

Оригинальная статья / Original article

УДК 632.4 (632.9)

DOI: 10.18470/1992-1098-2023-3-179-189



Влияние биологической системы защиты на состав почвенной микробиоты и качество картофеля в условиях центральной агроклиматической зоны Краснодарского края

Светлана Н. Нековаль, Оксана А. Маскаленко

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений», Краснодар, Россия

Контактное лицо

Оксана А. Маскаленко, научный сотрудник,
ФГБНУ «Федеральный научный центр
биологической защиты растений»; 350039
Россия, г. Краснодар, п/о 39.

Тел. +79182211681

Email d.o.a.123@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0002-7259-3584>**Формат цитирования**

Нековаль С.Н., Маскаленко О.А. Влияние биологической системы защиты на состав почвенной микробиоты и качество картофеля в условиях центральной агроклиматической зоны Краснодарского края // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, N 3. С. 179-189. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-3-179-189

Получена 27 мая 2023 г.

Прошла рецензирование 19 июня 2023 г.

Принята 20 августа 2023 г.

Резюме

Цель. Оценка влияния биопрепаратов на супрессивность почвы, биологическую эффективность, урожайность и биохимические показатели картофеля в условиях Краснодарского края.

Материалы и методы. Опыт проводили на картофеле сорта Колумба. В исследовании изучались биологические препараты против болезней картофеля. Работа выполнена по общепринятым методикам.

Результаты. За исследуемый период в комплексе почвенных грибов выделены представители родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*. При применении биопрепаратов отмечено увеличение грибов *Trichoderma* spp. и условно-супрессивных грибов *Penicillium* spp. и *Aspergillus* spp. по сравнению с контролем и вариантом с химической защитой – в 4,0 и 29,0 раз, в 1,7 и 1,8 раз и в 1,4 и 4,5 раз, соответственно. Эффективность биопрепаратов против альтернариоза и фузариозного увядания составляла 73,4–77,7 % в первый год исследований, и 70,0–76,3 % во второй год, что было выше химической защиты на 3,3–3,8 % и на 0,8–2,7 % соответственно. Урожайность клубней картофеля была выше контроля и варианта с химической защитой на 49,3–10,1 %. Наибольшее содержание витамина С отмечено в варианте с биологической системой защиты. Содержание нитратов во всех вариантах опыта было в пределах нормы, содержание крахмала было выше контроля и варианта с химической защитой на 1,1–0,2 %.

Заключение. Применение биологической системы защиты позволило снизить развитие альтернариоза и фузариоза на растениях картофеля, повысить супрессивность почвы, увеличить урожайность и улучшить биохимические показатели.

Ключевые слова

Картофель, биологическая система защиты, химические препараты, биопрепараты, супрессивность, альтернариоз, фузариозное увядание, патогены, почвенные грибы, биохимические показатели.

Effect of the biological protection system on the composition of soil microbiota and quality of potatoes in the central agro-climatic zone of Krasnodar Territory, Russia

Svetlana N. Nekoval' and Oksana A. Maskalenko

Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

Principal contact

Oksana A. Maskalenko, Researcher, Federal Research Centre of Biological Plant Protection; p/o 39, Krasnodar, Krasnodar Territory, 350039 Russia.

Tel. +79182211681

Email d.o.a.123@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7259-3584>

How to cite this article

Nekoval' S.N., Maskalenko O.A. Effect of the biological protection system on the composition of soil microbiota and quality of potatoes in the central agro-climatic zone of Krasnodar Territory, Russia.

South of Russia: ecology, development. 2023, vol. 18, no. 3, pp. 179-189. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-3-179-189

Received 27 May 2023

Revised 19 June 2023

Accepted 20 August 2023

Abstract

Aim. Assessment of the effect of biological products on soil suppression, biological efficacy, yield and biochemical parameters of potatoes in Krasnodar Territory.

Material and Methods. The experiment was carried out on potatoes of the Colomba variety. The biological preparations against potato diseases have been studied. The research was carried out according to generally accepted methods.

Results. During the study period, representatives of the genera *Alternaria*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* were identified in the complex of soil fungi. When using biological products, an increase in *Trichoderma* spp. and conditionally suppressive fungi *Penicillium* spp. and *Aspergillus* spp. compared with the control and the chemical protection option, by 4.0 and 29.0 times, 1.7 and 1.8 times and 1.4 and 4.5 times, respectively, was observed. The efficacy of the biological products against *Alternaria* and *Fusarium* wilt was 73.4–77.7 % in the first year of the research, and 70.0–76.3 % in the second year, which was higher than chemical protection by 3.3–3.8 % and 0.8–2.7 %, respectively. The yield of potato tubers was higher than the control and the chemical protection option by 49.3–10.1 %. The highest content of vitamin C was noted in the biological protection system option. The content of nitrates in all variants of the experiment was within the normal range. The content of starch was higher than the control and the chemical protection option by 1.1–0.2%, respectively.

Conclusions. The application of a biological protection system made it possible to reduce the development of *Alternaria* and *Fusarium* on potato plants, increase soil suppression, increase yield and improve biochemical indicators.

Key Words

Potato, biological protection system, chemicals, biological products, suppression, *Alternaria*, *Fusarium* wilt, pathogens, soil fungi, biochemical indicators.

ВВЕДЕНИЕ

Картофель входит в ежедневный пищевой рацион современного человека. Содержит большое количество крахмала, белка и является источником витамина С, макро- и микроэлементов. Общая площадь картофеля в мировом земледелии составляет 17,5 млн га. Краснодарский край входит в топ 20 регионов по выращиванию картофеля и является благоприятным регионом как для выращивания картофеля, так и для развития различных патогенных инфекций [1].

В последние годы основными болезнями, которые наносят большой ущерб этой культуре являются альтернариоз и фузариозное увядание.

Патогенные микроорганизмы заражают картофель на протяжении всего периода вегетации и во время хранения, в результате чего качество продовольственных и семенных клубней снижается. Зараженный семенной материал является источником инфекций картофеля в течение следующего вегетационного периода. Поэтому защита картофеля от фитопатогенных болезней является важной продовольственной и экономической задачей [1].

Для того, чтобы сохранить урожай от болезней и вредителей и получить высокую прибыль, сельхозтоваропроизводители применяют современные высокоинтенсивные технологии возделывания картофеля, химические пестициды и большие дозы минеральных удобрений [2]. К примеру, в России на картофеле проводят до 9–11 опрыскиваний против болезней и вредителей за сезон, а в некоторых европейских странах в 1,5–2 раза больше [3]. Такой подход приводит к сокращению биоразнообразия почвенных микроорганизмов, нарушению баланса «патоген – супрессор», возникновению резистентности у вредных объектов. В нашей стране проблеме устойчивости к фунгицидам уделяют большое внимание и для того, чтобы предупредить распространение устойчивости вредных микроорганизмов на растениях, разработана и утверждена соответствующая стратегия (Распоряжение Правительства РФ № 2045-р от 25 сентября 2017 года) [3]. Кроме того, использование химических препаратов является следствием накопления токсинов в клубнях картофеля и в почве, в общем, отрицательно воздействует на жизнедеятельность и здоровье человека [4].

Применение микробных биопрепаратов направлено на введение в состав почвенной микрофлоры полезных микроорганизмов, механизм действия которых различен, включая конкуренцию за питание, колонизацию ризосферы и поверхности листьев, а также синтез специальных антибиотических соединений и ферментов. К наиболее активным микроорганизмам-супрессорам относятся представители бактерий рр. *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Streptomyces*, грибов р. *Trichoderma* [5; 6].

Биологические препараты по своему составу могут совмещать свойства биоудобрений, биостимуляторов и биопестицидов. Их применение в рамках закона «О развитии производства органической продукции на территории Краснодарского края» могут служить альтернативой химическим средствам защиты, что позволяет снизить пестицидную нагрузку на природу, а также повысить урожайность картофеля и его качество с меньшими затратами [7].

В связи с вышеизложенным интерес вызывает изучение влияния биологической системы защиты картофеля от болезней, в условиях Краснодарского края.

Задачи исследований: изучить состав почвенных микромицетов до и после применения средств защиты картофеля от болезней (биологических и химических); оценить влияние систем биологической и химической защиты на динамику развития основных болезней; оценить влияние на биометрические показатели растений, структуру урожая, урожайность, биохимические показатели клубней картофеля (содержание витамина С, крахмала, нитратного азота).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в 2021–2022 гг. в Темрюкском районе Краснодарского края. Все характеристики почвы определяли по ГОСТам 26213-2021; 26107-84; 26205-91; 27821-88. Почва лугово-черноземная, количество гумуса в пахотном слое составляло 4,5 %, pH водной вытяжки – 6,9, содержание азота составляло 0,185 %, содержание подвижных соединений фосфора и калия достигало 13,0 и 18,5 мг на 100 г соответственно, сумма обменных оснований – 32,5 мг-экв./100 г почвы [8–11].

Изучение биологической эффективности химических и биологических препаратов проводили на картофеле сорта Коломба. Внесен в Государственный реестр для производства в России в 2013 году. Предназначен для культивирования в Центральном, Северо-Западном и Центрально-Черноземном регионе. Сорт устойчив к возбудителю рака картофеля, парше, золотистой картофельной нематодой, вирусу Y, среднеустойчив к фитофторозу [12].

Предшественником в первый год исследования являлась кукуруза, во второй год исследования – картофель. Посадку клубней картофеля осуществляли во второй декаде апреля, вручную. Схема посадки: 30,0 x 70,0 см, глубина посадки картофеля – 12,0 см.

Перед посадкой картофеля в 2021 и 2022 году были проведены следующие агротехнические мероприятия: лущение стерни; вспашка на глубину 20–22 см; выравнивание почвы дисками (один след); весенняя и предпосадочная культивации на глубину 8–10 см. В период вегетации картофеля проводили культивацию междурядий стрельчатыми лапами на глубину 8–10 см, ручную прополку. Уборку урожая осуществляли вручную.

Площадь одной опытной делянки составляла 25 м², количество повторений в опыте – четыре. Предпосевную обработку клубней, а также опрыскивание растений картофеля проводили при помощи ранцевого опрыскивателя Жук Классик ОГ-112 12 л.

Материалом исследования являлись биологические и химические препараты, картофель сорта Коломба.

Опыт включал в себя три варианта: применение биологических препаратов, химических препаратов и контроль (без обработки).

В варианте с применением биологической системы защиты заблаговременно в почву однократно вносили микробиологическое удобрение Геостим, Ж (*Trichoderma viride*, 6 г/дм³, *Azotomonas agilis*, 1×10⁹ КОЕ/см³, *Azotobacter chroococcum* DSM 281, 1×10⁹ КОЕ/см³) с нормой расхода 1 л/га. Обработку проросших клубней перед посадкой проводили комплексным микробиологическим удобрением с защитным действием БСКА-3, Ж (*Trichoderma viride* 256,

1,5 г/дм³; *Pseudomonas koreensis* Ap33, 2,5×10⁸ КОЕ/см³; *Bacillus subtilis* 17, 2,5×10⁸ КОЕ/см³; *Bradyrhizobium japonicum* 614a, 2,5×10⁸ КОЕ/см³) с нормой расхода 4,0 л/т. Против комплекса болезней в фазу всходов – бутонизации проводили двукратную обработку картофеля биофунгицидом БФТИМ КС-2, Ж (*Bacillus amyloliquefaciens* КС-2, 1×10⁹ КОЕ/мл) с нормой расхода 3 л/га.

В варианте с химической защитой перед высадкой картофеля проводили протравливание проросших клубней инсектофунгицидным протравителем Селест Топ, ВС (Дифеноконазол 25 г/л, Тиаметоксам 262,5 г/л, Флудиоксонил 25 г/л) с нормой расхода 0,4 л/т. Против болезней применяли двукратную обработку картофеля фунгицидом Абига Пик, КС (Меди хлорокись 400 г/л) с нормой расхода 3,0 л/га.

В 2021 году были проведены 2 учета по влиянию элементов системы защиты картофеля на состав почвенных микромицетов – перед высадкой клубней и после уборки урожая, оценку влияния систем защиты на развитие болезней картофеля, биометрические показатели проводили в период вегетации культуры, урожайность и биохимические показатели картофеля оценивали после уборки урожая. Аналогичные учеты были проведены в 2022 году.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2021–2022 гг. различались, но, в целом были удовлетворительными для развития растений картофеля.

В 2021 году средняя температура воздуха в период посадки клубней картофеля, всходов, цветения и бутонизации незначительно отличалась от среднесуточных данных, при этом сумма осадков в данные периоды развития картофеля превышала среднесуточные значения на 13–78 %. В 2022 году средняя температура воздуха в периоды развития картофеля также находилась на уровне среднесуточных значений, однако в период всходов количество осадков составляло половину от нормы, в период бутонизации – незначительно ниже нормальных значений, в период цветения – на 135 % выше среднесуточных данных.

Вегетационный период картофеля сорта Колумба составил 99–106 дней. За вегетационный период 2021–2022 гг. проводили почвенный микологический анализ до посадки картофеля и после уборки урожая по методике С.В. Еремеевой [13]. Идентификацию патогенных микроорганизмов на растениях картофеля осуществляли с помощью определителя болезней [14].

Учеты заболеваний, определение биологической эффективности и урожайности на растениях картофеля проводили в соответствии с методическими указаниями по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве [15].

Для определения влияния систем защиты на развитие растений картофеля проводили измерения биометрических показателей, таких как: высота растений, количество стеблей и листьев, площадь листовой поверхности (методом высечек) [16].

Урожайность определяли путем подсчета и взвешивания клубней картофеля. Содержание витамина С и крахмала в картофеле определяли в соответствии с действующими ГОСТами [17; 18]. Содержание нитратного азота в клубнях картофеля определяли нитратометром SOEKS.

Математическую обработку полученных данных выполняли с помощью программы Statistica 10.0 и по методическим рекомендациям Б.А. Доспехова [19].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важным фактором снижения патогенной инфекции в почве является ее супрессивность, которая зависит от общего количества обитающих в ней микроорганизмов.

Применение биопрепаратов является одним из важнейших факторов для повышения супрессивности почвы. Отдельный интерес вызывают ризосферные грибы и бактерии, вытесняющие из почвы аборигенных микроорганизмов. По литературным данным отмечено, что применение биопрепаратов на основе бактерий родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Streptomyces* и грибов рода *Trichoderma* препятствует проникновению патогенной инфекции в растения, защищая их от комплекса болезней в течение всего вегетационного периода [20; 21].

При изучении влияния систем биологической и химической защиты картофеля на состав почвенных микромицетов проводили микологический анализ почвы с опытных участков до обработок препаратами, входящими в системы защиты, после обработок и после сбора урожая.

По результатам почвенного анализа, проведенного в 2021 году, до применения исследуемых средств защиты в комплексе патогенных грибов выделены представители родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Cladosporium*. Количество колониеобразующих единиц (КОЕ) грибов рода *Alternaria* spp. варьировало в пределах 4,3 – 5,5 тыс. в 1 г абсолютно сухой почвы. Грибы рода *Fusarium* spp. составляли от 5,0 до 5,5 тыс./г абсолютно сухой почвы, *Verticillium* spp. от 2 до 3,6 тыс./г абсолютно сухой почвы, *Cladosporium* spp. – 1,1–2,6 тыс./г абсолютно сухой почвы. Количество колониеобразующих единиц грибов рода *Trichoderma* spp. было на низком уровне и составляло от 0,2 до 0,4 тыс./г абсолютно сухой почвы, количество условно-супрессивных грибов родов *Penicillium* и *Aspergillus* spp. варьировало от 1,8 до 4,1 и от 2,1 до 3,3 тыс./г абсолютно сухой почвы соответственно. Общее количество супрессивных и условно-супрессивных грибов было ниже патогенной группы в 2,1–2,9 раза.

После проведения обработок в варианте опыта с применением химической защиты количество КОЕ патогенных, супрессивных и условно-супрессивных грибов снизилось в 2,2–2 раза соответственно относительно контрольного варианта опыта. Необходимо отметить, что при применении химической системы защиты происходит снижение не только патогенной, но и супрессивной микробиоты, в отличие от биологических средств защиты, которые обладают избирательным действием на почвенные микроорганизмы. Применение биологической системы защиты оказало влияние на количественный состав почвенных микромицетов, по сравнению с контрольным вариантом опыта и вариантом с обработкой химическими препаратами. Так, по сравнению с контролем количество патогенных микроорганизмов снизилось следующим образом: *Alternaria* spp. в 4,1 раза, *Fusarium* spp. в 3,7 раз, *Verticillium* spp. – в 2,3 раза, *Cladosporium* – в 2 раза. По сравнению с вариантом с химической защитой количество *Alternaria* spp. снизилось в 1,9 раза, *Fusarium* spp. в 1,4 раза, *Verticillium* spp. – в 1,3 раза, *Cladosporium* – в 1,1 раз. Количество КОЕ *Penicillium* spp. увеличилось в 1,7 и 1,8 раз, *Aspergillus* – в 1,4 и 4,5 раз по сравнению с контролем и вариантом с химической защитой. В данном варианте опыта отмечено значительное увеличение грибов рода *Trichoderma* spp. по сравнению с контролем и вариантом с химической защитой – в 4,0 и 29,0 раз соответственно (рис. 1).

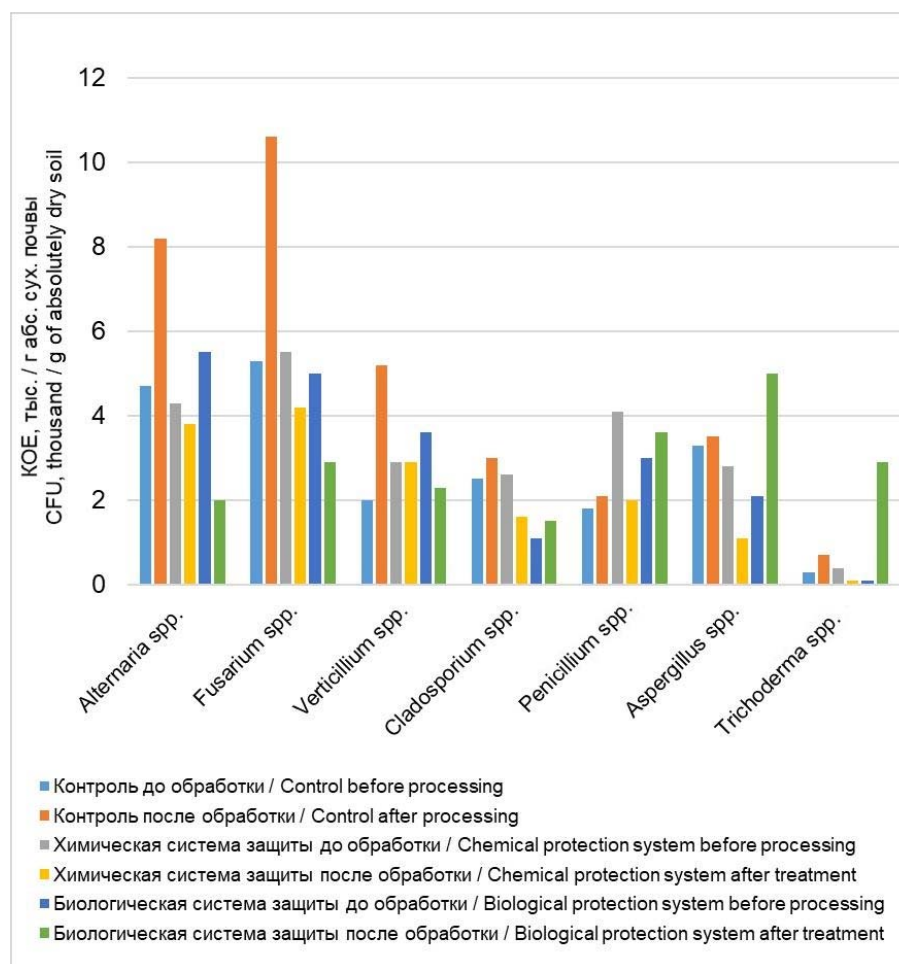


Рисунок 1. Состав почвенных микромицетов до и после применения химической и биологической систем защиты картофеля, 2021 г.

Figure 1. Composition of soil micromycetes before and after the application of potato chemical and biological protection systems, 2021

По результатам почвенного микологического анализа, проведенного в 2022 году до применения биологических и химических средств защиты картофеля, отмечено, что в контроле сохранялся неблагоприятный инфекционный фон, а количество патогенной микробиоты было значительно выше, чем в исследуемых вариантах. В варианте с применением химических препаратов произошло увеличение доли патогенных грибов до 73,5 %. В варианте с применением биологической системы защиты отмечено преобладание супрессивной (*Trichoderma* spp.) и условно-супрессивной (*Penicillium* spp., *Aspergillus* spp.) микробиоты.

Оценка почвенных образцов после применения систем защиты позволила выявить тенденцию уменьшения патогенной микробиоты при одновременном увеличении супрессивной, отмеченную в предыдущем году в варианте с применением биологических препаратов. Количество грибов р. *Alternaria* spp. уменьшилось в 5,4 раза по сравнению с контролем и в 3,4 раза по сравнению с вариантом с применением химических препаратов. Количество КОЕ *Fusarium* spp. снизилось в 4,6 раз по сравнению с контролем и в 3,3 раза относительно варианта с химической защитой. В варианте с биологической системой защиты количество КОЕ *Verticillium* spp. было в 4,2 раза ниже, чем в контроле, а в варианте с химической защитой данный гриб отсутствовал. Грибы р. *Cladosporium* в варианте с

биологической системой защиты не отмечены. Количество грибов р. *Penicillium* spp. в варианте с применением биологической системы защиты было практически на одном уровне с контролем, но ниже, чем в варианте с химической защитой. Количество КОЕ *Aspergillus* spp. было выше в 1,4 раза относительно контроля и в 1,3 раза ниже относительно варианта с применением химической защиты. Количество КОЕ *Trichoderma* spp. составило 6,5 тыс./г, что в 3,8 раз больше, чем в контрольном варианте. В варианте с химической защитой *Trichoderma* spp. не была выявлена (рис. 2).

В период вегетации на растениях картофеля во всех вариантах опыта зафиксировано развитие альтернариоза и фузариозного увядания.

В 2021 году развитие альтернариоза было менее интенсивным, чем в 2022 году, и в фазу цветения в контрольном варианте не превышало 17,7 %. В вариантах с биологической и химической системой защиты развитие альтернариоза на растениях картофеля составила 4,7–5,3 %. Биологическая эффективность в варианте с химической защитой достигала 70,1 %, что было ниже варианта с биологической системой защиты на 3,3 %. В 2022 году получены аналогичные результаты – биологическая эффективность варианта с элементами биологической защиты была выше варианта с химической на 0,4 % (рис. 3).

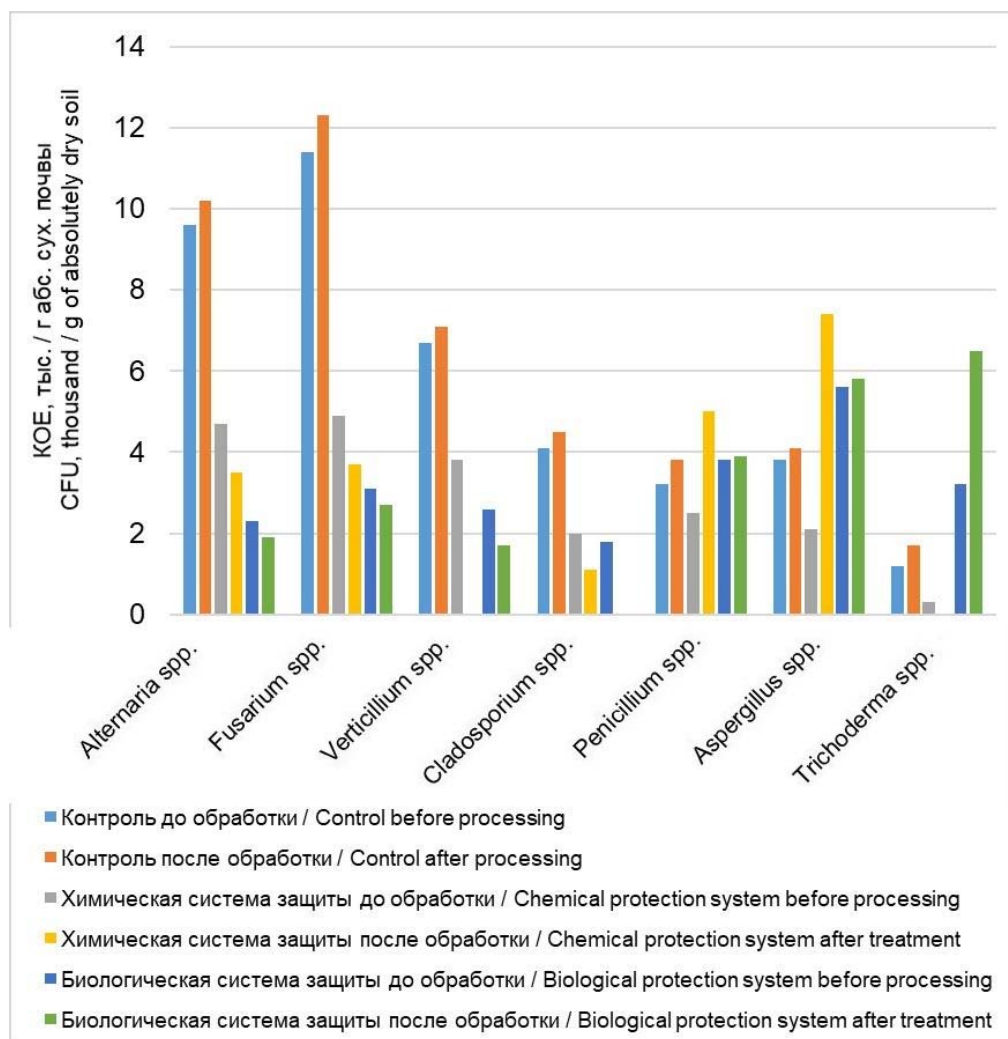


Рисунок 2. Состав почвенных микромицетов до и после применения химической и биологической систем защиты картофеля, 2022 г.

Figure 2. Composition of soil micromycetes before and after application of potato chemical and biological protection systems, 2022

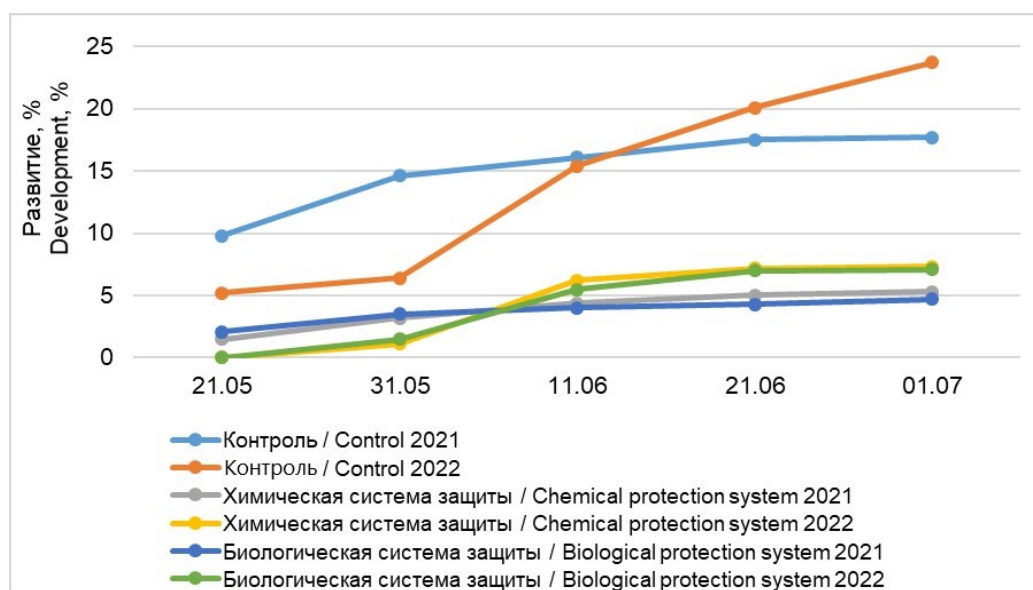


Рисунок 3. Влияние систем защиты картофеля на динамику развития альтернариоза на растениях, 2021–2022 гг.

Figure 3. Effect of potato protection systems on the dynamics of the *Alternaria* development on plants, 2021–2022

В 2021–2022 гг. развитие фузариозного увядания в контроле в период цветения составило 15,7–20,3 %, что превышало показатели вариантов с химической и биологической защитой в 3,8–4,5 и 3,8–4,2 раза

соответственно. Наилучший результат получен при применении биологической защиты – 77,7–76,3 %, что было выше варианта с химической защитой на 3,8–2,9 % соответственно году исследований (рис. 4).

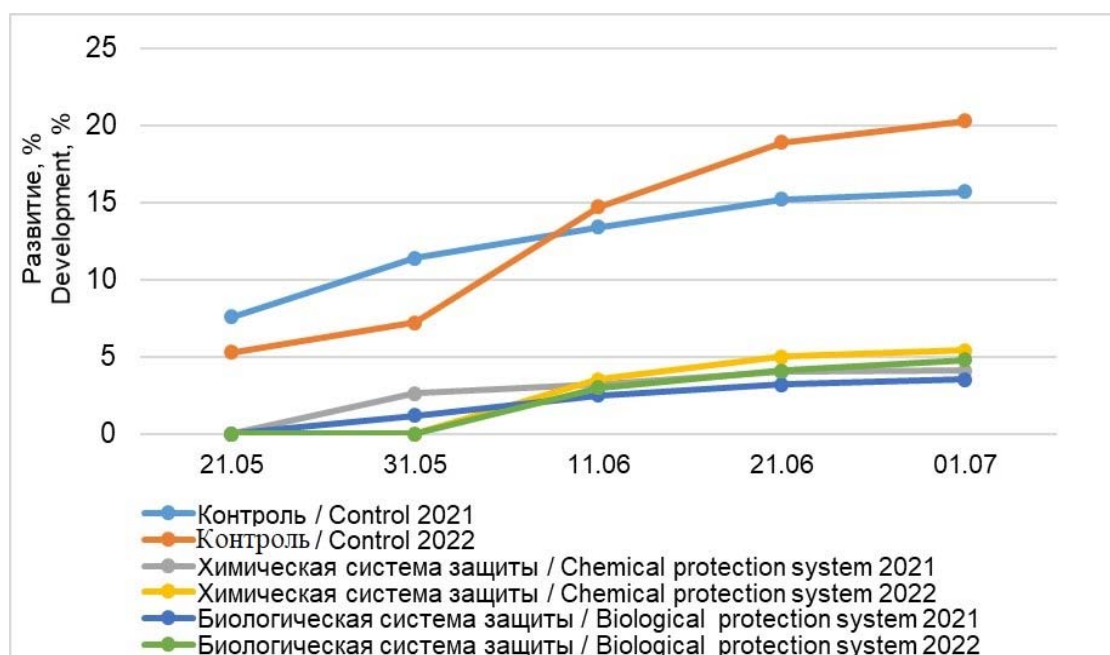


Рисунок 4. Влияние систем защиты картофеля на динамику развития фузариозного увядания на растениях, 2021–2022 гг.

Figure 4. Effect of potato protection systems on the dynamics of *Fusarium* wilt development on plants, 2021–2022

В период вегетации для определения влияния систем защиты на рост и развитие растений картофеля проведены измерения биометрических показателей.

Отмечены различия в интенсивности формирования вегетативных органов в зависимости от вариантов опыта (табл. 1).

Таблица 1. Влияние систем защиты на биометрические показатели растений картофеля, 2021–2022 гг.

Table 1. Impact of protection systems on biometric indicators of potato plants, 2021–2022

Вариант Variation	Высота 1 растения, см Height of 1 plant, cm	Количество стеблей с 1 куста, шт. Number of stems from 1 bush, pcs.	Количество листьев с 1 растения, шт. Number of leaves from 1 plant, pcs.	Площадь листовой поверхности с 1 растения, см ² Leaf surface area from 1 plant, cm ²
Контроль Control	49,4	4,1	58,4	0,79
Химическая система защиты Chemical protection system	53,7	4,5	67,2	0,9
Биологическая система защиты Biological protection system	56,2	5,1	74,0	0,98
НСП ₀₅ SSD ₀₅	1,65	0,34	2,51	0,06

Максимальная высота растений была отмечена в фазу цветения картофеля. В варианте опыта с применением биологической системы защиты в среднем за два года исследований выявлено более интенсивное формирование зеленой массы. Так, высота растений превышала показатели контроля и варианта с химическими обработками на 13,8 и 4,6 %. Количество стеблей было больше на 24,4 и 13,3 %.

Количество листьев и, соответственно, площадь листовой поверхности были выше в варианте с

биологической защитой. Количество листьев было выше на 26,7 и 10,1 % по сравнению с контролем и вариантом с химической защитой, а площадь листовой поверхности была выше на 24,0 и 8,9 % соответственно.

В варианте с применением биологических средств защиты масса одного товарного клубня была больше, чем в варианте с химической защитой – на 13,1 %, и больше контроля на 14,1 %. Наибольшее количество и масса не товарных клубней с одного куста отмечены в контрольном варианте. Максимальное количество

товарных клубней с одного куста отмечено при применении химической защиты, что было больше контроля на 37,9 %, и больше варианта с биологической системой на 7,6 %. Товарная и общая масса клубней с куста в варианте

с применением биологической защиты была выше контроля и химической системы защиты на 49,3 и 19,4 %; на 10,1 и 8,1 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние систем защиты на показатели урожайности картофеля, 2021–2022 гг.

Table 2. Impact of protection systems on potato yield indicators, 2021–2022

Вариант Variation	Масса 1 клубня, г Weight of 1 tuber, g		Количество клубней с куста, шт. Number of tubers per bush, pcs.			Масса клубней г/куста Weight of tubers g/bush		
	Товарная Commodity	Не товарная Not a commodity	Товарная Commodity	Не товарная Not a commodity	Общее Total	Товарная Commodity	Не товарная Not a commodity	Общая Total
Контроль Control	105,3	31,6	6,6	7,4	14,0	695,4	233,3	928,7
Химическая система защиты Chemical protection system	106,4	23,6	9,1	2,8	11,9	967,9	66,2	1034,1
Биологическая система защиты Biological protection system	120,2	31,0	8,6	2,3	10,9	1038,2	71,0	1109,2
НСП₀₅ SSD₀₅	5,8	3,2	0,4	0,2	0,4	28,5	7,8	31,4

Наибольшая урожайность отмечена при использовании биологических средств защиты: средний валовый сбор за 2 года исследований превышал значения контроля и варианта с химической защитой на 19,4 и 6,7 %, а сбор товарного урожая картофеля был выше значений

контроля на 49,3 %, и выше значений в варианте с химической защитой на 7,2 %. При этом в контрольном варианте потери товарных клубней составили 25,1 %, в варианте с химической защитой – 6,7 %, в варианте с биологической защитой – 6,3 % (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность клубней картофеля (т/га) в зависимости от систем защиты, 2021–2022 гг.

Table 3. Potato tuber yield (t/ha) depending on protection systems, 2021–2022

	Вариант Variation	Контроль Control	Химическая система защиты	Биологическая система защиты	НСП ₀₅ SSD ₀₅
			Chemical protection system	Biological protection system	
2021	валовый сбор gross collection	38,9	42,7	46,6	1,8
	% к контролю % to control	-	109,8	119,8	-
	товарная часть commodity part	29,4	40,2	43,9	1,5
	% к контролю % to control	-	136,7	149,3	-
2022	валовый сбор gross collection	35,4	40,3	42,1	0,8
	% к контролю % to control	-	113,8	118,9	-
	товарная часть commodity part	26,2	37,2	39,1	0,9
	% к контролю % to control	-	142,0	149,2	-
Средняя Average	валовый сбор gross collection	37,1	41,5	44,3	1,3
	% к контролю % to control	-	111,7	119,4	-
	товарная часть commodity part	27,8	38,7	41,5	1,2
	% к контролю % to control	-	139,2	149,3	-

От уровня защиты картофеля против возбудителей болезней в значительной мере зависят качественные характеристики клубней, в том числе биохимические.

Содержание витамина С является сортовым признаком, однако, по литературным данным отмечено,

что при повышении нитратов в клубнях картофеля количество аскорбиновой кислоты снижается. В свою очередь, содержание нитратов в клубнях картофеля зависит от внесения дозы азотных удобрений и средств защиты растений. В исследованиях Пашкова Д.А.,

отмечено, что наличие патогенных инфекций на растениях картофеля отрицательно влияют на содержание крахмала, чем больше процент развития болезней, тем ниже содержание крахмала в клубнях [22; 23].

Результаты наших исследований подтвердили закономерность, при которой содержание витамина С уменьшается с увеличением нитратов в клубнях картофеля. Так, в варианте с применением биологической системы защиты содержание витамина С было выше, чем в контроле и в варианте с химической защитой на 6,1 и 9,9 % соответственно. Содержание

нитратного азота колебалось в пределах допустимых значений (250 мг/кг). Наименьшее количество нитратного азота отмечено в варианте с биологической системой защиты, что было меньше контроля и варианта с химической защитой на 8,4 и 18,5 %.

При выращивании картофеля содержание крахмала в клубнях картофеля варьировало от 15,2 % в варианте с химической системой защиты, до 15,4 % в варианте с биологической системой защиты, в контрольном варианте содержание крахмала было ниже на 0,9 и 1,1 % соответственно (табл. 4).

Таблица 4. Влияние систем защиты на биохимические показатели картофеля, 2021–2022 гг.

Table 4. Impact of protection systems on the biochemical indicators of potatoes, 2021–2022

Вариант Variation	Содержание витамина С, мг/100 г сырого в-ва Vitamin C content, mg/100 g of raw substance	Содержание крахмала, % Starch content, %	Нитратный азот мг/кг Nitrate nitrogen mg/kg
Контроль Control	17,0	14,3	135,7
Химическая система защиты Chemical protection system	16,3	15,2	148,4
Биологическая система защиты Biological protection system	18,1	15,4	125,2
НСП₀₅ SSD₀₅	0,47	0,10	3,99

ВЫВОДЫ

Почвенный микологический анализ показал, что в первый год проведения исследований до применения биологических и химических систем защиты картофеля доля патогенной микробиоты составляла 72,9 %. После применения систем защиты в первый год в контрольном варианте наблюдалось повышение инфекционного фона до 81,1 %. В варианте с химической защитой наблюдалось снижение всех микромицетов, однако соотношение патогенов к супрессивной группе микромицетов оставалось высоким и составляло – 79,6 %. Использование препаратов на основе живых микроорганизмов в биологической системе защиты позволило сократить долю патогенов от общего числа микромицетов до 43,1 % и повысить количественный состав супрессивной микрофлоры на 45,2 % от количества супрессоров до обработки.

Во второй год исследований, перед применением систем защиты, в контрольном варианте доля патогенной микробиоты составляла – 79,5 %, что было на 1,6 % ниже, чем в прошлом году, в варианте с химической системой – отмечено снижение патогенов по отношению к прошлому году на 6,1 %. В варианте с применением биологической системы защиты доля патогенных микроорганизмов составляла 43,8 % от общего числа микромицетов.

После применения систем биологической и химической защиты количество патогенных микромицетов снизилось во всех вариантах опыта. В контрольном варианте количество патогенных микроорганизмов оставалось высоким и составляло 78,0 %. В вариантах с химической и биологической системами защиты доля патогенов снизилась до 40,1 и 28,0 % соответственно.

При применении системы биологической защиты отмечена менее интенсивная пораженность растений

альтернариозом и фузариозным увяданием, по сравнению с контролем и вариантом с химической защитой.

В варианте с применением биологической системы защиты выявлено более интенсивное формирование зеленой массы растений картофеля. Кроме того, в этом варианте была выявлена максимальная масса одного товарного клубня и общая масса товарных клубней с куста, не смотря на то, что количество клубней с куста было меньше, чем в варианте с применением химических средств защиты.

Наибольшая общая урожайность отмечена в варианте с применением биологической защиты (сбор товарного урожая клубней картофеля был выше значений контроля на 49,3 %, и выше значений в варианте с химической защитой на 10,1 %).

В варианте с применением биологической системы защиты содержание витамина С было выше, чем в контроле и в варианте с химической защитой на 6,1 и 9,9 % соответственно. Содержание нитратного азота колебалось в пределах допустимых значений (250 мг/кг). Наименьшее количество нитратного азота отмечено в варианте с биологической системой защиты, что было меньше контроля и варианта с химической защитой на 8,4 и 18,5 %. Содержание крахмала в клубнях картофеля варьировало от 15,2 % в варианте с химической системой защиты, до 15,4 % в варианте с биологической системой защиты, в контрольном варианте содержание крахмала было ниже на 0,9 и 1,1 % соответственно.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что изучаемые нами биологические препараты не уступают по защитным свойствам химическим, при этом благоприятно влияют на рост и развитие растений, не вызывают резистентность у вредных организмов, повышают супрессивность

почвенной микробиоты и не загрязняют окружающую среду.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2021-0001 «Разработка технологий интегрированной защиты сельскохозяйственных культур с учетом иммунологических характеристик сорта. Мониторинг и изучение вредных объектов, оценка биорациональных средств и разработка элементов технологий защиты».

ACKNOWLEDGMENT

The research was carried out in accordance with the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of research work on topic No. FGRN-2021-0001 "Development of technologies for integrated protection of crops, taking into account the immunological characteristics of the variety. Monitoring and study of harmful objects, assessment of biorational means and development of elements of protection technologies".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nekoval S.N., Zakharchenko A.V., Sadovaya A.E., Churikova A.K., Fedoryanskaya I.S., Maskalenko O.A. Biological efficacy of the microbiological fertilizer "Ecorik" on potato crops under the conditions of the central agroclimatic zone of Krasnodar Krai, Russia // *Research on Crops*. 2021. Т. 22. N. 4. С. 881–887. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.144>
2. Бутов А.В., Мандрова А.А. Экологическое качество картофеля при биологизации высокоинтенсивной технологии его возделывания и поливе // *Техника и технология пищевых производств*. 2018. Т. 48. N 2. С. 170–177. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-170-177>
3. Щербакова Л.А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54. N 5. С. 875–891. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.875rus>
4. Нековаль С.Н., Захарченко А.В., Чурикова А.К., Маскаленко О.А., Надыкта В.Д. Применение микробиологических препаратов при возделывании арбуза // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. N 3. С. 26–32. https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_3_26
5. Salwan R., Sharma V., Saini R., Pandey M. Identification of plant beneficial *Bacillus* spp. for Resilient agricultural ecosystem // *Current Research in Microbial Sciences*. 2021. Т. 2. С. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100046>
6. De los Santos–Villalobos S., Parra–Cota F.I. Current trends in plant growth-promoting microorganisms research for sustainable food security // *Current Research in Microbial Sciences*. 2022. Т. 2. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2020.100016>
7. Союз органического земледелия. URL: <https://soz.bio/baza-znaniy/zakony/> (дата обращения: 15.06.2023)
8. ГОСТ 26213–2021. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 11 с.
9. ГОСТ 26107–84. Почвы. Методы определения общего азота. М.: Издательство стандартов, 1984. 7 с.
10. ГОСТ 26205–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. М.: Госстандарт СССР, 1992. 10 с.

11. ГОСТ 27821–88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. М.: Издательство стандартов, 1988. 7 с.
12. Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ»). URL: <https://gossortrf.ru/wpcontent/uploads/2022/06/Реестр%20на%20допуск%202022.pdf> (дата обращения: 19.05.2023)
13. Лужнова С.А., Еремеева С.В., Папаяни О.И., Юртаева Е.А., Утяганова Е.В., Исаева Е.И. Чувствительность плесневых грибов *Alternaria* spp. к новым производным 1,3-диазинона-4 и их ациклическим предшественникам // *Астраханский медицинский журнал*. 2022. Т. 17. N 1. С. 35–44. <https://doi.org/10.48612/agmu/2022.17.1.35.44>
14. Зейрук В.Н., Жевора С.В., Васильева С.В., Белов Г.Л., Долженко В.И., Кузнецова М.А., Анисимов Б.В., Еланский С.Н. Атлас болезней, вредителей, сорняков картофеля и мероприятий по борьбе с ними. Москва: Наука, 2020. 322 с.
15. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации РАСХН Государственное научное учреждение ВИЗР. Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2009. 379 с.
16. Дмитриев Н.Н., Хуснидинов Ш.К. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии // *Вестник КрасГАУ*. 2016. N 7(118). С. 88–93.
17. ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М.: Издательство стандартов, 2003. 11 с.
18. ГОСТ 7698–93 (ИСО 1666–73, ИСО 3188–78, ИСО 3593–81, ИСО 3946–82, ИСО 3947–77, ИСО 5378–78, ИСО 5379–83, ИСО 5809–82, ИСО 5810–82). Крахмал. Правила приемки и методы анализа (с Поправкой). М.: Издательство стандартов, 2001. 43 с.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
20. Домрачева Л.И., Скугорева С.Г., Стариков П.А., Горностаева Е.А., Ашихмина Т.Я. Микробы–антагонисты против фитопатогенных бактерий и грибов (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. N 2. С. 6–14. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-006-014>
21. Чурикова А.К., Нековаль С.Н. Биологические агенты и их метаболиты в борьбе с *Meloidogyne* spp. при выращивании овощных культур (обзор) // *Юг России: экология, развитие*. 2022. Т. 17. N 3(64). С. 175–186. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-3-175-186>
22. Бутов А.В., Мандрова А.А. Биохимические показатели и нитраты в период хранения картофеля при современных приемах возделывания // *Техника и технология пищевых производств*. 2019. Т. 49. N 1. С. 127–134. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-127-134>
23. Пашков Д.А. Влияние инфекции на некоторые биохимические показатели картофеля при хранении // *Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет"*. 2018. Т. 1. N 10. С. 75–78.

REFERENCES

1. Nekoval S.N., Zakharchenko A.V., Sadovaya A.E., Churikova A.K., Fedoryanskaya I.S., Maskalenko O.A. Biological efficacy of the microbiological fertilizer "Ecorik" on potato crops under the conditions of the central agroclimatic zone of Krasnodar Krai, Russia. *Research on Crops*, 2021, vol. 22, no. 4, pp. 881–887. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.144>
2. Butov A.V., Mandrova A.A. Ecological quality of potatoes during biologization of high-intensity technology of its cultivation and watering. *Technique and technology of food*

- production, 2018, vol. 48. no. 2, pp. 170–177. (In Russian)
<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-170-177>
3. Shcherbakova L.A. Development of resistance to fungicides in phytopathogenic fungi and their chemosensibilization as a way to increase the protective effectiveness of triazoles and strobilurines. *Agricultural biology*, 2019, vol. 54, no. 5, pp. 875–891. (In Russian)
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.875rus>
4. Nekoval' S.N., Zaharchenko A.V., Churikova A.K., Maskalenko O.A., Nadykta V.D. The use of microbiological preparations in the cultivation of watermelon. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, 2022, vol. 36, no. 3, pp. 26–32. (In Russian)
https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_3_26
5. Salwan R., Sharma V., Saini R., Pandey M. Identification of plant beneficial *Bacillus* spp. for Resilient agricultural ecosystem. *Current Research in Microbial Sciences*, 2021, vol. 2, pp. 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100046>
6. De los Santos-Villalobos S., Parra-Cota F.I. Current trends in plant growth-promoting microorganisms research for sustainable food security. *Current Research in Microbial Sciences*, 2022, vol. 2. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2020.100016>
7. Soyuz organicheskogo zemledeliya [Organic Farming Union] Available at: <https://soz.bio/baza-znaniy/zakony/> (accessed 15.06.2023)
8. GOST 26213–2021. Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva [GOST 26213–2021. Soils. Methods of determination of organic matter]. Moscow, Russian Institute of Standardization, 2022, 11 p. (In Russian)
9. GOST 26107–84. Pochvy. Metody opredeleniya obshchego azota [GOST 11.26107–84. Soils. Methods for determining total nitrogen]. Moscow, Standards Publ., 1984, 7 p. (In Russian)
10. GOST 26205–91. Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenii fosfora i kaliya po metodu Machigina v modifikatsii Ts/NAO [GOST 12.26205–91. Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by the Machigin method in the modification of C/NAO]. Moscow, Gosstandart of the USSR Publ., 1992, 10 p. (In Russian)
11. GOST 27821–88. Pochvy. Opredelenie summy pogloshchennykh osnovanii po metodu Kappena [GOST 13.27821–88. Soils. Determination of the amount of absorbed bases by the Kappen method]. Moscow, Standards Publ., 1988, 7 p. (In Russian)
12. Gosudarstvennaya komissiya Rossiiskoi Federatsii po ispytaniyu i okhrane selektsionnykh dostizhenii (FGBU «GOSSORTKOMISSIYA») [The State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements (FSBI "GOSSORTKOMMISSION")]. Available at: <https://gossortrf.ru/wpcontent/uploads/2022/06/Реестр%20на%20допуск%202022.pdf> (accessed 19.05.2023)
13. Luzhnova S.A., Ereemeeva S.V., Papajani O.I., Jurtaeva E.A., Utjaganova E.V., Isaeva E.I. Sensitivity of mold fungi *Alternaria* spp. to new derivatives of 1,3-diazinone-4 and their acyclic precursors. *Astrakhan medical journal*, 2022, vol. 17, no. 1, pp.

- 35–44. (In Russian)
<https://doi.org/10.48612/agmu/2022.17.1.35.44>
14. Zejruk V.N., Zhevor S.V., Vasil'eva S.V., Belov G.L., Dolzhenko V.I., Kuznecova M.A., Anisimov B.V., Elanskij S.N. *Atlas boleznei, vreditelei, sornyakov kartofelya i meropriyatiya po bor'be s nimi* [Atlas of diseases, pests, potato weeds and measures to combat them]. Moscow, Nauka Publ., 2020, 322 p. (In Russian)
15. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaistve [Methodological guidelines for registration tests of fungicides in agriculture]. Ministry of Agriculture of the Russian Federation RAAS State Scientific Institution VIZR. Saint Petersburg: All-Russian Research Institute of Plant Protection RAAS, 2009, 379 p. (In Russian)
16. Dmitriev N.N., Husnidinov Sh.K. Methodology of accelerated determination of the area of the leaf surface of agricultural crops using computer technology. *Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasSAU]*. 2016, no. 7 (118), pp. 88–93. (In Russian)
17. GOST 24556–89. Produkty pererabotki plodov i ovoshchei. Metody opredeleniya vitamina S [GOST 24556–89. Fruit and vegetable processing products. Methods for determining vitamin C]. Moscow, Standards Publ., 2003, 11 p. (In Russian)
18. GOST 7698–93 (ISO 1666–73, ISO 3188–78, ISO 3593–81, ISO 3946–82, ISO 3947–77, ISO 5378–78, ISO 5379–83, ISO 5809–82, ISO 5810–82). *Krakhmal. Pravila priemki i metody analiza (s Popravkoi)* [GOST 7698–93 (ISO 1666–73, ISO 3188–78, ISO 3593–81, ISO 3946–82, ISO 3947–77, ISO 5378–78, ISO 5379–83, ISO 5809–82, ISO 5810–82). Starch. Acceptance rules and methods of analysis (as amended)]. Moscow, Standards Publ., 2001. 43 p. (In Russian)
19. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 351 p. (In Russian)
20. Domracheva L.I., Skugoreva S.G., Starikov P.A., Gornostaeva E.A., Ashihmina T.Ja. Microbes–antagonists against phytopathogenic bacteria and fungi (review). *Theoretical and applied ecology*, 2022, no. 2, pp. 6–14. (In Russian)
<https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-2-006-014>
21. Churikova A.K., Nekoval' S.N. Biological agents and their metabolites in the fight against *Meloidogyne* spp. when growing vegetable crops (review). *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 3(64), pp. 175–186. (In Russian)
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-3-175-186>
22. Butov A.V., Mandrova A.A. Biochemical parameters and nitrates during potato storage with modern cultivation techniques. *Equipment and technology of food production*, 2019, vol. 49, no. 1, pp. 127–134. (In Russian)
<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-127-134>
23. Pashkov D.A. The effect of infection on some biochemical parameters of potatoes during storage. *Vestnik studencheskogo nauchnogo obshchestva GOU VPO "Donetskii natsional'nyi universitet"* [Bulletin of the Student Scientific Society of the Donetsk National University]. 2018, vol. 1, no. 10, pp. 75–78. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Оксана А. Маскаленко, Светлана Н. Нековаль в равной степени выполняли все работы в ходе исследования. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Oksana A. Maskalenko and Svetlana N. Nekoval' equally contributed to all the work during the study. Both authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Светлана Н. Нековаль / Svetlana N. Nekoval' <https://orcid.org/0000-0003-4217-3156>

Оксана А. Маскаленко / Oksana A. Maskalenko <https://orcid.org/0000-0002-7259-3584>