

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА
AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК 635.21:632.3/4:632.938.2(571.1)
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2026-64-1-35-51>

Поступила в редакцию 02.06.2025
Received 02.06.2025

**А. А. Малюга¹, Н. С. Чуликова¹, Н. Н. Енина¹, Е. М. Гутина¹,
В. В. Фоменко², Н. Ф. Салахутдинов²**

¹*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук,
Краснообск, Российская Федерация*

²*Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцова Сибирского отделения
Российской академии наук, Новосибирск, Российская Федерация*

**ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРЕПАРАТОВ
НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ
ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРЫ
В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Аннотация. Индукция иммунитета растений с помощью биологически активных веществ, таких как хитозан, является перспективным методом защиты растений, который повышает их устойчивость к болезням и вредителям. Препараты на основе хитозана повышают болезнеустойчивость на 30–40 %, стимулируют биосинтез аминокислот и витаминов, а также способствуют росту растений, что повышает урожайность. В картофелеводстве этот метод особенно важен из-за значительных потерь урожая от грибных, бактериальных и вирусных заболеваний (25–75 %). Причем противовирусных и противобактериальных препаратов для использования их при производстве картофеля не существует. В то же время хитозан и другие биологически активные вещества, обладая широким спектром уникальных биологических активностей, имеют способность индуцировать устойчивость как к грибным, так и к вирусным заболеваниям растений. Поэтому одним из направлений оптимизации производства картофеля, его качества, стабилизации фитосанитарного состояния посадок культуры может стать расширение сортимента биологически активных веществ и совершенствование приемов их использования. Изучение влияния новых экологически безопасных препаратов на основе хитозана на фитосанитарную ситуацию в посадках картофеля и показатели продуктивности в условиях Западной Сибири показало, что они повышали всхожесть культуры на 16,0–68,0 %, достоверно увеличивали длину растений на 3,2–18,1 %, массу растений – на 11,1–24,8 %, а количество столонов и клубней – на 14,8–73,2 и 8,0–43,2 %, массу клубней – на 8,2–25,8 %. Развитие ризоктониоза данные препараты снижали в фазу всходов на 6,7–14,6 %, распространенность макроспориоза – от 10,0 до 30,0 %. При 100%-м распространении фитофтороза его развитие на начальном этапе поражения имело различия и было меньше, чем в контроле. Минимальное его развитие (1,5 балла; контроль – 2,8 балла) отмечено в случае обработки посадочных клубней препаратами № 1, 7, 8 и 12 и обработки растений в период вегетации препаратом № 1. При использовании комбинация препаратов № 7 (обработка клубней) и № 12 (опрыскивание растений) симптомы вирусных заболеваний в посадках культуры полностью отсутствовали. Урожайность культуры при использовании новых препаратов варьировала в среднем за 3 года от 14,5 до 20,0 т/га, прибавка урожая составила от 1,4 до 6,9 т/га (от 10,7 до 52,7 %).

Ключевые слова: картофель, сорт Gala, хитозан, Novochizol, ризоктониоз, фитофтороз, макроспориоз, фузариозное увядание, вирусные заболевания, урожайность

Для цитирования: Влияние экологически безопасных препаратов на основе хитозана на фитосанитарное состояние посадок картофеля и продуктивность культуры в условиях Западной Сибири / А. А. Малюга, Н. С. Чуликова, Н. Н. Енина [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2026. – Т. 64, № 1. – С. 35–51. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2026-64-1-35-51>

Anna A. Malyuga¹, Natalya S. Chulikova¹, Natalya N. Enina¹, Ekaterina M. Gutina¹,
Vladislav V. Fomenko², Nariman F. Salakhutdinov²

¹Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences,
Krasnoobsk, Russian Federation

²N. N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation

THE INFLUENCE OF CHITOSAN-BASED ENVIRONMENTALLY FRIENDLY AGENTS ON THE PHYTOSANITARY CONDITION OF POTATO PLANTS AND CROP PRODUCTIVITY IN WESTERN SIBERIA

Abstract. Induction of plant immunity to harmful organisms using biologically active substances with elicitor (signal) action is the most promising modern method of plant protection. Among them, chitosan-based agents are widely used, their effect is manifested in an increase in disease resistance by 30–40 %, an increase in biosynthetic processes of formation of amino acids and vitamins, growth stimulation, which increases crop productivity. In potato growing, a serious problem, in addition to fungal infections, is the accumulation and transmission of bacteria and viruses in crop plantings, what leads to significant yield losses (25–75 %). Moreover, there are no antiviral and antibacterial drugs for use in potato production. At the same time, chitosan and other biologically active substances, having a wide range of unique biological activities, for example, have the ability to induce resistance to both fungal and viral diseases of plants. Therefore, one of the areas for improving potato production, its quality, stabilizing the phytosanitary condition of crop plantings can be the expansion of the range of biologically active substances and the improvement of the methods of their use. The study of the effect of new environmentally friendly chitosan-based agents on the phytosanitary situation in potato plantings and productivity indicators in the conditions of Western Siberia showed that they increased crop germination by 16.0–68.0 %, reliably increased plant length by 3.2–18.1 %, plant weight by 11.1–24.8 %, and the number of stolons and tubers by 14.8–73.2 and 8.0–43.2 %, tuber weight by 8.2–25.8 %. These agents reduced the development of rhizoctonia in the seedling phase by 6.7–14.6 %, the prevalence of macrosporiosis from 10.0 to 30.0 %. With a hundred percent spread of late blight, its development at the initial stage of damage had differences and was less than in the control. Its minimum development (by 1.5 points, control 2.8 points) was noted in the case of treating planting tubers with agents No. 1, 7, 8 and 12, and treating plants during the growing season with agent No. 1. When using a combination of agents No. 7 (treatment of tubers) and No. 12 (spraying plants), viros is in crop plantings was completely absent. The crop yield when using new agents varied on average over three years from 14.5 to 20.0 t/ha, the yield increase was from 1.4 to 6.9 t/ha (from 10.7 to 52.7 %).

Keywords: potato, variety Gala, chitosan, Novochizol, black scab, late blight, early spot, fusarium wilt, virosis, yield

For citation: Malyuga A. A., Chulikova N. S., Enina N. N., Gutina E. M., Fomenko V. V., Salakhutdinov N. F. The influence of chitosan-based environmentally friendly agents on the phytosanitary condition of potato plants and crop productivity in Western Siberia. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2026, vol. 64, no. 1, pp. 35–51 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2026-64-1-35-51>

Введение. Экологическая безопасность технологий возделывания сельскохозяйственных культур предусматривает проведение защитных мероприятий, не наносящих вреда окружающей среде, с сохранением функций ее саморегулирования и быстрого восстановления, и прежде всего – почвенного плодородия. В настоящее время актуальны экологически и экономически обоснованные исследования по поиску высокоэффективных биофунгицидов, ускоряющих рост растений, способных контролировать фитосанитарное состояние агроценозов и оказывать прямое или опосредованное положительное воздействие на биогенность почвы. Обладающие данными свойствами препараты, наравне с химическими, будут востребованы в современных технологиях интенсивного растениеводства с включением адаптивно-интегрированной системы защиты растений, которая должна быть многовариантной и перестраиваемой [1–4].

Индукция иммунитета растений к вредным организмам с помощью биологически активных веществ, обладающих элиситорным (сигнальным) действием, – наиболее перспективный современный метод защиты растений. Эти вещества повышают иммунитет растений к болезням, устойчивость к ряду неблагоприятных факторов среды (засуха, высокая и низкая температура, засоление почв), улучшают завязываемость семян и плодов, а также их качество, обеспечивают укоренение черенков, предотвращают полегание растений и стекание зерна, облегчают механизированную уборку урожая, не оказывают отрицательного влияния на плодородие почвы [5, 6].

Несмотря на то что в изучении элиситоров пока остается много неясных вопросов, накопленные знания уже используют для решения практических задач сельского хозяйства. На рынках многих стран мира появились безопасные для человека и окружающей среды коммерческие пре-

параты нового поколения, способные индуцировать устойчивость растений к инфекционным заболеваниям. Они защищают различные сельскохозяйственные культуры от фитопатогенов на уровне, сравнимом по эффективности с синтетическими пестицидами. Среди них широко используются препараты на основе хитозана, их воздействие проявляется в повышении болезнеустойчивости на 30–40 %, усилении биосинтетических процессов образования аминокислот и витаминов, ростостимуляции, что повышает продуктивность культуры [7, 8].

Что касается коммерческих препаратов на основе хитозана, то в Новой Зеландии это ARMOUR-Zen и Kytosan, в Германии – ChitoPlant, в США – Elexa 4, ОП – YS и Fresh Seal, в России – Фитохит, Агрохит, Нарцисс, Экогель, в Исландии – ChitoClear, в Польше – Biochikol 020 PC, в Чили – Biorend, в Таиланде – Bioshield. Главные различия в перечисленных препаратах – концентрации, препаративные формы (порошок или раствор), некоторые добавки [5].

Хитозан – натуральный полимер, получаемый посредством деацетилирования хитина ракообразных, насекомых, грибов. Установлено положительное влияние хитозана на рост и развитие растений. Обработка листьев пшеницы данным препаратом приводила к увеличению концентрации фенольных кислот, обладающих антимикробной активностью. У растений пшеницы, обработанных хитозаном и подвергнутых стрессу засухи, значительно возрастали индекс роста, скорость прорастания, количество влаги в зерне, длина и активность корней, изменялись физиологические показатели: активность супероксиддисмутазы, пероксидазы, каталазы, содержание малондиальдегида и хлорофилла. Обработка хитозаном, увеличивая содержание хлорофилла в листьях пшеницы, обусловила повышение урожая на 13,6 % по сравнению с контролем [7].

Препараты на основе хитозана и его композиции с различными биологически активными веществами, нанометаллами являются наиболее многофункциональными и обладают антистрессовым воздействием. Они способны заменить химические пестициды и агрохимикаты, а также воздействуют по принципу компенсационной защиты посевов от биоагентов, что определяет их перспективность в современных агротехнологиях [8, 9]. Так, раствор хитозана с медью полностью ингибировал рост мицелиальных грибов – *Fusarium oxysporum* ВКМ F-1182, *Alternaria alternata* ВКМ F-1120 по сравнению с исходным хитозаном. Если эффективность химических фунгицидов по окончании срока защитного действия (7–14 сут) снижается, то у элиситорных регуляторов роста, композиций нанометаллов с хитозаном она связана с пролонгированием иммунитета в течение 2–3 мес. после проведения обработки и, как правило, возрастает, в конечном итоге может приблизиться к эффективности фунгицида [10].

Тем не менее, несмотря на ряд исследований, эксперименты, в которых конкретно рассматривается роль праймирования в сложной структуре взаимодействия хитозан – растение, все еще редки [11]. Установлено, что металлосодержащие хитозаны проявляют повышенные антимикробные и фунгицидные свойства [12].

В картофелеводстве серьезной проблемой, помимо грибных инфекций, является накопление и передача бактерий и вирусов в посадках культуры, что приводит к значительным потерям урожая (25–75 %) [13]. Противовирусных и противобактериальных препаратов для использования их при производстве картофеля нет. В то же время хитозан и другие биологически активные вещества, обладая широким спектром уникальных биологических активностей, могут индуцировать устойчивость к вирусным заболеваниям у растений. Способность хитозана и других биологически активных веществ (БАВ) подавлять вирусные инфекции растений не зависит от вида вируса, а опосредована его влиянием на растение и определяется тем, что они вызывают в растениях устойчивость к заражению вирусами. У растений индуцируется широкий спектр защитных реакций, которые модулируют гиперчувствительную реакцию растений на вирусную инокуляцию, ограничивают системное распространение вирусов и виридов по растению и приводят к развитию системной приобретенной устойчивости [14].

Приведенные сведения свидетельствуют о возможности разработки экологически безопасных приемов защиты картофеля от болезней с использованием БАВ с целью увеличения количества, улучшения качества произведенной продукции, поддержания стабильности экологической ситуации. Важной задачей также остается поиск новых соединений, а также совершенствование уже известных веществ, обладающих росторегулирующей активностью и повышающих устойчивость растений к различным стрессам.

Таким образом, для получения высококачественной экологически безопасной продукции растениеводства и обеспечения благоприятной обстановки в агроландшафтах необходимо разрабатывать и шире применять средства, повышающие устойчивость растений к различным стрессорам, стремясь к получению стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур надлежащего качества при снижении затрат на их производство и уменьшении отрицательного воздействия на окружающую среду. Получение высоких урожаев картофеля в настоящее время в основном связано с использованием химических средств защиты растений. Однако эффекты пестицидов неоднозначны: эти вещества могут быть токсичными, канцерогенными и мутагенными. Поэтому одним из направлений оптимизации производства картофеля, его качества, стабилизации фитосанитарного состояния посадок культуры может стать расширение сортимента биологически активных веществ и совершенствование приемов их использования [15–18].

Цель исследований – изучение влияния препаратов на основе хитозана на фитосанитарную обстановку в посадках картофеля в условиях Западной Сибири.

Материалы и методы исследований. В связи с целью исследований объектами изучения были: экспериментальные композиции на основе хитозана, картофель (*Solanum tuberosum* L.) и болезни картофеля (ризоктониоз – *Rhizoctonia solani* Kühn., ранняя сухая пятнистость – *Macrosporium solani* (Ell. et Mart.), *Alternaria alternata* (Fraser) Keisler, фузариозное увядание – *F. oxysporum* (Schl.) Snyd. et Hans., фитофтороз – *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary).

Методологической основой работы послужил системно-альтернативный подход, реализованный в двухфакторном полевом эксперименте [18].

Исследования проведены в 2022–2024 гг. в Новосибирской области в почвенно-климатических условиях, типичных для лесостепной зоны Западной Сибири. Почвенный покров стационара представлен черноземом выщелоченным среднесуглинистым. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы (0–30 см): гумуса (по Тюрину) – около 5,0 %, общего азота (по Кьельдалю) – 0,34, фосфора и калия (по Чирикову) – 29,0 и 13,0 мг/100 г почвы соответственно, pH – 6,7–6,8.

Климатические условия характеризуются следующими параметрами: продолжительность безморозного периода – 110–120 дней в году; вегетационного периода для холодоустойчивых растений – около 150 дней (сумма положительных температур выше +5 °C – 2 080–2 160 °C; выше +10 °C – 1 770–1 860 °C (по среднегодовым данным)). Весенний период наиболее короткий, ветреный, ясный и сухой в году. Характерны возвратные холода в конце апреля и мая. Средняя дата последних заморозков – 20 мая, так же как и последних заморозков на почве, но они возможны и в первой декаде июня. В среднем переход через 0 °C происходит 15 апреля, через +5 °C – 28 апреля, через +10 °C – 15 мая. Для места исследований характерно достаточное, но неустойчивое увлажнение с годовым количеством осадков 350–400 мм и гидротермическим коэффициентом (по Селянинову) 0,9–1,1. За период май – сентябрь обычно выпадает 275 мм осадков, из них за май – июнь – около 100 мм. Максимум их приходится на летнее время – июль и август; минимум – на февраль и март. В период вегетации осадки выпадают часто в виде ливневых дождей, что снижает их эффективность для растений. Повторяемость лет с умеренно дефицитным, дефицитным и острозасушливым типами увлажнения в этом районе составляет 25, 20 и 10 % соответственно. Повторяемость засух в этот период – от 10 до 15 % [19].

Период вегетации 2022 г. по температурному режиму был близок к среднегодовым значениям. Можно отметить, что третья декада мая и вторая декада июня были несколько теплее, чем обычно. Осадки в текущем вегетационном сезоне распределялись крайне неравномерно. В третьей декаде мая, первой и второй декадах июля, первой и третьей декадах августа увлажнение было недостаточным, осадков выпало соответственно в 13,0; 2,6; 26,0; 6,5 и 4,0 раза меньше в сравнении со среднегодовыми значениями. В остальных случаях количество осадков было близко к климатической норме (табл. 1).

Метеоданные вегетационного периода 2023 г. характеризовались недостатком осадков и повышенными температурами. Выделялся по увлажнению май – количество осадков в третьей декаде было в 8,7 раза меньше среднегодовым значениям. Температура воздуха в первой декаде июня была выше среднегодовым значений на 7,9 °C, а количество осадков во второй

и третьей декадах месяца меньше в 2,6 и 50,0 раза нормы соответственно. В сумме за месяц приход атмосферной влаги был ниже среднееголетних значений на 31,6 мм, что меньше в 2,2 раза. Во второй декаде июля температурные показатели были выше нормы на 4,1 °С, а в первой и третьей – выше среднееголетних значений на 1,9 °С, и в целом за месяц температура была выше среднееголетних значений на 2,6 °С. Количество выпавших осадков в среднем за месяц было близко к норме. В августе температурный режим был близок к среднееголетним значениям, при этом в первой и второй декадах температура воздуха была выше нормы на 2,9 и 4,2 °С, а в третьей – близка к среднееголетним значениям. Количество выпавших за месяц осадков было в 1,7 раза выше нормы. В первой декаде осадков выпало ниже нормы в 30,0 раза, а во второй и третьей – выше в 3,3 и 2,0 раза.

Таблица 1. Метеоусловия вегетационного периода в годы исследований, АМС Огурцово Новосибирской области, 2022–2024 гг.

Table 1. Weather conditions during the growing season research, AMS Ogurtsovo, Novosibirsk Region, 2022–2024

Показатель	Месяц, декада									
	Май	Июнь			Июль			Август		
	Третья	Первая	Вторая	Третья	Первая	Вторая	Третья	Первая	Вторая	Третья
<i>2022 г.</i>										
Температура воздуха, °С	19,0	12,0	19,5	20,2	18,5	18,1	20,0	18,8	15,2	15,7
Осадки, мм	1,0	16,4	20,5	21,9	7,4	1,0	20,4	3,7	13,6	5,5
<i>2023 г.</i>										
Температура воздуха, °С	15,2	23,3	17,7	16,0	21,0	23,0	20,8	20,8	14,8	17,7
Осадки, мм	1,5	5,0	0,4	21,0	13,0	15,0	32,0	0,8	67,0	45,0
<i>2024 г.</i>										
Температура воздуха, °С	10,3	14,3	19,3	24,6	20,3	22,1	22,3	20,6	18,6	16,1
Осадки, мм	25,0	25,0	51,0	10,0	19,0	34,0	27,0	38,0	28,0	66,0
<i>Среднееголетние значения</i>										
Температура воздуха, °С	13,2	15,4	16,7	18,1	19,1	18,9	18,9	17,9	16,0	13,5
Осадки, мм	13,0	13,0	20,0	25,0	19,0	26,0	27,0	24,0	20,0	22,0

И с т о ч н и к: https://meteo9.ru/archive_v_ogurcovo/rze3G.

С о у р с е: https://meteo9.ru/archive_v_ogurcovo/rze3G.

Метеоданные вегетационного периода 2024 г. существенно отличались от среднееголетних значений, особенно по влаге. В течение сезона выпадали обильные дожди, часто ливневого характера. В мае, июне и августе был существенный переизбыток атмосферной влаги, в первом месяце осадков выпало 70 мм, во втором – 113 мм, превышая среднееголетние значения на 94,4 и 94,8 %, в августе их выпало еще больше (132 мм), что составило 201,5 % от среднееголетней нормы (66 мм). В июле их количество было в пределах нормы. Проливные дожди в сочетании с высокой температурой создавали стрессовую ситуацию для развития картофеля. Суммарное количество осадков за вегетационный период составило 396 мм, превышая среднееголетние показатели в 1,7 раза. Этот вегетационный период относился к умеренно-переувлажненному. Среднесуточная температура воздуха превышала среднееголетние значения с мая по август на 1,1; 2,8; 2,6 и 2,6 °С.

Все технологические операции при возделывании культур, если они не являлись предметом исследования, выполняли согласно рекомендациям [20].

Схемы опытов отвечали требованиям методики полевого опыта [21].

Опыт двухфакторный: фактор А – обработка посадочных клубней препаратами на основе хитозана; В – обработка посадок картофеля препаратами на основе хитозана. Эффективность защиты картофеля препаратами на основе хитозана (Хитозан, 2,5 %; Novochizol, 2 %; препарат

№ 1 (Novochizol, 1% / Cu^{2+} 0,98 мг/мл); препарат № 7 (CuSO_4 / Cu^{2+} 1,95 мг/мл); препарат № 8 (Novochizol, 1,45 % / S (20 нм) 0,5 %) и препарат № 12 (Novochizol, 2 % / коллоидная сера 0,5 %) оценивали путем предпосадочного протравливания семенных клубней и использования данных композиций в период вегетации в фазу бутонизации.

Итоговая схема опыта выглядела следующим образом:

1. Контроль, без обработки клубней и растений.
2. Обработка клубней Хитозаном + опрыскивание растений препаратом № 1.
3. Обработка клубней Хитозаном + опрыскивание растений препаратом № 12.
4. Обработка клубней Novochizol + опрыскивание растений препаратом № 1.
5. Обработка клубней Novochizol + опрыскивание растений препаратом № 12.
6. Обработка клубней препаратом № 1 + опрыскивание растений препаратом № 1.
7. Обработка клубней препаратом № 1 + опрыскивание растений препаратом № 12.
8. Обработка клубней препаратом № 7 + опрыскивание растений препаратом № 1.
9. Обработка клубней препаратом № 7 + опрыскивание растений препаратом № 12.
10. Обработка клубней препаратом № 8 + опрыскивание растений препаратом № 1.
11. Обработка клубней препаратом № 8 + опрыскивание растений препаратом № 12.
12. Обработка клубней препаратом № 12 + опрыскивание растений препаратом № 1.
13. Обработка клубней препаратом № 12 + опрыскивание растений препаратом № 12.

Получение препаратов на основе хитозана. Хитозановые наносферы – Novochizol™ предоставлены компанией NOVOCHIZOL SA (Монтей, Швейцария). Степень деацетилирования составляла не менее 90,0 %, молекулярная масса – 500 кДа.

Водные растворы Novochizol™ получали путем растворения янтарной кислоты (квалификация Ч, 1 000 мг на 100 мл стерильной воды), постепенного добавления Novochizol™ (2 000 мг на 100 мл раствора янтарной кислоты) под ультразвуковым воздействием на смесь в течение 1 ч, с использованием соникатора модели УЗТА-0,4/22-ОМ (U-sonic, Бийск, Россия) на максимальной мощности. Для компенсации испарения, вызванного длительным ультразвуковым воздействием на смесь, добавляли стерильную воду. Раствор затем хранили при +4 °С. Аналогичным образом готовили раствор Хитозана (ChitoClear™, Исландия).

Препарат, содержащий медь, получали путем добавления к раствору Novochizol™ раствора сульфата меди.

Содержащий серу препарат № 8 готовили добавлением раствора тиосульфата натрия к раствору Novochizol™ с избытком янтарной кислоты при соникации. Растворяли 5,9 г (0,05 моля) янтарной кислоты в 100 мл воды, затем добавляли 2 г Novochizol™ при ультразвуковом воздействии. Тиосульфат натрия пятиводный – 41,35 г (0,167 моля) – растворяли в 80 мл воды и добавляли к раствору Novochizol™ при ультразвуковом воздействии. Полученный препарат серы диализовали против воды от балластных солей (10 раз по 10 объемов воды), промывные воды отбрасывали. Диализованный препарат упаривали на вакууме до момента активного вспенивания и получали 138 мл раствора (наносуспензии) с концентрацией по Novochizol™ 1,45 % и серы 0,5 % в виде золя 20 нм (согласно данным сканирующей электронной микроскопии). Препарат серы № 12 получен при генерировании коллоидной серы в отдельном реакционном сосуде и промывании образовавшегося осадка дистиллированной водой на следующий день – 10 раз по 10 объемов воды. Такой метод дал, по данным микроскопии, размер частиц более 1 мкм, ввиду отсутствия в реакционной смеси веществ, препятствующих росту коллоидных частиц серы. Далее полученный осадок смешивали с раствором Novochizol™ при ультразвуковом воздействии.

Норма расхода препаратов для предпосадочной обработки клубней 0,5 л/т (расход рабочего раствора 10 л/т) и 0,5 л/га (расход рабочего раствора 300 л/га) по вегетации (в период бутонизации). Вегетирующие растения были обработаны препаратами № 1 и 12.

Особенности формирования фитосанитарной ситуации изучали в посадках среднераннего картофеля сорта Gala.

Повторность опыта – 4-кратная, количество растений в повторности – 20 шт. Густота посадки – 35,7 тыс. растений/га, площадь питания – 0,4 на 0,7 м.

Контроль над сорными растениями осуществляли с помощью гербицидов на основе метрибузина (Метрифар 70, ВГ, 700 г/кг, норма расхода – 0,7–1,4 л/га) и просульфокарба (Боксер, КЭ,

800 г/л, норма расхода – 3–5 л/га). Для ограничения распространения колорадского жука посадки обработали инсектоакарицидом биологического происхождения на основе аверсектина С (Фитоверм, КЭ, 50 г/л, норма расхода – 0,4 л/га) [22].

Опыт проводили на естественном инфекционном фоне.

Определение распространенности и развития болезней (макроспориоз, фузариозное увядание, фитофтороз и вирусы) картофеля проводили путем визуальной оценки растений по комплексу симптомов по общепринятым методикам [23, 24].

Учет пораженности растений картофеля ризоктониозом проводили через 4 и 10 недель после посадки культуры по методике J. Frank [25].

Растения выкапывали, отмывали и определяли степень пораженности стеблей картофеля возбудителем черной парши по нижеприведенным показателям:

0 баллов – нет признаков поражения;

1 балл – коричневые штрихи или пятна (длиной 25 мм);

2 балла – пятно или язва до 50 мм;

3 балла – пятно длиной 50 мм, но не окольцовывающее росток (стебель);

4 балла – обширные язвы, почти окольцовывающие росток (стебель), возможна перетяжка;

5 баллов – росток (стебель) полностью окольцован или надломился.

Интенсивность развития ризоктониоза на стеблях определяли по формуле

$$R = \frac{\sum(a \cdot b)}{NK} \cdot 100 \%,$$

где R – пораженность, %; a – балл пораженности; b – количество ростков (стеблей) с данным баллом, шт.; $\sum(a \cdot b)$ – сумма произведения числа больных растений по баллам; N – общее число учтенных стеблей, шт.; K – наивысший балл шкалы.

Учет и оценку пораженности клубней ризоктониозом проводили путем определения склероциального индекса [26–28]:

$$Si = \frac{hy + 3,5l + 5m + 6h}{c + hy + l + m + h},$$

где Si – склероциальный индекс; c , hy , l , m , h – масса клубней: c – клубни, свободные от ризоктониоза; hy – клубни с мицелиальной формой (в форме сетчатого некроза, углубленной пятнистости); l – клубни поражены в слабой степени (единичные склероции, занимают до 10 % поверхности клубня); m – клубни поражены в средней степени (склероции занимают 25 % поверхности клубня); h – клубни поражены в сильной степени (склероции занимают 50 % и более поверхности клубня); 3,5; 5 и 6 – цифровые коэффициенты формулы, отражающие степень вредоносности отдельных форм проявления ризоктониоза.

В процессе анализа образцов картофеля клубни (не менее 100 шт. на повторность) распределяли по группам (c , hy , l , m , h), а затем каждую из них взвешивали по отдельности и их массу использовали для подсчета склероциального индекса.

Фенологические наблюдения за культурой, морфометрические показатели (высота растений, масса растений и клубней, количество клубней, количество столонов), полевую всхожесть (количество выпадов растений), а также урожайность картофеля, фракционный состав нового урожая проводили по общепринятым методикам в соответствующие сроки [24].

Результаты обработаны с применением прикладного пакета программ SNEDECOR [29].

Результаты и их обсуждение. Изучение влияния веществ на основе хитозана на всхожесть культуры показало, что наименьшее количество выпадов наблюдали в варианте с препаратом Novochizol, что меньше контрольного значения в 3,1 раза (на 68,0 %). В вариантах с препаратом № 1, Хитозаном и препаратом № 12 данный показатель снижался соответственно в 2,1; 1,7 и 1,5 раза (или на 52,0; 40,0 и 32,0 %). Если посадочные клубни были обработаны препаратами № 7 и 8, то количество выпадов было близко к контрольному значению (меньше в 1,2 раза, или на 16,0 %) (рис. 1).

В начальный период онтогенеза отмечено ростостимулирующее действие изучаемых препаратов. Растения картофеля, выросшие из клубней, обработанных перед посадкой веществами на основе хитозана, достоверно выше контрольных от 2,4 до 4,9 см, или от 8,9 до 18,1 % (рис. 2).

Наибольшая длина растений отмечена в варианте, где посадочный материал был обработан препаратом Novochizol, она была больше на 4,9 см, или на 18,1 %, чем в контроле.

Масса растений (за исключением варианта с композицией № 1, где данный показатель был на уровне контроля) также существенно больше контрольного варианта – от 10,0 до 22,3 г/растение (больше от 11,1 до 24,8 %). Максимум данный показатель достиг в варианте с препаратом № 12.



Рис. 1. Влияние обработки посадочных клубней препаратами на основе хитозана на густоту стояния растений картофеля, 2022–2024 гг.

Fig. 1. The effect of treating planting tubers with chitosan-based agents on the plant density of potato plants, 2022–2024



Рис. 2. Влияние обработки посадочных клубней препаратами на основе хитозана на морфометрические показатели растений картофеля в период полных всходов, 2022–2024 гг.; НСР₀₅: количество столонов – 1,6; масса растения – 3,3; длина растения – 2,2

Fig. 2. The effect of treating planting tubers with chitosan-based agents on the morphometric parameters of potato plants during the phase of full sprouting, 2022–2024; LSD₀₅: number of stolons – 1,6, mass of plant – 3,3, length of plant – 2,2

Использование для обработки семенного материала веществ на основе хитозана значительно увеличивало количество образовавшихся столонов – от 2,0 до 5,2 шт/растение (от 28,2 до 73,2 %), их наибольшее количество было в варианте с композицией № 12. Также близкое к вышеназванному варианту количество столонов отмечено при нанесении на посадочные клубни Хитозана и вещества № 7, в этих случаях данный показатель был больше контроля на 4,1–4,3 шт/растение (на 57,7–60,6 %).

Дальнейшее наблюдение за растениями в более поздние фазы онтогенеза показало, что все изученные препараты (за исключением вариантов обработки клубней препаратом № 12 + опрыскивание растений по вегетации препаратом № 1 и обработка клубней препаратом № 7 + опрыскивание растений по вегетации препаратом № 12) существенно увеличивали длину стеблей картофеля к периоду созревания культуры – от 1,9 до 5,4 см (от 3,2 до 9,0 %). Наибольшей длины растения достигали в вариантах: обработка клубней Хитозаном и препаратом № 1 в сочетании с опрыскиванием растений по вегетации препаратом № 1 и обработкой клубней препаратом № 8 + опрыскивание растений по вегетации препаратом № 12. В этих случаях длина стебля была больше на 5,0; 5,4 и 4,8 см соответственно, или на 8,3; 9,0 и 8,0 % (табл. 2).

Таблица 2. Влияние обработки картофеля препаратами на основе хитозана на морфометрические показатели культуры (фаза созревания), 2022–2024 гг.

Table 2. The influence of potato tubers treatment with chitosan-based agents on the morphometric parameters of the crop (ripening phase), 2022–2024

Вариант обработки по клубням	Вариант обработки по вегетирующим растениям	Длина, см	Масса 1 растения, г	Столонов, шт/ 1 растение	Количество клубней, шт/ 1 растение	Масса клубней, г/ 1 растение
Контроль, без обработки клубней и растений		60,0	346,8	12,8	8,8	450,0
Хитозан	Опрыскивание растений препаратом 1	65,0	457,1	12,7	9,3	500,2
Novochizol		63,3	510,4	20,0	11,2	566,2
Препарат 1		65,4	476,2	14,0	10,2	452,0
Препарат 7		64,7	480,0	13,6	10,2	494,6
Препарат 8		61,9	517,9	20,1	10,0	542,5
Препарат 12		59,3	392,5	18,0	11,4	452,5
Хитозан	Опрыскивание растений препаратом 12	63,7	468,3	15,9	12,1	456,6
Novochizol		64,4	473,3	16,3	10,2	487,1
Препарат 1		62,2	422,1	10,5	9,5	393,3
Препарат 7		61,3	560,4	17,1	12,3	555,8
Препарат 8		64,8	472,1	13,1	12,6	527,9
Препарат 12		62,1	481,7	14,7	10,3	510,0
НСР ₀₅		1,8	12,7	1,5	0,6	14,7

Массу одного растения значительно повышали все использованные в опыте препараты – от 45,7 до 213,6 г (от 13,2 до 61,6 %). Наибольшая масса отмечена в варианте с обработкой клубней препаратом № 7 и опрыскиванием растений по вегетации препаратом № 12.

Количество столонов на одном растении достоверно возрастало при обработке картофеля по клубням Novochizol, препараты № 8 и 12 в комбинации с опрыскиванием растений препаратом № 1, а также при обработке посадочного материала Хитозаном, Novochizol, препаратами № 7 и 12 в сочетании с препаратом № 12 по вегетации – от 1,9 до 7,3 шт. (от 14,8 до 57,0 %). Максимум данный показатель достигал в варианте с обработкой клубней препаратом № 8 и опрыскиванием растений препаратом № 1.

Количество клубней на одном растении в сравнении с контролем также существенно увеличивали все изученные комбинации веществ (за исключением варианта, где семенные клубни обработали Хитозаном, а растения препаратом № 1) – от 0,7 до 3,8 шт. (от 8,0 до 43,2 %). Наибольшее число клубней получено от растений, выросших из клубней, обработанных препаратом № 8 и опрысканных препаратом № 12.

Массу клубней с одного растения достоверно повышала обработка посадочных клубней Хитозаном в комбинации с опрыскиванием растений препаратом № 1, обработка клубней Novochizol препаратами № 7 и 8 в сочетании с опрыскиванием растений препаратами № 1 и 12, а также нанесение препарата № 12 как на семенной материал, так и по вегетации на растения – от 37,1 до 116,2 г, или от 8,2 до 25,8 %. Наибольшего значения данный показатель достиг в варианте с обработкой клубней Novochizol и опрыскиванием картофеля препаратом № 1.

Статистическая обработка данных показала, что взаимодействие двух факторов (обработка клубней перед посадкой и опрыскивание растений в период вегетации) имеет аддитивный характер и достигает 99,0 %. Доля влияния на морфометрические показатели растений первого фактора доминировала и составляла 86,9–99,8 %, в то время как второго в этот период была незначительной – 0,2–2,1 %. Изучение фитосанитарного состояния посадок культуры в фазу полных всходов в отношении ризоктониоза картофеля показало, что все препараты значительно снижали развитие ризоктониоза на растениях картофеля. Обработка клубней перед посадкой препаратами № 1 и 7 больше всего влияла на патогенез гриба *Rhizoctonia solani* – развитие болезни уменьшилось на 14,3–14,6 %. Далее по эффективности шли композиции № 8 и 12. В этих случаях данный показатель был ниже на 13,3–13,6 %. Хитозан и Novochizol менее всего среди всех исследованных веществ влияли на процесс развития заболевания. Они уменьшали его интенсивность на 6,7–9,1 % в сравнении с контролем (рис. 3).

Дальнейший мониторинг ризоктониоза картофеля на стеблях показал, что угнетающее действие на возбудителя ризоктониоза продолжили оказывать такие комбинации препаратов, как Хитозан (обработка клубней) + препарат № 1 (обработка по вегетации), Novochizol (обработка клубней) + препарат № 12 (обработка по вегетации) и препарат № 12 (обработка клубней) + препарат № 1 (обработка по вегетации). В этих случаях развитие болезни достоверно снижалось на 7,3; 8,8 и 8,1 % соответственно в сравнении с контролем. Также в этот период в ряде случаев было выявлено существенное стимулирование развития гриба на растениях в таких вариантах, как препарат № 1 (обработка клубней) + препарат № 12 (обработка по вегетации), препарат № 7 (обработка клубней) + препарат № 1 (обработка по вегетации) и препарат № 8 (обработка клубней) + препарат № 1 (обработка по вегетации) – развитие ризоктониоза значительно возросло (на 5,1–10,3 %) (рис. 4).

Исследуемые препараты оказали влияние и на фитосанитарную ситуацию в посадках культуры (табл. 3).

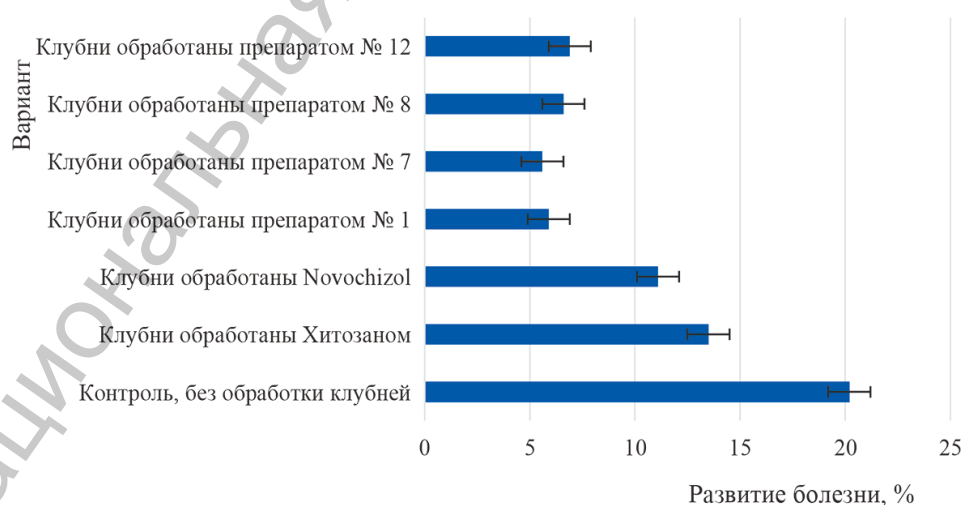


Рис. 3. Влияние препаратов на основе хитозана на развитие ризоктониоза картофеля в фазу полных всходов, 2022–2024 гг.

Fig. 3. The influence of chitosan-based agents on the development of potato rhizoctonia in the phase of full sprouting, 2022–2024

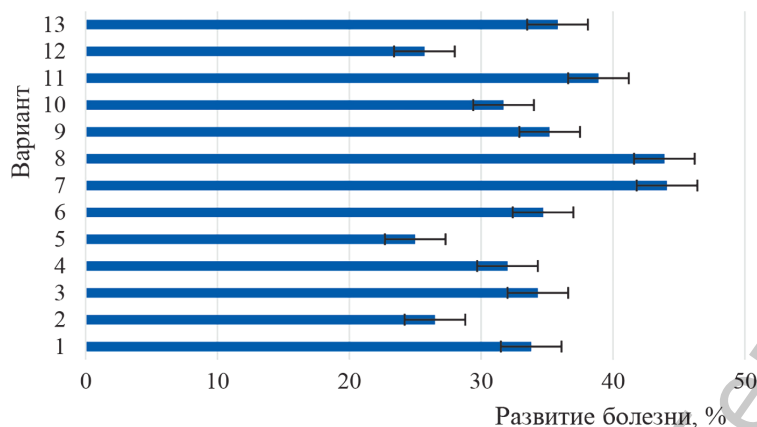


Рис. 4. Влияние препаратов на основе хитозана на развитие ризоктониоза картофеля в фазу созревания, 2022–2024 гг.: 1 – контроль, без обработки клубней и растений; 2 – обработка клубней Хитозаном + опрыскивание растений препаратом 1; 3 – обработка клубней Хитозаном + опрыскивание растений препаратом 12; 4 – обработка клубней Novochizol + опрыскивание растений препаратом 1; 5 – обработка клубней Novochizol + опрыскивание растений препаратом 12; 6 – обработка клубней препаратом 1 + опрыскивание растений препаратом 1; 7 – обработка клубней препаратом 1 + опрыскивание растений препаратом 12; 8 – обработка клубней препаратом 7 + опрыскивание растений препаратом 1; 9 – обработка клубней препаратом 7 + опрыскивание растений препаратом 12; 10 – обработка клубней препаратом 8 + опрыскивание растений препаратом 1; 11 – обработка клубней препаратом 8 + опрыскивание растений препаратом 12; 12 – обработка клубней препаратом 12 + опрыскивание растений препаратом 1; 13 – обработка клубней препаратом 12 + опрыскивание растений препаратом 12

Fig. 4. The influence of chitosan-based agents on the development of potato rhizoctonia in the ripening phase, 2022–2024: 1 – control, without treatment of tubers and spraying plants; 2 – treatment of tubers with Chitosan + spraying of plants agent 1; 3 – treatment of tubers with Chitosan + spraying of plants agent 12; 4 – treatment of tubers with Novochizol + spraying of plants agent 1; 5 – treatment of tubers with Novochizol + spraying of plants agent 12; 6 – treatment of tubers agent 1 + spraying of plants agent 1; 7 – treatment of tubers agent 1 + spraying of plants agent 12; 8 – treatment of tubers agent 7 + spraying of plants agent 1; 9 – treatment of tubers agent 7 + spraying agent 12; 10 – treatment of tubers agent 8 + spraying of plants agent 1; 11 – treatment of tubers agent 8 + spraying of plants agent 12; 12 – treatment of tubers agent 12 + spraying of plants agent 1; 13 – treatment of tubers agent 12 + spraying plants agent 12

Таблица 3. Влияние обработки картофеля препаратами на основе хитозана на фитосанитарное состояние посадок культуры, 2022–2024 гг.

Table 3. The influence of potato treatment with chitosan-based agents on the phytosanitary condition of crop plantings, 2022–2024

Вариант обработки по клубням	Вариант обработки по вегетирующим растениям	Распространенность, %				Развитие фитофтороза, балл
		виросы	макроспориоз	фузариозное увядания	фитофтороз	
Контроль, без обработки клубней и растений		5,0	35,0	0	100,0	2,8
Хитозан	Опрыскивание растений препаратом 1	5,0	10,0	0	100,0	2,5
Novochizol		5,0	15,0	0	100,0	2,0
Препарат 1		2,5	7,5	0	100,0	1,5
Препарат 7		5,0	10,0	5	100,0	1,5
Препарат 8		2,5	20,0	0	100,0	1,5
Препарат 12		7,5	7,5	0	100,0	1,5
Хитозан		Опрыскивание растений препаратом 12	7,5	15,0	5	100,0
Novochizol	2,5		10,0	0	100,0	2,0
Препарат 1	7,5		7,5	0	100,0	2,5
Препарат 7	0		5,0	0	100,0	2,0
Препарат 8	7,5		17,5	5	100,0	2,0
Препарат 12	7,5		12,5	0	100,0	2,0

Так, использование комбинации препарат № 7 (обработка клубней) + препарат № 12 (обработка по вегетации) позволило полностью избежать поражения картофеля вирусными заболеваниями. В два раза меньше их было в сравнении с контролем при обработке клубней препаратами № 1 и 8 в сочетании с обработкой по вегетации препаратом № 1, а также при обработке посадочного материала Novochizol в комплексе с обработкой растений препаратом № 12. Распространенность макроспориоза во всех вариантах опыта было ниже контрольного значения от 10,0 до 30,0 %, минимальное количество растений с данным заболеванием отмечено в варианте препарат № 7 (обработка клубней) + препарат № 12 (обработка по вегетации). При 100%-м распространении фитофтороза его развитие на начальном этапе поражения имело различия и было меньше, чем в контроле. Минимальное его развитие отмечено в случае обработки посадочных клубней препаратами № 1, 7, 8 и 12 и обработки растений в период вегетации препаратом № 1.

Было установлено, что использование для обработки картофеля препаратов на основе хитозана в различных комбинациях влияет на фракционный состав клубней нового урожая незначительно (табл. 4).

Таблица 4. Влияние препаратов на основе хитозана на фракционный состав урожая, 2022–2024 гг.

Table 4. The influence of chitosan-based agents on the fractional composition of the crop, 2022–2024

Вариант обработки по клубням	Вариант обработки по вегетирующим растениям	Фракции, %		
		крупная	средняя	мелкая
Контроль, без обработки клубней и растений		10,8	87,3	2,0
Хитозан	Опрыскивание растений препаратом 1	15,1	83,5	1,4
Novochizol		12,5	85,9	1,6
Препарат 1		11,6	86,4	2,0
Препарат 7		10,3	87,5	2,2
Препарат 8		10,3	87,4	2,2
Препарат 12		13,0	85,3	1,6
Хитозан	Опрыскивание растений препаратом 12	12,3	85,9	1,8
Novochizol		12,5	85,1	2,4
Препарат 1		14,3	84,8	1,0
Препарат 7		10,7	84,2	5,1
Препарат 8		9,1	89,5	1,4
Препарат 12		17,1	81,1	1,7

Так, наибольшее количество продовольственной (крупной фракции) отмечено в следующих вариантах: Хитозан (обработка клубней) + препарат № 1 (обработка растений) и препарат № 1 (обработка клубней) + препарат № 12 (обработка растений), где показатель был выше контрольного на 3,5–4,3 %. Во всех вариантах опыта преобладала семенная (средняя) фракция – от 81,1 до 89,5 %.

Во всех вариантах опыта использование препаратов на основе хитозана достоверно повышало продуктивность картофеля от 1,4 до 6,9 т/га (от 10,7 до 52,7 %). Максимальная урожайность культуры отмечена в варианте препарат № 12 (обработка клубней) + препарат № 12 (обработка по вегетации) (табл. 5).

Было установлено, что все изученные комбинации препаратов на основе хитозана оздоравливают клубни нового урожая от ризоктониоза (табл. 6).

Количество здоровых клубней возрастало от 5,5 до 15,7 %. При опрыскивании посадок препаратом № 1 наибольший выход здоровых клубней отмечен при обработке посадочного материала препаратом № 12 – 59,4 %, что на 15,7 % больше, чем в контроле, а при обработке семенных клубней Novochizol и препаратом № 1 в комплексе с опрыскиванием растений по вегетации препаратом № 12 – 58,1 и 58,3 % соответственно, что больше на 14,4 и 14,6 %.

Таблица 5. Влияние препаратов на основе хитозана на продуктивность картофеля, 2022–2024 гг.

Table 5. The influence of chitosan-based agents on potato productivity, 2022–2024

Вариант обработки по клубням	Вариант обработки по вегетирующим растениям	Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
			т/га	%
Контроль, без обработки клубней и растений		13,1	–	–
Хитозан	Опрыскивание растений препаратом 1	15,4	2,3	17,6
Novochizol		17,0	3,9	29,8
Препарат 1		16,8	3,7	28,2
Препарат 7		16,0	2,9	22,1
Препарат 8		18,2	5,1	38,9
Препарат 12		17,8	4,7	35,9
Хитозан	Опрыскивание растений препаратом 12	14,5	1,4	10,7
Novochizol		17,0	3,9	29,8
Препарат 1		16,5	3,4	26,0
Препарат 7		17,5	4,4	33,6
Препарат 8		18,2	5,1	38,9
Препарат 12		20,0	6,9	52,7
НСР ₀₅		1,0	–	–

Таблица 6. Влияние обработки картофеля препаратами на основе хитозана на фитосанитарное состояние клубней нового урожая

Table 6. The effect of potato treatment with chitosan-based agents on the phytosanitary condition of new crop tubers

Вариант обработки по клубням	Вариант обработки по вегетирующим растениям	Количество клубней, %		
		здоровых	с формами ризоктониоза	
			склероциальные	несклероциальные
Контроль, без обработки клубней и растений		43,7	12,0	41,5
Хитозан	Опрыскивание растений препаратом 1	55,2	11,7	36,4
Novochizol		56,4	4,8	38,9
Препарат 1		50,6	10,4	38,5
Препарат 7		57,9	8,9	33,1
Препарат 8		50,3	8,2	41,3
Препарат 12		59,4	7,3	34,0
Хитозан	Опрыскивание растений препаратом 12	56,0	9,0	34,3
Novochizol		58,1	5,2	39,1
Препарат 1		58,3	7,8	34,2
Препарат 7		49,2	11,1	39,9
Препарат 8		50,1	6,6	46,3
Препарат 12		52,4	9,1	41,3

Во всех вариантах опыта использование препаратов на основе хитозана снижало число клубней со склероциальными формами ризоктониоза от 0,3 до 7,2 %. Наименьшее их количество отмечено в варианте Novochizol (обработка клубней) + препарат № 1 (обработка растений). Также в большинстве случаев наблюдалось снижение распространенности несклероциальных форм заболевания (сетчатый некроз, углубленная пятнистость, трещины, уродливость) от 0,2 до 8,4 % (см. табл. 6).

Для полной характеристики фитосанитарного состояния клубней нового урожая в отношении ризоктониоза используют такой показатель, как склероциальный индекс. Исследования показали, что его наименьшие значения были в вариантах с обработкой посадочных клубней препаратом Novochizol в сочетании с препаратом № 1 или № 12 – 0,58–0,59, что меньше контроля в 1,5 раза (рис. 5).

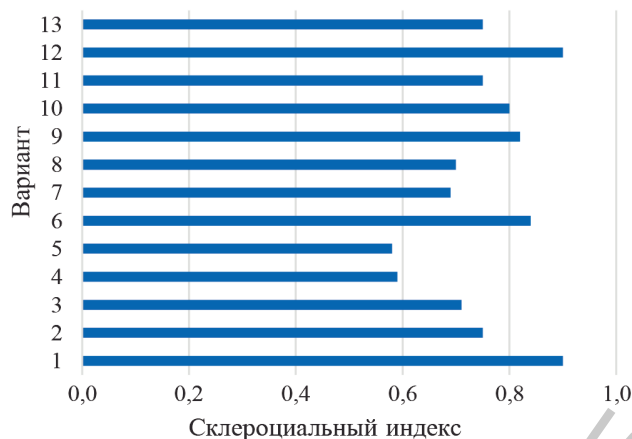


Рис. 5. Влияние препаратов на основе хитозана на заселенность клубней картофеля нового урожая всеми формами ризоктониоза, 2022–2024 гг.: 1 – контроль, без обработки клубней и растений; 2 – обработка клубней Хитозаном + опрыскивание растений препаратом 1; 3 – обработка клубней Хитозаном + опрыскивание растений препаратом 12; 4 – обработка клубней Novochizol + опрыскивание растений препаратом 1; 5 – обработка клубней Novochizol + опрыскивание растений препаратом 12; 6 – обработка клубней препаратом 1 + опрыскивание растений препаратом 1; 7 – обработка клубней препаратом 1 + опрыскивание растений препаратом 12; 8 – обработка клубней препаратом 7 + опрыскивание растений препаратом 1; 9 – обработка клубней препаратом 7 + опрыскивание растений препаратом 12; 10 – обработка клубней препаратом 8 + опрыскивание растений препаратом 1; 11 – обработка препаратом 8 + опрыскивание растений препаратом 12; 12 – обработка клубней препаратом 12 + опрыскивание растений препаратом 1; 13 – обработка клубней препаратом 12 + опрыскивание растений препаратом 12

Fig. 5. The influence of chitosan-based agents on the colonization of new-crop potato tubers by all forms of rhizoctonia, 2022–2024: 1 – control, without treatment of tubers and spraying plants; 2 – treatment of tubers with Chitosan + spraying of plants agent 1; 3 – treatment of tubers with Chitosan + spraying of plants agent 12; 4 – treatment of tubers with Novochizol + spraying of plants agent 1; 5 – treatment of tubers with Novochizol + spraying of plants agent 12; 6 – treatment of tubers agent 1 + spraying of plants agent 1; 7 – treatment of tubers agent 1 + spraying of plants agent 12; 8 – treatment of tubers agent 7 + spraying of plants agent 1; 9 – treatment of tubers agent 7 + spraying agent 12; 10 – treatment of tubers agent 8 + spraying of plants agent 1; 11 – treatment of tubers agent 8 + spraying of plants agent 12; 12 – treatment of tubers agent 12 + spraying of plants agent 1; 13 – treatment of tubers agent 12 + spraying plants agent 12

Выводы. Препараты на основе хитозана повышали всхожесть культуры в 1,2–3,1 раза за счет снижения количества выпадов.

Все препараты на основе хитозана в той или иной мере обладали ростостимулирующей активностью, они достоверно увеличивали высоту растений на 3,2–18,1 %, массу растений – на 11,1–24,8 %, а количество столонов – на 14,8–73,2 %, количество клубней – на 8,0–43,2 %, а их массу на 8,2–25,8 %.

Изученные препараты оказывали влияние на развитие ризоктониоза. При использовании в технологиях возделывания картофеля препаратов на основе хитозана в фазу всходов все препараты значительно снижали данный показатель – на 6,7–14,6 %, а в фазу созревания – на 1,8–8,8 %.

Установлено, что препараты на основе хитозана оздоравливали посадки культуры от болезней грибной и вирусной этиологии. Комбинация препарата № 7 (обработка клубней) и препарата № 12 (опрыскивание растений) полностью подавляла вирусы. Распространенность макроспориоза во всех вариантах опыта была ниже контрольного значения от 10,0 до 30,0 %, минимальное количество растений с данным заболеванием отмечено в варианте препарат № 7 (обработка клубней) + препарат № 12 (обработка по вегетации). При 100%-м распространении фитофтороза его развитие на начальном этапе поражения имело различия и было меньше, чем в контроле. Минимальное его развитие (1,5 балла; контроль – 2,8 балла) отмечено в случае обработки посадочных клубней препаратами № 1, 7, 8 и 12 и обработки растений в период вегетации препаратом № 1.

Во всех вариантах опыта использование препаратов на основе хитозана достоверно повышало продуктивность картофеля. Урожайность культуры при использовании новых препаратов варьировала в среднем за три года от 14,5 до 20,0 т/га в зависимости от комбинаций изучаемых веществ. Прибавка урожая от использования препаратов составила от 1,4 до 6,9 т/га (от 10,7 до 52,7 %). Максимальная урожайность культуры отмечена в варианте препарат № 12 (обработка клубней) + препарат № 12 (обработка по вегетации).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кирюшин, В. И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В. И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2011. – 443 с.
2. Санин, С. С. Стратегия современной защиты растений при интенсивном зернопроизводстве / С. С. Санин // Вестник ОрелГАУ. – 2017. – № 3 (66). – С. 35–39. <http://dx.doi.org/10.15217/48484>
3. Тютюрев, С. Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам / С. Л. Тютюрев // Вестник защиты растений. – 2015. – № 1 (83). – С. 3–13.
4. Системы земледелия и их особенности с учетом требований экономики и экологии / А. Ч. Скируха, А. П. Гвоздов, Л. А. Булавин [и др.] // Экономика и банки. – 2019. – № 2. – С. 73–83.
5. Соколов, Ю. А. Элиситоры и их применение в растениеводстве / Ю. А. Соколов. – Мн.: Бел. наука, 2016. – 201 с.
6. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries / D. K. Vu, R. G. Hollingsworth, E. Leroux [et al.] // Food Research International. – 2011. – Vol. 44, № 1. – P. 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.037>
7. Тютюрев, С. Л. Физиолого-биохимические основы управления стрессоустойчивостью растений в адаптивном растениеводстве / С. Л. Тютюрев // Вестник защиты растений. – 2000. – № 1. – С. 11–35.
8. Festa, R. A. Copper: an essential metal in biology / R. A. Festa, D. J. Thiele // Current Biology. – 2011. – Vol. 21, № 21. – P. R877–R883. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.09.040>
9. Совместное использование штаммов микроорганизмов и хитозановых комплексов для повышения урожайности пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / Л. Е. Колесников, Э. В. Попова, И. И. Новикова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 5. – С. 1024–1040. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2019.5.1024rus>
10. Лазарев, А. П. Скорость разложения послеуборочных остатков полевых культур в черноземах за осенне-весенний и годовой периоды / А. П. Лазарев, Д. Р. Майсямова // Почвоведение. – 2006. – № 6. – С. 751–757.
11. Кабашникова, Л. Ф. Прайминг защитных реакций в растениях при патогенезе: приобретенный иммунитет / Л. Ф. Кабашникова // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2020. – № 4. – С. 19–29. <https://doi.org/10.46646/2521-683X/2020-4-19-29>
12. Вохидова, Н. Р. Фунгицидные свойства наносистем хитозана *Bombyx Mori* с ионами меди / Н. Р. Вохидова, М. Э. Саттаров, Н. Д. Карева, С. Ш. Рашидова // Микробиология. – 2014. – Т. 83, № 6. – С. 653–655. <https://doi.org/10.7868/S0026365614060214>
13. Христева, Л. А. О природе воздействия физиологически активных форм гуминовых кислот и других стимуляторов роста растений / Л. А. Христева // Гуминовые удобрения: теория и практика их применения / Днепропетр. с.-х. ин-т; ред.: С. С. Драгунов, В. П. Попов, Л. А. Христева. – Киев, 1968. – Ч. 3. – С. 13–27.
14. Бактериозы картофеля в Российской Федерации / А. Н. Игнатов, Ю. С. Панычева, М. В. Воронина, Ф. С. Джалилов // Картофель и овощи. – 2018. – № 1. – С. 3–7.
15. Федотова, Л. С. Влияние аминокислотных препаратов на преодоление гербицидного стресса картофеля / Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 6 (378). – С. 90–93. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-16123>
16. Changes in dry weight and starch content in potato under the effect of herbicides and biostimulants / K. Zarzecka, M. Gugala, I. Mystkowska, A. Sikorska // Plant, Soil and Environment. – 2021. – Vol. 67, № 4. – P. 202–207. <https://doi.org/10.17221/622/2020-PSE>
17. Gazdanova, I. The effectiveness of the use of biological preparations in the production of potatoes / I. Gazdanova, F. Gerieva, T. Morgoev // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2022. – Vol. 28, № 2. – P. 212–216.
18. Кирюшин, В. И. Методологическая концепция развития земледелия в Сибири / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 1989. – № 12. – С. 7–14.
19. Воронина, Л. В. Климат и экология Новосибирской области / Л. В. Воронина, А. Г. Гриценко. – Новосибирск: Сиб. гос. геодез. акад., 2011. – 227 с.
20. Овощные культуры и картофель в Сибири / Рос. акад. с-х наук, Сиб. регион. отд-ние, Сиб. науч.-исслед. ин-т растениеводства и селекции; сост.: Г. К. Машьянова, Е. Г. Гринберг, Т. В. Штайнерг. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск: [б. и.], 2010. – 523 с.
21. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 6-е изд., стер. – М.: Альянс, 2011. – 351 с.
22. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2022: ежегодник. – М.: Листерра, 2022. – Вып. 26. – 933 с.
23. Ганнибал, Ф. Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*: метод. пособие / Ф. Б. Ганнибал; науч. ред. М. М. Левитин. – СПб.: [б. и.], 2011. – 71 с.
24. Методика исследований по культуре картофеля / ВАСХНИЛ, Науч.-исслед. ин-т картоф. хоз-ва: редкол.: Н. С. Бацанов (отв. ред.) [и др.]. – М.: [б. и.], 1967. – 263 с.
25. Frank, J. Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani* / J. Frank, S. S. Leach, R. E. Webb // Plant Disease Reporter. – 1976. – Vol. 60, № 11. – P. 910–912.
26. Jager, J. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potato fields. I. Occurrence / J. Jager, H. Velvis // Netherlands Journal of Plant Pathology. – 1983. – Vol. 89, № 1–2. – P. 21–29. <https://doi.org/10.1007/bf01974441>
27. Jager, J. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potato fields. II. Effect of origin and degree of infection with *Rhizoctonia solani* of seed potatoes on subsequent infestation and formation of sclerotia / J. Jager, H. Velvis // Netherlands Journal of Plant Pathology. – 1983. – Vol. 89, № 4. – P. 141–152.

28. Шалдяева, Е. М. Ризоктониоз картофеля: склероциальный индекс / Е. М. Шалдяева, Ю. В. Пилипова // Защита и карантин растений. – 1999. – № 5. – С. 16–17.

29. Сорокин, О. Д. Прикладная статистика на компьютере / О. Д. Сорокин. – 2-е изд. – Новосибирск: [б. и.], 2012. – 282 с.

References

1. Kiryushin V. I. *Theory of adaptive landscape farming and design of agro-landscapes*. Moscow, KolosS Publ., 2011. 443 p. (in Russian).
2. Sanin S. S. The strategy of modern plant protection at intensive grain production. *Vestnik OrelGAU*, 2017, no. 3 (66), pp. 35–39 (in Russian). <http://dx.doi.org/10.15217/48484>
3. Tyuterev S. L. Ecologically safe inducers of plant resistance to diseases and physiological stresses. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2015, no. 1 (83), pp. 3–13 (in Russian).
4. Skirukha A. Ch., Gvozdev A. P., Bulavin L. A., Nilova O. V., Filipenko V. S. Agriculture systems and their features taking into account requirements economy and ecology. *Ekonomika i banki = Economy and Banks*, 2019, no. 2, pp. 73–83 (in Russian).
5. Sokolov Yu. A. *Elicitors and their application in plant cultivation*. Minsk, Belarusskaya navuka Publ., 2016. 201 p. (in Russian).
6. Vu D. K., Hollingsworth R. G., Leroux E., Salmieri S., Lacroix M. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*, 2011, vol. 44, no. 1, pp. 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.037>
7. Tyuterev S. L. Physiological and biochemical foundations of managing plant stress resistance in adaptive crop production. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2000, no. 1, pp. 11–35 (in Russian).
8. Festa R. A., Thiele D. J. Copper: an essential metal in biology. *Current Biology*, 2011, vol. 21, no. 21, pp. R877–R883. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.09.040>
9. Kolesnikov L. E., Popova E. V., Novikova I. I., Priyatkin N. S., Arkhipov M. V., Kolesnikova Yu. R., Potrakhov N. N., Van Duijn V., Gusarenko A. S. Multifunctional biologics which combine microbial anti-fungal strains with chitosan improve soft wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and grain quality. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 5, pp. 1024–1040 (in Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2019.5.1024rus>
10. Lazarev A. P., Maisyamova D. R. The decomposition of after harvest residues in chernozems during the autumn-spring period and in the annual cycle. *Eurasian Soil Science*, 2006, vol. 39, no. 6, pp. 676–682. <https://doi.org/10.1134/S1064229306060135>
11. Kabashnikova L. F. Priming of defense reaction in plants under pathogenesis: induced immunity. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya = Journal of the Belarusian State University. Ecology*, 2020, no. 4, pp. 19–29 (in Russian). <https://doi.org/10.46646/2521-683X/2020-4-19-29>
12. Vokhidova N. R., Kareva N. D., Rashidova S. S., Sattarov M. E. Fungicide features of the nanosystems of silkworm (*Bombyx mori*) chitosan with copper ions. *Microbiology*, 2014, vol. 83, no. 6, pp. 751–753. <https://doi.org/10.1134/S0026261714060204>
13. Khristeva L. A. On the nature of the effects of physiologically active forms of humic acids and other plant growth stimulators. *Humic fertilizers: theory and practical application. Part 3*. Kiev, 1968, pp. 13–27 (in Russian).
14. Ignatov A. N., Panycheva Yu. S., Voronina M. V., Dzhalilov F. S. Potato bacterial pathogens in Russia. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*, 2018, no. 1, pp. 3–7 (in Russian).
15. Fedotova L. S., Timoshina N. A., Knyazeva E. V. Influence of amino acid preparations on potato's herbicidal stress coping. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*, 2020, no. 6 (378), pp. 90–93 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-16123>
16. Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I., Sikorska A. Changes in dry weight and starch content in potato under the effect of herbicides and biostimulants. *Plant, Soil and Environment*, 2021, vol. 67, no. 4, pp. 202–207. <https://doi.org/10.17221/622/2020-PSE>
17. Gazdanova I., Gerieva F., Morgoev T. The effectiveness of the use of biological preparations in the production of potatoes. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2022, vol. 28, no. 2, pp. 212–216.
18. Kiryushin V. I. Methodological concept for the development of farming in Siberia. *Zemledelie*, 1989, no. 12, pp. 7–14 (in Russian).
19. Voronina L. V., Gritsenko A. G. *Climate and ecology of the Novosibirsk region*. Novosibirsk, Siberian State Academy of Geodesy, 2011. 227 p. (in Russian).
20. Mash'yanova G. K., Grinberg E. G., Shtainert T. V. (comp.). *Vegetable crops and potatoes in Siberia*. Novosibirsk, 2010. 523 p. (in Russian).
21. Dospikhov B. A. *Methodology of field experimentation (with fundamentals of statistical processing of research results)*. 6th ed. Moscow, Al'yans Publ., 2011. 351 p. (in Russian).
22. *Handbook of Pesticides and Agrochemicals approved for use in the Russian Federation, 2022: yearbook. Issue 26*. Moscow, Listerra Publ., 2022. 933 p. (in Russian).
23. Gannibal F. B. *Monitoring of Alternaria diseases in agricultural crops and identification of fungi of the genus Alternaria: a methodological guide*. St. Petersburg, 2011. 71 p. (in Russian).
24. Research Institute of Potato Farming. *Research methodology on potato culture*. Moscow, 1967. 263 p. (in Russian).
25. Frank J., Leach S. S., Webb R. E. Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani*. *Plant Disease Reporter*, 1976, vol. 60, no. 11, pp. 910–912.

26. Jager J., Velvis H. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potato fields. I. Occurrence. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 1983, vol. 89, no. 1–2, pp. 21–29. <https://doi.org/10.1007/bf01974441>
27. Jager J., Velvis H. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potato fields. II. Effect of origin and degree of infection with *Rhizoctonia solani* of seed potatoes on subsequence infestation and formation of sclerotia. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 1983, vol. 89, no. 4, pp. 141–152. <https://doi.org/10.1007/bf01999843>
28. Shaldyaeva E. M., Pilipova Yu. V. Rhizoctonia of potato: sclerotial index. *Zashchita i karantin rastenii = Plant Protection and Quarantine*, 1999, no. 5, pp. 16–17 (in Russian).
29. Sorokin O. D. *Applied statistics on the computer*. 2nd ed. Novosibirsk, 2012. 282 p. (in Russian).

Информация об авторах

Малюга Анна Анатольевна – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории защиты зерновых и картофеля отдела защиты растений, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (ул. Центральная, 9, 630501, Краснообск, Новосибирский район, Новосибирская область, Российская Федерация). AuthorID: 195390, <https://orcid.org/0000-0001-9729-2668>. E-mail: anna_malyuga@mail.ru

Чуликова Наталья Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты зерновых и картофеля отдела защиты растений, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (ул. Центральная, 9, 630501, Краснообск, Новосибирский район, Новосибирская область, Российская Федерация). AuthorID: 628250, <https://orcid.org/0000-0001-5815-9653>. E-mail: natalya-chulikova@yandex.ru

Енина Наталья Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты зерновых и картофеля отдела защиты растений, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (ул. Центральная, 9, 630501, Краснообск, Новосибирский район, Новосибирская область, Российская Федерация). AuthorID: 762439. E-mail: natalnikenina@mail.ru

Гутина Екатерина Маратовна – лаборант-исследователь лаборатории защиты зерновых и картофеля отдела защиты растений, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (ул. Центральная, 9, 630501, Краснообск, Новосибирский район, Новосибирская область, Российская Федерация). E-mail: ecaterina.gutina@yandex.ru

Фоменко Владислав Викторович – кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории физиологически активных веществ, Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук (пр. Академика Лаврентьева, 9, 630090, Новосибирск, Российская Федерация). AuthorID: 49244, <https://orcid.org/0000-0003-1827-3309>. E-mail: fomenko@nioch.nsc.ru

Салахутдинов Нариман Фаридович – член-корреспондент Российской академии наук, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией физиологически активных веществ, Новосибирский институт органической химии им. Н. Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук (пр. Академика Лаврентьева, 9, 630090, Новосибирск, Российская Федерация). AuthorID: 44446, <https://orcid.org/0000-0001-8512-4309>. E-mail: anvar@nioch.nsc.ru

Information about the authors

Anna A. Malyuga – Dr. Sc. (Agriculture) of the Chief Researcher of the Laboratory of Grain and Potato Protection of the Plant Protection Department, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences (9, Sentralnaya St., Krasnoobsk, 630501, Novosibirsk Region, Novosibirsk District, Russian Federation). AuthorID: 195390, <https://orcid.org/0000-0001-9729-2668>. E-mail: anna_malyuga@mail.ru

Natalya S. Chulikova – Ph. D. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory of Grain and Potato Protection of the Plant Protection Department, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences (9, Sentralnaya St., Krasnoobsk, 630501, Novosibirsk Region, Novosibirsk District, Russian Federation). AuthorID: 628250, <https://orcid.org/0000-0001-5815-9653>. E-mail: natalya-chulikova@yandex.ru

Natalya N. Enina – Ph. D. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory of Grain and Potato Protection of the Plant Protection Department, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences (9, Sentralnaya St., Krasnoobsk, 630501, Novosibirsk Region, Novosibirsk District, Russian Federation). AuthorID: 762439. E-mail: natalnikenina@mail.ru

Ekaterina M. Gutina – Research Lab Assistant of the Laboratory of Grain and Potato Protection of the Plant Protection Department, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences (9, Sentralnaya St., Krasnoobsk, 630501, Novosibirsk Region, Novosibirsk District, Russian Federation). E-mail: ecaterina.gutina@yandex.ru

Vladislav V. Fomenko – Ph. D. (Chemistry), Research of the Laboratory of Physiologically Active Substances, N. N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (9, Lavrentiev Ave., 630090, Novosibirsk, Russian Federation). AuthorID: 49244, <https://orcid.org/0000-0003-1827-3309>. E-mail: fomenko@nioch.nsc.ru

Nariman F. Salakhutdinov – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sc. (Chemistry), Professor, Head of the Laboratory of Physiologically Active Substances, N. N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (9, Lavrentiev Ave., 630090, Novosibirsk, Russian Federation). AuthorID: 44446, <https://orcid.org/0000-0001-8512-4309>. E-mail: anvar@nioch.nsc.ru