

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Обзорная статья

УДК 632.938:581.55

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_65

**Иммунологический метод защиты растений:
современное состояние и перспективы его
практического использования****Александр Иванович Илларионов^{1✉}, Андрей Александрович Деркач²**¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, пос. ВНИСС,
Воронежская область, Россия¹Illarionov-Alexandr@yandex.ru✉

Аннотация. Представлен анализ опубликованных источников информации, отражающих теоретические положения и особенности практического использования средств иммунологического метода защиты растений, основанного на принципе повышения устойчивости растений к вредным организмам без изменения их генома с помощью препаратов-иммуоиндукторов. К достоинствам метода относятся: экологическая безопасность, отсутствие механизма формирования резистентных популяций фитопатогенов к индукторам устойчивости. Под влиянием иммуномодуляторов у растений формируется комплексная неспецифическая устойчивость к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам, ускоряются стимулирующие процессы. По биологической эффективности многие иммуномодуляторы не уступают классическим фунгицидам. Иммунологическому методу присущи и существенные недостатки, так как он не обладает универсальным действием в отношении видов вредных организмов и имеет ограниченные возможности по числу подавляемых видов фитопатогенов и плотности их популяций в агроценозе. Наиболее эффективны средства иммунологического метода при слабой и средней степени развития болезней. К настоящему времени уже изучено большое число соединений с элиситорной активностью. В России для практического применения зарегистрировано более 30 препаратов с полифункциональными свойствами на основе таких природных и синтетических веществ, как поли-бета-гидроксимасляная, арахидоновая, янтарная, L-глутаминовая, параоксисбензойная, тритерпеновая, гиббереллиновая и ортокрезоксикусная кислоты, хитозан, 24-эпибрассинолид, L-аланин, триаконтанол, дигидрокверцетин, проантоцианидин, пара-нитрофенолят натрия и др. Использование средств иммунологического метода обеспечивает в первую очередь фитосанитарную оптимизацию агроэкосистем. Кроме того, усиление ростовых и формообразовательных процессов под влиянием иммуномодуляторов способствует повышению устойчивости растений к абиотическим факторам среды, а также увеличению урожайности различных культур и повышению качества с.-х. продукции.

Ключевые слова: иммунологический метод защиты растений, индуцированная устойчивость растений, элиситоры, сигнальные цепи, средства иммунологического метода

Для цитирования: Илларионов А.И., Деркач А.А. Иммунологический метод защиты растений: современное состояние и перспективы его практического использования // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 3(74). С. 65–78. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_65-78.

PLANT PROTECTION
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Review article

**Immunological method of plant protection:
state of the art and prospects for its practical use****Aleksandr I. Illarionov^{1✉}, Andrey A. Derkach²**¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia²All-Russian Research Institute for Plant Protection, pos. VNISS, Voronezh Oblast, Russia¹Illarionov-Alexandr@yandex.ru✉

Abstract. The authors provide insight into the publications reflecting theoretical provisions and features of the practical use of chemical agents of immunological method for plant protection based on the principle of increasing the resistance of plants to harmful organisms without changing their genome with the help of immunoinductor preparations. An important benefit of this method comes from its environmentally friendly practices. Moreover, it is characterized by the absence of mechanism for the formation of resistant populations of phytopathogens to resistance inducers. Under the influence of immunomodulators, complex nonspecific resistance to unfavorable biotic and abiotic factors is formed in plants, enhancing processes are accelerated. In terms of biological effectiveness, many immunomodulators are not inferior to classical fungicides. The immunological method is not free from

shortcomings, since it does not have a universal effect on the types of harmful organisms and has limited possibilities for the number of suppressed species of phytopathogens and the density of their population in the agroecosystem. Chemicals of the immunological method are mostly effective at weak and moderate degree of disease development. Currently, a large number of compounds with elicitor activity have already been studied. In Russia, more than 30 preparations with multifunctional properties based on such natural and synthetic substances as poly-beta-hydroxybutyric, arachidonic, succinic, L-glutamic, paraoxybenzoic, triterpene, gibberellic and orthocresoxyacetic acids, chitosan, 24-epibrassinolide, L-alanine, triacontanol, dihydroquercetin, proanthocyanidin, sodium para-nitrophenolate, etc. have been registered. The use of the studied immunological method provides, before anything else, phytosanitary optimization of agroecosystems. Beyond that, strengthening of growth and formative processes under the influence of immunomodulators contributes to increasing the resistance of plants to abiotic environmental factors, as well as to increasing the yield of various crops and improving the quality of agricultural products.

Keywords: immunological method of plant protection, induced plant resistance, elicitors, signal chains, chemicals of the immunological method

For citation: Illarionov A.I., Derkach A.A. Immunological method of plant protection: state of the art and prospects for its practical use. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(3):65-78. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_65-78.

Введение

Фитосанитарный блок адаптивно-ландшафтных систем земледелия в настоящее время, включая использование различных химических средств защиты растений, является одним из важных в решении продовольственной безопасности страны. Применение инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и других веществ в подавляющем числе современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур является их неотъемлемым звеном. Средства химического метода защиты растений обеспечивают высокоэффективное и оперативное ограничение численности и вредоносности популяций карантинных видов организмов и доминантных видов многоядных вредителей [28, 37], экономически значимых фитофагов и фитопатогенов зерновых [17, 22, 23, 24, 37], зернобобовых [18, 37], подсолнечника [37], сахарной свеклы [28, 37], картофеля [20, 21, 37], овощных, плодовых, ягодных и других культур [37], а также сорных растений в посевах различных сельскохозяйственных культур [19, 26, 37]. Вместе с тем, как известно [12, 27], химическому методу свойственны и существенные недостатки. Поэтому поступательное развитие химического метода защиты растений специалисты связывают с совершенствованием как ассортимента препаратов, так и технологий их внесения в агроценозы, что обеспечивает повышение экологической и санитарно-гигиенической безопасности метода для нецелевых организмов и агроэкосистем.

Одним из перспективных направлений в области защиты растений является возможность реализации принципа самозащиты растений от вредных организмов. Контроль ограничения численности вредных организмов в этом случае достигается путем управления обменом веществ растений с помощью биологически активных соединений. Растения с измененным биохимическим статусом становятся малопривлекательными вредным организмам для заселения и использования их в качестве источника корма. Следовательно, создаются неблагоприятные условия в агроценозе для питания, роста, развития и размножения вредных организмов [41, 42]. Под непосредственным влиянием таких соединений или опосредованно изменяется обмен веществ растений, в результате которого в них синтезируются и накапливаются вещества, качественно не отвечающие пищевым потребностям для вредных организмов и даже токсичные для них. При этом индукторы устойчивости, как правило, не проявляют биоцидную активность в отношении фитопатогенов. Они не обладают и способностью превращаться в антимикробные соединения. Целостность генома растений эти вещества не затрагивают [41–43].

Индукторы устойчивости представляют собой не только природные вещества, но созданные человеком методом аналогового синтеза соединения, которые при их применении способны оказывать влияние на течение физиолого-биохимических процессов в растениях. Препараты, изменяя физиолого-биохимические процессы в растениях, не только индуцируют у растений комплексную неспецифическую устойчивость

к патогенам, но и неблагоприятным погодным факторам среды, а также активизируют проявление ростстимулирующих процессов в растениях [43, 47]. Это принципиально новые экологически безопасные фитосанитарные препараты. Их часто называют иммуномодуляторами, сигнальными молекулами, активаторами болезнеустойчивости и др. По эффективности многие из них практически не уступают классическим фунгицидам. Число таких препаратов постоянно растет [44]. Разработка этих средств и технологии их внесения в агроценозы различных культур для оптимизации фитосанитарного состояния составляют основу иммунологического метода. По современным представлениям иммунологический метод основан на принципе повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к биотическим и абиотическим стрессовым факторам под влиянием иммуноиндукторов без изменения генома растений [25]. Существует мнение, что этот способ защиты растений от болезней можно считать биотехнологическим методом [44].

Индукцированная устойчивость растений к вредным организмам

В работах А.Ф. Росс мы находим первые сведения о формировании локально приобретенной устойчивости к вирусным инфекциям растений-хозяев [49] и системно приобретенной устойчивости растений, вызванных локализованными вирусными инфекциями [50]. Позже L.C. van Loon и J. Dijkstra [51] установили, что, как правило, индуцированная устойчивость является неспецифической и поэтому может быть эффективной в защите растений от вирусной, бактериальной и грибной инфекции.

Сущность локально индуцированной устойчивости заключается в том, что защитные реакции возникают в клетках тканей растения-хозяина, которые контактируют с патогеном. При транслокации сигналов о возникновении контакта с патогеном в свободные от поражения органы растения, в этом случае формируются уже защитные процессы системно индуцированной устойчивости. Таким образом, системно индуцированная устойчивость формируется не только в клетках тканей растения-хозяина, которые контактируют с патогеном, но и в клетках тканей, не контактирующих с местом воздействия патогена. Отличительной особенностью системно индуцированной устойчивости является тот факт, что она проявляется к данному возбудителю в течение вегетационного периода и во вновь образовавшихся органах и тканях растения [43].

Наряду с понятием «индуцированная устойчивость растений» существует понятие «индуцированный иммунитет растений». Так, С.Л. Тютюрев [41] дает такое определение: «Приобретенный ненаследуемый в потомстве иммунитет (индуцированную устойчивость) мы определяем как свойство растений приобретать устойчивость к какому-либо заболеванию или вредителю, возникающее в результате перенесенной ранее болезни, вызванной неспецифическим видом или авирулентной расой возбудителя, ослабленными штаммами или продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, а также свойство, обусловленное действием на растительные ткани химических соединений, индуцирующих изменения в обмене веществ восприимчивого хозяина в сторону, неблагоприятную для паразита». С учетом полученных новых научных данных автор уточняет определение этого понятия [42] и формулирует его в следующей редакции: «Индукцированный иммунитет – это феномен, заключающийся в том, что устойчивость к инфекционной болезни включается в растениях в ответ на их локальное заражение, обработку компонентами (метаболитами) микроорганизмов или веществами из большой группы структурно несходных органических и неорганических соединений».

В ГОСТ 21507-2013 [9] отсутствует определение понятия «индуцированная устойчивость растений», а дается определение понятия «индуцированный иммунитет растения» – устойчивость растения к вредному организму, вызванная ослабленными штаммами фитопатогенов или химическими иммунизаторами. Несмотря на равнозначность этих понятий, все-таки смысловое значение терминов «индуцированная устойчивость растений» и «индуцированный иммунитет растений» разное.

Термин «иммунитет растения» отражает неспособность вредного организма проникать в ткани растения или поражать их даже при благоприятных для него условиях внешней среды, т. е. иммунитет растения – это высшая степень устойчивости растений к вредному организму. Термин же «устойчивость растения» отражает возможное проявление всей гаммы устойчивости растения к вредному организму – от иммунитета до восприимчивости. В данном случае устойчивость растений к фитопатогенам оценивается не только через показатель распространенности заболевания, но и через показатель развития болезни растений.

Механизмы формирования устойчивости растений к фитопатогенам и фитофагам

Исследованиями установлено, что под влиянием биотических стрессовых факторов (фитопатогены) или препаратов-индукторов различного происхождения в растениях включается система самозащиты. Алгоритм реакций в растении от получения сигнала до фенотипического ответа принято называть сигнальными цепями. В научной литературе достаточно широко представлены результаты изучения сигнальных систем, отвечающих за устойчивость растений к вредным фитопатогенам [10, 11, 39, 40, 41, 43, 45]. Не остались без внимания исследователей и вопросы индуцированной устойчивости растений к фитофагам [4, 5, 7, 8, 46].

Необходимым условием включения растением защитных реакций является быстрое распознавание потенциального патогена. Этот процесс «узнавания» происходит, как правило, только после проникновения патогена в растение, которое способно сравнительно быстро распознавать вредный организм по отдельным его метаболитам (элиситорам), активаторам или индукторам, которые служат сигналом для реагирования на проникновение микроорганизма в клетки. Элиситорами принято называть молекулы белковой или углеводно-белковой природы [41], которые свидетельствуют о присутствии патогена в растении. Установлено, что роль элиситоров могут выполнять не только вещества биогенного происхождения, но и абиогенные соединения, вызывающие усиление защитных реакций растений [34]. Усиление защитных реакций растений вызывают и некоторые пестициды [44, 48].

Задача растения при нападении вредного организма состоит в том, чтобы изолировать его и подвергнуть подавлению с помощью фитоалексинов и гидролитических ферментов [11]. Сигнальные молекулы включают в работу гормоны, взаимодействуя с молекулами-рецепторами внешних клеточных мембран. Активированный рецептор передает сигнал внутриклеточным мишеням – белкам, ферментам. В ответ на это формируется клеточный ответ в виде каскада последовательных биохимических реакций. Помимо белковых посредников в передаче сигналов между рецепторами и клеточным ответом могут принимать участие и другие молекулы. В частности, салициловая кислота является одной из ключевых молекул, принимающих участие в формировании иммунного ответа растений [6]. Она может регулировать окислительные процессы, связанные с защитными реакциями растений. После выключения сигнальной системы эти молекулы быстро расщепляются [7, 38].

Как известно, в растениях существует большое число сигнальных систем, по которым распространяется сигнал элиситора. Этим и объясняется многочисленность вызываемых ими эффектов [11, 39]. Так, при работе некоторых из них может создаваться дефицит стероидов и других структурных элементов. Создаются условия, препятствующие или полностью приостанавливающие возможность проникновения микроорганизма в растительную клетку [39].

Защитные реакции растений можно активировать не только применением отдельных видов бактериальных субстратов. Фиторегуляторы являются также активаторами системно индуцированной устойчивости растений к различным стрессам [48].

Наряду с другими ранними ответами на заражение растений фитопатогеном или обработку индуктором устойчивости является повышенное образование активных форм кислорода [14]. Хорошо известен механизм эффективного проявления устойчивости растений к фитопатогенам под названием «реакция сверхчувствительности». Эта реакция индуцируется многими возбудителями и протекает сравнительно быстро. Существует несколько вариантов проявления устойчивости растений к фитопатогенам с данным механизмом. Тем не менее сущность всех их заключается в подавлении паразита за счет некрогенной реакции растения. В любом из вариантов инфекционный процесс прерывается [25].

Средства иммунологического метода защиты растений

К препаратам биологического происхождения относится Альбит. Он содержит в качестве действующего вещества поли-бета-гидроксимасляную кислоту, выделенную из почвенных бактерий *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*. В состав препарата также входят макро- и микроэлементы: магний сернокислый, калий фосфорнокислый, калий азотнокислый, карбамид. Альбит производится в форме текучей пасты (ТПС) при следующем соотношении компонентов: 6,2 + 29,8 + 91,1 + 91,2 + 181,5 г/кг. Испытаниями Альбита на ряде сельскохозяйственных культур [16] установлено, что его эффективность как иммунизатора растений против фитопатогенов находилась в пределах от 40 до 80%, а иногда достигала 100%. Имунные реакции растений проявлялись в период от нескольких часов до суток с момента нанесения препарата, в зависимости от вида растений и способа применения, а период защитного действия Альбита против болезней колебался от 15 суток до нескольких месяцев.

На основе трех компонентов (*3-индолуксусная кислота* + α -аланин + α -глутаминовая кислота при соотношении 18 + 60 + 70 мг/кг) зарегистрирован препарат под названием Агат-25 Супер, ТПС для повышения полевой всхожести, активизации ростовых и формообразовательных процессов, повышения устойчивости к неблагоприятным факторам среды, болезням, повышения урожайности, улучшения качества продукции. Препарат применяют на таких зерновых культурах, как пшеница яровая, пшеница озимая, рожь озимая, ячмень яровой, овес, кукуруза (предпосевная обработка семян); на подсолнечнике, рапсе, сахарной и столовой свекле, картофеле (предпосевная обработка семян и опрыскивание растений в период вегетации); на томатах, огурце, моркови, капусте белокачанной (замачивание семян перед посевом и опрыскивание растений в период вегетации). Зарегистрирован препарат и на других культурах [37].

Сотрудниками ВИЗР разработана концепция создания индукторов болезнестойчивости на основе хитозана и созданы препараты, стимулирующие устойчивость растений к заболеваниям различной этиологии. Эти препараты испытаны против корневых гнилей, мучнистых рос зерновых, фитофторы и др., применяются в биологизированных системах защиты зерновых культур и картофеля, отличаются низкой токсичностью для полезных насекомых, а по биологической эффективности не уступают синтетическим фунгицидам [42].

Биологическая эффективность препаратов на основе хитозана при обработке ими семян и вегетирующих растений против корневых гнилей на пшенице и ячмене находилась в пределах от 50 до 67%, против бурой и желтой ржавчины – от 61 до 96% [2].

Исследованиями в лабораторных и мелкоделяночных полевых опытах установлено, что Хитозар 44,6%, ВРП (44,6 г/кг), Фитохит, ВРП (500 г/кг), Хитозар У, ВРК (5 г/л) проявляли высокую биологическую эффективность против ризоктониоза картофеля при предпосадочной обработке клубней. Хитозар Ф, ВРК (7 г/л) эффективен в защите картофеля от ранней сухости, а его эффективность против фитофтороза находилась в пределах от 65 до 100% на фоне низкого и умеренного развития болезни [15].

Биологическая эффективность препаратов на основе хитозана с добавлением микроэлементов меди или бора против ризоктониоза на столонах и корнях картофеля была достаточно высокой и достигала 75–94%, а развитие склероциев на клубнях нового урожая находилось в пределах от 74 до 88%. Хитозары по эффективности против ризоктониоза не уступали химическим фунгицидам. Достаточно высокую эффективность Хитозары показали против фитофтороза и альтернариоза картофеля. Эффективность трехкратного опрыскивания по общепринятой схеме (первое – Танос, второе и третье – Хитозар Ф) была высокой и не уступала трехкратной обработке синтетическими фунгицидами. Эффективность предпосадочной обработки клубней препаратами группы Хитозар против обыкновенной парши превосходила аналогичную обработку клубней химическими фунгицидами [33].

Установлена высокая биологическая эффективность Хитозара ФМ – CuSO_4 против возбудителя пероноспороза огурца (более 60%) в условиях умеренного развития болезни. В то же время при ранней эпифитотии болезни, особенно на неустойчивых сортах, применение Хитозара не обеспечивало эффективной защиты культуры от пероноспороза [30].

Применение Фитохита-Г для протравливания семян яровой пшеницы показало высокую эффективность препарата. Биологическая эффективность Фитохита-Г против возбудителя твердой головни яровой пшеницы достигала 98,29% [29].

Установлено, что Хитозар-Н в концентрации 0,5% повышал устойчивость томата к заражению южной галловой нематодой (покрытие корней томата галлами уменьшалось в 1,5 раза по сравнению с контролем) [13, 34].

Водорастворимый хитозан, арахидоновая и салициловая кислота проявляют высокую антивирусную активность (*in vitro*) на жестком инфекционном фоне. На фоне искусственного заражения иммунизированных растений Y-вирусом в фазе бутонизации эффективность хитозана составила 100%, арахидоновой кислоты – 75%, а азоксистербина – 50% по сравнению с контролем. На томатах сорта Невский двукратное опрыскивание растений 0,1% водными растворами двух препаратов хитозана разного состава снижало число зараженных растений Y-вирусом соответственно на 81,7 и 91% [13]. Высказаны предположения о возможности создания препаратов нового поколения на основе хитина и хитозана, избирательно ингибирующих рост патогенной микробиоты и одновременно усиливающих продуктивные свойства сельскохозяйственных культур [34].

Высокая эффективность препаратов хитозана в защите растений от болезней выявлена при комплексном использовании: внесении его в почву и дополнительной обработке им семян, а также при формировании его баковых смесей с микроудобрениями и некоторыми органическими кислотами, например янтарной. В связи с высокими пленкообразующими свойствами хитозана рассматривается возможность его использования для инкрустации семян [43]. Разработанные композиции Хитозар-АНН, повышающие содержание перекиси водорода в растениях, проявили высокий защитный эффект на картофеле против ранней и поздней сухой пятнистости листьев, а на растениях шпината – против питиозной гнили проростков [14].

Показано, что обработка семян и плодов томата хитозаном приводит к повышению как устойчивости, так и продуктивности растений томата. Биогенный элиситор хитозан, являющийся основой препарата АгроХит, индуцирует устойчивость томатов к *Phytophthora infestans* и *Alternaria solani*. Растения, выращенные из семян, обработанных хитозаном, значительно меньше поражаются патогенами во время всего периода вегетации. Элиситоры оказывают влияние на изменение биогенеза терпеноидов (образование фитоалексина ришитина). Кроме защитных функций данный препарат обладает стимулирующим действием и может быть использован для получения повышенных урожаев плодов томата, устойчивых к стрессовым условиям. Низкая стоимость гектарной обработки делает их применение экономически более выгодным по сравнению с химическими фунгицидами.

Иммуноцитифит также представляет группу биостимуляторов. В его состав входят арахидоновая кислота и мочевины. Сигнальной молекулой (действующее вещество) в препарате является арахидоновая кислота. Помимо препарата под названием Иммуноцитифит зарегистрированы коммерческие препараты, содержащие в качестве действующего вещества арахидоновую кислоту, под названиями ОберегЪ, Р (0,15 г/л) и Проросток, Р (0,015 г/л). Иммуноцитифит корректирует биохимический статус растений, в результате чего достигается разрыв трофических связей между фитопатогеном и растением-хозяином. Действие препарата при его применении позволяет снизить вредоносность большого числа видов фитопатогенов на различных сельскохозяйственных культурах.

В Российской Федерации Иммуноцитифит зарегистрирован как полифункциональный препарат [37]. Его применение позволяет не только повышать всхожесть и энергию прорастания семян, интенсифицировать ростовые и формообразовательные процессы, но и повышать устойчивость растений к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды. Применение Иммуноцитифита способом предпосевной обработки семян и обработкой растений в период вегетации способствует росту урожайности и качества продукции различных сельскохозяйственных культур. Препарат зарегистрирован для этих же целей на цветочно-декоративных культурах.

На основе водорослей разработан препарат Реглалг, который показал высокую эффективность при предпосевной обработке семян озимой пшеницы и опрыскивании томатов. Он способствует повышению общего уровня устойчивости растений к заболеваниям и оказывает на растения стимулирующее действие.

Представителем новой группы фитоактиваторов является препарат Стимунол [1, 36]. Стимунол при его применении на ячмене или озимой пшенице способствует существенному снижению вредоносности различных фитопатогенов (от 15–40 до 70%), а урожайность культур повысить на 5–21%, при этом экономический эффект в виде окупаемости затрат возрастает почти в пять раз. При применении на свекле биологическая эффективность Стимунола в отношении снижения степени пораженности растений корнеедом, гнилями корнеплодов и заболеваниями листового аппарата находилась в пределах от 15 до 68%. Рост сохраненного урожая наблюдался от 10 до 35%. Окупаемость затрат при различных способах применения возрастала в 1,5–2 раза. Высокая биологическая эффективность установлена и при применении препарата Стимунол на клевере и картофеле. Биологический эффект применения препарата на данных культурах против фитопатогенов составлял, по данным авторов, 75–85% и обеспечивал уровень сохраненного урожая до 52% при высокой экономической эффективности.

Иммуномодуляторы, изменяя биохимический статус растений, оказывают влияние не только на фитопатогены, но и фитофаги. Так, при обработке семян ячменя или растений в период вегетации препаратами Альбит и Стимунол отмечалось снижение поврежденности листьев хлебными блошками и главных стеблей внутри стеблевыми вредителями до 45% и более [3].

М.О. Петровой с соавт. [35] в исследованиях на растениях баклажана выявлено влияние препарата Иммуноцитифит на поведенческие реакции и демографические показатели оранжерейной белокрылки. Защитные реакции при обработке растений препаратом проявлялись только при 14-дневной экспозиции и не сохранялись в последующие дни.

Препарат Циркон, Р (0,1 г/л) изготавливается из эхинацеи пурпурной. Зарегистрирован в Российской Федерации для повышения полевой всхожести, иммунитета к болезням и неблагоприятным факторам среды, активации ростовых и формообразовательных процессов, повышения урожайности, улучшения качества продукции [37].

Установлено, что при обработке препаратом Циркон семядольных листьев огурца происходит синтез соединений с репеллентным действием для оранжерейной белокрылки и аттрактивным – для калифорнийского трипса, при этом численность потомства фитофагов не изменяется. При обработке первого настоящего листа растений выявлено снижение численности дочернего поколения оранжерейной белокрылки и плодовой паутинного клеща в сравнении с контролем [31].

В исследованиях на огурце в условиях защищенного грунта установлено, что в растениях, подвергшихся повреждению фитофагами, активизируются защитные реакции, результатом которых является синтез антифидантов и репеллентов, вызывающих изменение поведения насекомых, снижение их вредоносности и численности потомства. При обработке растений элиситорами Хитозар Ф и Иммуноцитифит в клетках растений активизируется жасмонатный сигнальный путь защитных реакций, что обеспечивает повышение их устойчивости при снижении численности потомства до 53% [32].

Группа brassinosteroidов представляет ряд действующих веществ, обладающих биостимулирующими свойствами. Одним из основных действующих веществ препаратов группы является эпибрасинолид. В настоящее время 24-эпибрасинолид в форме препаратов Эпин-Экстра, Р (0,025 г/л) и КомКат, ВРП (0,025 г/л) зарегистрирован в Российской Федерации в качестве биостимулятора не только ростовых процессов, но и повышения устойчивости растений к засухе и болезням, а также увеличения урожайности и улучшения его качества при применении на таких культурах, как пшеница яровая и озимая, ячмень яровой, рис, подсолнечник, картофель (предпосевная обработка семян и опрыскивание растений в период вегетации). Эпин-Экстра, Р рекомендован для применения способом замачивания семян перед посевом и опрыскиванием растений в период вегетации на следующих овощных культурах: огурец (открытый и защищенный грунт), баклажан (открытый и защищенный грунт). Кроме того, этот препарат зарегистрирован для применения и на других культурах [37].

Фитоактиватор гидроксикоричная кислота используется в форме препаратов Домоцвет, Р (0,05 г/л) и Циркон, Р (0,1 г/л). Препарат Домоцвет, Р (0,05 г/л) зарегистрирован для стимуляции корнеобразования, роста побегов, цветения, повышения устойчивости к грибным болезням цветочных культур [37].

Число веществ с выявленной у них элиситорной активностью постоянно растет. В Российской Федерации зарегистрированы препараты с полифункциональными свойствами на основе как природных, так и синтетических веществ [37].

Продукты метаболизма симбионтного гриба *Acremonium lichenicola* зарегистрированы в форме препарата Эмистим, Р (0,01 г/л);

продукты метаболизма эндофитного гриба *Mycelium radialis var. Ledum*, штамм НЖ-13 – Мицефит, ВРП (136 г/кг);

комбинированный препарат на основе *L-аланина + L-глутаминовой кислоты* – в форме препарата Рибав-Экстра, Р(0,00152 + 0,00196 г/л);

арахидоновая кислота – в форме препарата ОберегЪ, Р (0,15 г/л);

2,6-диметилпиридин-N-оксид + продукты метаболизма симбионтного гриба Cy lindrocarpon magnusianum – Агростимулин, ВСР (25 + 1 г/л);

триаконтанол – Триаконтанол, Ж (2 г/л);

1-триаконтанол + 24-эпибрасинолид – Витазим, ВР (0,13 + 0,022 г/л);

2-(1,3-диоксоланил-2) фурана – Фуролан, Ж (988,9 г/л);

дитерпеновые спирты и углеводороды + дигидрокверцетин – БиоЛарикс, ВРК (250 + 50 г/л);

проантоцианидины + параоксибензойные кислоты + дигидрокверцетин – Экстра-Кор, ВРП (650 + 140 + 160 г/кг);

дигидрокверцетин – АгроСтимул, ВЭ (50 г/л); ЭкоЛарикс, ВРП (250 г/кг);
коллоидное серебро + полигексаметиленбигуанид гидрохлорида – Зеребра Агро,
ВР (500 + 100 мг/л);

ортокрезоксисукусной кислоты триэтаноламмониевая соль – Крезацин, КРП,
ТАБ (950 г/кг);

*ортокрезоксисукусной кислоты триэтаноламмониевая соль + 1-хлорметил-
силатран* – Мивал-Агро, КРП (760 + 190 г/кг) и Энергия-М, КРП, ТАБ (855 + 95 г/кг);

*пара-нитрофенолят натрия + орто-нитрофенолят натрия + 5-нитрогваяколят
натрия* – Атоник Плюс, ВР (9 + 6 + 3 г/л);

тритерпеновые кислоты – Новосил, ВЭ (100 г/л), Вэрва, ВЭ (10 г/л), Аль-
фастим, ВЭ (100 г/л), Биосил, ВЭ (100 г/л);

янтарная кислота – Янтарин, ВРК (5 г/л);

Pseudomonas fluorescens 1-Б – Биоагро-РР, Ж (титр не менее 1×10^8 КОЕ/мл).

На основе натриевых солей гиббереллиновой кислоты созданы следующие пре-
параты: Бутон, ВРП (5 г/кг); Гибберелон, ВРП (40 г/кг); Завязь, КРП (5,5 г/кг); Плодо-
стим, КРП (5,5 г/кг). Гиббереллиновая кислота АЗ является основой производства пре-
парата Х-Панд, Ж (135 г/л).

Заключение

Сведения о формировании системно приобретенной устойчивости растений к ви-
русным инфекциям легли в основу разработки теоретических основ иммунологического
метода защиты растений от вредных организмов.

Метод основан на принципе повышения устойчивости растений к биотическим и
абиотическим стрессовым факторам без изменения их генома с помощью иммуоин-
дукторов различной природы.

К достоинствам метода относятся: экологическая безопасность, отсутствие ме-
ханизма формирования резистентных популяций фитопатогенов к индукторам устой-
чивости. Под влиянием иммуномодуляторов у растений формируется комплексная не-
специфическая устойчивость к неблагоприятным биотическим и абиотическим факто-
рам, также они способствуют проявлению различных ростстимулирующих процессов в
растениях. По биологической эффективности многие иммуномодуляторы не уступают
классическим фунгицидам.

Иммунологический метод имеет и существенные недостатки. Он не обладает уни-
версальным действием в отношении видов вредных организмов. Наиболее эффективны
средства иммунологического метода при слабой и средней степени развития болезней.

В настоящее время иммунологический метод располагает достаточным арсеналом
средств, применение которых позволяет защитить растения не только от биотиче-
ских, но и абиотических стрессовых факторов. В Российской Федерации зарегистрирова-
но более 30 препаратов с полифункциональными свойствами на основе как природных,
так и синтетических веществ. Важная роль принадлежит методу в системе интегриро-
ванной защиты растений.

Список источников

1. Алехин В.Т., Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю. и др. Новый препарат для стимуляции иммуни-
тета и повышения продуктивности растений // Защита и карантин растений. 2010. № 3. С. 44–46.
 2. Бегунов И.И., Гончаров В.Т. Нарцисс для предпосевной обработки семян // Защита и карантин
растений. 2000. № 9. С. 38.
 3. Бобрешова И.Ю., Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л., Саранцева Н.А. Неспецифическое действие
полифункциональных фитоактиваторов на фитофагов зерновых культур // Защита и карантин растений.
2013. № 1. С. 25–26.
 4. Буров В.Н., Агансонова Н.Е., Селицкая О.Г., Тютюрев С.Л. Реакция западного цветочного трипса
Frankliniella occidentalis Perg. (Thysanoptera: Thripidae) на повреждения томатов, вызванные галловыми
нематодами // Фитосанитарное оздоровление экосистем: материалы Второго Всероссийского съезда по
защите растений (Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.). Санкт-Петербург: РАСХН, ВИЗР, 2005. Т. 1.
С. 259–261.
-
-

5. Буров В.Н., Петрова М.О., Селицкая О.Г. и др. Индуцированная устойчивость растений к фитофагам. Москва: ООО Товарищество научных изданий, 2012. 181 с.
6. Васюкова Н.И., Озерецковская О.Л. Индуцированная устойчивость растений и салициловая кислота (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2007. Т. 43, № 4. С. 405–411.
7. Вилкова Н.А. Иммуитет растений к вредным организмам и его биоценотическое значение в стабилизации агроэкосистем и повышении устойчивости растениеводства // Вестник защиты растений. 2000. № 2. С. 3–15.
8. Вилкова Н.А., Шапиро И.Д. Место индуцированного иммунитета в системе иммунологических барьеров растений, определяющих их устойчивость к вредителям // Биологические основы и пути практического использования индуцированного иммунитета растений к вредителям и болезням: труды Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений. Ленинград: ВИЗР, 1981. С. 21–28.
9. ГОСТ 21507-2013 Межгосударственный стандарт. Защита растений. Термины и определения. Москва: Стандартинформ, 2020. 27 с.
10. Гречкин А.Н., Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток и геном // Биоорганическая химия. 2000. Т. 26, № 10. С. 779–781.
11. Дмитриев А.П. Сигнальные молекулы растений для активации защитных реакций в ответ на биотический стресс // Физиология растений. 2003. Т. 50, № 3. С. 465–474.
12. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Лаптев А.Б. Развитие химического метода защиты растений в России // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 3–13. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_4_3.
13. Евстигнеева Т.А., Павлова Н.А. Эффективность индукторов болезнеустойчивости против Y-вируса картофеля // Вестник защиты растений. 2010. № 4. С. 47–55.
14. Евстигнеева Т.А., Тютюрев С.Л. Эффективность Хитозара-АНН против болезней и физиологических стрессов растений // Фитосанитарное оздоровление экосистем: материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.). Санкт-Петербург: РАСХН, ВИЗР, 2005. Т. 2. С. 281–283.
15. Евстигнеева Т.А., Шелабина Т.А., Родионенков А.И., Тютюрев С.Л. Эффективность препаратов на основе хитозана против болезней картофеля // Вестник защиты растений. 2003. № 1. С. 26–31.
16. Злотников А.К. Разработка и комплексная характеристика полифункционального препарата Альбит для защиты растений от болезней и стрессов: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.07. Воронеж, 2012. 46 с.
17. Илларионов А.И., Женчук А.В. Эффективность баковых смесей пестицидов и агрохимикатов при интегрированной защите озимой пшеницы от вредных организмов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 1(60). С. 13–23. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.13.
18. Илларионов А.И., Иванова И.Н. Эффективность инсектицидов против вредителей гороха // Защита и карантин растений. 2008. № 1. С. 35.
19. Илларионов А.И., Лукин А.Л., Соболев К.С. Эффективность гербицидов при интегрированной защите подсолнечника от сорных растений в условиях Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13, № 3(66). С. 63–73. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.63.
20. Илларионов А.И., Максименков С.И. Влияние имидаклоприда на динамику численности и структуру колорадского картофельного жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) в условиях лесостепи Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 1(36). С. 40–50.
21. Илларионов А.И., Максименков С.И. Вредители картофеля в условиях Центрального Черноземья и меры контроля их вредоносности // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 4(27). С. 32–42.
22. Илларионов А.И. Обоснование выбора инсектицида для защиты пшеницы от клопа вредной черепашки (*Eurygaster integriceps* Puton) // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 2(53). С. 31–39. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.2.31.
23. Илларионов А.И. Ресурсосбережение на этапе выбора инсектицидов для защиты озимой пшеницы от злаковых мух // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 3(46). С. 42–51.
24. Илларионов А.И., Самсонов Р.А. Злаковые мухи: распространение, вредоносность и приемы ограничения их численности // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 1(24). С. 10–26.
25. Илларионов А.И. Современные методы защиты растений: учебное пособие. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. 307 с.
26. Илларионов А.И. Современные методы и средства защиты озимой пшеницы от сорных растений // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 3(62). С. 78–93. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.3.78.
27. Илларионов А.И. Химический метод защиты растений: краткая история, современное состояние и перспективы развития // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2014. № 4(43). С. 70–78.
28. Илларионов А.И. Экотоксикологическая и экономическая оценка инсектицидов, рекомендованных для защиты сахарной свеклы от лугового мотылька (*Pyrausta sticticalis* L.) // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 1(48). С. 35–44.

29. Иргалина Р.Ш., Хайруллин Р.М., Исаев Р.Ф., Тютюрев С.Л. Эффективность защиты пшеницы от семенной инфекции препаратом Фитохит-Т // Фитосанитарное оздоровление экосистем: материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.). Санкт-Петербург: РАСХН, ВИЗР, 2005. Т. 2. С. 287–289.
30. Калинин В.М., Сиренко А.С., Тютюрев С.Л. Хитозар против пероноспороза огурца в Краснодарском крае // Вестник защиты растений. 2004. № 2. С. 82–84.
31. Кириллова О.С., Селицкая О.Г. Циркон как иммуномодулятор устойчивости огурца к фитофагам // Вестник защиты растений. 2015. № 1(83). С. 58–62.
32. Кириллова О.С. Семиохимическое взаимодействие и индуцированные защитные реакции в растениях огурца при повреждении фитофагами: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.05. Санкт-Петербург-Пушкин, 2015. 21 с.
33. Ключникова Е.В. Использование хитозаров в защите картофеля от комплекса клубневой и аэрогенной инфекции // Вестник защиты растений. 2004. № 2. С. 68–76.
34. Максимов И.В., Черепанова Е.А., Ахметова И.Э., Хайруллин Р.Н. Участие хитина и его олигомеров в индуцированной устойчивости растений против фитопатогенов // Агробиология. 2004. № 8. С. 77–89.
35. Петрова М.О., Черменская Т.Д., Лепп Н.В. Индуцированная устойчивость растений баклажана к оранжерейной белокрылке *Trialeurodes vaporariorum* Westw // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 83–86.
36. Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л., Бобрешова И.Ю., Саранцева Н.А. Многокомпонентные полифункциональные биостимуляторы роста и развития растений (на примере биопрепарата Стимунол ЕФ). Воронеж: ОАО «Воронежская областная типография». 2015. 83 с.
37. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2022 год: справочное издание. Приложение к журналу «Защита и карантин растений» № 4, 2022. Москва, 2022. 879 с.
38. Тарчевский И.А., Максютова Н.Н., Яковлева В.Г. Влияние салициловой кислоты на синтез белков в проростках гороха // Физиология растений. 1996. Т. 43, № 5. С. 667–670.
39. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. Москва: Наука, 2002. 294 с.
40. Тарчевский И.А. Элиситор-индуцируемые сигнальные системы и их взаимодействие // Физиология растений. 2000. Т. 47, № 2. С. 321–331.
41. Тютюрев С.Л. Индуцированная устойчивость растений к болезням и вредителям: достижения, механизмы и перспективы использования в растениеводческой практике // Биологические основы и пути практического использования индуцированного иммунитета растений к вредителям и болезням: труды Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений. Ленинград: ВИЗР, 1981. С. 5–21.
42. Тютюрев С.Л. Индуцированный иммунитет растений к болезням и перспективы его использования // Фитосанитарное оздоровление экосистем: материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.). Санкт-Петербург: РАСХН, ВИЗР, 2005. Т. 1. С. 565–567.
43. Тютюрев С.Л. Научные основы индуцированной устойчивости растений. Санкт-Петербург, 2002. 328 с.
44. Тютюрев С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням. Санкт-Петербург: Родные просторы, 2014. 212 с.
45. Филиппов П.П. Как внешние сигналы передаются внутрь клеток // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 3. С. 28–34.
46. Шапиро И.Д., Вилкова Н.А., Слепян Э.И. Иммунитет растений к вредителям и болезням. Ленинград: Агропромиздат, 1986. 192 с.
47. Maksimov V.I., Rodoman V.E., Luntsevich V.G. Phytoactive chinin derivatives (review) // Applied Biochemistry and Microbiology. 1997. Vol. 33(4). Pp. 315–321.
48. Ozeretskoykaya O.L., Vasyukova N.I. The use of elicitors for defense of agricultural plants demands a care // Applied Biochemistry and Microbiology. 2002. Vol. 38(3). Pp. 322–325.
49. Ross A.F. Localized acquired resistance to plant virus infection in hypersensitive hosts // Virology. 1961. Vol. 14. Pp. 329–339. DOI: 10.1016/0042-6822(61)90318-x.
50. Ross A.F. Systemic acquired resistance induced by localized virus infections in plants // Virology. 1961. Vol. 14. Pp. 340–358. DOI: 10.1016/0042-6822(61)90319-1.
51. Van Loon L.C., Dijkstra J. Virus-specific expression of systemic acquired resistance in tobacco mosaic virus- and tobacco necrosis virus-infected 'Samsun NN' and 'Samsun' tobacco // Netherlands Journal of Plant Pathology. 1976. Vol. 82. Pp. 231–237.

References

1. Alekhin V.T., Ryabchinskaya T.A., Bobreshova I.Yu. et al. Novyj preparat dlya stimulyatsii immuniteta i povysheniya produktivnosti rastenij [New preparation for immunity stimulation and efficiency increase of plants]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2010;3:44-46. (In Russ.).
2. Begunov I.I., Goncharov V.T. Nartsiss dlya predposevnoj obrabotki semyan [Narcissus for pre-sowing seed treatment]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2000;9:38. (In Russ.).
3. Bobreshova I.Yu., Ryabchinskaya T.A., Kharchenko G.L., Sarantseva N.A. Nespetsificheskoe deystvie polifunktsional'nykh fitoaktivatorov na fitofagov zernovykh kul'tur [Nonspecific action of polyfunctional phytoactivators on cereal crops phytophages]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2013;1:25-26. (In Russ.).

4. Burov V.N., Agansonova N.E., Selitskaya O.G., Tyuterev S.L. Reaktsiya zapadnogo tsvetochnogo tripsa *Frankliniella occidentalis* Perg. (*Thysanoptera: Thripidae*) na povrezhdeniya tomatov, vyzvannye gallovymi nematodami [Reaction of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* Perg. (*Thysanoptera: Thripidae*) to tomato damage caused by root-knot nematodes]. Fitosanitarnoe ozdorovlenie ekosistem: materialy Vtorogo Vserossiyskogo s'ezda po zashchite rastenij (Saint Petersburg, 5-10 dekabrya 2005 g.) [Phytosanitary improvement of ecosystems: proceedings of the Second All-Russian Congress on Plant Protection (Saint Petersburg, December 5-10, 2005)]. St. Petersburg: RAAS, All-Union Research Institute of Plant Protection Press. 2005;1:259-261. (In Russ.).
5. Burov V.N., Petrova M.O., Selitskaya O.G. et al. Indutsirovannaya ustoychivost' rastenij k fitofagam [Induced plant resistance to phytophages]. Moscow: OOO Tovarishchestvo nauchnykh izdanij; 2012. 181 p. (In Russ.).
6. Vasyukova N.I., Ozeretskovskaya O.L. Indutsirovannaya ustoychivost' rastenij i salitsilovaya kislota [Induced Plant Resistance and Salicylic Acid: A Review]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya = Applied Biochemistry and Microbiology*. 2007;43(4):405-411. (In Russ.).
7. Vil'kova N.A. Immunitet rastenij k vrednym organizmam i ego biotsenoticheskoe znachenie v stabilizatsii agroekosistem i povyshenii ustoychivosti rasteniyevodstva [Plant immunity against pest organisms and its role in stabilizing agroecosystems and plant growing]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2000;2:3-15. (In Russ.).
8. Vil'kova N.A., Shapiro I.D. Mesto indutsirovannogo immuniteta v sisteme immunologicheskikh bar'erov rastenij, opredelyayushchikh ikh ustoychivost' k vredityel'nykh [The place of induced immunity in the system of plant immunological barriers that determine their resistance to pests]. *Biologicheskie osnovy i puti prakticheskogo ispol'zovaniya indutsirovannogo immuniteta rastenij k vredityel'nykh i boleznyam: Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zashchity rastenij* [Biological bases and practical use of induced immunity of plants to diseases and pests: Proceedings of the All-Union Research Institute of Plant Protection]. Leningrad: All-Union Research Institute of Plant Protection Press;1981:21-28. (In Russ.).
9. GOST 21507-2013 Mezhgosudarstvennyj standart. Zashchita rastenij. Terminy i opredeleniya [Interstate standard. Protection of plants. Terms and definitions]. Moscow: Standartinform Press; 2020. 27 p. (In Russ.).
10. Grechkin A.N., Tarchevskii I.A. Signal'nye sistemy kletok i genom [The cellular signaling systems and the genome]. *Bioorganicheskaya khimiya = Bioorganic Chemistry*. 2000;10(26):779-781. (In Russ.).
11. Dmitriev A.P. Signal'nye molekuly rastenij dlya aktivatsii zashchitnykh reaktsij v otvet na bioticheskij stress [Signal molecules for plant defense responses to biotic stress]. *Fiziologiya rastenij = Plant Physiology*. 2003;50(3):465-474. (In Russ.).
12. Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I., Laptiyev A.B. Razvitie khimicheskogo metoda zashchity rastenij v Rossii [Development of chemical method of plant protection in Russia]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2021;4:3-13. DOI: 10.47528/1026-8634.2021.4.3. (In Russ.).
13. Evstigneeva T.A., Pavlova N.A. Effektivnost' induktorov bolezneustoychivosti protiv Y-virusa kartofelya [Efficiency of inducers of plant disease resistance against potato virus Y]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2010;4:47-55. (In Russ.).
14. Evstigneeva T.A., Tyuterev S.L. Effektivnost' Khitozara-ANN protiv boleznej i fiziologicheskikh stressov rastenij [Efficiency of Chitozar-ANN against plant diseases and physiological stresses]. Fitosanitarnoe ozdorovlenie ekosistem: materialy Vtorogo Vserossiyskogo s'ezda po zashchite rastenij (Saint Petersburg, 5-10 dekabrya 2005 g.) [Phytosanitary improvement of ecosystems: Proceedings of the Second All-Russian Congress on Plant Protection (Saint Petersburg, December 5-10, 2005)]. St. Petersburg: RAAS, All-Union Research Institute of Plant Protection Press. 2005;2:281-283. (In Russ.).
15. Evstigneeva T.A., Shelabina T.A., Rodionenkov A.I., Tyuterev S.L. Effektivnost' preparatov na osnove khitozana protiv boleznej kartofelya [Efficiency of the preparations based on chitosan against certain potato diseases]. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*. 2003;1:26-31. (In Russ.).
16. Zlotnikov A.K. Razrabotka i kompleksnaya kharakteristika polifunksional'nogo preparata Al'bit dlya zashchity rastenij ot boleznej i stressov [Development and comprehensive characterization of the multifunctional preparation Albit for plant protection against diseases and stresses]. Avtoreferat dissertatsii ... doktora sel'skokhozyajstvennykh nauk: 06.01.07 = Author's Abstract of Doctoral Dissertation in Agricultural Sciences: 06.01.07. Voronezh; 2012. 46 p. (In Russ.).
17. Illarionov A.I., Zhenchuk A.V. Effektivnost' bakovykh smesey pestitsidov i agrokhimikatov pri integrirovannoj zashchite ozimoy pshenitsy ot vrednykh organizmov [The efficiency of tank mixtures of pesticides and agrochemicals in integrated protection of winter wheat from harmful organisms]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;1(60):13-23. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.13. (In Russ.).
18. Illarionov A.I., Ivanova I.N. Effektivnost' insektitsidov protiv vreditelej gorokha [Effectiveness of insecticides against pea pests]. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*. 2008;1:35. (In Russ.).
19. Illarionov A.I., Lukin A.L., Sobolev K.S. Effektivnost' gerbitsidov pri integrirovannoj zashchite podsolnechnika ot sornykh rastenij v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya [Efficiency of herbicides in the system of integrated protection of sunflower crops from weed vegetation in conditions of the Central Chernozem Region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020;3(66):63-73. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.3.63. (In Russ.).
20. Illarionov A.I., Maksimenkov S.I. Vliyaniye imidakloprida na dinamiku chislennosti i strukturu koloradskogo kartofelnogo zhuka (*Leptinotarsa decemlineata* Say) v usloviyakh lesostepi Voronezhskoy oblasti [Imidacloprid influence on the dynamics of the abundance and population structure of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) in conditions of the forest-steppe of Voronezh Oblast]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2013;1(36):40-50. (In Russ.).

21. Illarionov A.I., Maksimenkov S.I. Vrediteli kartofelya v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya i mery kontrolya ikh vredonosnosti [Potato insects enemies in conditions of the Central Chernozem Region and their number restriction practices]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2010;4(27):32-42. (In Russ.).
22. Illarionov A.I. Obosnovanie vybora insektitsida dlya zashchity pshenitsy ot klopa vrednoj cherepashki (*Eurygaster integriceps* Puton) [Substantiation of selection of insecticides for the protection of wheat from the Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Puton)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2017;2(53):31-39. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.2.31. (In Russ.).
23. Illarionov A.I. Resursosberezhenie na etape vybora insektitsidov dlya zashchity ozimoy pshenitsy ot zlakovykh mukh [Efficient use of resources at the stage of selecting insecticides to protect winter wheat from corn flies]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2015;3(46):42-51. (In Russ.).
24. Illarionov A.I., Samsonov R.A. Zlakovye mukhi: rasprostraneniye, vredonosnost' i priemy ograni-cheniya ikh chislennosti [Corn flies: spreading, harmfulness and their number restriction practices]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2010;1(24):10-26. (In Russ.).
25. Illarionov A.I. Sovremennyye metody zashchity rasteniy: uchebnoe posobie [Modern methods of plant protection: textbook]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2018. 307 p. (In Russ.).
26. Illarionov A.I. Sovremennyye metody i sredstva zashchity ozimoy pshenitsy ot sornykh rasteniy [Modern methods and agents for winter wheat protection from weeds]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;3(62):78-93. DOI: 10.17238/ issn2071-2243. 2019.3.78. (In Russ.).
27. Illarionov A.I. Khimicheskij metod zashchity rasteniy: kratkaya istoriya, sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya [Chemical method of plant protection: history, the current status and future development]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2014;4(43):70-78. (In Russ.).
28. Illarionov A.I. Ekotoksikologicheskaya i ekonomicheskaya otsenka insektitsidov, rekomendovannykh dlya zashchity sakharnoj svekly ot lugovogo motyl'ka (*Pyrausta sticticalis* L.) [Ecotoxicological and economic assessment of insecticides recommended for sugar beet protection from meadow moth (*Pyrausta sticticalis* L.)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2016;1(48):35-44. (In Russ.).
29. Irgalina R.Sh., Khayrullin R.M., Isaev R.F., Tyuterev S.L. Effektivnost' zashchity pshenitsy ot semen- noy infektsii preparatom Fitokhit-T [Efficiency of protection of wheat against seed infection with Phytohit-T]. *Fitosanitarnoe ozdorovlenie ekosistem: materialy Vtorogo Vserossiyskogo s'ezda po zashchite rasteniy* (Saint Petersburg, 5-10 dekabrya 2005 g.) [Phytosanitary improvement of ecosystems: proceedings of the Second All-Russian Congress on Plant Protection (Saint Petersburg, December 5-10, 2005)]. St. Petersburg: RAAS, All-Union Research Institute of Plant Protection Press. 2005;2:287-289. (In Russ.).
30. Kalinkin V.M., Sirenko A.S., Tyuterev S.L. Khitozar protiv peronosporoza ogurtsa v Krasnodarskom krae [Hitozar against false mildew of cucumber in Krasnodar Territory]. *Vestnik zashchity rasteniy = Plant Protection News*. 2004;2:82-84. (In Russ.).
31. Kirillova O.S., Selitskaya O.G. Tsirkon kak immunomodulyator ustoychivosti ogurtsa k fitofagam [Zircon as immunomodulator of induced cucumber Resistance to phytophages]. *Vestnik zashchity rasteniy = Plant Protection News*. 2015;1(83):58-62. (In Russ.).
32. Kirillova O.S. Semiokhimicheskoe vzaimodeystvie i induitsirovannyye zashchitnyye reaktsii v rasteniyakh ogurtsa pri povrezhdenii fitofagami [Semiokhimicheskoe Interaction and Induced Defense Responses in Cucumber Plants Damaged by Phytophages]: avtoreferat dissertatsii ... kandidata biologicheskikh nauk: 06.01.07 = Author's Abstract of Candidate Dissertation in Biological Sciences: 06.01.07. Saint Peterburg-Pushkin; 2015. 21 p. (In Russ.).
33. Klyushnikova E.V. Ispol'zovanie khitozarov v zashchite kartofelya ot kompleksa klubnevoj i aerogennoj infektsii [Use of Chitosars in potato protection against tuberous and air-borne infections]. *Vestnik zashchity rasteniy = Plant Protection News*. 2004;2:68-76. (In Russ.).
34. Maksimov I.V., Cherepanova E.A., Akhmetova I.E., Khayrullin R.N. Uchastie khitina i ego oligomerov v induitsirovannoy ustoychivosti rasteniy protiv fitopatogenov [Contribution of chitin and its oligomers to the induced resistance of plants against phytopathogens]. *Agrokhiimiya = Agrochemistry*. 2004;8:77-89. (In Russ.).
35. Petrova M.O., Chermenskaya T.D., Lepp N.V. Induitsirovannaya ustoychivost' rasteniy baklazhana k oranzherejnoj belokrylke *Trialeurodes vaporariorum* Westw [Induced plant resistance of Eggplant to Greenhouse Whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westw]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint Petersburg State Agrarian University*. 2015;39:83-86. (In Russ.).
36. Ryabchinskaya T.A., Kharchenko G.L., Bobreshova I.Yu., Sarantseva N.A. Mnogokomponentnyye polifunktsional'nyye biostimulyatory rosta i razvitiya rasteniy (na primere biopreparata Stimunol EF) [Multicomponent polyfunctional biostimulators of plant growth and development (on the example of the biopreparation Stimunol EF)]. Voronezh: Voronezh Regional Printing House; 2015. 83 p. (In Russ.).
37. Spisok pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoj Federatsii, 2022 god: spravochnoe izdanie. Prilozhenie k zhurnalu "Zashchita i karantin rasteniy". № 4, 2022 [Russian

National Catalogue of Pesticides and Agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation, 2022: reference book. Appendix to the Journal of Plant Protection and Quarantine. No. 4, 2022]. Moscow, 2022. 879 p. (In Russ.).

38. Tarchevskii I.A., Maksyutova N.N., Yakovleva V.G. Vliyanie salitsilovoy kisloty na sintez belkov v prorst-kakh gorokha [Effect of salicylic acid on protein synthesis in pea seedlings]. *Fiziologiya rasteniy = Plant Physiology*. 1996;5(43):667-670. (In Russ.).

39. Tarchevskii I.A. Signal'nye sistemy kletok rastenij [Signaling systems of plant cells]. Moscow: Nauka Press; 2002. 294 p. (In Russ.).

40. Tarchevskii I.A. Elisitor-indutsiruyemye signal'nye sistemy i ikh vzaimodeystvie [Elicitor-Induced signaling pathways and their interaction]. *Fiziologiya rastenij = Plant Physiology*. 2000; 2(47):321-331. (In Russ.).

41. Tyuterev S.L. Indutsirovannaya ustoychivost' rasteniy k boleznyam i vreditelyam: dostizheniya, mekhanizmy i perspektivy ispol'zovaniya v rastenievodcheskoj praktike [Induced Plant Resistance to Diseases and Pests: Achievements, Mechanisms and Prospects for Use in Plant Growing Practice]. *Biologicheskie osnovy i puti prakticheskogo ispol'zovaniya indutsirovannogo immuniteta rastenij k vreditelyam i boleznyam: Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zashchity rastenij* [Biological bases and practical use of induced immunity of plants to diseases and pests: Proceedings of the All-Union Research Institute of Plant Protection]. Leningrad: All-Union Research Institute of Plant Protection Press; 1981:5-21. (In Russ.).

42. Tyuterev S.L. Indutsirovannyj immunitet rastenij k boleznyam i perspektivy ego ispol'zovaniya [Induced plant immunity to diseases and prospects for its use]. *Fitosanitarnee ozdorovlenie ekosistem: materialy Vtorogo Vserossiyskogo s'ezda po zashchite rastenij* (Saint Petersburg, 5-10 dekabrya 2005 g.) [Phytosanitary improvement of ecosystems: proceedings of the Second All-Russian Congress on Plant Protection (Saint Petersburg, December 5-10, 2005)]. St. Petersburg: RAAS, All-Union Research Institute of Plant Protection Press; 2005:Vol.1.565-567. (In Russ.).

43. Tyuterev S.L. Nauchnye osnovy indutsirovannoj ustoychivosti rastenij [Scientific foundations of induced plant resistance]. Saint Petersburg; 2002. 328 p. (In Russ.).

44. Tyuterev S.L. Prirodnye i sinteticheskie induktory ustoychivosti rastenij k boleznyam [Natural and synthetic inducers of plant disease resistance]. Saint Petersburg: Rodnye Prostory; 2014. 212 p. (In Russ.).

45. Filippov P.P. Kak vneshnie signaly peredayutsya vnutr' kletok [Transduction of External Signals into Cells]. *Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal = Soros Educational Journal*. 1998;3:28-34. (In Russ.).

46. Shapiro I.D., Vilko N.A., Slepyan E.I. Immunitet rastenij k vreditelyam i boleznyam [Plant immunity to pests and diseases]. Leningrad: Agropromizdat Press; 1986. 192 p. (In Russ.).

47. Maksimov V.I., Rodoman V.E., Luntsevich V.G. Chinin phytoactive in derivatives (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 1997;33(4):315-321.

48. Ozeretskoykaya O.L., Vasyukova N.I. The use of elicitors for defense of agricultural plants demands a care. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2002;38(3):322-325.

49. Ross A.F. Localized acquired resistance to plant virus infection in hypersensitive hosts. *Virology*. 1961;14:329-339. DOI: 10.1016/0042-6822(61)90318-x.

50. Ross A.F. Systemic acquired resistance induced by localized virus infections in plants. *Virology*. 196;14:340-358. DOI: 10.1016/0042-6822(61)90319-1.

51. Van Loon L.C., Dijkstra J. Virus-specific expression of systemic acquired resistance in tobacco mosaic virus- and tobacco necrosis virus-infected 'Samsun NN' and 'Samsun' tobacco. *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 1976;82:231-237.

Информация об авторах

А.И. Илларионов – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Illarionov-Alexandr@yandex.ru.

А.А. Деркач – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории «Биологическая защита растений» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», derkach.vrn.2010@mail.ru.

Information about the authors

A.I. Illarionov, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Illarionov-Alexandr@yandex.ru.

A.A. Derkach, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Biological Plant Protection Laboratory, All Russian Research Institute of Plant Protection, derkach.vrn.2010@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 05.05.2022; одобрена после рецензирования 26.06.2022; принята к публикации 14.07.2022.

The article was submitted 05.05.2022; approved after revision 26.06.2022; accepted for publication 14.07.2022.

© Илларионов А.И., Деркач А.А., 2022