

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 посевами 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 N<sub>60</sub> + N<sub>30</sub> (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 N<sub>60</sub>+N<sub>30</sub> + N<sub>30</sub> (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.

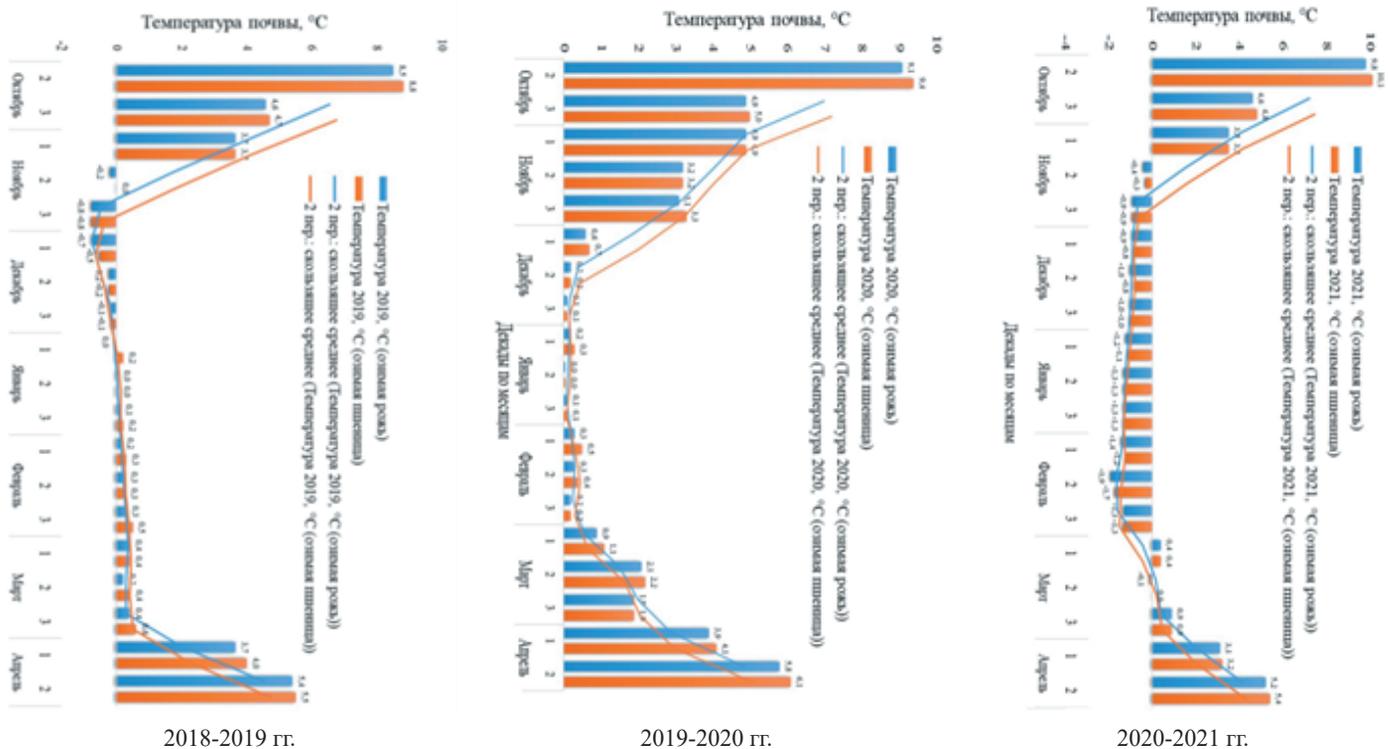


Рис. 1. Температуры почвы на уровне узла кушения в посевах озимой ржи и озимой пшеницы (логгер EBRO EBI 20-T1)

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 <sup>2</sup>			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]. Melioratsiya i Gidrotekhnika. 2021;11(3):182-93. (In Russ.)

- 
2. Korobkin VI, Peredelsky LV. *Ekologiya. Uchebnyk 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 земледелия России в современных условиях беспрецедентных вызовов (экономический кризис, изменения климата, кризис глобальных тенденций природопользования)» (соглашение от 02.10.2020 № 075-15-2020-805).*

«»