and control. Kartofel i Ovoschi. 2018;(7):27-31.

«»

УДК:631.527:633:574

РОЛЬ ЧЕЧЕВИЦЫ (*LENS CULINARIS* MEDIK.) ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СЕЛЕКЦИИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

К.Б. Шихалиева

Институт генетических ресурсов Национальной академии наук Азербайджана

*Эл. почта: kamila53@mail.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Глобальное потепление климата приводит к тому, что все большие территории подвергаются воздействию засухи. В связи с этим в земледелии необходимо расширение зоны возделывания засухоустойчивых культур, к числу которых относится чечевица. Во многих сельскохозяйственных регионах Азербайджана, подверженных периодическим засухам, в последние годы растут посевные площади под этой культурой. Статья содержит обзор направлений по сбору, изучению, приумножению и полезности использования генофонда зернобобовых культур для селекции. В коллекцию включены около 400 образцов чечевицы, представленных экспедиционными сборами, местными и селекционными сортами с известными свойствами, собранными со всех регионов республики, и некоторые интродуцированные зарубежные формы из Международного научно-исследовательского центра ICARDA. Нами создан новый сорт чечевицы “Жасмин”, который благополучно прошёл государственное сортоиспытание и районирован в 2017 году.

Ключевые слова: *Апшерон, чечевица, сорт, генетические коллекции, ценные селекционные признаки.*

ROLE OF LENTIL (*LENS CULINARIS* MEDIK.) FROM LEGUME COLLECTION IN THE SOLUTION OF BREEDING PROBLEMS IN AZERBAIJAN

K.B. Shikhaliyeva

Institute of Genetic Resources of Azerbaijan National Academy of Sciences

*E-mail: kamila53@mail.ru

Increasing global temperature leads to increasing susceptibility to drought over large areas. Therefore, -resistant plants should be cultivated wider. The article is an overview of approaches to collecting, studying, augmenting, conserving and using of the gene pool of legumes in breeding. Taking into account the current requirements and the agroclimatic potential of Azerbaijan, about 400 lentil entries were included into a collection comprised of expedition findings, local varieties with known properties from all regions this country, and some introduced varieties obtained from ICARDA. Using the collection, the novel original lentil variety “Jasmin” has been developed. It has passed State Testing in 2017 and recommended for defined territories.

Keywords: *Absheron, lentil, variety, genetic collections, valuable breeding traits.*

Использование генетических ресурсов растений для создания улучшенных культур и сортов, адаптированных к специфическим условиям конкретных агроэкосистем, имеет ключевое значение для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого производства сельскохозяйственных культур.

Для реализации продовольственной программы страны громадным потенциалом обладают зернобобовые культуры, наиболее распространенными из которых являются фасоль, горох, нут и чечевица. Они характеризуются высоким содержанием белков, клетчатки, различных витаминов и аминокислот, а также обладают большой энергетической ценностью. Зернобобовые входят в продуктовую корзину, используемую при разработке стратегий содействия в обеспечении населения продовольствием в рамках Всемирной продовольственной программы [1]. Они используются как в питании населения, так и в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Также они имеют и немаловажное агротехническое значение, обогащая почву азотом и являясь хорошими предшественниками для многих культур севооборота. Зернобобовые культуры являются бережливыми и экономными «хозяевами» на поле. Они улучшают почву, а соответственно, являются отличными предшественниками для многих культур [2].

Сочетание почвенно-климатических условий в различных регионах Азербайджана нередко складывается неблагоприятно для сельскохозяйственных растений, что приводит к значительному снижению урожаев и даже полной гибели разных культур. Поэтому при селекции

новых сортов большое внимание уделяется оценке степени устойчивости их к экстремальным условиям (засухо-, соле-, жароустойчивости и т.д.). Реакция растений на засуху не сводится к изменению каких-то отдельных процессов или свойств, а затрагивает все стороны жизнедеятельности растений. В познании этого сложного явления представляет интерес изучение отдельных звеньев метаболизма, обуславливающих различную сопротивляемость организмов недостаточному увлажнению. Пигментный комплекс растительного организма относится к числу систем, отличающихся значительной чувствительностью к изменяющимся условиям среды. Под влиянием засухи или водного стресса происходит снижение содержания зеленых пигментов, ослабление прочности связи хлорофилла с липопротеидным комплексом мембран хлоропластов, падение их фотохимической активности [3].

Учитывая перспективность и ценность коллекций зернобобовых культур в Институте генетических ресурсов НАНА с 2003 года проводятся работа по выявлению, сбору, воспроизводству и охране генофонда от уничтожения, а также по изучению и использованию образцов чечевицы и других зернобобовых культур. Это местные и селекционные сорта с известными свойствами, из разных местообитаний для максимально полной представленности фенотипического, экотипического и генотипического разнообразия генофонда зернобобовых.

Чечевица является одной из наиболее распространенных зернобобовых культур в мире и относится к числу важнейших бобовых культур и имеет большое народнохозяйственное значение. Семена ее характеризуются высоким содержанием белка (27-36%), в котором содержатся почти все незаменимые аминокислоты, а также витамины группы В. Важна чечевица и как кормовая культура, особенно в засушливых зонах. В корм употребляют солому, мякину, отходы, полученные при сортировке семян, сена и зеленую массу.

Чечевица пищевая (*Lens culinaris* Medik.) – это мелкий, сильно ветвящийся однолетник высотой 31-56 см с перистосложными листьями, несущими на конце цепкий усик, с невзрачными белыми или голубоватыми цветками и короткими бобами, содержащими по два уплощенных линзовидных семени. Окраска семян варьируется от светло-зеленой до черной.

Но у производителей сельхозпродукции отсутствует интерес к возделыванию этой культуры из-за несовершенства большинства существующих сортов. К числу их главных недостатков относят низкую нестабильную урожайность и недостаточную технологичность [4,5]. Это обусловлено такими биологическими особенностями растений, как сильная ветвистость, тонкостебельность и связанная с ними полегаетость, низкое прикрепление первых бобов, слабая конкурентоспособность по отношению к сорной растительности, низкая толерантность к гербицидам, неравномерность созревания, растрескивание бобов и осыпание семян, низкая устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам. В совокупности это и определяет выбор основных векторов селекции чечевицы, направленных на создание сортов нового поколения, максимально соответствующих запросам современного сельскохозяйственного производства.

Современные сорта зернобобовых культур хорошо растут как на плодородных, так и на бедных почвах с pH от 5,0 до 7,5. К тому же это высокопроизводительный биоавтомат по фиксации азота воздуха. Азот корневых и пожнивных остатков практически не вымывается, т.к. минерализуется постепенно, в течение 3-5 лет.

По сравнению с другими зернобобовыми культурами во многих сельскохозяйственных зонах Республики, подверженных периодической засухе (Ширван, Гобустан, Южная Мугань, Нахчыванская АР), происходит увеличение посевных площадей под нут и чечевицы, как одних из самых засухоустойчивых и жаростойких среди зерновых бобовых культур.

Для повышения эффективности селекции чечевицы необходимо вести целенаправленный поиск новых источников высокой продуктивности, крупносемянности, устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам. Выведение новых сортов, соответствующих этим параметрам, базируется в первую очередь на разнообразии исходного материала. Следует также отметить, что подавляющее большинство районированных сортов зернобобовых культур выведено методами индивидуального и массового отбора и в меньшей мере методом гибридизации.

Основной целью работы было всестороннее изучение коллекции образцов чечевицы и выделение наиболее ценного исходного материала для использования в селекционных программах.

Материал и методы

Исследования местных образцов чечевицы из коллекции Национального Генбанка Азербайджана и интродуцированных образцов чечевицы, полученных из Генбанка ICARDA, проводились на опытном участке Апшеронской экспериментальной базы Института генетических ресурсов НАНА. Климат Апшерона – климат умеренно теплых полупустынь и сухих степей. Лето сухое жаркое, осень тёплая солнечная, зима мягкая. На климат большое влияние оказывает Каспийское море. Опытный участок находится на высоте 80 м над уровнем моря. Средняя многолетняя годовая температура воздуха +14,2°C. Более 8 месяцев (с марта по октябрь) на Апшероне засушливые. Средняя температура января 3,4°C–3,8°C, июля – 25,4°C. Морозы в основном приходятся на январь и февраль месяца (до –6–8°C) и носят неустойчивый характер. Осадки большей частью выпадают в зимне-весенний период (150–200 мм). В период вегетации зернобобовых культур подзимних сроков сева выпадающие здесь осадки не обеспечивают нормальное развитие посевов, и поэтому они нуждаются в искусственных поливах не менее 5 раз в период с мая по июнь. В целом, климатические условия Апшерона для культур зерновых и зернобобовых являются экстремальными. Песчаные, серозёмно-бурые почвы Апшерона бедны основными питательными элементами (азотом, фосфором). Содержание гумуса в почвах невысокое: в верхних слоях колеблется от 1,29–1,76%, а в нижнем слое – 0,44%. Количество общего азота колеблется от 0,11 до 0,05%, однако начиная с 28 см слоя почвы и дальше этот элемент отсутствует. Посевы нуждаются в ежегодном внесении фосфорно-калийных удобрений осенью (суперфосфат, из расчета 200-250 кг/га), калийных (калий-фосфат 100-115 кг/га) и азотных (азот 90 кг/га) удобрений в подкормку весной.

Посев коллекционных образцов проводили в третьей декаде ноября каждый год, вручную. Стандартный образец высевали через каждые 20 образцов. Начало прорастания отмечали 10–11 декабря, всхожесть – 15–20 декабря, начало цветения – 27 апреля, полное цветение – с 3 по 10 мая. Созревание семян у разных образцов чечевицы наблюдалось с 5 по 10 июня. Коллекционные образцы чечевицы изучали и оценивали в соответствии с методическими указаниями и классификатором ICARDA [6].

Проводили структурный анализ у 50 сортообразцов по ценным селекционным признакам, определяющим семенную продуктивность и приспособленность к механизированному возделыванию. Ботаническое описание, изучение и оценку всех образцов осуществляли при сравнении со стандартом. Измеряли высоту растения от почвы до его высшей точки (см), высоту прикрепления нижнего боба (см), число продуктивных ветвей, число бобов на одном растении, массу семян с одного растения, массу 100 семян (г). В течение вегетации проводили фенологические наблюдения и отмечали продолжительность межфазных периодов.

Результаты и обсуждение

Поскольку одной из основных задач селекции является подбор подходящих образцов чечевицы с высокой урожайностью и создание на их основе новых сортов, более пригодных для механизированной уборки – высокорослых, с высоким прикреплением нижних бобов, дружно созревающих и неосыпающихся, а также устойчивых к грибным, бактериальным и вирусным болезням, нами всесторонне изучалась коллекция чечевицы. Предварительные результаты наших исследований свидетельствуют о том, что перенесение срока посева с весеннего на ранневесенний или под

зимний в умеренных климатических зонах обеспечивает значительный прирост урожая чечевицы. При проведении структурного анализа растений чечевицы нами было установлено, что высота растений, сухая масса, количество бобов и семян с одного растения, при осеннем сроке посева были выше (на 20–25%), чем при весеннем. [7]

Вегетационный период у стандартного образца – сорта Арзу составил 195 суток, а у коллекционных образцов его продолжительность варьировала в пределах 200–205 суток. Средняя высота растений у стандартного сорта чечевицы составила 45 см, а у коллекционных образцов – от 31 до 56 см. Число бобов с одного растения у стандарта составило 85, а у коллекционных образцов – от 48 до 169 бобов. Масса 100 семян у стандартного образца составила 6,0 г, у коллекционных образцов минимальное значение 2,9 г, максимальное 6,0 г. Масса семян с единицы площади у сорта Арзу составила 632,0 г, этот показатель у коллекционных образцов варьировал от 188,0 до 745,0 г. По массе зерна с делянки были выделены превосходящие стандартный сорт Арзу образцы: Flip 2012-53L(745,0), Flip 2012-99L(652,0), Flip 2012-231L(665,0), Flip 2012-244L(700,0), Flip 2013-51L(715,0), Flip 2010-97L(734,0), Flip 2011-32L(720,0), 1092(688,0), Flip 2011-61L(740,0).

Были выделены перспективные образцы чечевицы – Flip 2012-191L, Flip 2012-244L, Flip 2013-51L, Flip 2011-32L и новый районированный сорт Жасмин –, которые могут быть с успехом использованы как исходный материал для селекции. Они отличились значительной высокорослостью, числом бобов с растения и массой зерна с делянки.

В настоящее время особенности наследования хозяйственно ценных признаков культуры достаточно хорошо изучены, но в ряде случаев они требуют уточнения. Для большинства зернобобовых культур масса 100 семян является определяющим фактором роста урожайности в процессе селекции и критерием их потребительских достоинств [8]. В тоже время выявлена отрицательная корреляция между размером семян и содержанием белка [9]. Чечевицу можно считать исключением из этого правила. У этой культуры содержание белка положительно коррелирует с размером семян, хотя уровень связи невысок [10]. Не только размер семян, но и цвет семенной кожуры в большой степени определяет востребованность культуры на потребительском рынке. Семенная кожура чечевицы имеет 4 основных цвета: черный, коричневый, серый и зеленый.

В настоящее время большинство сортов чечевицы в мире имеют семенную кожуру, которая темнеет при хранении, а при кулинарной обработке становится коричневой или темнокоричневой. Это определяется присутствием полифенольных соединений из класса танинов.

Окраска семядолей контролируется у чечевицы тремя основными генами: Y (желтый), B (коричневый) и Dg (темнозеленый). Двойная доминантная комбинация ВВУУ определяет оранжевую окраску семядолей, которая характерна для красnoseмянной чечевицы [11]. В нашей коллекции тоже имеются такие образцы, один из них сорт Жасмин.

Генетика засухоустойчивости чечевицы сейчас также активно изучается, но практически отсутствуют данные о характере наследования устойчивости к засоленности, дефициту питательных веществ и токсичности почвы, хотя в роде *Lens* выявлены формы, устойчивые к этим абиострессорам [12].

Не менее важно проводить селекцию и на устойчивость к болезням. У чечевицы наиболее распространенными заболеваниями являются ржавчина, фузариоз, аскохитоз, антракноз и др.

Селекцию и производство чечевицы в нашей стране необходимо интенсифицировать. В нашей коллекции имеются ценные источники продуктивности, крупносемянности, высокорослости, компактности куста, устойчивости к фузариозу и аскохитозу.

Проблема высокого качества зерна актуальна для всей группы культур и непосредственно связана с направлением их использования. В частности, у чечевицы качество зерна для пищевой промышленности предполагает высокое содержание белка (до 35%), крупносемянность, цвет зерна и вкусовые качества. Выявлено, что содержание белка в семенах коллекции в целом варьируются в интервале 22,1–34,9%, а триптофан – 90–235 мг в 100г. Из выделенных нами образцов чечевицы отобраны элитные растения и созданы отдельные линии.

Семенной материал некоторых форм чечевицы, выделившихся комплексом хозяйственно ценных признаков, в том числе засухо- и аскохитоустойчивостью был размножен и передан фермерским хозяйствам Джалилабадского, Сальянского, Кусарского и Габлинского районов Азербайджана.

Испытания местных и интродуцированных сортов позволили выявить ряд перспективных направлений для широкого внедрения производства, а также для целенаправленного использования в качестве исходного материала в селекционном процессе получения новых сортов чечевицы.

В результате проведенных исследований в Государственную Комиссию по Испытанию и Охране Селекционных Достижений АР был представлен новый высокорослый, зимостойкий, аскохитоустойчивый и высокоурожайный сорт чечевицы “Жасмин”, полученный нами методом повторного индивидуального отбора из коллекции ICARDA.

Сорт “Жасмин” среднеранний, период от полных всходов до начала технической спелости 173 суток. Растение кустовой формы высотой 40–50 см. Листья парноперистые, темно-зеленого цвета и заканчивается усиком. Цветки белые, мелкие, а парус светло-голубого цвета и цветов на цветоносе от 2 до 3. Бобы светло-бурого цвета (1-2)-семянные. Семена округлые, линзообразные, светло-желтого, оранжевого цвета. Масса 100 семян составляет 5,2–5,5 г. Высота прикрепления нижних бобов над поверхностью почвы – 20–29 см, что позволяет проводить механизированную уборку. Сорт неполегающий, зимостойкий, высокоурожайный, устойчивый к заболеваниям и условиям выращивания. Содержание белка в семенах составляет 27,4%. Урожайность семян 13 – 15 ц/га.

Заключение

В последние годы в коллекцию зернобобовых растений Института генетических ресурсов НАНА включено около 400 образцов чечевицы, представленных экспедиционными сборами, местными и интродуцированными сортами Международного научно-исследовательского центра ICARDA, из которых в результате проведенных исследований были отобраны образцы чечевицы, отличившиеся высокорослостью, массой 100 семян и числом семян с делянки (Flip 2012-244L, Flip 2013-51L, Flip 2011-20L, Flip 2010-36L); массой зерна с делянки (Flip 2012-53L, Flip 2013-51L, Flip 2010-97L, Flip 2011-61L, Flip 2012-244L). В ходе реализации селекционной программы с использованием полученных результатов нами был выведен новый высокорослый зимостойкий, болезнестойкий и высокоурожайный сорт “Жасмин” (патент № 00214) методом повторного индивидуального отбора из коллекции ICARDA.

Литература

1. По всему миру отмечают запуск годовой инициативы ООН – Международного года зернобобовых 2016. URL: <http://tass.ru/press-relizy/2418693>.
2. Купцов НС, Борис ИИ. Зернобобовые культуры и их значение в сельскохозяйственном производстве Беларуси. URL: <http://old.agriculture.by/archives/2014>.
3. Удовенко ГВ, Гончарова ЭА. Физиолого-генетические механизмы адаптации растений к абиотическим стрессам. В кн.: Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. Пушино; 1995 г. С.261-3.
4. Варлахов МД. Изменчивость признаков и объем выборки у чечевицы. Селекция и семеноводство. 1997;(1):25-7.
5. Рогожкина АИ. Результаты и перспективы селекции чечевицы. Орел: ГНУ ВНИИЗБК Шатиловская СХОС; 2006. С. 116-9.
6. Descriptors for Chickpea (*Cicer arietinum* L.) IBPGR, ICRISAT, ICARDA. Rome;1993.

7. Шихалиева КБ. Селекционная оценка коллекций нута и чечевицы в условиях Азербайджана. В кн.: Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия культурных растений. Махачкала; 2014. С.194-6.
8. Амелин АВ. Об изменении элементов структуры урожая у зерновых сортов гороха в результате селекции. Селекция и семеноводство. 1993;(2):9-14.
9. Амелин АВ, Монахова НА. Влияние селекционного процесса на потребительские качества семян *P. sativum* L. В кн.: Актуальные проблемы развития прикладных исследований и пути повышения их эффективности в сельскохозяйственном производстве. Казань; 2001. С.124-5.
10. Янова АА, Кондыков ИВ. Урожайность и морфобиологические особенности сортов чечевицы нового поколения в Центрально-Черноземном регионе РФ. Зерновое хозяйство России. 2011;1(13):19-22.
11. Emami MK, Sharma B. Digenic control of cotyledon colour in lentil. Indian J Genet. 1996;56:357-61.
12. Fratini R, Perez de la Vega M. Genetics of economic traits in lentil: Seed traits and adaptation to climatic variations. Grain Legumes. 2011;57:18-20.

References

1. Anonymous. Po Vsemu Miru Otmehajut Zapusk Godovoj Intsciativy OON - Mezhdunarodnogo Goda Zernobovoyh 2016. URL: <http://tass.ru/press-relizy/2418693>.
2. Kuptsov NS, Boris II. Zernobovoye Kul'tury i Ikh Znachenije v Selskohozjajstvennom Proizvodstve Belarusi. URL: <http://old agriculture.by/archives/2014>. S. 2.
3. Udovenko GV, Goncharova EA. [Physiological and genetic mechanisms of plant adaptation to abiotic stresses]. In: «Novye i Netraditsionnye Rastenija i Perspektivy Ikh Ispolzovaniy. Pushhino; 1995. P. 261-3.
4. Varlakhov MD. [Lentil trait variability and sample size]. Seleksiya i Semenovodstvo. 1997;(1):25-7.
5. Rogozhkina AI. Rezultaty i Perspektivy Seleksii Chechevitsy. Orel: GNU VNIIZBK Shatilovskaja SKhOS; 2006. P. 116-9.
6. Anonymous. Descriptors for Chickpea (*Cicer arietinum* L.) IBPGR, ICRISAT, ICARDA. Rome; 1993.
7. Shikhaliyeva KB. [Estimating the lentil and chick-pea collection for selection in Azerbaijan]. In: Introduktsiya, Sokhraneniye i Ispolzovaniye Biologicheskogo Raznoobraziya Kulturnykh Rasteniy. Makhachkala; 2014. P.194-6.
8. Amelin AV. [On changes in crop yield structure in the grain varieties of pea resulting from selection]. Seleksiya i Semenovodstvo. 1993;(2):9-14.
9. Amelin AV, Monakhova NA. [The influence of selection on the consumer quality of *P. sativum* peas]. In: Aktualnye Problemy Razvitiya Prikladnykh Issledovaniy i Puti Povysheniya Ikh Effektivnosti v Selskohozjajstvennom Proizvodstve. Kazan; 2001. P.124-5.
10. Yanova AA, Kondykov IV. [Crop yield and morho-biological characteristics of new generation lentil varieties in the Central Chernozem Zone of Russia]. Zernovoye Khoziaystvo Rossii. 2011;1(13):19-22.
11. Emami MK, Sharma B. Digenic control of cotyledon colour in lentil. Indian J Genet. 1996;56:357-61.
12. Fratini R, Perez de la Vega M. Genetics of economic traits in lentil: Seed traits and adaptation to climatic variations. Grain Legumes. 2011;57:18-20.



УДК:633.111:632.938.1:632.4

СПОРЫНЯ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ПОИСК УСТОЙЧИВЫХ СОРТОВ

Л.М. Щеклеина

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», Россия

Эл. почта: immunitet@fanc-sv.ru

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Генофонд яровой пшеницы в Российской Федерации не изучен по устойчивости к спорынье, особенно в условиях искусственной инокуляции генотипа. В статье рассмотрены вопросы применения искусственной инокуляции цветков суспензией конидий *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. для выяснения устойчивости к спорынье. Цель исследований – поиск сортов и линий яровой пшеницы, устойчивых к спорынье и не накапливающих эргоалкалоиды (ЭА) в склероциях *C. purpurea*. В изученном материале яровой пшеницы при искусственной инокуляции завязи *C. purpurea* выявлены два сорта (Новосибирская 18 и Традиция), не сформировавшие склероциев. На жестком инфекционном фоне поражение устойчивых сортов было в 6,0-23,9 раза ниже индикаторного сорта, а показатель засоренности зерна склероциями – в 6,7-20,0 раз ниже. Сорт яровой пшеницы Традиция селекции ФАНЦ Северо-Востока в течение 4 лет изучения на инфекционном фоне *C. purpurea* не поражался спорыньей, и в настоящее время успешно проходит Государственное испытание. Хроматографический анализ показал, что содержание ЭА различалось от 0,06 до 0,24% от массы склероциев или от 0,6 до 2,4 мг/г. Обнаружены 4 образца (Н-154, Т-38, Оренбургская 23, Epos), не накапливающие ЭА в склероциях, что представляет большую селекционную значимость. Особую ценность для дальнейшей работы представляет сорт яровой пшеницы Epos из Германии, который устойчив к поражению спорыньей и не накапливает ЭА.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul., спорынья, устойчивые сорта, эргоалкалоиды.

ERGOT IN SPRING WHEAT AND THE SEARCH FOR RESISTANT WHEAT VARIETIES

L.M. Shchekleina*

N.V. Rudnitsky Federal Agricultural Research Center of the North-East, Kirov, Russia

*E-mail: immunitet@fanc-sv.ru

The spring wheat gene pool in the Russian Federation has not been studied for resistance to ergot, especially under conditions of artificial inoculation of the genotype. The article addresses the use of artificial inoculation of wheat flowers with *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. conidia suspension for elucidating ergot resistance. The aim of the present study is to search for varieties and lines of spring wheat that are resistant to ergot and do not accumulate ergot alkaloids (EA) in *C. purpurea* sclerotia. In the studied spring wheat material during artificial inoculation of ovary with *C. purpurea*, two varieties (Novosibirskaya 18 and Tradition) were identified that did not form sclerotia. Against a severe infectious background, the lesioning of the resistant varieties was 6.0-23.9 times lower compared with the reference variety, and the indices of grain contamination with sclerotia was 6.7-20.0 times lower. The spring wheat cultivar Traditsiya Seleksii developed at FARC of the North-East was not affected by ergot during 4 years of study under the hazard of *C. purpurea* infectious, and is currently successfully passing the State Test. Chromatographic analysis showed that the content of EA varied from 0.06 to 0.24 % per sclerotia mass or from 0.6 to 2.4 mg/g. Four varieties were found (H-154, T-38, Orenburgskaya 23, Epos) that do not accumulate EA in sclerotia, which is of a high breeding significance. Of particular value for further work is the spring wheat variety Epos from Germany, which is resistant to ergot damage and does not accumulate EA.

Keywords: *Triticum aestivum* L., *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. ergot, resistant varieties, ergoalkaloids.

Введение

В последнее десятилетие серьезную экологическую и фитосанитарную проблему в посевах ржи, пшеницы, тритикале, ячменя на территории Волго-Вятского региона представляет нарастающее распространение фитопатогенного гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. – возбудителя спорыньи [1–3]. Усиление болезни имеет ряд причин. Во-первых, наличие огромных площадей запущенных земель, вышедших из сельскохозяйственного оборота и являющихся основным источником накопления инфекционных структур гриба в природе. Во-вторых, современные ресурсосберегающие агротехнологии, направленные на минимизацию обработки почвы и зернонасыщенные севообороты. В-третьих, растущая частота благоприятных для *C. purpurea* погодных условий в период цветения зерновых злаков и инфицирования завязи [4, 5]. В Кировской области при увеличивающемся распространении болезни в посевах пшеницы, доля пораженных растений в сортовых биоценозах озимой ржи достигала 8,0 % [2].

Серьезная биоэкологическая опасность спорыньи для человека и животных связана с тем, что гриб *C. purpurea* является источником опасных микотоксинов – эргоалкалоидов (ЭА), и использование зараженных зерна и кормов способно вызвать заболевание эрготизм [6]. Поэтому содержание склероциев в продовольственном и фуражном зерне во всем мире строго регламентируется, а в оригинальных и семенах высших репродукций они не допускаются [7, 8].

У отсутствия значимого прогресса отечественной селекции яровой пшеницы по устойчивости к спорынье много причин. Отчасти это можно объяснить не изученностью генофонда культуры в условиях искусственной инокуляции растений *C. purpurea* по иммунологическим признакам и токсичности склероциев, что затрудняет создание донорного материала.

Цель наших исследований – поиск сортов и линий яровой пшеницы, относительно устойчивых к спорынье и не накапливающих ЭА в образцах склероциев *C. purpurea*.

Материал и методы

Полевые исследования проводили в 2019-2021 гг. в Федеральном аграрном научном центре Северо-Востока (ФАНЦ). Материалом являлись 20 линий яровой пшеницы селекции ФАНЦ и 10 образцов из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), являющегося базисом исходного материала для селекции. Посев проводили на фитопатологическом участке сеялкой СКС-6-10. Площадь делянки 1 м², повторность трёхкратная. В работе использовали культуры конидий *C. purpurea*, выделенные из свежесобранных склероциев пшеницы и хранящиеся на картофельно-глюкозном агаре в рабочей коллекции лаборатории иммунитета и защиты растений ФАНЦ Северо-Востока. В начале фазы колошения пшеницы (51 по шкале Zadoks) цветки с помощью шприца инокулировали водной суспензией конидий *C. purpurea* (штамм П-20/с). Инокулом готовили непосредственно перед заражением путем смыва спор с поверхности изолята дистиллированной водой. Необходимую концентрацию 3×10^6 конидий/мл устанавливали с помощью камеры Горяева [9]. У каждого сорта инокулировали по 10-15 колосьев. При полной спелости зерна оценивали восприимчивость сортов пшеницы по двум показателям: поражение (распространение) болезни в посевах и засорённость зерна склероциями. После обмолота растений из каждой зерновой пробы отбирали склероции и рассчитывали их процентное отношение к массе зерна. Характеристику генотипов по устойчивости давали на основании шкалы [10]. Собранные склероции использовали для биометрических и биохимических исследований.

Содержание и структура ЭА в сортовых склероциях *C. purpurea* проведена в институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрябина РАН, город Пушкино Московской области. ЭА извлекали из 1 грамма измельченных склероциев двумя методами. ЭА из измельченных склероциев экстрагировали водным раствором ацетона при pH 4,5, затем водную фракцию доводили до pH 9-10 и экстрагировали хлороформом. ЭА обнаруживали по поглощению и флуоресценции в УФ-свете и после опрыскивания пластин реактивом Эрлиха. Идентификацию метаболитов осуществляли тонкослойной хроматографией (ТСХ) со стандартными образцами и по данным УФ-спектроскопии и масс-спектрометрии. Содержание суммарного количества ЭА в экстрактах определяли спектрофотометрически в метаноле при $\lambda = 313$ нм. Расчет вели, используя коэффициент молярной экстинкции эрготамин ($\log \epsilon = 3,86$). Измерения каждого образца экстракта проводили не менее пяти раз [3].

Статистическую обработку результатов осуществляли методами дисперсионного и корреляционного анализа. В матрицу расчетов вносили данные по поражению сортов и засоренности зерна склероциями и устанавливали достоверность различий по отношению к сорту-стандарту Баженка. Использовали пакет программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.) и программу Microsoft Office Excel. Содержание ЭА представлено в виде среднего арифметического значения (M). Доверительные интервалы ($\pm SEM$) не превышали ± 5 % ($p \leq 0,05$).

Результаты и обсуждение

При искусственной инокуляции линии пшеницы поражались от 0% (Традиция) до 21,7% (П-57), коллекционные образцы – от 0% (Новосибирская 18) до 13,9 % (ЛТ-3) при засоренности зерна склероциями у этих форм, соответственно, от 0% до 1,5 % и 0% до 1,3% (табл. 1). Можно констатировать преобладание восприимчивых к спорынье генотипов. Исключение составляют сорта Новосибирская 18 и Традиция, не сформировавшие склероциев при искусственной инокуляции. Их отсутствие может быть детерминировано аддитивным действием малых генов, контролирующих физиологические механизмы устойчивости. Так, сорт Новосибирская 18 характеризуется устойчивостью к полеганию в сочетании быстрым развитием в первой половине онтогенеза – от всходов до цветения. Механизмы устойчивости сорта Традиция, вероятно, обусловлены его короткостебельностью и прочностью соломины, вследствие чего она не полегает, обеспечивая хороший пылецевой режим в биоценозе. Как известно, тип и продолжительность цветения растений является одним из важных маркеров устойчивости к спорынье [9]. Данный сорт яровой пшеницы в течение 4 лет изучения на инфекционном фоне *C. purpurea* не поражался спорыньей, и в настоящее время успешно проходит Государственное испытание. К среднеустойчивым можно отнести сорта Тулайковская надежда из Самарской области и Кайыр из Казахстана. На контроле (без инфекции) симптомы болезни отсутствовали у всего генофондного материала или встречались единичные склероции.

Несмотря на значительную изменчивость (V , %) признаков в изученном генофонде, в целом просматривается тенденция лучшего иммунологического состояния у коллекционных образцов по сравнению с линиями своей селекции, что предполагает концентрацию исследований в повышении устойчивости яровой пшеницы к спорынье. Выделенные на инфекционном фоне устойчивые и менее поражаемые образцы могут быть использованы как источники для селекции в данном направлении.

Анализ биометрических показателей склероциев показал значительную вариабельность их по размерам и крупности. Наиболее мелкие склероции (0,06 грамм) были у сорта Long Chun 7 из Китая, а крупные (0,15 грамм) – у линии Н-154. Просматривается тенденция формирования наиболее крупных склероциев у линий селекции ФАНЦ Северо-Востока. В наших исследованиях выявлена отрицательная связь между массой одного склероция и накоплением ЭА ($r = -0,32$). Мелкие склероции невозможно полностью отделить из зернового вороха путем механической сортировки, и часть их все равно попадает в семенные и продовольственные партии зерна [11, 12], поэтому биологическая опасность этой фракции представляется наибольшей.

Табл. 1.

Табл. 2.

Наименее поражаемые генотипы яровой мягкой пшеницы (искусственная инокуляция *S. purpurea*, 2019-2021 гг.)

Сорт, линия, происхождение	Поражение спорыньей, %	Засоренность зерна склероциями, %
Сорта ФАНЦ Северо-Востока		
Традиция (селекционный номер Т-66)	0*	0*
С-65	1,7*	0,1*
У-80	2,9*	0,1*
У-28	4,7*	0,2*
С-84	5,1*	0,2*
Т-123	5,1*	0,2*
Т-141	5,2*	0,3
Баженка (стандарт)	7,4	0,4
Среднее	8,1	0,3
V, %	58,5	32,0
Образцы коллекции ВИР		
Новосибирская 18, Новосибирская область	0*	0*
Тулайковская надежда, Самарская область	1,3*	0,1*
Кайыр, Казахстан	1,3*	0,1*
Ul Alta Blanca, США	1,6*	0,1*
Eros, Германия	2,1*	0,2*
Самгау, Казахстан	2,5*	0,2*
Среднее	3,7	0,2
V, %	74,0	24,1
Индикаторный сорт	21,7	1,5

* Отличие от стандарта Баженка значимо при P < 0,5.

Содержание и состав ЭА в образцах склероциев у разных по восприимчивости к спорынье образцов яровой пшеницы.

Сорт, линия	Происхождение	Эргоалкалоиды			Состав
		ТСХ	мг/г склероциев	% к массе склероциев	
Н-154	Кировская область	-	0	0	-
П-57		+	0,6	0,06±0,002	Эрготамин, эрготаминин, эргокрестин
С-84		+	0,9	0,09±0,004	Эрготамин, эрготаминин, эргокрестин
Т-38		-	0	0	-
Т-79		+	2,4	0,24±0,011	Эрготамин, эрготаминин, эргокрестин
Оренбургская 23	Оренбургская область	-	0	0	-
ЛТ-3	Ленинградская область	+	1,2	0,12±0,005	Эрготамин, эрготаминин, эргокрестин
Самгау	Казахстан	+	1,4	0,14±0,006	Эрготамин
Eros	Германия	-	0	0	-
Long Chan	Китай	+	1,2	0,12±0,004	Эрготамин, эрготаминин, эргокрестин

Примечание: «0» и «-» – ЭА не обнаружены.

Склероции, собранные с 10 образцов яровой пшеницы в 2019-2020 гг. были изучены по токсичности. Хроматографический анализ экстрактов, показал, что содержание ЭА различалось от 0,06 до 0,24 % от массы склероциев или от 0,6 до 2,4 мг/г (табл. 2). ЭА обнаружены в 6 образцах, у 4 (Н-154, Т-38, Оренбургская 23, Eros) они отсутствовали. Информация об уровне ЭА важна для поиска генотипов с наименьшим их накоплением, т.к. в этом случае наличие их в зерне представляет собой менее опасную биологическую примесь.

Наибольшую ценность в изученном генофонде имел сорт Eros, который относительно слабо поражался спорыньей при искусственной инокуляции и не содержал ЭА. Что касается структуры ЭА, то в 10 образцах склероциев были обнаружены метаболиты 1 и 2, мигрирующие при ТСХ с Rf = 0,21 (I) и Rf = 0,49 (II), которые флуоресцировали в УФ-свете (λ = 254 нм) и имели фиолетовое окрашивание с реактивом Эрлиха. Масс-спектры (МС) метаболитов были идентичными. В МС/МС-спектрах метаболитов наблюдался характеристический пик 330, который соответствовал фрагменту C₁₇H₂₀N₃O₄. Хроматографическая подвижность и МС/МС спектр метаболита 1 совпадал со стандартом эрготаминина, а метаболита 2 со стандартом эрготаминина [3].

На основании полученных данных метаболиты 1 и 2 были идентифицированы как пептидные эргоалкалоиды эрготамин и эрготаминин соответственно. В этих же образцах склероциев был обнаружен метаболит 3, мигрирующий при ТСХ Rf = 0,41 (I), который также флуоресцировал и давал фиолетовое окрашивание с реактивом Эрлиха. Хроматографическая подвижность и МС/МС-спектр метаболита 3 совпадал со стандартом эргокрестина.

Выводы

В изученном материале яровой пшеницы при искусственной инокуляции завязи *S. purpurea* выявлены два сорта (Новосибирская 18 и Традиция), не сформировавшие склероциев. Обнаружено также 4 образца (Н-154, Т-38, Оренбургская 23, Eros), не накапливающие ЭА в склероциях, что представляет большую селекционную значимость. Особую ценность для дальнейшей работы представляет сорт яровой пшеницы Eros из Германии, который устойчив к поражению спорыньей и не накапливающий ЭА.

Финансирование: Программа ФНИ государственных академий наук на 2019-2021 гг. по теме № 0528-2019-0093: «Разработка и реализация фундаментальных научно-методических подходов мобилизации, изучения, создания (в т. ч. с использованием биотехнологий) и поддержания уникальных природных и экспериментальных генетических ресурсов яровых зерновых культур (пшеница, ячмень, овес); моделей сортов с повышенной продуктивностью и устойчивостью к действию стрессовых биотических и абиотических факторов, с улучшенными селекционно-ценными признаками; технологии управления производственным процессом с учетом эдафических и биотических стрессовых факторов европейского Северо-Востока России, локального и глобального изменения климата для решения актуальных задач обеспечения импортозамещения и улучшения качества питания населения».

Литература

1. Пономарева МЛ, Пономарев СН, Маннапова ГС, Илалова ЛВ. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в республике Татарстан. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019;(9):27-4.

- Щеклеина ЛМ. Влияние погодных факторов на отдельные периоды развития гриба *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul и уровень вредоносности спорыньи в Кировской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019;20(2):134-43.
- Шешегова ТК, Щеклеина ЛМ, Антипова ТВ, Желифонова ВП, Козловский АГ. Поиск генотипов ржи и пшеницы, устойчивых к *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. и не накапливающих эргоалкалоиды в склероциях гриба. *Сельскохозяйственная биология*. 2021;(56):549-58.
- Щеклеина ЛМ, Шешегова ТК. Вредоносность спорыньи на новых сортах озимой ржи в Кировской области. *Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. 2018;4(2):83-9.
- Шешегова ТК, Щеклеина ЛМ, Желифонова ВП, Антипова ТВ, Баскунов БП, Козловский АГ. Устойчивость сортов ржи к спорынье и содержание эргоалкалоидов в склероциях *Claviceps purpurea* в условиях Кировской области. *Микология и фитопатология*. 2019;53(3):177-82.
- Гагкаева ТЮ, Дмитриев АП, Павлюшин ВА. Микробиота зерна – показатель его качества и безопасности. *Защита и карантин растений*. 2012;(9):14-8.
- Гончаренко АА. Современное состояние производства, методы и перспективные направления селекции озимой ржи в РФ. В кн.: *Мат. Всер. научн.-практ. конф. «Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка»*. Уфа; 2009. С. 40-76.
- Miedaner Tr, Geiger HH. Biology, genetics and management of ergot (*Claviceps* spp.) in rye, sorghum and pearl mille. *Toxins*. 2015;7(3):659-778.
- Mirdita V, Dhillon BS, Geiger HH, Miedaner T. Genetic variation for resistance to ergot (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) among full-sib families of winter rye (*Secale cereale* L.). *Theor Appl Genet*. 2008;(118):85-90.
- Miedaner T, Mirdita V, Geiger HH. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance. In: *International Symposium on Rye Breeding & Genetics*. Minsk; 2010. P. 83.
- Sysuev VA, Saitov VE, Farafonov VG, Suvorov AN, Saitov AV. Theoretical background of calculating of the parameters of the device for grain cleaning from ergot sclerotia. *Russ Agric Scis*. 2017;43(3):273-6.
- Сысуев ВА, Сaitов ВЕ, Фарафонов ВГ, Сaitов АВ. Исследование параметров движения зерна в жидкости устройства для удаления спорыньи. *Инженерные технологии и системы*. 2019;29(2):248-64.

References

- Ponomareva ML, Ponomarev SN, Mannapova GS, Ilalova LV. [Phytopathological monitoring of the most hazardous diseases of winter rye in the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Krasnoyarskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2019;(9):27-34. (In Russ.)
- Shchekleina LM. [The influence of weather on separate periods of development of the fungus *Claviceps purpurea* (Fr.) and the level of the related hazard in Kirovskaya Oblast']. *Agrarnaya Nauka Yevro-Severo-Vostoka*. 2019;20(2):134-43. (In Russ.)
- Sheshhegova TK, Shchekleina LM, Antipova TV, Zhelifonova VP, Kozlovskiy AG. [Searching for the rye and wheat genotypes that are resistant to *Claviceps purpurea* (Fr.) and do not accumulate ergot alkaloids in fungal sclerotia]. *Selskokoziyaistvennaya Biologiya*. 2021;(56):549-58. (In Russ.)
- Shchekleina LM, Sheshhegova TK. [Ergot hazardousness in novel winter rye varieties in Kirovskaya Oblast']. *Vestnik Mariyskogo Gosudarstvennogo Universiteta Seriya «Selskokoziyaistvennyye Nauki Ekonomicheskyye Nauki»*. 2018;4(2):83-9. (In Russ.)
- Sheshhegova TK, Shchekleina LM, Zhelifonova VP, Antipova TV, Baskunov BP, Kozlovskiy AG. [The resistance of rye varieties to ergot and the contents of ergot alkaloids in the sclerotia of *Claviceps purpurea* in Kirovskaya Oblast']. *Mikologiya i Fitopatologiya*. 2019;53(3):177-182. (In Russ.)
- Gagkayeva TYu, Dmitriyev AP, Pavlyushin VA. [Grain Microbiota as an index of grain quality and safety]. *Zashchita i Karantin Rasteniy*. 2012; (9):14-8. (In Russ.)
- Goncharenko AA. [The present-time state of production and of methods and promising directions of winter rye selection in Russia]. In: *Ozimaya Rozh': Seleksiya, Semenovodstvo, Tekhnologii i Pererabotka*. Ufa; 2009. P. 40-76. (In Russ.)
- Miedaner Tr, Geiger HH. Biology, genetics and management of ergot (*Claviceps* spp.) in rye, sorghum and pearl mille. *Toxins*. 2015;7(3):659-778.
- Mirdita V, Dhillon BS, Geiger HH, Miedaner T. Genetic variation for resistance to ergot (*Claviceps purpurea* [Fr.] Tul.) among full-sib families of winter rye (*Secale cereale* L.). *Theor Appl Genet*. 2008;(118):85-90.
- Miedaner T, Mirdita V, Geiger HH. Strategies in breeding for ergot (*Claviceps purpurea*) resistance. In: *International Symposium on Rye Breeding & Genetics*. Minsk; 2010. P. 83.
- Sysuev VA, Saitov VE, Farafonov VG, Suvorov AN, Saitov AV. Theoretical background of calculating of the parameters of the device for grain cleaning from ergot sclerotia. *Russ Agric Scis*. 2017;43(3):273-6.
- Sysuyev VA, Saitov VE, Farafonov VG, Saitov AV. [Studies of the parameters of grain motion in the fluid of the device for ergot removal]. *Inzhenernye Tekhnologii i Sistemy*. 2019;29(2):248-64. (In Russ.)

«»

УДК:631.527:633:574

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГЕНЕРАТИВНЫХ ПОЧЕК МЕСТНЫХ СУХОФРУКТОВЫХ СОРТОВ АБРИКОСА В СОГДИЙСКОЙ ОБЛАСТИ ТАДЖИКИСТАНА

Д. Янгибоев*, М. Абдуллоев, А. Абдуллоев

Филиал Института садоводства, виноградарство и овощеводства Таджикской академии сельскохозяйственных наук в Согдийской области, Республика Таджикистан

Эл. почта: Yangiboevjuraboiaagrotaaj@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.0.2022; принята к печати 02.12.2022

Описаны основные этапы развития генеративных почек местных сухофруктовых сортов абрикоса в Согдийской области Таджикистана. Установлено, что дифференциация цветковых почек от формирования органов цветка до опыления и оплодотворения проходит в 2 периода и 6 этапов. Их продолжительность зависит от температуры и биологических особенностей сорта. Для первого зимне-осеннего периода в долинных зонах Согдийской области выявлен вынужденный покой длительность 108–115 дней. Второй период – от начала цветения до опыления, оплодотворения, образования околоплодника и завязи. Его продолжительность – 28–32 дня. Даны рекомендации по защите от неустойчивых заморозков, регулированию водно-питательного режима, проведению зимнего полива, зимне-весенней обработке, зимне-летней обрезки, задымление и содержанию междурядья чёрным паром.

Ключевые слова: генеративные почки, плоды, сухофрукты, морфогенез, опыление, погодные условия, урожай.

SPECIFIC FEATURES OF DEVELOPING GENERATIVE BUDS OF LOCAL APRICOT VARIETIES IN THE SUGHD REGION OF TAJIKISTAN

D. Yangiboyev*, M. Abdulloev, A. Abdulloev

Sughd Branch of the Research Institute of Grape and Vegetable Growing, Academy of Agricultural Sciences, the Republic of Tajikistan

*E-mail: Yangiboevjuraboiaagrotaaj@gmail.com

The main stages of development of local apricot varieties in Sughd region of Tajikistan are described. The differentiation of flower buds form flower organs formation to pollination and fertilization comprises 2 periods and 6 stages. Their duration depends on temperature and the biological characteristics of an apricot variety. In the valley zones in the Sughd region of Tajikistan, 108 to 115 days are needed for a period of forced rest. The second period is from the beginning of flowering to pollination, fertilization, and pericarp and ovum formation. Its duration is 28 to 32 days. Recommendations are given for protection against unstable frosts, regulation the water and nutrient provision, winter irrigation, winter-spring processing, winter-autumn pruning, smoking and keeping of row spaced under bare fallow conditions.

Keywords: generative buds, fruit crops, morphogenesis, pollination, weather conditions, harvest.

В книге «Центры происхождения культурных растений» (1926 г.) Н.И. Вавилов отмечал, что правильность его соображений подтвердили исследования учёных среднеазиатских и закавказских республик, обнаружившие поразительное разнообразие сортового состава, в том числе и новые виды культурных растений [1].

Выявленные и отобранные под руководством Н.И. Вавилова засухоустойчивые таджикские формы культурных растений дали возможность освоить пустынные зоны Кара-Кума и пустынные склоны Копетдага и возделывать сады виноградников в богарных условиях Таджикистана.

Продуктивность плодовых культур во многом зависит от того, как условия возделывания влияют на развитие генеративных органов растений.

У абрикоса развитие генеративных органов проходит в два периода и шесть этапов:

- формирование органов цветка – образование пыльников, начало развития археспоридиальной ткани;
- образование одно-двух клеточной пыльцы;
- мейоз – редукционное деление, образование семечки;
- формирование пестиков и начало появления лепестков цветка, начало вегетации абрикоса;
- образование зародышевого мешка (женского гаметофита в начале фазы, появление лепестков);
- цветение раскрытие цветка, интервал между опылением и оплодотворением;
- опыление, оплодотворение и образование эндоспермы.

Установлено, что развитие и дифференциация цветковых почек абрикоса зависит от температурного режима, нагрузки урожая и биологической особенности сорта.

Период вынужденного покоя в долинных зонах Согдийской области в 2020 году начался с 10–12 ноября, а в 2021 году 5–6 ноября. Продолжительность периода покоя в 2020 году составил 658 дней, в 2021 году 70–75 дней, в холодные годы зимы этот период может быть самой продолжительной фазой морфогенеза почек абрикоса.

Более короткий период в этой фазе наблюдается на сортах Мирсанджали, Бобои, Учма белая, Кандак; более продолжительный на сортах Каду Хурмои, Субхони, Ахрори Ходжа, Хурсанди, Новои юбилейный и других крупноплодных сортах.

Установлено, что оптимальная температура для прохождения периода археспория составляет +3–10°C и продолжается при температуре близкой к 0°C.

В этой фазе возникают археспориальные ткани тычинки, пестики, покровные органы цветка, образование чашечки цветка, а в генеративных тканях происходят качественные изменения.

В этой фазе при понижении температуры свыше –20–22°C погибает 70–75% цветковых почек. Такие экстремальные годы бывают очень редко, когда проникает холодный арктический (сибирский) воздух. За последний 14 лет самый холодный день был 24 января 2008 года температура воздуха снизилась до –17°C. В 2008 году гибель цветковых почек абрикосовых насаждениях Согдийских областях не отмечена.

Как показали многолетние наблюдения (2010-2022 гг.) ученых Согдийского филиала Института Садоводства, виноградарства и овощеводства ТАСХН, в замедленном периоде археспорий при –15–17°C цветковые почки абрикоса не повреждаются.

Было отмечено, что при продолжительном февральской оттепели в течении 2-3 суток при повышении температуры до +18–20°C археспориальные ткани (клетки) нормально не развиваются и цветковые почки погибают.



Рис. 1. Морозоустойчивая форма абрикоса Хурмои сеянцевого происхождения, найденная во время экспедиции в критическом морозном 2015 году.



Рис. 2 Поздноцветущая форма абрикоса, клон №4, в коллекционном участке филиала Согдийского филиала Института садоводства виноградарство и овощеводства ТАСХН.

Во втором этапе в пыльниках происходит деление материнских клеток, развитие семя зачатков и гинецея и формируются соцветия и цветок. При относительно холодной зиме формирование почек задерживается, развитие прохождения одно- и двухклеточной пыльцы замедляется, и оттягивается мейоз. В период тёплой зимы формирование развития в пыльниках непродолжительно – 15–18 дней. Этот процесс на абрикосе в южных горных склонах на каменисто-щебенчатых почвах непродолжительный в Аштском, Канибодомском и Б. Гафуровском районе Согдийской области: 15 дней.

Как мы видим, формирование органов цветка (археспориальные ткани) – самый продолжительный и важный период: при холодной зиме он длится долго – больше 110–115 дней, при теплой зиме – всего 60–75 дней.

На третьем этапе происходит развитие пестиков и пыльцы, у разных сухофруктовых сортов продолжительность этого периода 40–45 дней. Для нормального формирования и мужского и женского гаметофитов необходима хорошая обеспеченность растений водой и питания цвета при нехватке воды, питания в гаметофитах формирование пыльцы.

При наборе положительных температур свыше +5–7°C и сумме эффективных температур 180–210°C начинается период мейоза и набухания цветочных бутонов. Этот этап также зависит от температуры воздуха. При высоких температурах +18–20°C мейоз длится всего 3-4 дня, при снижении температуры ночью до –1–3°C может продолжаться 15-20 дней и больше.

При редукционном делении образуются семечки, формируются пестики, появляются лепестки цветков.

Вышеуказанные этапы начинаются с 5 по 10 ноября и завершаются в конце февраля с продолжительностью 105–110 дней. Конец февраля – начало марта считается опасным периодом: генеративные органы абрикоса повреждаются внезапными вторжениями Атлантических (Каспийских) холодных циклонов Согдийскую область.

Проведенные многолетние наблюдения в 2002-2012 гг. за прохождением этапов развития морфогенеза генеративных почек абрикоса показывают, что как раз в этом периоде начинается февральская оттепель.

Табл. 1.

Среднемесячная температура воздуха (°C) в феврале (по данным Кайраккумской областной метеостанции за 11 лет

Годы	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Минимальная	28-II –13,2	18-II –3,1	16-II –2,1	19-II –5,2	12-II –1,3	27-II –7	11-II –13	6-II –1,2	15-II –8,9	24-II –7,1	5-II –15,7
Максимальная	9-II 2,5	6-II 15,3	5-II 16,1	28-II 14,0	22-II 14,5	17-II 14,2	29-II 11,3	26-II 13,6	22-II 12,9	3-II 10,9	29-II 6,9
Набор суммы эффективных температур	+140	+140	+196	+50,0	+140	+160	-14	+185	+81	+75	-14

Данные областной метеостанции за 11 лет показывают, что в февральские оттепели в 2003 году (6-II) максимальная температура достигла 15,3°C в 2004 году (5-II) еще выше 16,1°C, в другие годы 2005–2007 годы была выше +14°C, более низкая положительная температура отмечена в 2002 году (9-II) +2,5°C и 2012 году (29-II) +6,9°C.



Рис. 3. Лабораторный учет цветков до и после заморозков.



Рис. 4. Массовое цветение абрикосовых садов Ашгском районе до заморозков (13-15.03.21г).

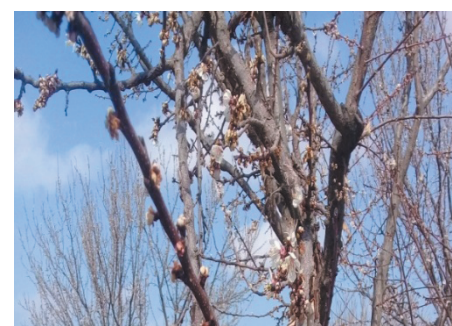


Рис. 5. Повреждение цветочных бутонов после заморозков (13-15.03.21г).

Максимальная сумма эффективных температур воздуха в феврале 2004-2009 гг. достигла 185–196°C. В 2008 году экстремальные февральские заморозки были 11 февраля –13°C, а в 2012 году 5 февраля –15,7°C. При таком понижении температуры в 2008-2012 годах на этапе набухания цветочных бутонов гибель составила свыше 50%. В абрикосовых насаждениях Согдийской области наблюдалось снижение урожайности. Зимой периоды января-февраля, когда среднесуточная температура выше +5°C, считаются оттепелями.

За последней 10 лет дважды наблюдалось вторжение Атлантического и Арктического циклонов. После выхода генеративных почек из состояния покоя при редукционном делении в начале вегетации при наступлении заморозков ниже –10°C гибель цветочных почек составила 10-20%, на этапе раздвижения чешуй при –11–15°C гибель составляет 21-50%, до –20°C гибель свыше 75%. На другом этапе при распускании почек и выдвигании чашелистиков при заморозках –10°C уже повреждается 75-85%, а при –15°C гибель доходит до 100%. Значительным ущерб урожая считается, когда гибель цветочных почек больше 50%, а урожай снижается от 35 до 60%.

На четвертом этапе происходит образование семечки – пестик цветка абрикоса формируется из одного плодолистика, в нижней части которого в завязи закладывается семечка, образуется зародышевый мешок, появляются лепестки.

Другой важный этап – цветение и раскрытия цветка – интервал между опылением и оплодотворение пестика.

У среднеазиатского перекрестно опыляющего сорта в период оплодотворения усилено происходит секрция нектара, и цветочный аромат привлекает насекомых (пчел). Попавшие на рыльце (гинеей) пыльцевые зерна начинают прорастать, и через 30-40 минут начинается вращание пыльцевого зерна в ткань рыльца и через час-полтора при оплодотворении яйцеклетки семечки абрикоса образует семя, т.е. завязь.

При среднесуточной температуре свыше +10°C и при наборе эффективных температур свыше 245°C абрикос начинает цвести. В 2021 году цветение абрикоса началось 8-9 марта, конец цветения отмечено 16-18 марта с продолжительностью 8-9 дней. В 2022 году цветение абрикоса началось 9-11 марта, конец цветения отмечен 18-22 марта, период был более продолжительным, чем в другие годы, 10–14 дней.

Самая неморозоустойчивая часть цветка пестика (гинеей), самая устойчивая – пыльца (андроцей). Гибель свыше 25% цветковых пестиков снижает урожайность абрикосового сада до 35-45%. Поврежденные пестики имеет коричневую окраску.

Во время массового цветения, в основном в марте, бывают случаи, когда вторгаются атлантический или арктический холодный циклон, в такие дни температура воздуха резко снижается до –5–15°C. Такое случалось в Согдийской области в 2015–2021 годах.

Среднемесячная температура воздуха (°С) в марте (по данным Кайраккумского областной метеостанции за 11 лет).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Минимальная	$\frac{12}{-3,1}$	$\frac{4}{-3,4}$	$\frac{9}{1,2}$	$\frac{27}{0,8}$	$\frac{24}{1,8}$	$\frac{1}{-4,2}$	$\frac{7}{4,0}$	$\frac{8}{2,3}$	$\frac{12}{0,5}$	$\frac{2}{-2,7}$	$\frac{13}{-4,6}$
Максимальная	$\frac{17}{23,4}$	$\frac{27}{22,5}$	$\frac{31}{19,4}$	$\frac{23}{21,6}$	$\frac{26}{23,5}$	$\frac{27}{19,8}$	$\frac{28}{29,0}$	$\frac{30}{21,9}$	$\frac{26}{23,2}$	$\frac{31}{23,4}$	$\frac{26}{20,0}$
Средняя	10,8	8,1	9,5	11,1	11,1	8,9	12,3	11,3	10,6	8,4	6,8

Табл. 3.

Критическая температура гибели бутонов, цветков и завязавшихся плодов абрикоса

Археспориальная фаза	Фаза мейоза	Бутоны	Цветки	Завязавшиеся плоды
-20–21°C	-6–10°C	-1–5°C	-0,5–2,0°C	0,5–0,7°C

Критические заморозки подразделяются на короткие 1–3 часа, средней продолжительности до 5–6 часов и продолжительные свыше одного дня. От этого зависит степень повреждения бутонов, цветков и завязей (табл. 3).

На шестом этапе происходит оплодотворение (завязи, пестиков, образование семени и околоплодника).

После раскрытия цветка рыльце сохраняется «свежим» и выделяет жидкость (нектар) в течение 4–6 дней в зависимости от погоды, привлекая насекомых. Пыльцевые зерна, попав на рыльце, набухают, и при благоприятной температуре воздуха ниже 16–18°C прирастают через 2–3 часа, оплодотворение завершается окончательным слиянием спермы с ядром яйцеклетки. В теплую погоду 18–20°C интервал между опылением и оплодотворением равен примерно 3–4 суткам, при самоопылении или в холодную погоду 7–8 дням. Среднеазиатские сорта на 93–95% самобесплодные.

В этот период даже непродолжительные заморозки 0,5–1°C губительны для завязи. Завязавшиеся пестики на 85–90% состоят из водной жидкости, по этой причине сильно повреждается околоплодник плода. При продольном срезе завязей обычным лезвием можно обнаружить поврежденность завязи, околоплодника в виде чёрного цвета.

Фенологические наблюдения за фенофазами цветения абрикоса показывают, что в Согдийской области ранневесенние и поздневесенние заморозки периодически раз в 7–10 повреждают бутоны цветки или завязи, нанося существенный ущерб абрикосовым насаждениям.

Препятствовать этому могут такие меры:

– после проведения зимнего полива в тканях растений (абрикоса) происходит медленное охлаждение связанной воды, межклеточная жидкость активно мигрирует и не даёт клеткам обезвоживаться, и они лучше переносят низкие температуры воздуха;

– раннее весеннее опрыскивание 3% бордосской жидкостью до набухания цветочных бутонов также снижает риск, задерживая цветение на 1–2 дня. Кроме того, известковый раствор (CaCO_3), образуя тонкую пленку вокруг цветка, предохраняет от заморозков. Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$) проникают внутри клетки и оздоравливают её, освобождая от грибковых болезней;

– применение маслосодержащих инсектицидов контактно-защитного действия против вредителей, например препарат №30 или его аналогов также снижает риск повреждения цветочных почек;

– при коротких заморозках 3–5 часов во время массового цветения помогает задымление;

– правильная организация леса-защитной полосы также могут снизить повреждение цветочных почек от заморозков и от холодных сильных ветров.

– раннее-летняя обрезка, улучшая световой режим, на 2–3 дня оттягивает цветения абрикоса;

– содержание междурядья черным паром снижает радиационное охлаждения воздуха и лучше нагревается поверхность почвы;

– в природе спонтанно в процессе мутационных изменений появляются формы абрикоса с замедленным ритмом прохождением развития морфогенеза, такие формы дерева на 8–10 день позже цветут “уходя” от возвратных холодов. В других формах абрикоса генеративные почки более устойчивы к сильным ежегодным холодам. Учеными Согдийского филиала Института садоводства, виноградарства и овощеводства ТАСХН в экспедиционных обследованиях выявлены такие формы абрикоса в Б. Гафуровском и Канибадамских районах. Когда в 2015–2021 годы на других деревьях не было обнаружено плодов абрикоса, на выявленных деревьях сохранился товарный урожай. (Рис. 1–2)

– В природе существуют много мелкоплодных форм семенного происхождения, которые ежегодно обильно плодоносят, особенно в горных районах Таджикистана Айни, горная Мастча и высокогорьях Памира. Плоды таких форм абрикоса дают хороший продукт для консервной промышленности.

В результате длительного клонового отбора нами выделен само-опыляемый сорт Нишони, способный нормально плодоносить в односортовых посадках, опыление сорта в меньшей степени зависит от действия погодных условий.

Литература

1. Вавилов Н. И., Центры происхождения культурных растений, Л., 1926

References

1. Vavilov N.I. [Tsentry Proiskhozhdeniya Kulturnykh Rasteniy]. Leningrad; 1926.



Подписано в печать 27.12.2022.

Дата выхода в свет XX.03.2023

Отпечатано в типографии ООО "Типография Лесник":

197374, Санкт-Петербург, ул. Сабировская, 37.

Тел.: +7 (812) 649-73-14.

Тираж 700 экз.

Цена свободная

Адрес издателя и редакции:

197110, Санкт-Петербург, Большая Разночинная ул., д. 28; тел./факс: (812) 415-41-61

Учредитель: **Фонд научных исследований "XXI век"**

Главный редактор: **Розенберг Геннадий Самуилович**