

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 635.21:632.95+631.811.98

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_4_52

Биологическая направленность защиты картофеля от вредных организмов в условиях ЦЧР

Юрий Васильевич Попов^{1✉}, Владимир Федорович Рукин², Иван Сергеевич Торопчин³

^{1, 2, 3}Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,

Воронежская область, Россия

¹yu.vas.popov.1954@yandex.ru✉

Аннотация. Картофель относится к сельскохозяйственным культурам, для защиты которых проводятся неоднократные обработки химическими пестицидами. Экологическое значение имеет обоснованное снижение их использования в технологиях выращивания культуры. Биологические средства борьбы с вредными организмами являются одними из главных факторов в ослаблении пестицидной нагрузки. Для эффективного контроля за распространением вредных организмов прежде всего необходим качественный посадочный материал, соответствующий ГОСТу по сортовым, репродукционным и фитосанитарным требованиям. Во многих случаях он заражен болезнями, в том числе вирусными. Для формирования благоприятной фитосанитарной обстановки важна тщательная подготовка почвы, способствующая снижению ее плотности, заделка растительных остатков, внесение органических и минеральных удобрений, выбор предшественника. В проведенных исследованиях приемы защиты клубней и растений картофеля биопрепаратами, механическими обработками против сорняков (без использования гербицидов) по урожайности, товарности клубней и экономическим показателям практически не уступали химическим пестицидным схемам. Наибольший экономический эффект достигался при обработке биологическим фунгицидом БисолбиСан, Ж, 2 л/т, га и биосинтетическим инсектицидом Спинтор 240, СК, 0,125 л/га, причем независимо от способа борьбы с сорной растительностью (гербицидный или механический). Эффективными в борьбе с болезнями и вредителями и экономически оправданными были обработки клубней и растений микроудобрением с фунгицидными свойствами Стимикс, Ж, 1 л/т, га и биологическим инсектицидом Энтолек, Ж, а также смешанными химико-биологическими вариантами. Биологические приемы борьбы могут найти применение при выращивании картофеля по технологиям со сниженным количеством обработок химическими пестицидами или без них при органическом земледелии.

Ключевые слова: защита картофеля, вредные организмы, вредоносность, пестициды, биологические препараты, биологическая и экономическая эффективность

Для цитирования: Попов Ю.В., Рукин В.Ф., Торопчин И.С. Биологическая направленность защиты картофеля от вредных организмов в условиях ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 4(75). С. 52–67. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_52–67.

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE, PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Biological purposefulness of potato protection from noxious organisms in conditions of the Central Chernozem Region

Yuriy V. Popov^{1✉}, Vladimir F. Rukin², Ivan S. Toropchin³

^{1, 2, 3}All-Russian Research Institute of Plant Protection, Voronezh Oblast, Russia

¹yu.vas.popov.1954@yandex.ru✉

Abstract. The potato is an agricultural crop, for the protection of which repeated treatments with chemical pesticides are carried out. The justified reduction of such treatments number in cultivation technologies is of ecological importance. Biological means of pest management are one of the main factors in reducing the pesticide load. For effective control of harmful organisms, first of all, high-quality planting material corresponding to GOST by varietal, reproductive and phytosanitary requirements is needed. In many cases, planting material is infected with diseases, including viral ones. For the formation of a favorable phytosanitary situation, careful preparation of the soil is important, contributing to a decrease in its density, as well as plant residues plowing in, organic and mineral fertilizers application, forecrop choosing. In the conducted studies, the methods of protecting tubers and potato plants with biological preparations, mechanical treatments against weeds (without the use of herbicides) in terms of yield, marketability of tubers and economic indicators were practically not inferior to chemical pesticide schemes. The greatest economic effect was achieved using biological fungicide BisolbiSan, L, 2 l/t, ha and biosynthetic insecticide Spintor 240, SC, 0.125 l/ha, regardless of the method of weed control (herbicidal or mechanical). Effective in the protection from diseases and pests and economically justified were the treatment of tubers and plants with micronutrients with fungicidal properties Stimix, L, 1 l/t, ha and biological insecticide Entolek, L as well as mixed chemical and biological variants. Biological

methods of pest management can be used in growing potato using technologies with a reduced number of treatments with chemical pesticides or without them in organic farming.

Keywords: potato, protection, noxious organisms, harmfulness, pesticides, biological preparations, biological and economic efficiency

For citation: Popov Yu.V., Rukin V.F, Toropchin I.S. Biological purposefulness of potato protection from noxious organisms in conditions of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(4):52-67. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_52-67.

Биологический потенциал урожайности и качества получаемой продукции сельскохозяйственных культур реализуется на основе современных технологий, включая такой необходимый элемент, как борьба с вредными организмами. Все большее значение в защите растений приобретают биологические подходы [10, 11]. Для выбора стратегии и тактики проведения обработок химическими пестицидами следует учитывать данные фитосанитарной экспертизы семенного материала картофеля и проводить оценку зараженности и поврежденности вегетирующих растений [6, 8, 13, 14, 16]. Фитосанитарный мониторинг позволяет контролировать степень развития вредных объектов на культуре, их вероятную вредоносность и принимать верные решения в борьбе с ними.

В настоящее время большая часть мероприятий по защите растений ориентирована на многократное использование химических пестицидов. Несмотря на наличие определенных преимуществ (отказ от фитосанитарного мониторинга и анализа его результатов), имеются и негативные стороны, связанные с проведением большого количества обработок, увеличением химической пестицидной нагрузки на окружающую среду, значительными затратами на приобретение пестицидов.

Вследствие того, что клубень картофеля в процессе формирования накапливает легко усваиваемые углеводы, растение имеет развитый стебель и листья, его заселяют многие вредные организмы. Необходимость защиты может возникнуть еще на этапе подготовки клубней, которые обрабатывают как фунгицидами, так и инсектицидами. Из болезней на клубнях встречаются сухая гниль, мокрые бактериальные гнили, поражение паршой, ризоктониозом, фомозом, фузариозом, антракнозом и др. Против проволочников, озимой совки и колорадского жука пролонгированное действие оказывает протравливание клубней, обеспечивающее защиту на протяжении 3–4 недель после появления всходов.

Фитосанитарная ситуация во время вегетации часто требует оперативного вмешательства с применением химических средств защиты при значительном распространении таких болезней, как ризоктониоз, альтернариоз, фитофтороз и др. Их развитие обуславливается наличием инфекционного фона, складывающимися в период вегетации погодными условиями, сортовой устойчивостью. Из вредителей высокая вредоносность в зоне ЦЧР характерна прежде всего для колорадского жука. Массовое заселение посадок картофеля повторяется ежегодно и требует применения инсектицидов, часто неоднократного. Кроме того, в посадках культуры постоянно возникает проблема борьбы с сорной растительностью.

Существенное значение для контроля фитосанитарного состояния имеют агротехнические факторы, такие как тщательная подготовка почвы, включая зяблевую вспашку, выбор непоражаемых болезнями картофеля предшественников, внесение сбалансированных доз удобрений, борьба с сорной растительностью и т. д. Тем не менее приходится констатировать, что этого во многих случаях оказывается недостаточно для сдерживания развития и распространения комплекса вредных организмов, и часто требуется применение высокоэффективных химических пестицидов [2, 5]. Одним из главных факторов планирования количества защитных обработок остается анализ возможного недобора урожая и ориентирование на экономические пороги вредоносности (ЭПВ) [7, 15, 17].

На необходимость проведения защитных обработок химическими пестицидами существенно влияют погодные условия, прежде всего температурные и влажностные характеристики периода вегетации. Среди возможных вариантов решений не исключая

ются такие, когда обработка вообще не проводится, откладывается на другую фазу или заменяется иным приемом борьбы. Для болезней снижение обработок обуславливают агроэкологические факторы – низкий инфекционный потенциал, неблагоприятные для патогенов погодные и агротехнические условия вегетации, в том числе устойчивость выбранного сорта, занимающая важное место в их сдерживании. Уход от жестких схем проведения защитных обработок можно рассматривать как один из факторов снижения пестицидной нагрузки. Особый смысл в таких случаях приобретает использование биологических препаратов. Несмотря на существенное преобладание химических пестицидов в последнее время неуклонно увеличивается количество биорациональных средств [1, 4]. Биофунгицидный контроль возбудителей болезней осуществляется за счет наличия в препаратах низкомолекулярных антигрибных метаболитов и экзоферментов, разрушающих клеточные стенки патогенов. Этими свойствами обладают бактерии рода бациллюс, псевдомонас и другие, входящие в состав биопрепаратов, кроме того, они же зачастую являются стимуляторами роста растений [19, 20].

В настоящее время химические пестициды для защиты картофеля используются существенно в больших объемах по отношению к биологическим препаратам, что обусловлено в большинстве своем превалированием традиционных защитных схем обработок, практически не предусматривающих биологические средства. Одним из наиболее вредоносных объектов защиты картофеля в условиях ЦЧР, как уже отмечено, является колорадский жук. Борьба с ним проводится ежегодно на всей площади выращивания культуры преимущественно химическими инсектицидами. Протравливание клубней картофеля неоникотиноидами может отодвигать сроки первой обработки на 30, а иногда на 50 дней от появления всходов в зависимости от погодных условий, но в большинстве случаев они меньше и не всегда решают проблему полностью, за исключением возможно раннеспелых сортов, поэтому в период вегетации проводят дополнительные защитные обработки. Для борьбы с сорными растениями на практике используются как механические, так и гербицидные обработки. Неоднократные механические окучивания при попытках выращивания картофеля без гербицидов позволяют значительно снизить засоренность, но не достичь биологической эффективности гербицидов. Проблемой остается постепенное накопление семян сорняков в почве. Трудности возникают и из-за повреждения растений механическими орудиями на более поздних фазах онтогенеза картофеля, когда появляется вторая волна сорняков.

Эффективность применения биологических средств и приемов тесно связана с формированием благоприятной фитосанитарной обстановки. Для болезней это прежде всего использование сортов, имеющих потенциал устойчивости, методы основной обработки почвы, способствующие заделке растительных остатков, несущих инфекцию, смена поражаемого предшественника. Тем не менее следует подчеркнуть, что в условиях массовых вспышек болезней и появления вредителей решающее значение имеют химические пестициды.

Работа по изучению современного потенциала биологических средств защиты картофеля в условиях лесостепной зоны Центрального Черноземья на производственных и опытных участках Рамонского района Воронежской области проводится в течение ряда лет. При этом для закладки опытов отбирается посадочный материал, соответствующий требованиям технических условий картофеля семенного [3]. Нами использовались как отечественные, так и зарубежные сорта.

Обработка почвы включала зяблевую вспашку на глубину 25–27 см, весеннюю культивацию и окучивания. Первое окучивание на биологизированных участках осуществлялось до всходов культуры и обработки гербицидом в эталонных и смешанных схемах. После появления всходов перед второй гербицидной обработкой растения повторно окучивали.

Против сорной растительности на органических вариантах использовались только 3-кратные механические обработки.

Для обработки клубней картофеля применяли биологические, химические, смешанные химико-биологические схемы защиты.

Площадь опытных делянок составляла 25 м², повторность – 4-кратная, расположение делянок – рендомизированное.

В период вегетации на вариантах с обработкой клубней применялись биологические или химические препараты соответственно разработанной схеме. Против альтернариоза и фитофтороза фунгицидные обработки проводились начиная с фазы смыкания рядков, инсектицидные – при достижении экономического порога вредоносности колорадского жука. Учеты болезней и вредителей осуществлялись периодически (не менее 1 раза в неделю) на каждой делянке с момента появления всходов [9, 18].

Уборка опытных участков проводилась при полном созревании картофеля. Выкопанные клубни взвешивались для оценки массы, устанавливалась их товарность, зараженность болезнями, поврежденность почвенными вредителями.

Полученные данные урожайности картофеля анализировались статистически, путем дисперсионного анализа. Проводился итоговый расчет экономических показателей защитных обработок от комплекса вредных организмов, их рентабельность, окупаемость по отношению к химическим вариантам, используемым в качестве эталонов.

Высокое качество клубневого материала, что уже подчеркивалось, следует рассматривать как одно из главных условий получения урожая картофеля. Он должен соответствовать ГОСТ, в том числе по фитосанитарным требованиям [3]. В этом случае необходимость проведения защитной обработки клубней и вегетирующих растений отпадает и, как следствие, снижается пестицидная нагрузка на почву на обрабатываемых территориях. Качественные семенные клубни имеют не только высокий потенциал продуктивности, соответственно сорту, но и более отзывчивы на такие агротехнические приемы, как обработка почвы, внесение под культуру удобрений, подкормки и др. Физиологически развитые растения, как правило, толерантны к возбудителям болезней и другим вредным организмам, что позволяет расширить использование биологических приемов защиты. По результатам анализа посадочных клубней в отсутствие или слабой их зараженности целесообразнее применить биологический фунгицид, микроудобрение, регулятор роста или другое биологически активное средство, что будет более оправданным с биологической и экономической точки зрения. Применение эффективных, но дорогих химических протравителей часто не требуется, если клубни поражены слабо или не поражены совсем, что характерно для семенных клубней картофеля, соответствующих требованиям стандарта.

За последние годы нами проведен анализ посадочного материала картофеля из различных хозяйств ЦЧР, выявивший существенный инфекционный потенциал. Приходится констатировать, что в настоящее время до 50% клубней, особенно в мелкотоварном секторе, имеют высокую степень пораженности возбудителями болезней разной этиологии. Целесообразность посадки клубней более высоких репродукций, как уже отмечено, кроме их потенциальной продуктивности, обусловлена и большей устойчивостью к патогенным микроорганизмам и соответственно меньшей зараженностью. Однако в процессе вегетации происходит постепенное накопление инфекции, что характерно и для семенных клубней высоких репродукций, причем этот процесс может идти достаточно интенсивно.

Низкие репродукции в большинстве своем и больше инфицированы, что, в свою очередь, обуславливает необходимость применения высокоэффективных химических протравителей, хотя это может отмечаться и на высоких репродукциях при определенных причинах. Например, результаты проведенного нами фитопатологического анализа показали, что представленные как элитные семенные клубни сорта Ред Соня имели вы-

сокий процент распространенности таких болезней, как парша серебристая и ризоктониоз (рис. 1, а). После уборки увеличение распространенности было характерно для всех болезней, особенно сухой фузариозной гнили. На сорте Ред Фэнтези (II репродукция) отмечена мокрая гниль клубней, которая сохранялась и после уборки (рис. 1, б). В данном примере обращает на себя внимание слабое отличие по зараженности болезнями семенных клубней элитного материала II репродукции, что свидетельствует о невысоком его качестве как посадочного материала в целом.

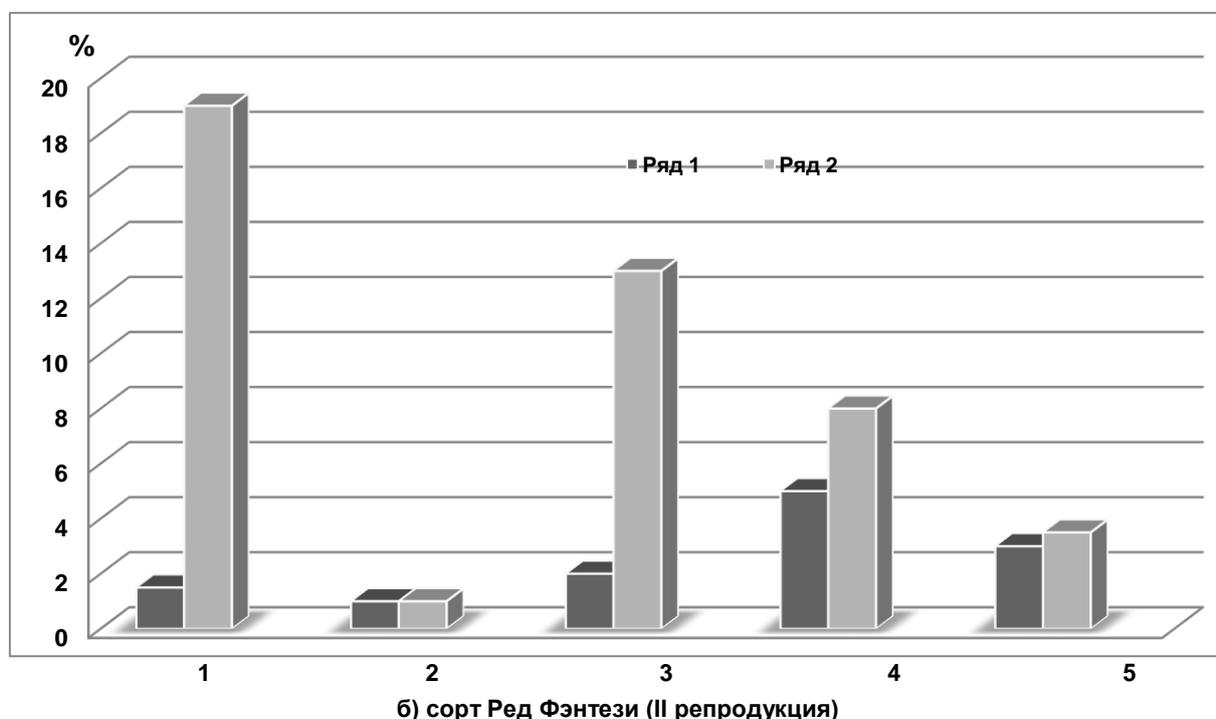
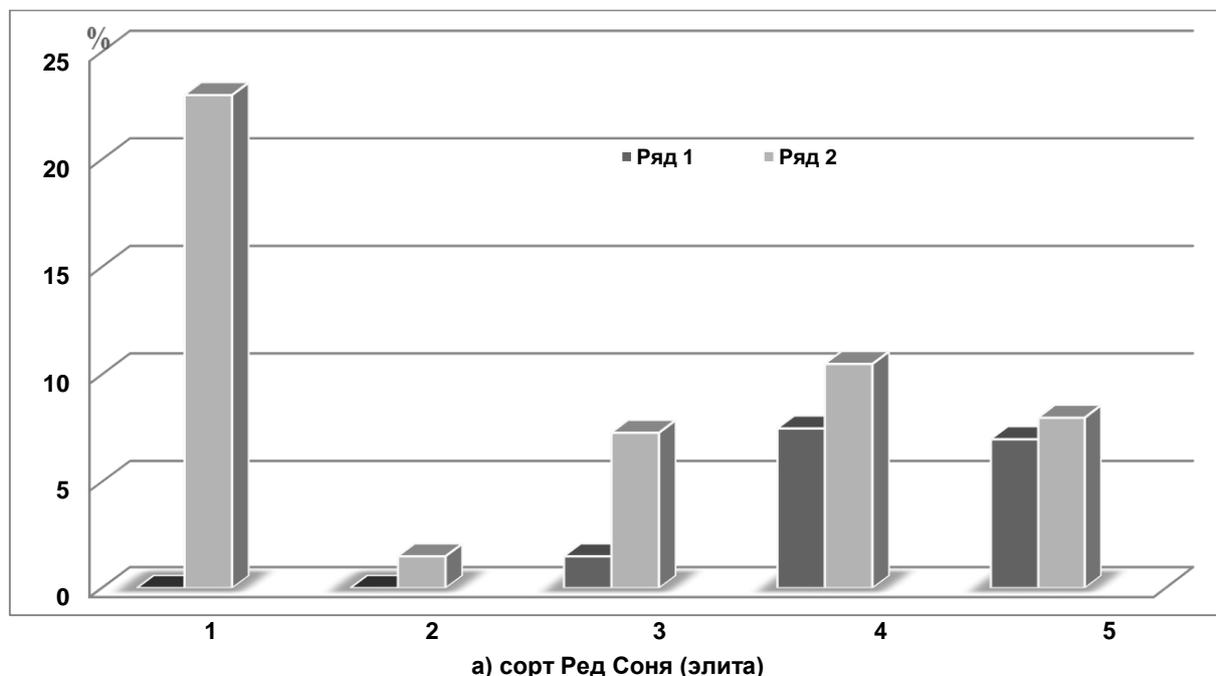


Рис. 1. Пораженность болезнями семенных клубней картофеля до посадки (ряд 1) и после уборки (ряд 2). Болезни: сухая фузариозная гниль (1), мокрая гниль (2), парша обыкновенная (3) и серебристая (4), ризоктониоз (5)

Значимая пораженность из проанализированных образцов отмечена на сорте Беллароза, соответствующем III репродукции, особенно по зараженности клубней сухой фузариозной гнилью, здесь также был высокий процент поражения паршой обыкновенной, ризоктониозом, встречалась и мокрая гниль, существенно снижающая качество урожая. На сорте Винетта I репродукции после уборки наблюдалась высокая пораженность клубней стеблевой нематодой (до 25%), что было связано с зараженностью данного семенного материала еще до посадки, которая не была зафиксирована хозяйством при его приобретении, и имело негативные последствия. После уборки клубней на всех сортах выявилось увеличение распространенности парши обыкновенной, серебристой, ризоктониоза в сравнении с началом эксперимента.

Обработка семенных клубней до посадки, в том числе биологическими препаратами, в ряде случаев снижала количество больных клубней после уборки, если не были превышены начальные уровни поражения, особенно по сухим и мокрым гнилям. Смесь биологических фунгицидов Витаплан + Трихоцин частично сдерживала развитие парши обыкновенной (биоэффективность 34%), микроудобрение Биокомпозит-коррект – ризоктониоз и паршу обыкновенную (14–27%). Хотя на вариантах с биологическими составляющими фунгицидная активность на клубнях оказывалась меньше, чем у химических эталонов, но при невысоком уровне развития патогенов ее следует считать значимой, за исключением парши серебристой и ризоктониоза, которые практически не подавлялись.

Биологические фунгициды БисолбиСан, Триходермин, Стимикс способствовали увеличению полевой всхожести и улучшению структуры посадок. По данным за 2019 г. к концу фазы всходов – начала отрастания стеблей количество взошедших растений картофеля и густота растений на 1 м² на делянках с обработкой клубней, включая биологическими фунгицидами, составило 86–95,1% от высаженных, что превысило контроль без обработки на 18,3–27,4%. Стимулирующее действие биофунгицидов и составляющих их компонентов к фазе активного роста растений выражалось в увеличении числа стеблей (с 2,8 на контроле до 2,9–3,2 ст./куст) и их высоты (на 5,2–7,1 см) (рис. 2).



Рис. 2. Стимулирующее действие обработки клубней картофеля сорта Жуковский ранний биопрепаратами на число побегов (ряд 1) и высоту растений (ряд 2)

В 2020 г. при предпосадочной обработке клубней картофеля сорта Ред Скарлетт (I репродукция) биологическими препаратами к фазе всходов отмечено увеличение их количества на 3,6–8,9% к контролю без обработки. Это превышение (на 1,3–3,1%) сохранялось и к фазе роста листьев. Обработка клубней направлена не только на снижение интенсивности распространения инфекции во время прорастания, появления всходов и более поздние фазы вегетации, включая начало отрастания стеблей. Особенно это касается фитофтороза и альтернариоза, вероятность проявления которых с нарастанием вегетативной массы увеличивается. Вредители картофеля в этот период, как правило, продолжают сдерживаться проведенной инсектицидной обработкой клубней.

В условиях ЦЧР вследствие абиотических факторов в период вегетации картофеля, препятствующих нарастанию фитофторозно-альтернариозного комплекса, прежде всего недостатка осадков и высоких температур воздуха, которые обуславливают его низкую вредоносность, открывается возможность при регулярном фитосанитарном мониторинге болезней снижать количество химических фунгицидных обработок и использовать биологические фунгициды для защиты культуры. В производственных условиях против фитофтороза и альтернариоза в период вегетации интенсивно используется до 30 фунгицидных действующих веществ и их композиций в основном химического синтеза и существенно большее количество дженериков. Если повторять фунгицидные обработки с периодичностью 7–10 дней (срок вероятного сдерживания возбудителей болезней) в предлагаемой последовательности по фазам онтогенеза картофеля, то их общее количество за вегетацию может достичь десяти.

При отсутствии полива посадок картофеля фунгициды следует применять с учетом складывающихся погодных условий. Основное значение при этом имеет выпадение осадков, их количество, температура воздуха, инфекционный запас. В ЦЧР на протяжении последних лет наблюдается слабое заражение фитофторозом и альтернариозом, что обусловлено длительным, как правило, отсутствием осадков в период вегетации и продолжительно сохраняющейся высокой температурой воздуха в дневные часы. Данные наших полевых наблюдений свидетельствуют, что в последние 5–6 лет по указанным причинам не происходило существенного поражения картофеля фитофторозно-альтернариозным комплексом [12].

С целью снижения количества обработок фунгицидами возможно использование моделей прогноза, учитывающих погодные условия, потенциал инфекции, динамику увеличения пораженности листьев и другие факторы. При отсутствии полива на богаре в сложившихся абиотических условиях существует вероятность недополучения картофельной продукции, обусловленная недостатком выпадения осадков. Например, в 2020–2021 гг. в благоприятных условиях начала вегетации картофеля было заложено 4–5 клубней на куст, но по причине их слабого налива урожайность при уборке оказалась низкой. На поливных участках способом дождевания при попадании капель воды на листья возможность заражения их болезнями усиливается, что требует проведения химических фунгицидных обработок минимум за 5–6 часов до проведения полива. Для прогноза фитопатологической ситуации в борьбе с фитофторозом возможно использование математических моделей. В частности, институтом фитопатологии разработана модель прогноза (ВНИИФБлайт), учитывающая специфику погодных условий ЦЧР [18]. Капельный полив в корневую систему уменьшает риск заражения листьев фитофторозно-альтернариозным комплексом, соответственно снижая необходимость проведения фунгицидных обработок, поэтому он более целесообразен с фитопатологической точки зрения.

Как уже отмечено, в условиях повышенных температур и неравномерного выпадения осадков фитотрозо-альтернариозный комплекс в последние годы развивался медленно и слабо. На опытных делянках первая фунгицидная обработка осуществлялась к концу нарастания биомассы картофеля с целью профилактики заражения. В этот период на листьях растений практически не отмечалось видимых симптомов поражения фитотрозом и альтернариозом. Такой подход рекомендуется для повышения эффективности фунгицидной защиты в большинстве защитных программ. Нами в сложившейся фитопатологической обстановке 2018 г. при первой обработке до появления симптомов болезней листьев упор делался на профилактику, при этом предпочтение отдавалось биологическим фунгицидам. Крайне незначительные признаки болезней на листьях в засушливых погодных условиях отмечались только к началу-середине июля (фаза смыкания рядков – цветение). В это же время проводились повторные обработки биологическими препаратами и однократно химическим фунгицидом в эталонах. Через 10 дней после обработки (фаза бутонизации) наибольшая биологическая эффективность (78–83%) была на вариантах применения локально-системного химического фунгицида Танос (фамоксадон, 250 г/кг + цимоксанил, 250 г/кг), ВДГ, 0,6 кг/га. Обработки биологическими препаратами с фунгицидными свойствами также оказывали сдерживающее действие в отношении фитотроза и альтернариоза, при этом эффективность снижения была меньше и составила 44–61% (максимально для БисолбиСан, Ж 2 л/т, га – штамм *Bacillus subtilis* Ч-13). Далее ко времени созревания это соотношение сохранялось при общем снижении биологической эффективности сдерживания болезней.

В 2019 г. в фазе цветения сорта Жуковский ранний развитие фитотрозо-альтернариозного комплекса на контроле составило 4,3%, к началу созревания – 15,6%. На вариантах обработки биопрепаратами оно было меньше, хотя, как и в предыдущем году, уступало химическому эталону. Так как началось созревание растений картофеля и в условиях продолжающейся засухи было отмечено незначительное развитие болезней, вторая фунгицидная обработка оказалась нецелесообразной.

Аналогичная картина сложилась в 2020 г., когда в засушливых условиях к началу созревания картофеля сорта Ред Скарлетт на контрольном варианте без обработки химическим фунгицидом (применялся только инсектицид) развитие фитотроза составило 11–13%, а на защищенных биопрепаратами вариантах – 3–8%. Учитывая начавшийся процесс созревания, такие низкие уровни развития не могли оказать негативного влияния на продуктивность. Биологическая эффективность к контролю без фунгицидной защиты по максимальным уровням развития (27 июля) для биопрепаратов составила 30%, на варианте химического эталона – 67–85%.

В период вегетации одной из главных проблем при защите картофеля от вредных организмов остается борьба с колорадским жуком. Активное использование на картофеле инсектицидных протравителей на основе неоникотиноидов началось приблизительно с 2010 г., и в дальнейшем площади их применения постоянно увеличивались. К 2020 г. в производственных посадках они фактически достигли 100%, в том числе во многих личных подсобных хозяйствах. При этом главная цель протравливания клубней состояла в смещении сроков проведения вегетационных обработок на более поздние даты или в благоприятных случаях отказ от них, прежде всего на рано созревающих сортах. Фактически помимо предпосадочного протравливания возникала необходимость дополнительно 1–2 кратно опрыскивать растения химическими инсектицидами.

На биологическую эффективность протравителей существенно влияли погодные факторы. Случающаяся холодная и дождливая погода в мае препятствовала выходу колорадского жука из зимовки и прохождению фаз его онтогенеза. В таких условиях воз-

никала ситуация, когда на вариантах применения протравителя и без него пороговая численность достигалась практически одновременно или с незначительной разницей во времени. Примером могут служить погодные условия мая 2017 г., когда количество имаго колорадского жука на непротравленных делянках так и не достигло экономического порога вредоносности. Необходимость защитной обработки возникла только в конце июня против личинок практически в те же сроки, что и на варианте применения протравителя. В фазе начала бутонизации средний максимум численности личинок на всей площади достиг 11,3 экз./куст при уровне заселенности растений выше 50% и поврежденности 1,2 балла (по пятибалльной шкале). Тем не менее на вариантах посева обработанными клубнями эти значения были в 2 раза меньше – количество личинок 7 экз./куст, заселенность растений – 20%, поврежденность перед обработкой – 0,5 балла. В этих условиях для сдерживания вредителя потребовалась всего одна инсектицидная обработка, причем независимо от проведения протравливания клубней.

Засушливые условия весны и начала лета 2018 г. также не способствовали раннему появлению имаго колорадского жука на картофеле, и заселение шло медленно и неравномерно. Средние сроки заселения посадок по отношению к наблюдаемым ранее сдвинулись на 2 недели (третья декада мая), но при этом между фазами онтогенеза вредителя не было четких временных разграничений. Вследствие этого на заселенных растениях наблюдались сразу имаго, яйцекладки и отрождающиеся личинки, что существенно влияло на выбор тактики применения инсектицидов. В начале вегетации численность вредителя не была высокой, тем не менее на вариантах применения протравителя наблюдалось некоторое сдерживание. В дальнейшем интенсивное развитие всех стадий вредителя потребовало независимо от протравливания клубней проведения двух химических инсектицидных обработок.

На момент первой обработки по личинкам в 2018 г. инсектицидом Регент, ВДГ, 0,025 кг/га (фаза роста стеблей) численность вредителя составляла 5,2 экз./куст при 30% заселенности растений. Потребность во второй обработке в опыте возникла практически только через месяц (в фазе цветения), когда сформировалась максимальная численность личинок 2-го поколения вредителя.

Биологическая эффективность обработки против личинок колорадского жука и тли биопрепаратом Энтолек, Ж (*Lecanicillium lecanii*) в норме расхода 0,2 л/га на 3-й день составила 100% и не уступала химическому инсектициду, тем не менее для сдерживания вредителей как биоинсектицидом, так и химическим инсектицидом Регент через 14 дней потребовалось два опрыскивания по вариантам с необработанными и обработанными клубнями.

В 2019 г. на опытных делянках после первых всходов имаго колорадского жука появились через 5–6 дней. Первая генерация оказалась чувствительной к стандартному варианту применения препарата Круйзер, КС, 0,2 л/т для обработки клубней, который показал 100% эффективность по сравнению с контролем. Однако уже в первой декаде июня его биологическая эффективность снизилась до 70%, а на вариантах без обработки клубней численность личинок достигла ЭПВ, и возникла необходимость проведения защитных мероприятий. На 21-й день после обработки только на варианте применения препарата Спинтор 240, СК в норме 0,15 л/га личинки колорадского жука отсутствовали полностью, и в сложившихся условиях для защиты от колорадского жука потребовалась только одна обработка этим биосинтетическим аналогом, разрешенным и при органическом земледелии. На 25-й день после первого применения инсектицидов Каратэ Зеон, Эфория, Актара потребовалась вторая обработка делянок, где были высажены клубни, предварительно обработанные препаратом Круйзер (табл. 1).

Таблица 1. Биологическая эффективность инсектицидов различных классов химических соединений и биопрепаратов против личинок колорадского жука на сорте картофеля Жуковский ранний

Вариант опыта	Численность личинок по датам учетов, экз./куст					Снижение численности на день после обработки, %					Поврежденность, балл
	07.06	10.06	14.06	21.06	28.06	3	7	14	21	28	
Контроль (без инсектицида)	5,9	27,2	7,8	4,6	1,8	–	–	–	–	–	4,95
Каратэ Зеон, МКС	4,8	0,3	0,3	0,3	0,8	94	94	94	83*	100	0,4
Эфория, МКС	4,8	0,0	0,7	2,4	4,4	100	86	50	8*	100	1,8
Актара, ВДГ	5,0	0,9	0,6	1,2	1,4	100	92	76	72*	100	1,2
Спинтор 240, СК	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	100	100	100	96	0,1
Энтолек, Ж	4,6	0,0	0,0	0,0	0,9	100	100	100	81**	100	0,5

Примечание: * – 25.06 – обработка препаратом Корраген, КС; ** – повторная обработка препаратом Энтолек, Ж.

Следует отметить, что применение на растениях инсектицида Каратэ Зеон (действующее вещество – лямбда-цигалотрин) показало эффективность на уровне 94–83%. Данный препарат относится к синтетическим пиретроидам, системная устойчивость к которым колорадского жука подтверждена еще в конце 90-х годов, но полный переход на неоникотиноиды, видимо, способствовал ее ослаблению.

Препараты, содержащие действующее вещество тиаметоксам, в условиях предполагаемого нами формирования устойчивости на 21-й день после обработки снижали численность вредителя максимально на 72%, хотя еще ранее этот показатель не был ниже 90%.

В 2020 г. инсектицид Спинтор 240, СК в норме 0,15 л/га при однократном применении и биологический инсектицид Энтолек Ж, 0,2 л/га при двукратном применении были эффективны в борьбе с колорадским жуком, снижая его численность соответственно на 91–100 и 79–100% относительно исходной.

Устойчивость вредных организмов к пестицидам оказывает существенное негативное влияние на эффективность их применения. Полученные нами многолетние данные показывают, что наиболее распространенные химические инсектициды из класса неоникотиноидов и пиретроидов, как правило, сохраняли свою биологическую эффективность в течение 3 недель: от 100% – со дня обработки; до 70% – в поздние сроки. При этом численность находилась в пределах 3–4 экз. на растение, а заселенность не превышала 10–15%. Однократная обработка инсектицидами Актара, ВДГ, 0,1 кг/га, Имидор, КС, 0,1 л/га, Эфория, МКС, 0,2 л/га давала возможность защитить посадки картофеля от колорадского жука до его созревания.

По нашим наблюдениям, примером формирования в настоящее время изменений чувствительности колорадского жука под влиянием многократного применения инсектицидов из класса неоникотиноидов является широко используемый инсектицид Актара, ВДГ (250 г/кг тиаметоксама) в норме 0,06 кг/га, который на протяжении длительного времени показывал высокую эффективность защиты. Начиная с 2015 г. биологическая эффективность обработок снизилась и составила уже не 100%, а находилась в пределах 90%. В 2018 г. сохранялась та же картина действия препарата на колорадского жука, что косвенно подтверждало возможность появления достаточно устойчивых к неоникотиноидам популяций, при этом также отмечены изменения его фенологии. В последние годы в посадках картофеля не наблюдается резких всплесков численности колорадского жука до 40 и более экз. на растение со 100% заселением к фазе всходов в начале июня, что было свойственно этому вредителю ранее.

Снижение биологической эффективности против колорадского жука инсектицида Актара отмечалось и в 2019 г. (до 51%), а затем и 2020 г. (до 45%). Важно отметить, что препарат, используемый нами для обработки, проходил аналитическую проверку, подтверждающую наличие в нем необходимого содержания тиаметоксама. В многолетнем аспекте динамики следует подчеркнуть, что в настоящее время популяция данного вредителя стала появляться на посадках в более поздние сроки, распределяясь по полю группами, на листьях наблюдается снижение числа откладываемых самками яиц. К обычным срокам до начала проведения защитных обработок (уровень ЭПВ) количество имаго и личинок на растениях уменьшалось до 4 раз.

Указанные особенности заселения посадок картофеля колорадским жуком открывают возможности для расширения использования биологических препаратов, способствуя тем самым снижению количества обработок химическими инсектицидами и пестицидной нагрузки, а также препятствуя проявлению резистентности. Использование таких уже проверенных биоинсектицидов, как Битоксибациллин, П (*спорово-кристаллический комплекс Bacillus thuringiensis*), Фитоверм, КЭ (*аверсектин С*), Акарин, КЭ (*авертин-Н*), а также новых в условиях фенологических изменений в популяциях колорадского жука под действием постоянных химических обработок может выступать в качестве достаточно эффективного средства борьбы.

Одним из проблемных вопросов биологической защиты картофеля являются сорные растения. Вследствие присутствия большого количества семян сорняков в почве засоренность оказывается высокой. В таких ситуациях используют гербициды, на картофеле главным образом применяют препараты на основе действующего вещества метрибузин. Представляет интерес использование других групп гербицидов. По данным учетов, проведенных нами в 2019 г., почвенный гербицид Боксер, КЭ (5,0 л/га) обладал слабой эффективностью по снижению общего количества сорных растений (49,8%) и массы однолетних злаковых (51,1%), но эффективно влиял на массу однолетних двудольных (86,0%). Дополнительная обработка гербицидом Титус, ВДГ (0,05 кг/га) + Сильвет Голд, Ж (0,1 л/га) снижала общее количество сорняков на 80,0%, биомассу однолетних двудольных – на 96,8% и биомассу злаковых сорных растений – на 94,8%.

Против сорной растительности, как уже отмечалось, применялись не только гербициды, но и механические приемы борьбы. Так, в 2019 г. механические окучивания снижали общее количество сорных растений на 76,8%, биомассу однолетних двудольных – на 65,2% (щирца запрокинутая, марь белая, горец вьюнковый), массу злаковых – на 90,0%, чему способствовали в том числе агротехнические мероприятия, погодные условия и видовой состав сорняков (большой процент засорения посадок картофеля однолетними злаками – щетинник сизый, ежовник обыкновенный). Дополнительное третье окучивание практически не уступало химическим препаратам по снижению общего количества сорных растений (76,8%) и биомассы однолетних злаков (90,0%), но было слабее по влиянию на массу однолетних двудольных (65,2%).

В 2020 г., по данным проведенных учетов, довсходовое применение гербицида Боксер, КС с последующей обработкой Титус, СТС + Тренд 90, Ж позволило снизить общую засоренность до 92,9%, массу двудольных – до 100%, массу злаков – до 98,5%, что не уступало по эффективности эталону Зенкор Ультра, КС, который при двукратном применении снижал общее количество сорных растений в течение периода вегетации до 88,1%, массу однолетних двудольных – до 100%, массу однолетних злаковых – до 81,8%. Механическая борьба с помощью дополнительного третьего окучивания в условиях этого года значительно отставала по биологической эффективности от химических вариантов защиты из-за нарастания второй волны сорняков, снижая общую засоренность на 53,3–71,9%, массу однолетних двудольных – на 35,5–51,8%, массу однолетних злаковых – на 48,5–50,4% (табл. 2).

Таблица 2. Снижение общей засоренности под влиянием гербицидов и механических обработок в посадках картофеля

Вариант опыта	Дата учета	Количество сорных растений		Масса сорных растений			
		экз./м ²	снижение к контролю, %	г/м ²		снижение к контролю, %	
				однолетние двудольные	однолетние злаковые	однолетние двудольные	однолетние злаковые
Контроль	10.07	273,3	–	539,0	747,0	–	–
	25.07	246,0	–	667,3	841,3	–	–
	19.08	132,7	–	–	–	–	–
Зенкор Ультра, КС, 0,8 л/га (до всходов) + 0,35 л/га (по всходам)	10.07	32,6	88,1	21,7	136,3	96,0	81,8
	25.07	40,0	83,7	0	214,7	100	74,5
	19.08	22,7	82,9	–	–	–	–
Боксер, КЭ, 5,0 л/га (до всходов) + Титус, ВДГ, 0,05 кг/га + Тренд 90, Ж, 0,2 л/га (по всходам)	10.07	19,5	92,9	3,0	12,7	99,4	98,5
	25.07	18,0	92,7	0	18,3	100	97,8
	19.08	13,7	89,7	–	–	–	–
Механические обработки	10.07	76,7	71,9	260,0	370,3	51,8	50,4
	25.07	105,9	57,0	430,7	433,3	35,5	48,5
	19.08	62,0	53,3	–	–	–	–

Применение гербицидов было высокоэффективным на всех двудольных сорняках, присутствующих в посадках картофеля (87,0–100%). Наиболее высокая эффективность применения препарата Боксер с последующей обработкой препаратом Титус + Тренд 90 отмечена в отношении злаковых сорняков (82,0–91,5%). Трехкратное окучивание без гербицида было достаточно эффективным в борьбе с горцем вьюнковым (97,2–100%), яруткой полевой (77,0–87,0%) и горцем шероховатым (74,0–95,6%) (табл. 3).

Таблица 3. Влияние гербицидов и механических обработок на отдельные виды сорных растений к концу вегетации картофеля

Вариант опыта	Дата учета	Снижение количества сорных растений к контролю, %						
		щети́тник сизый, ежовник обыкновенный	ярутка полевая	щирца запрокинутая	марь белая	аистник цикутовый	горец вьюнковый	горец шероховатый
Контроль*	10.07	197,3	10,0	13,3	8,7	3,3	24,7	16,0
	25.07	176,0	10,0	14,7	7,3	2,0	22,0	14,0
	19.08	76,0	8,7	15,3	6,0	2,0	12,0	12,7
Зенкор Ультра, КС, 0,8 л/га (до всходов) + 0,35 л/га (по всходам)	10.07	85,1	87,0	90,2	100	100	97,2	100
	25.07	77,3	100	100	100	100	100	100
	19.08	70,1	100	100	100	100	100	100
Боксер, КЭ, 5,0 л/га (до всходов) + Титус, ВДГ, 0,05 кг/га + Тренд 90, Ж, 0,2 л/га (по всходам)	10.07	91,5	93,0	94,7	90,4	100	97,2	100
	25.07	89,8	100	100	100	100	100	100
	19.08	82,0	100	100	100	100	100	100
Механические обработки	10.07	67,6	87,0	49,6	62,1	100	97,2	95,6
	25.07	48,1	80,0	45,6	72,6	35,0	100	90,7
	19.08	38,6	77,0	56,2	66,7	35,0	100	74,0

Примечание: * – в контроле представлены данные о количестве сорняков в экз./м².

Одним из основных показателей эффективности применения препаратов любой природы в защите растений в конечном итоге является урожайность культуры. Результаты оценки урожайности и товарности клубней при обработке биофунгицидами показали, что практически на всех вариантах с их использованием получены значимые прибавки товарных клубней картофеля, а также более высокий процент товарности по отношению к контролю.

В условиях 2016–2018 гг. использование для обработки клубней и вегетирующих растений в борьбе с комплексом основных вредных организмов биологических препаратов наряду с химическими оказалось достаточно эффективным в плане получения дополнительной продукции картофеля (1,6–6,0 т/га, или 9,4–28,0% к контролю), повышения ее товарности (на 2,6–6,4%). По показателям массы, качества клубней (стандартный размер, отсутствие пораженности и поврежденности) выделяются как химические, так и смешанные химико-биологические схемы обработок. При обработке биологическими компонентами зачастую применяются меньшие нормы внесения, что способствует снижению затрат на обработку клубней и растений, так как цена биологических препаратов ниже химических аналогов. Вследствие этого при близких показателях урожайности такие экономические показатели, как прибыль, рентабельность, окупаемость затрат могут оказаться выше.

Данные по продуктивности, качеству клубней и рентабельности в 2019 г. при обработке клубней и растений биологическим фунгицидом БисолбиСан, Ж, 2 л/т, га, органическим микроудобрением с фунгицидными свойствами Стимикс, Ж, 1 л/т, га в сравнении со смешанной химико-биологической и полной химической схемой защиты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Урожайность, товарность клубней и рентабельность смешанных и биологических схем защиты картофеля сорта Жуковский ранний от комплекса вредных организмов

№	Вариант обработки клубней и растений	Урожайность, т/га	Товарность клубней, %	Рентабельность, %
1	Круйзер, КС, 0,2 л/т; Максим, КС, 0,4 л/т; Кораген, КС, 0,04 л/га; Танос, ВДГ, 0,6 кг/га (хим. эталон)	16,7	90,8	58,6
2	БисолбиСан, Ж, 2 л/т, га; Эфория, МКС, 0,2 л/га	15,1	85,7	52,5
3	Стимикс, Ж, 1 л/т, га; Актара, ВДГ, 0,1 кг /га	14,3	85,1	48,3
4	БисолбиСан, Ж, 2 л/т, га; Спинтор 240, СК, 0,125 л/га	15,4	86,8	56,8
5	Стимикс, Ж, 1 л/т, га; Спинтор 240, СК, 0,1 л/га	15,5	90,2	59,9
	НСР ₀₅ = 0,75 т/га; Р = 1,7 %			

Примечание: варианты 1–3 обработаны инсектицидами и гербицидами; варианты 4–5 – биологическими препаратами с трехкратным окучиванием.

Самый высокий показатель урожайности – 16,7 т/га – отмечен на варианте 1 (хим. эталон). Оценка проведена на фоне обработки химическими инсектицидами и гербицидами – варианты 1, 2, 3; биологическим фунгицидом БисолбиСан, Ж, 2 л/т, га и биосинтетическим инсектицидом Спинтор 240, СК (вариант 4); микробиологическим удобрением с фунгицидными свойствами Стимикс, Ж, 1 л/т, га и биосинтетическим инсектицидом Спинтор 240, СК (вариант 5) на фоне окучиваний для борьбы с сорной растительностью. Биологические модели защиты 4 и 5 по урожайности (15,4–15,5 т/га) и товарности (86,8–90,2%) были на уровне варианта 2 и превышали вариант 3, по рентабельности они оказались выше и были близки к эталону.

В 2020 г. вследствие оптимального в данном случае соотношения стоимости полученной прибавки к контролю и суммарных затрат, наибольший экономический эффект был получен при обработке картофеля сорта Ред Скарлетт биологическим фунгицидом БисолбиСан, Ж, 2 л/т, га и органическим инсектицидом Спинтор 240, СК, 0,125 л/га, причем независимо от способа борьбы с сорной растительностью (применение гербицидов или механический). Рентабельность защитных обработок и окупаемость затрат этих вариантов составила соответственно 191,3–192,7% и 2,91–2,93 руб./на 1 руб. Экономически оправданными были и другие биологизированные варианты.

Таким образом, использование в конкретных агроэкологических условиях для обработки клубней и вегетирующих растений картофеля биологических фунгицидов имело значимый ростостимулирующий, защитный и хозяйственный эффект. Причем одним из главных условий его получения являлась относительно благоприятная фитосанитарная обстановка, которая формировалась прежде всего с помощью агротехнических приемов и во многом зависела от складывающегося влажностного и температурного режима в период вегетации.

Выявлено преимущество биологических препаратов в снижении стрессового воздействия на клубни картофеля химических пестицидов, проявляющееся за счет ростостимулирующих свойств. Вследствие наличия биологически активных веществ биофунгициды БисолбиСан, Триходермин, Стимикс способствовали повышению полевой всхожести клубней, улучшению структуры посадки, количества растений и стеблестоя, ростовым процессам в более поздние фазы. Их защитный эффект на ранних фазах выражался в ослаблении пораженности почвенными патогенами.

Обработки биологическими препаратами с фунгицидными свойствами в период вегетации в отсутствие высоких уровней поражения снижали развитие фитофтороза и альтернариоза. Биосинтетический инсектицид Спинтор 240, СК при однократном применении и биологический препарат Энтолек, Ж при двукратном эффективно подавляли основного вредителя – колорадского жука.

В борьбе с сорной растительностью двукратное окучивание и применение гербицида Боксер, КЭ с последующей обработкой препаратом Титус, ВДГ + Тренд 90, Ж высокоэффективно действовали на все двудольные и злаковые сорняки, присутствующие в посадках картофеля.

Механическая борьба с сорной растительностью путем 3-кратного окучивания без внесения гербицидов осложнялась высокой зависимостью от агротехнических мероприятий, погодных факторов, запаса семян в почве, видового состава. Несмотря на эффективность в снижении общей засоренности и ряда сорных растений она заметно уступала гербицидной защите, особенно при нарастании новых волн во второй половине вегетации, когда механическая обработка затруднена.

Биологические модели защиты с обработкой клубней и растений картофеля био-препаратами, механическими обработками против сорняков по продуктивности и качеству продукции, экономическим оценкам в сложившихся конкретных агроэкологических условиях оказывались близкими к эффективности химической защиты.

Полученные результаты могут представлять интерес при выращивании картофеля в биологизированных схемах со сниженным числом химических пестицидных обработок или без них в органическом земледелии.

Список источников

1. Берестецкий А.О. Биорациональные средства защиты растений // Защита и карантин растений. 2017. № 8. С. 9–14.
2. Власенко Н.Г., Бокина И.Г. Экологизация защиты растений в условиях интенсификации // Главный агроном. 2018. № 9. С. 7–10.
3. ГОСТ 33996-2016. Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества. Москва: Стандартинформ, 2017. 41 с.
4. Доброхотов С.А., Анисимов А.И., Фурсов К.Н. и др. Биологическая борьба с вредителями и болезнями растений в органическом земледелии // Главный агроном. 2018. № 3. С. 6–9.
5. Долженко Т.В., Долженко О.В. Экологичность применения новых инсектицидов на картофеле // Агро XXI. 2013. № 4-6. С. 28–30.
6. Захаренко В.А. Мониторинг фитосанитарного состояния агроэкосистем как инструмент повышения эффективности защиты растений // Защита и карантин растений. 2018. № 6. С. 14–17.
7. Зубков А.Ф. Модернизация защиты растений. 3. Предикторы модернизации защиты полевых культур // Вестник защиты растений. 2012. № 1. С. 3–17.
8. Ибрагимов Т.З., Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза поля и система поддержки принятия решений // Защита и карантин растений. 2015. № 1. С. 18–21.
9. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве. Санкт-Петербург: ВНИИ защиты растений, 2004. 363 с.
10. Надыкта В.Д. Основные результаты исследований ВНИИБЗР в области биологической защиты растений // Современные мировые тенденции в производстве и применении биологических и экологически малоопасных средств защиты растений: материалы международной научно-практической конференции (Краснодар, 25–27 сентября 2012 г.). Краснодар: ООО РА «Гранат», 2012. Вып. 7. С. 20–22.
11. Павлюшин В.А. Биологизация защиты растений – необходимое условие для развития растениеводства // Главный агроном. 2018. № 7. С. 6–9.
12. Попов Ю.В. Особенности борьбы с болезнями листьев картофеля в условиях ЦЧР // Защита растений от вредных организмов: материалы X международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ (Краснодар, 21–25 июня 2021 г.). Краснодар: Изд-во Кубанского ГАУ, 2021. С. 293–295.
13. Попов Ю.В., Рукин В.Ф., Торопчин И.С. Биологические приемы защиты картофеля от вредных организмов в условиях ЦЧР // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции (Воронеж, 13–30 апреля 2021 г.). Воронеж: ФГБОУ Воронежский ГАУ, 2021. Ч. IV. С. 12–20.
14. Попов Ю.В., Рукин В.Ф., Хрюкина Е.И. Особенности борьбы с вредными организмами на картофеле в ЦЧР // Защита и карантин растений. 2015. № 4. С. 31–35.
15. Попов Ю.В. Экономический порог вредоносности и концепция сдерживания вредных организмов // Агро XXI. 2002. № 5. С. 4–6.
16. Санин С.С. Фитосанитарная экспертиза – основа рациональной и экологически обоснованной защиты растений // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: материалы III Всероссийского съезда по защите растений (в 3 т.) Т. 1. Санкт-Петербург: ВНИИЗР, 2013. С. 272–274.
17. Танский В.И. Биологические основы вредоносности насекомых. Москва: Агропромиздат, 1988. 182 с.
18. Филиппов А.В. Фитофтороз картофеля // Защита и карантин растений. 2012. № 5. С. 61–88.
19. Biology of plant-microbe interactions. Vol. 4: Molecular plant-microbe interactions: new bridges between past and future: Proceedings of the 11th International congress on molecular plant-microbe interactions (St.-Petersburg, Russia, July 18-26, 2003). Editors I. Tikhonovich, B. Lugtenberg, N. Provorov. 2004. 632 p.
20. Controlling plant pathogens with bacterial/fungal antagonist combinations: patent 7429477 USA. Claimed 02.02.2001; published 30.09. 2008. Inventor Johnson Th.D.

References

1. Berestetsky A.O. Bioratsional'nye sredstva zashchity rastenij [Biorational plant protection products]. *Zashchita i karantin rastenij = Protection and Quarantine of Plants*. 2017;8:9-14. (In Russ.).
2. Vlasenko N.G., Bokina I.G. Ekologizatsiya zashchity rastenij v usloviyakh intensivatsii [Ecologization of plant protection in conditions of intensification]. *Glavnyj agronom = Chief Agronomist*. 2018;(9):7-10. (In Russ.).
3. GOST 33996-2016. Kartofel' semennoj. Tekhnicheskie trebovaniya i metody opredeleniya kachestva [Seed potatoes. Specifications and methods of determining the quality]. Moscow: Standartinform; 2017. 41 p. (In Russ.).
4. Dobrokhotov S.A., Anisimov A.I., Fursov K.N. et al. Biologicheskaya bor'ba s vreditelyami i boleznyami rastenij v organicheskom zemledelii [Biological control of plant pests and diseases in organic farming]. *Glavnyj agronom = Chief Agronomist*. 2018;3:6-9. (In Russ.).
5. Dolzhenko T.V., Dolzhenko O.V. Ekologichnost' primeneniya novykh insektitsidov na kartofele [Environmental friendliness of the use of new insecticides on potato]. *Agro XXI = Agro XXI*. 2013;4-6:28-30. (In Russ.).
6. Zakharenko V.A. Monitoring fitosanitarnogo sostoyaniya agroekosistem kak instrument povysheniya effektivnosti zashchity rastenij [Monitoring of the phytosanitary state of agro-ecosystems as a tool to increase plant protection efficiency]. *Zashchita i karantin rastenij = Protection and Quarantine of Plants*. 2018;6:14-17. (In Russ.).
7. Zubkov A.F. Modernizatsiya zashchity rastenij. 3. Prediktory modernizatsii zashchity polevykh kul'tur [Modernization of plant protection 3. Predictors of modernization of field crop protection]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2012;1:3-17. (In Russ.).
8. Ibragimov T.Z., Sanin S.S. Fitosanitarnaya ekspertiza polya i sistema podderzhki prinyatiya reshenij [Phytosanitary field examination and decision support systems]. *Zashchita i karantin rastenij = Protection and Quarantine of Plants*. 2015;1:18-21. (In Russ.).

9. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam insektitsidov, akaritsidov, mollyuskotsidov i rodentitsidov v rastenievodstve [Methodical instructions on registration tests of insecticides, acaricides, molluscumtsides and rodentisides in plant growing]. St. Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection Press; 2004. 363 p. (In Russ.).

10. Nadykta V.D. Osnovnye rezul'taty issledovaniy VNIIBZR v oblasti biologicheskoy zashchity rastenij [Basic investigation findings of All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection in the field of biological plant protection]: Sovremennye mirovye tendentsii v proizvodstve i primenenii biologicheskikh i ekologicheskikh maloopasnykh sredstv zashchity rastenij: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Krasnodar, 25–27 sentyabrya 2012 g.) [Modern world trends in the production and application of biological and environmentally low-risk plant protection products: Proceedings of International scientific and practical conference (Krasnodar, September 25-27, 2012)]. Krasnodar: OOO RA "Granat" Press. 2012;7:20-22. (In Russ.).

11. Pavlyushin V.A. Biologizatsiya zashchity rastenij – neobkhodimoe uslovie dlya razvitiya rastenievodstva [Biologization of plant protection is a necessary condition for the development of crop growing]. *Glavnyy agronom = Chief Agronomist*. 2018;7:6-9. (In Russ.).

12. Popov Yu.V. Osobennosti bor'by s boleznymi list'ev kartofelya v usloviyakh CChR [Features of leaves potato diseases control in the conditions of CChR]: Zashchita rastenij ot vrednykh organizmov: materialy X mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 100-letiyu Kubanskogo GAU (Krasnodar, 21-25 iyunya 2021 g.) [Protection of plants from harmful organisms: Proceedings of the X International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of Kuban State Agrarian University (Krasnodar, June 21-25, 2021)]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2021:293-295. (In Russ.).

13. Popov Yu.V., Rukin V.F., Toropchin I.S. Biologicheskie priemy zashchity kartofelya ot vrednykh organizmov v usloviyakh CChR [Biological techniques and measures of potato protection from harmful organisms in the conditions of CChR]. Teoriya i praktika innovatsionnykh tekhnologij v APK: materialy natsional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 13-30 aprelya 2021 g.) [Theory and practice of innovative technologies in Agro-Industrial Complex: Proceedings of the national scientific and practical conference (Voronezh, April 13-30, 2021)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2021. Part IV:12-20. (In Russ.).

14. Popov Yu.V., Rukin V.F., Khryukina E.I. Osobennosti bor'by s vrednymi organizmami na kartofele v CChR [Features of pest control on potato in Central Black Earth Zone]. *Zashchita i karantin rastenij = Protection and Quarantine of Plants*. 2015;4:31-35. (In Russ.).

15. Popov Yu.V. Ekonomicheskij porog vredonosnosti i kontseptsiya sderzhivaniya vrednykh organizmov [Economic threshold of harmfulness and the concept of containment of hazardous organisms]. *Agro XXI = Agro XXI*. 2002;5:4-6. (In Russ.).

16. Sanin S.S. Fitosanitarnaya ekspertiza – osnova ratsional'noj i ekologicheskoi obosnovannoj zashchity rastenij [Phytopathological expertise is the basis of rational and environmentally sound plant protection]: Fitosanitarnaya optimizatsiya agroekosistem: materialy III Vserossijskogo s'ezda po zashchite rastenij (v 3 t.) T. 1 [Phytopathological optimization of agroecosystems: Proceedings of the III All-Russian Congress on Plant Protection (in 3 volumes) Vol. 1]. St. Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection Press; 2013: 272-274. (In Russ.).

17. Tansky V.I. Biologicheskie osnovy vredonosnosti nasekomykh [Biological bases of insect harmfulness]. Moscow: Agropromizdat; 1988. 182 p. (In Russ.).

18. Filippov A.V. Fitofloroz kartofelya [Late blight disease of potato]. *Zashchita i karantin rastenij = Protection and Quarantine of Plants*. 2012;5:61-88. (In Russ.).

19. Biology of plant-microbe interactions. Vol. 4: Molecular plant-microbe interactions: new bridges between past and future: proc. of the 11th International congress on molecular plant-microbe interactions (St.-Petersburg, Russia, July 18-26, 2003). Editors I. Tikhonovich, B. Lugtenberg, N. Provorov. 2004. 632 p.

20. Controlling plant pathogens with bacterial/fungal antagonist combinations: patent 7429477 USA. Claimed 02.02.2001; published 30.09. 2008. Inventor Johnson Th.D.

Информация об авторах

Ю.В. Попов – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологий защиты сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», yu.vas.popov.1954@yandex.ru.

В.Ф. Рукин – старший научный сотрудник лаборатории испытания пестицидов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», r011265vf@yandex.ru.

И.С. Торопчин – научный сотрудник лаборатории испытания пестицидов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», 79081318270.

Information about the authors

Yu.V. Popov, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Research Scientist, Agricultural Crops Protection Technologies Laboratory, All-Russian Research Institute of Plant Protection, yu.vas.popov.1954@yandex.ru.

V.F. Rukin, Senior Research Scientist, Pesticides Testing Laboratory, All-Russian Research Institute of Plant Protection, 011265vf@yandex.ru.

I.S. Toropchin, Research Scientist, Pesticides Testing Laboratory, All-Russian Research Institute of Plant Protection, 79081318270.

Статья поступила в редакцию 05.08.2022; одобрена после рецензирования 20.09.2022; принята к публикации 30.09.2022.

The article was submitted 05.08.2022; approved after reviewing 20.09.2022; accepted for publication 30.09.2022.

© Попов Ю.В., Рукин В.Ф., Торопчин И.С., 2022