

АСПЕКТЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЕВРОПЫ¹

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 статье 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.

В последние годы в европейских странах на основе результатов анализа рисков, выполненного экспертами Европейского агентства по безопасности продуктов питания EFSA, происходят уменьшение максимально разрешенных остаточных количеств пестицидов (мг/кг) в растениеводческой продукции и отзыв разрешений на применение многих средств защиты растений в целях обеспечения населения продуктами питания с меньшим количеством остаточных количеств химических препаратов, а также для большей заботы об окружающей среде и здоровье почв². В ближайшее десяти-

летие в Европе ожидается еще большее снижение ассортимента разрешенных препаратов для защиты растений из-за еще большего ужесточения законодательства, регламентирующего их использование в ЕС. Так было отозвано разрешение на применение многих фунгицидов: фенамидона с 2018 г., хлороталонила с 2019 г., манкоцеба с 2021 г., фамоксадона с 2021 г. и инсектицидов зета-циперметрина – с 2020 г., альфа-циперметрина – с 2021 г.² Стоит отметить, что в Европе при выращивании органической продукции стали в качестве фунгицидов и бактерицидов более широко

¹ По материалам сообщения на II Международной научно-практической конференции «Проблемы экологии и сельское хозяйство в XXI веке», посвященной 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. Москва, 3–6 октября 2022 года.

² EU (2021). EU Pesticides Database (https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en).

применять препараты на основе меди, несмотря на то что в последнее время обнаружена их токсичность для многих почвенных микроорганизмов, земляных червей и водной микробиоты, что в долгосрочной перспективе сказывается на плодородии почвы. Несмотря на это, многие препараты меди (гидроксид меди, оксид меди, оксихлорид меди) пока имеют разрешение на использование до 2025 г. в ЕС².

В связи с принятыми ограничениями в области применения средств защиты растений существующая стратегия защиты нуждается в альтернативных методах борьбы с вредными организмами.

Также важно отметить, что во многих странах участились случаи возникновения резистентности к применяемым препаратам в популяциях вредителей, фитопатогенов и сорных растений. Так сообщается о возникновении резистентности у *Phytophthora infestans* к металаксилу (группа по FRAC A1-4) в Дании, Германии и Великобритании, беналаксилу (A1-4) во Франции, к флуазинаму (C5-29) во Франции; у *Alternaria solani*, *A. alternata* – к азоксистробину (C3-11) в Австрии, Бельгии, Дании, Германии, Нидерландах. Информация по данным из стран ЕС размещена в Базе данных ЕОКЗР о случаях резистентности (EPPO Database on Resistance Cases)³.

Поэтому в большинстве европейских стран широкое применение нашла интегрированная защита сельскохозяйственных культур от вредителей, фитопатогенов, нематод и сорных растений. По определению ФАО ООН, интегрированная защита растений от вредных организмов основывается на комплексном применении агротехнических, организационно-хозяйственных, физических, агротехнических биологических и химических методов борьбы с ними, позволяющая держать популяции вредных для растений организмов ниже экономически значимого уровня и приемлемыми для агроценоза. Для снижения роста численности популяции вредных организмов интегрированная защита растений от вредителей также включает мониторинг их популяций, прогноз и диагностику на начальных стадиях поражения/заражения. Применение данной стратегии настолько широко в европейских странах, что в соответствии с директивой ЕС по созданию планов для устойчивого применения пестицидов (128/2009/ЕС) страны ЕС обязаны выработать, утвердить и применить национальные планы действий, фактически означающих национальные планы по интегрированной защите⁴. Данные планы должны предоставлять альтернативные химическому методу приемы и создаваться при участии заинтере-

сованной общественности. По последним опубликованным данным за 2020 г.⁵ более чем 90% сельхозпроизводителей в Великобритании пользуются планом интегрированной защиты от вредных организмов, разработанным либо организациями в Великобритании, либо агрономами своего хозяйства.

В основе любого плана интегрированной защиты, как правило, стоит правильно выстроенный севооборот, который позволяет прерывать жизненный цикл у многих фитопатогенов через создание неблагоприятных условий для их развития (при отсутствии подходящего растения-хозяина). Так, в Великобритании 100% производителей сельскохозяйственных культур, участвовавших в опросе об использовании интегрированной защиты в своем хозяйстве, применяли данный прием⁵. Наибольшее влияние севооборот как способ снижения уровня инфицирования оказывает на те фитопатогены, которые сохраняются в растительных остатках, в почве, а также в сорной растительности и «волонтерных» растениях. По европейским данным, оптимальная минимальная периодичность выращивания картофеля на поле – это 1 раз в пять лет⁵. Также, по мнению европейских ученых, почва, в которой выращивался картофель, имеет особое значение в распространении картофельных цистообразующих нематод, *Verticillium dahlia*, *Sclerotinia* spp., *Alternaria* spp., *Phytophthora* spp. (ооспоры) и *Rhizoctonia* spp.⁶. В меньшей степени севооборот снижает численность популяции фитопатогенов, которые распространяются по воздуху и с семенным и посадочным материалом. Для фитопатогенов, которые сохраняются в живых растениях, отсутствие растения-хозяина может означать гибель, но если они способны сохраняться и в семенном и посадочном материале, для уничтожения фитопатогенов (кроме вирусов, виридов и фитоплазм) необходимо проводить обработку семенного и посадочного материала средствами защиты растений и/или использовать здоровый семенной и посадочный материал.

Также важным остается использование для посадки устойчивых к основным заболеваниям сортов картофеля, а также здорового посадочного материала, в котором в лабораторных условиях подтверждено отсутствие фитопатогенов. Использование в сортовом конвейере сортов картофеля с высоким баллом устойчивости к болезням может существенно снизить развитие заболеваний и отложить их начало [3] тем самым снизить интенсивность применения фунгицидов (число обработок и норму расхода) и даже позволяет не проводить обработки в условиях низкого развития заболеваний, а также в неблагоприятных для развития заболеваний условиях. Выращивание нескольких сор-

³ EPPO (2022). EPPO Database on Resistance Cases (<https://resistance.eppo.int/>)

⁴ Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. 2009; L309:71-86.

⁵ FERA (2022). Pesticide usage survey report. Integrated pest management on arable crops in England & Wales, 2020.

⁶ Best4Soil (2020). Crop rotation: practical information. <https://www.best4soil.eu/>

тов в хозяйстве с разным баллом устойчивости позволяет не только снижать стоимость программы защиты, но и уменьшать вероятность появления резистентности к фунгицидам у фитопатогенов из-за меньшего риска преодоления расоспецифической устойчивости.

При выращивании картофеля огромное значение имеет правильный выбор сорта. По последним опубликованным данным Великобритании, за 2020 г. 99% сельхозпроизводителей учитывают сортовые особенности и качество семенного и посадочного материала⁵. В европейских странах для облегчения взаимодействия селекционеров и картофелеводов создаются онлайн-базы данных по сортам картофеля. В Великобритании уже существует онлайн-база данных по сортам картофеля (Potato Variety Database), в которую занесена информация о сертифицированных в Великобритании сортах картофеля [2]. В ней представлены, помимо основных характеристик сортов, данные по устойчивости, выраженные от 1 до 9 по балльной шкале устойчивости к основным заболеваниям и картофельным цистообразующим нематодам. Сообщается, что данные по сортовой устойчивости получены в независимых испытаниях, финансируемых агентством AHDB Potatoes (в настоящий момент там представлены последние данные за 2018 г.)⁷. Данные испытания большей частью фокусировались на заболеваниях, снижающих качество кожуры у клубней картофеля⁷. Сорта, для которых независимых испытаний не проводилось, специально отмечаются в базе данных⁷. С 2016 г. у селекционеров появилась возможность представлять информацию о своих сортах для размещения (с соблюдением их прав) в данной базе данных⁷. Такая информация, полученная от селекционеров, помечается в ней особым образом (в виде метки «Характеристики, предоставленные селекционерами»)⁷. Информация из данной базы доступна для любого заинтересованного лица и позволяет выбрать сорт/сорта картофеля сразу по нескольким критериям с отображением информации на одном экране, что весьма удобно. Информацию из базы данных о выбранном сорте/сортах можно выгрузить в таблицу Excel. Стоит отметить, что за веб-дизайн сайта, на котором размещена база данных, отвечает Шотландское агентство по сельскохозяйственным наукам (SASA).

Для снижения уровня инфекции, вызываемой фитопатогенами, распространяющимися с семенным и посадочным материалом, необходимо использовать для посадки семенные клубни, в которых в лабораторных условиях подтверждено отсутствие фитопатогенов. Для многих регулируемых вредных организмов (в том числе распространяющихся с семенным и посадочным материалом) экспертами Европейской и Средиземноморской организации по карантину и защите растений (ЕОКЗР) разработаны диагностические стандарты (из серии PM 7). Поэтому весьма желательно использовать

⁷ AHDB (2022). Potato Variety Database. <https://potatoes.agricrops.org/>

сертифицированный посадочный материал – в Великобритании весь семенной картофель должен быть сертифицирован. Также, если производитель выращивает и использует сортовой семенной картофель, выращенный в собственном хозяйстве, то он должен заплатить Британскому обществу селекционеров растений за использование оригинальных сортов в целях финансирования создания новых сортов. В рамках схемы выплат британским селекционерам растений от производителей Британским обществом растительных селекционеров поддерживается перечень сортов, за разведение которых производитель должен платить.

Для лучшей обеспеченности растущего картофеля макро- и микроэлементами, а также органическим веществом в Великобритании рекомендуется применять отдельные решения о внесении минеральных и органических удобрений для каждого поля согласно концепции точного земледелия. Для определения потребности в питательных веществах рекомендуется определять агрохимические показатели почвы (рН, содержание фосфора, калия и магния) каждые 3-5 лет. В Великобритании для такого анализа существует сеть агрохимических лабораторий. По последним опубликованным данным, в Великобритании за 2020 г. 99% сельхозпроизводителей проводят химический анализ почвы, но только 38% – определение ее биологических показателей⁸.

По результатам проведенного анализа и полученных показателей почва получает определенный индекс (табл. 1).

Целевыми показателями почвы являются следующие: рН почвы 6,5 (5,8 на торфяных почвах), индекс по Р – 2; наименьший индекс по калию – 2 (2-); индекс по магнию – 2.

В Великобритании существуют рекомендации по внесению P_2O_5 , K_2O , MgO в почву с разными индексами по питательным элементам при планируемой урожайности 50 т/га (табл. 2)⁹. Считается, что почвы с индексами 0 и 1 наиболее отзывчивы на внесение минеральных удобрений (фосфата, калия и магния)⁹. Норма внесения калийных удобрений при планируемой урожайности больше, чем 50 т/га, может быть скорректирована путем простых подсчетов (рекомендуемая норма внесений K_2O в зависимости от индекса (кг/га) + (разница в урожайности (т) × 5,8 кг/т)⁹. Например, при индексе по калию 1, рекомендации по калийному удобрению при ожидаемом уровне урожайности 70 т/га составляют $330 + (20 \times 5,8) = 446$ кг K_2O /га⁹.

По рекомендациям⁹, в Великобритании фосфор должен вноситься весной. Там, где требуется внесение более чем 300 кг/га K_2O , следует вносить половину осенью

⁸ British Society of Plant Breeders (2022). <https://www.bspb.co.uk/seed-declarations/potatoes/>

⁹ Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB) (2021) Nutrient Management Guide (RB209); sections 2, 5. <https://ahdb.org.uk/rb209>

Табл. 1

Классификация результатов анализа почвы содержанию по Р, К и Mg (мг/л) в индексы

Индекс	Фосфор	Калий	Магний
0	0–9	0–60	0–25
1	10–15	61–120	26–50
2	16–25	121–180 (2-) 181–240 (2+)	51–100
3	26–45	241–400	101–175
4	46–70	401–600	176–250
5	71–100	601–900	251–350
6	101–140	901–1500	351–600
7	141–200	1501–2400	601–1000
8	201–280	2401–3600	1001–1500
9	Свыше 280	Свыше 3600	Свыше 1500

Табл. 2

Рекомендуемые нормы внесения минеральных удобрений при планируемой урожайности 50 т/га

	Индекс по фосфору, калию, магнию				
	0	1	2	3	4
	кг/га				
P ₂ O ₅	250	210	170	100	0
K ₂ O	360	330	300	150	0
MgO	120	80	40	0	0

и половину весной. На легких песчаных почвах калийное удобрение должно вноситься при вспашке. Полезно отметить, что уровень обеспеченности основными минеральными удобрениями земель, занятых под выращивание, в Великобритании значительно выше, чем в России: в 2017 г. в РФ внесено 12,2551 кг/га, в 2018 г. – 12,4918 кг/га; в Великобритании в 2017 г. – 169,8043, в 2018 г. – 169,7909¹⁰. При этом вынос с урожаем основных питательных элементов в РФ в 2017 г. составил 28,142 кг/га, в 2018 г. – 24,8072 кг/га¹⁰. В Великобритании же вынос питательных элементов с урожаем составил в 2017 г. 87,2174 кг/га, в 2018 г. – 79,85 кг/га¹⁰. При этом в Великобритании также много вносится органических удобрений под сельскохозяйственные культуры: в 2017 г. – 82,614 кг/га, в 2018 г. – 83,0077 кг/га¹⁰. В РФ внесение органических удобрений составило 9,3596 кг/га в 2017 г., в 2018 г. – 9,4013 кг/га¹⁰. Меньшая обеспеченность минеральными и органическими удобрениями в РФ обуславливает меньшую среднюю урожайность картофеля (т/га) по сравнению с таковой у Великобритании: в нашей стране в 2018 г. она составила 17,05, в 2019 г. – 17,82, в 2020 г. – 16,64; в Великобритании – в 2018 г. она составила 36,14, в 2019 г. – 36,85, в 2020 г. – 38,87¹⁰. Также очевидно, что меньшая обеспеченность минеральными и органическими удобрениями земель,

занятых под выращивание сельскохозяйственных культур, в РФ повышает риск снижения плодородия почвы при выращивании современных высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур.

В последнее время в европейских странах активно (в особенности при выращивании органической продукции на небольших фермах) стало применяться междурядное выращивание двух или более видов растений [4], позволяющее в условиях монокультуры сокращать накопление вредителей и фитопатогенов в почве, снижать эрозию почвы, а также бороться с сорной растительностью, используя аллелопатические взаимодействия растений.

Расчетная норма точного внесения органических удобрений зависит от вида самого удобрения, типа почвы, погодных условий, а также от количества вносимых минеральных удобрений⁹. Считается, что совместное внесение минеральных и органических удобрений дает большую прибавку урожая, чем внесение только минеральных⁹. В целом, внесение органических удобрений не только увеличивает содержание органического вещества в почве, но и улучшает структуру почвы, тем самым улучшая рост корней, самого растения, потребление влаги, а также микробиологическую активность почвы и устойчивость к водной и ветровой эрозии.

¹⁰ FAO (2022). FAOSTAT (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>)

В последнее время в европейских странах помимо навоза от сельскохозяйственных животных (птицы, крупного рогатого скота, свиней) начал широко использоваться компост (термофильный и вермикомпост)⁹.

Для обеззараживания почвы и снижения в ней уровня инфицирования используют, помимо биофумигации, выращивания определенных сидератов (например, для этой цели широко используются растения из семейства крестоцветные [1] и сорго (*Sorghum vulgare*). В Европе альтернативой выращиванию самих растений в целях биофумигации применяется заделка в почву гранул BioFence (гранулы *Brassica carinata*). Для эффективности применения таких гранул рекомендуется использовать укрывной материал и хорошее увлажнение почвы.

В последнее время в мире набирает свою популярность выращивание покровных культур. Так по последним опубликованным данным в Великобритании за 2020 г. 70% сельхозпроизводителей выращивают покровные культуры в своих хозяйствах [4]. Известно, что выращивание покровных культур способствует не только обогащению почвы органическим веществом, стимуляции ее микробиологической активности, включая рост микоризных грибов, улучшению структуры почвы, уменьшению эрозии почвы, сдерживанию роста сорняков но и повышению мобильности и лучшей усвояемости некоторых питательных веществ¹¹. Так, например, выращивание люпина и гречихи за счет органических кислот из корневых выделений данных растений улучшает подвижность фосфора в почве, что улучшает его усвояемость у последующей культуры¹¹.

Рациональное и взвешенное применение средств защиты растений в растениеводстве в РФ, в частности в

картофелеводстве, позволит обеспечить население качественными продуктами питания, а также будет способствовать обеспечению продовольственной безопасности страны, активно занимающейся выращиванием сельскохозяйственных культур. Это также повысит привлекательность отечественной растениеводческой продукции как экспортного товара в европейские страны, в которых существует строгая регламентация содержания остаточных количеств пестицидов в растениеводческой продукции. Стоит отметить, что в европейских странах в последнее время начало активно использоваться ультрамалое опрыскивание.

Современная интегрированная защита картофеля от болезней должна строиться на поддержании здоровья почвы и на отсутствии фитопатогенов в ней, что достигается выращиванием сидератов в качестве покровных и биофумигирующих культур [1], а также сохранением высоких уровней органического вещества за счет внесения органических удобрений, а также на поддержании здоровья растений (через выращивание смеси сортов, включающей сорта с высоким баллом устойчивости к фитопатогенам), а при промышленном традиционном выращивании картофеля в условиях эпифитотий – также использованием химической защиты, основанной на результатах мониторинга популяций фитопатогенов и применением систем принятия решений для прогноза вероятности вспышки заболеваний. Для успешности интегрированной защиты необходимо, чтобы ее принципам следовало как можно большее число участников в технологической цепочке выращивания картофеля (как крупными агрохолдингами, так и небольшими фермерскими хозяйствами и личными подсобными хозяйствами).

Литература

1. Ерохова МД, Кузнецова МА. Биофумигация почвы растениями из семейства Капустные. Защита и карантин растений. 2021;(8):39-40. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_8_39.
2. Ерохова МД. Опыт Великобритании в защите картофеля от бактериозов. Достижения науки и техники АПК. 2022; 36(2):8-13. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_2_8.
3. Andrivon D, Lucas J-M, Ellissèche D. Development of natural late blight epidemics in pure and mixed plots of potato cultivars with different levels of partial resistance. Plant Pathol. 2003; (52):586-94.
4. Dupuis B, Cadby J, Goy G, Tallant M, Derron J, Schwaerzel R, Steinger T. Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping. Plant Pathol. 2017;66:960-9.

References

1. Yerokhova MD, Kuznetsova MA. [Soil biofumigation by brassica green manure crops]. Zashita i Karantin Rasteniy. 2021;(8):39-40. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_8_39. (In Russ.)
2. Yerokhova MD, Kuznetsova MA. [UK experience in potato protection against bacterial diseases]. Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK 2022;36(2):8-13. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_2_8. (In Russ.)
3. Andrivon D, Lucas J-M, Ellissèche D Development of natural late blight epidemics in pure and mixed plots of potato cultivars with different levels of partial resistance. Plant Pathol. 2003;52:586-94.
4. Dupuis B, Cadby J, Goy G, Tallant M, Derron J, Schwaerzel R, Steinger T. Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping. Plant Pathol. 2017;66:960-9.

¹¹ Horticulture Development Company (2010). Green manures – effects on soil nutrient management and soil physical and biological properties (<https://projectbluearchive.blob.core.windows.net/media/Default/Horticulture/Publications/Green%20manures%20%E2%80%93%20effects%20on%20soil%20nutrient%20management%20and%20soil%20physical%20and%20biological%20properties.pdf>)