УДК 635.21:631.524(571.13) DOI: 10.25680/S19948603.2025.145.11

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ АССОЦИАТИВНЫХ ДИАЗОТРОФОВ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РИЗОСФЕРЫ КАРТОФЕЛЯ

Е.В. Кубасова, к.с.-х.н., Н.Н. Шулико, к.с.-х.н., А.И. Черемисин, к.с.-х.н.,
ФГБНУ «Омский АНЦ»
644012, Россия, г. Омск, пр-т Королева, 26, kubasova@anc55.ru

Исследования выполнены в 2022-2024 г. на полях ФГБНУ «Омский АНЦ». Цель – оценить влияние биопрепаратов на основе ассоциативных диазотрофов на численность микроорганизмов и энзиматическую активность ризосферы картофеля. Установлено, что применение биопрепарата Штамм МФ-1 оказывало положительное влияние на количество агрономически важных групп прикорневых микроорганизмов при выращивании картофеля сорта Былина Сибири. На численность тестируемых групп биоты ризосферы сорта Алена достоверного воздействия бактеризации клубней не выявлено. В результате определения ферментативной активность почвы установлено, что обработка клубней штаммами биопрепаратов перед посевом положительно отразилась на активности каталазы, в ризосфере сорта Алёна отмечена лишь тенденция к росту в варианте Штамм ПГ-5 (4% относительно контроля). На сорте Былина Сибири максимальных значений показатель достигал в варианте Штамм 17-1 (на 7% выше контрольного варианта). На активность фермента уреаза в фазе цветения установлено несущественное положительное воздействие приема бактеризации клубней картофеля биопрепаратом Штамм ПГ-5 на обоих сортах, увеличение составило 6% на сорте Алена и 4 % на сорте Былина Сибири относительно контроля (в пределах ошибки опыта). Инвертазная активность в ризосфере сорта Алена увеличивалась от применяемых препаратов от 2 до 8%. В ризосфере сорта Былина Сибири отмечен рост активности фермента инвертаза лишь при применении биопрепарата Штамм 17-1 (5% к контролю). Корреляционный анализ зависимости урожайности клубней картофеля от численности микроорганизмов показал, что имеется связь средней тесноты между урожайностью и численностью сапротрофных, олигонитрофильных и фосфатмобилизующих микроорганизмов (r=0,63; r=0,57; r=0,56).

Ключевые слова: ризосфера, микроорганизмы, ферментативная активность, урожайность, картофель.

Для цитирования: *Кубасова Е.В., Шулико Н.Н., Черемисин А.И.* Влияние биопрепаратов на основе ассоциативных диазотрофов на биологические свойства ризосферы картофеля// Плодородие. – 2025. – №4. – С. 44-48.
DOI: 10.25680/S19948603.2025.145.11.

Исследования по изучению воздействия микроорганизмов на процесс формирования почвенного плодородия не теряет свою актуальность в современном сельскохозяйственном производстве, направленном на сохранение экологического баланса. Добавление экзогенных азотфиксирующих бактерий в сельскохозяйственное производство представляет собой экологичный и эффективный способ сохранения азота в почве. Однако большой проблемой является их низкая выживаемость, что связано с адаптацией к окружающей среде и конкуренцией с местными микроорганизмами [13].

Установлено, что предпосевная бактеризация семенного материала оказывает положительное воздействие на биологическую активность почвы, повышает акклиматизацию растений, снижает воздействие антропогенных факторов [5].

Обширные работы по изучению ризосферы в большинстве случаев дают характеристику составу изучаемой микрофлоры, но мало касаются процессов, приводящих к формированию определённых систем микроорганизмов. Детальный анализ активности почвенных ферментов, как катализаторов всех почвенных биохимических процессов, может в этом вопросе расширить сложившиеся представления. Почвенные ферменты играют важную роль в биогеохимическом цикле углерода (C), азота (N) и фосфора (P) в почве и могут использоваться в качестве ранних индикаторов дисбаланса питательных веществ [12].

Одним из мощных факторов, изменяющих ферментативную активность пахотных почв, остаются удобрения, но их влияние неоднозначно. Они могут способствовать как увеличению, так и ингибированию ферментативной активности [2, 4, 6]. Многие авторы в своих исследованиях фиксируют стимулирующее воздействие бактериальных препаратов на биологическую активность почвы, в том числе при различных способах применения – внесение в почву, обработка посевного материала и вегетирующих растений [1, 8, 9].

Цель исследований – оценить влияние биопрепаратов на основе ассоциативных диазотрофов на численность микроорганизмов и энзиматическую активность ризосферы картофеля.

Методика. Для обработки клубней картофеля использовали биопрепараты ассоциативных диазотрофов производства ВНИИСХМ (г. Пушкин) – штаммы: 204 (*Agrobacterium radiobacter*), ПГ-5 *(Micrococcus sp.)*, МФ-1 (*Bacillus subtilis*), 17-1 (*Pseudomonas fluorescens*). Отбор ризосферы картофеля проводили троекратно в течение вегетации в фазы: смыкание рядков (июнь), цветение (июль), созревание клубней (август).

В опыте изучали ризосферу сортов картофеля селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» Алёна и Былина Сибири.

Сорт Алёна – включен в Госреестр в том числе по Западно-Сибирскому региону. Раннеспелый, товарная урожайность 17,2–29,2 т/га. Товарность 81–97%, на уровне стандарта. Ценность сорта: стабильная

урожайность, дружная отдача ранней продукции, устойчивость к засухе, пригодность к механизированной технологии возделывания.

Сорт Былина Сибири – включён в Госреестр по Восточно-Сибирскому региону. Среднеспелый, товарная урожайность –20,7–31,0 т/га. Максимальная урожайность – 35,8 т/га. Товарность – 82-93%. Лёжкость – 95%.

Почва – лугово-черноземная среднемощная тяжелосуглинистая, реакция среды – нейтральная, содержание гумуса – 6,5% (по И.В. Тюрину), обеспеченность подвижным фосфором – средняя (100-130 мг/кг), подвижным калием – высокая – 300-350 мг/кг (по Ф.В. Чирикову).

Численность микроорганизмов в ризосфере картофеля сортов Алёна и Былина Сибири определяли на твердых питательных средах: МПА (мясо-пептонный агар) для бактерий, утилизирующих органические соединения азота, (сапротрофные); КАА (крахмало-аммиачный агар) для микроорганизмов, потребляющих азот в минеральной форме (амилолитические), среда Мишустиной – для олигонитрофилов; среда Муромцева-Герретсена – для фосфатмобилизующих бактерий, целлюлозоразлагающие микроорганизмы учитывали на среде Гетчинсона, микрогрибы – на среде Чапека с добавлением молочной кислоты [8].

Анализ ферментативной активности почвы проводили в воздушно-сухих образцах: инвертазы – по Купревичу, уреазы – по Гофману, каталазы – газометрически [10].

Метеорологические условия периодов исследований характеризовались контрастностью. Вегетационные периоды 2022 и 2023 г. были недостаточно увлажнёнными, ГТК за май, август 0,98 и 0,80 соответственно, 2024 г. отличался повышенной увлажнённостью, ГТК=1,70.

Результаты и их обсуждение. В ризосфере картофеля численность сапротрофной микрофлоры увеличивалась до 35% у сорта Алена, амилолитической – до 27% у сорта Былина Сибири по отношению к контролю (табл. 1). При этом доля влияния фактора применения бактериальных удобрений составляла по сортам 51 и 30% соответственно.

При изучении численности эколого-трофических групп микроорганизмов ризосферы картофеля с применением инокуляции посадочного материала отмечено следующее: у сорта Алена во всех вариантах опыта установлена положительная корреляция средней степени между урожайностью и численностью сапротрофных, амилолитических, олигонитрофильных и фосфатмобилизующих микроорганизмов, что объясняется участием микробов в питании растений.

У сорта Былина Сибири также наблюдали положительную корреляцию средней степени между урожайностью и численностью амилолитических, олигонитрофильных и фосфатмобилизующих групп. Сопряженности с другими изучаемыми группами выявить не удалось.

В целом, на численность тестируемых групп ризосферы сорта Алена достоверного воздействия бактеризации клубней не установлено. В ризосфере сорта Былина Сибири наибольшее положительное влияние от инокуляции семян наблюдалось при использовании Штамма МФ-1.

Корреляционный анализ зависимости урожайности клубней картофеля от численности микроорганизмов показал, что имеется заметная связь (согласно шкале Чеддока) между урожайностью и численностью сапротрофных микроорганизмов, олигонитрофильных и фосфатмобилизующих бактерий (r=0,63; r=0,57; r=0,56).

1. Численность микроорганизмов в ризосфере картофеля при применении инокуляции клубней (в среднем за 2022-2024 г.) (n=9)

Вариант	Сапротрофные бактерии, млн КОЕ/г	Амилолитические бактерии, млн КОЕ/г	Олигонитрофилы, млн КОЕ/г	Фосфоромобилизующие, млн КОЕ/г	Целлюлозоразрушающие, тыс. КОЕ/г	Микрогрибы, тыс. КОЕ/г	Урожайность, т/га
Сорт Алёна							
Контроль	20,8	18,5	82,6	83,0	43,6	60,0	21,03
Штамм 204	25,7	15,7	60,9	60,5	33,1	83,8	22,07
Штамм ПГ-5	28,0	14,1	70,5	81,2	21,8	116,8	22,57
Штамм 17-1	20,7	15,0	51,6	46,1	24,4	92,8	20,37
Штамм МФ-1	23,7	19,9	74,3	68,0	22,7	91,6	23,20
Коэффициент корреляции, r	0,63	0,30	0,57	0,56	0,09	0,03	
Сорт Былина Сибири							
Контроль	24,8	14,4	67,0	72,5	25,5	87,6	24,60
Штамм 204	21,7	16,0	59,5	52,9	22,9	96,3	26,63
Штамм ПГ-5	25,1	18,3	62,5	51,5	21,8	103,1	28,03
Штамм 17-1	24,4	16,6	89,3	96,6	22,8	101,9	23,73
Штамм МФ-1	21,6	16,1	64,1	72,5	23,7	92,6	28,43
Коэффициент корреляции, r	0,24	0,52	0,31	0,32	0,01	-0,07	
$НСР_{05}$	6,62	5,87	31,65	35,58	31,85	28,35	

Биологическая активность почвы характеризуется не только численностью микроорганизмов, но и энзиматической активностью.

Для почвенных ферментов характерны высокая активность, строгая специфичность действия и определённая зависимость от условий окружающей среды: температура, pH, влажность и др., что относится и к применению биопрепаратов [11]. Имеются данные по влиянию используемых биопрепаратов на активность ферментов в ризосфере картофеля: каталазы, уреазы, инвертазы. Ферменты были выбраны, так как именно их активность непосредственно связана с окислительно-восстановительными процессами в почве, а также с превращениями углерода и азота, что в итоге влияет на продуктивность культур [1].

Каталаза – один из важнейших ферментов, участвующих в процессе гумусонакопления. Обработка клубней штаммами биопрепаратов перед посевом положительно отразилась на активности каталазы, в ризосфере сорта Алёна отмечена тенденция к её росту в варианте Штамм ПГ-5 – на 4% относительно контроля. На сорте Былина Сибири максимальные значения получены в варианте

Штамм 17-1 (1,922), что на 7% выше контрольного варианта (рис. 1). Повышение ферментативной активности каталазы положительно воздействовало на продуктивность культуры.

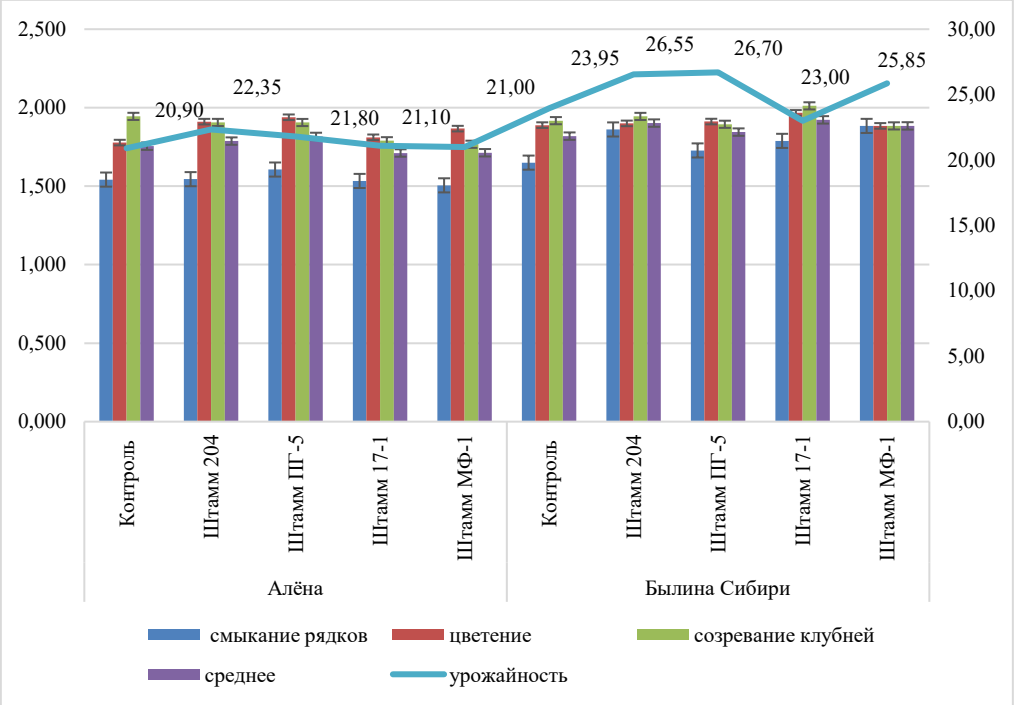


Рис. 1. Активность фермента каталазы при применении бактериальных удобрений, O_2 $см^3$/мин/г (n = 6)

Существенного влияния на активность фермента уреазы, участвующей в регуляции азотного обмена в почве, не обнаружено. Биологические показатели крайне вариабельны и существенно изменяются в течение вегетационного периода с учетом поступления в почву энергетического материала, количества и качества питательных веществ, температуры, водно-воздушного режима, растительного покрова и др. В наших исследованиях в фазе цветения наблюдали наибольшую уреазную активность ризосферы картофеля относительно фазы смыкания рядков и созревания клубней. В этот же период установлено положительное воздействие бактеризации клубней картофеля биопрепаратом Штамм ПГ-5 на обоих сортах, увеличение составило 6% на сорте Алена и 4 % на сорте Былина Сибири относительно контроля (рис. 2).

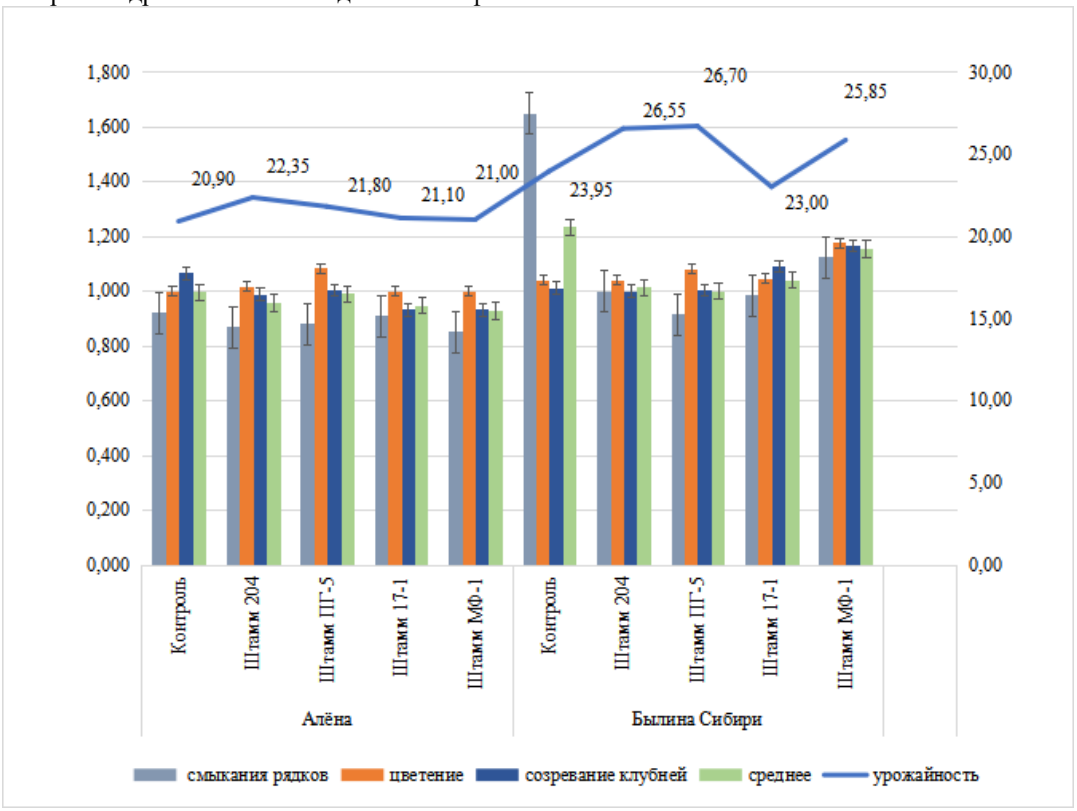


Рис. 2. Активность фермента уреазы при применении бактериальных удобрений (мг NH_3 /г почвы) (n=6)

Содержание фермента инвертазы изменялось с учетом фазы развития культуры. Наибольшей инвертазной активностью ризосфера картофеля характеризовалась в фазы цветение и созревание клубней. Ввиду того, что фермент инвертаза катализирует разложение углеводов в почве, его активация связана с увеличением количества корневых экссудатов, что наблюдается в течение вегетационного периода в связи с ростом и развитием культуры и непосредственно с увеличением урожайности картофеля при внесении бактериальных препаратов. Культура выделяет до 30% продуктов фотосинтеза в прикорневую (ризосферную) почву, которые используют бактерии и становятся доступны для картофеля. В фазе цветения картофеля выявлено положительное воздействие бактеризации. В ризосфере сорта Алена все применяемые препараты приводили к увеличению показателя от 2 до 8%. В ризосфере сорта Былина Сибири отмечен рост ферментативной активности лишь при применении биопрепарата Штамм 17-1 (5% относительно контроля) (рис. 3).

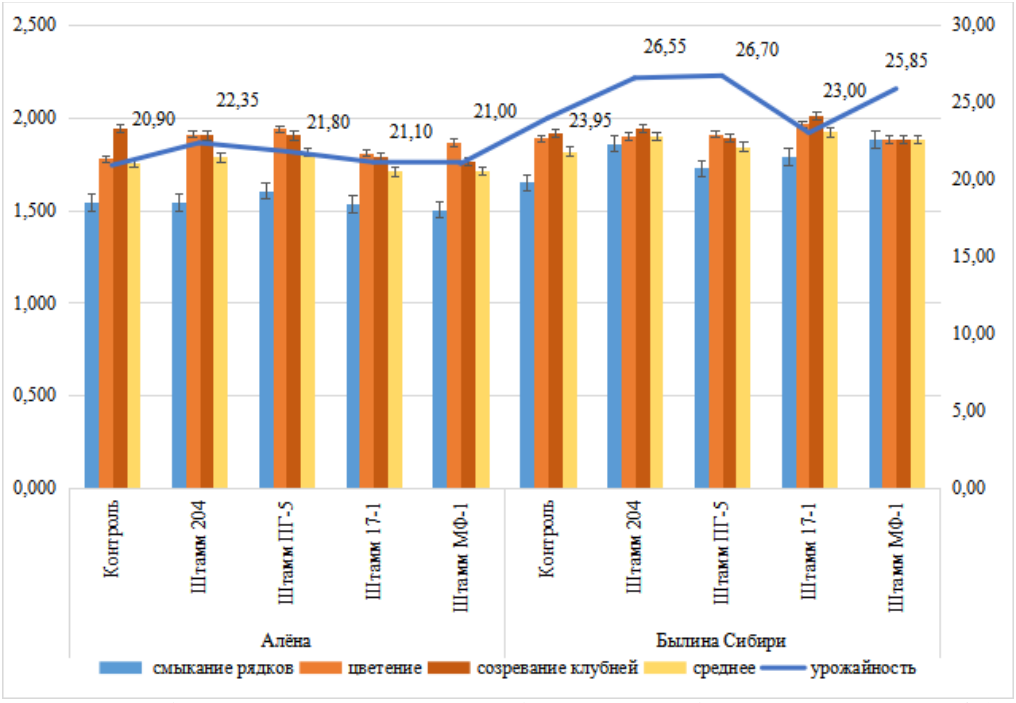


Рис. 3. Активность фермента инвертазы при применении бактериальных удобрений, мг инвертного сахара/г (n=6)

Обнаружена корреляционная зависимость средней тесноты между содержанием фермента инвертазы и сапротрофными бактериями (r =0,66). Сопряженность активности инвертазы с почвенными микроорганизмами и их метаболической активностью свидетельствует о преимуществе инвертазы микробного происхождения.

Согласно шкале [3] для оценки степени обогащенности почв ферментами, изучаемая лугово-черноземная почва (ризосфера) по активности каталазы, уреазы и инвертазы относится к очень бедным почвам.

Заключение. В результате проведения исследований установлено, что применение биопрепарата Штамм МФ-1 оказало положительное влияние на количество агрономически важных групп прикорневых микроорганизмов сорта Былина Сибири. Достоверного воздействия на численность тестируемых групп биоты ризосферы сорта Алена приема бактеризации клубней не выявлено. Предпосадочная обработка семенного материала биопрепаратами способствовала повышению ферментативной активности каталазы от 4 до 7%. Максимальная активность гидролитических ферментов (уреаза и инвертаза) наблюдалась в фазе цветения картофеля. Выявлена корреляционная зависимость средней тесноты между содержанием фермента инвертазы и сапротрофными бактериями (r =0,66). Определено, что связь средней тесноты имеется между урожайностью клубней картофеля и численностью сапротрофных микроорганизмов, олигонитрофильных и фосфатмобилизующих бактерий (r=0,63; r=0,57; r=0,56).

Литература

1. *Биологические* и агрохимические свойства лугово-черноземной почвы Омского Прииртышья в связи с продуктивностью кормовых культур при применении минеральных удобрений / Н. Н. Шулико, А. Ю. Тимохин, О. Ф. Хамова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2024. – Т. 59. – № 1. – С. 156-173. – DOI 10.15389/agrobiology.2024.1.156rus.

2. *Дёмина О. Н., Еремин Д. И.* Ферментативная активность агрочернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья под действием минеральных удобрений //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 5 (187). – С. 11-19.

3. *Звягинцев, Д.Г.* Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М.: МГУ, 2005. – 445 с.

4. *Марковский А. А.* Минимализация обработки почвы в лесостепи Заволжья и ее влияние на ферментативную активность чернозема типичного / А. А. Марковский, Г. К. Марковская, Ю. В. Степанова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1(25). – С. 16-18.

5. *Использование* ассоциативных ризобактерий для оптимизации фитосанитарного состояния посевов зерновых культур / Л. Е. Колесников, А. А. Белимов, Б. А. Хасан [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023. – № 1. – С. 40-47. – DOI 10.31857/S2500262723010088.

6. *Демина О. Н.* Влияние минеральных удобрений на изменение численности педотрофной микрофлоры пахотного чернозёма выщелоченного / О. Н. Демина, Д. И. Еремин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 13. – № 4(67). – С. 198-205. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2020.4.198.

7. *Фомин Д. С., Васбиева М. Т., Завьялова Н. Е.* Влияние видов землепользования на ферментативную активность дерново-подзолистой почвы // Плодородие. – 2020. – №5. – С. 25-28.

8. *Теппер Е.З., Шильникова В.К.* Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов / Под ред. В.К. Шильниковой. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

9. *Фомичева Н. В., Рабинович Г. Ю., Смирнова Ю. Д.* Влияние некорневых обработок вегетирующих растений на микрофлору почвы. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 6. – С. 19-23.

10. *Хазиев Ф.Х.* Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
11. *Хазиев, Ф.Х.* Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1982. – 204 с.
12. *Shahare, Y.; Singh, M.P.; Singh, P.; Diwakar, M.; Singh, V.; Kadry, S.; Sevcik, L. A.* Comprehensive Analysis of Machine Learning-Based Assessment and Prediction of Soil Enzyme Activity // Agriculture. – 2023. № 13. – P. 1323.
13. *Wang, Z., Li, Y., Zhao, Y., Zhuang, L., Yu, Y., Wang, M., Liu, J., & Wang, Q.* Microbial consortium-based product increases potato yield by recruiting rhizosphere bacteria involved in nitrogen and carbon metabolism // Microbial biotechnology. – 2021. – Vol. 14. – № 5. – P. 1961-1975.

UDC 635.21:631.524(571.13)

INFLUENCE OF BIOPREPARATIONS BASED ON ASSOCIATIVE DIATROPHES ON BIOLOGICAL PROPERTIES OF THE POTATO RIZOSPHERE

Kubasova E.V., PhD of agricultural sc., Shuliko N.N., PhD of agricultural sc., Cheremisin A.I., PhD of agricultural sc.
FSBSI «Omsk agricultural research center»,
644012, Russia, Omsk, Pr. Korolev`s 26, kubasova@anc55.ru

The research was carried out in 2022-2024 in the fields of the Omsk Federal State Budgetary Budgetary Institution. Objective: to determine the effect of biologics based on associative diazotrophs on the number of microorganisms and the enzymatic activity of the potato rhizosphere. It was found that the use of the biopreparation Strain MF-1 had a positive effect on the number of agronomically important groups of root microorganisms in the cultivation of potatoes of the Bylina variety of Siberia. There was no significant effect of tuberous bacterization on the number of tested groups of rhizosphere biota of the Alena variety. As a result of determining the enzymatic activity of the soil, it was found that the treatment of tubers with biopreparation strains before sowing had a positive effect on catalase activity, in the rhizosphere of the Alena variety there was only a growth trend in the PG-5 strain variant (4% relative to the control). On the Siberian Bylina variety, the maximum values were reached in the Strain 17-1 variant (7% higher than the control variant). The activity of the urease enzyme during the flowering phase was shown to have an insignificant positive effect of taking bacterification of potato tubers with Strain PG-5 in both varieties, an increase of 6% in the Alena variety and 4% in the Siberian Bylina variety relative to the control (within the experimental error). Invertase activity in the rhizosphere of the Alena variety increased from 2 to 8% from the drugs used. In the rhizosphere of the Siberian Bylina variety, an increase in the activity of the invertase enzyme was noted only when using the biopreparation Strain 17-1 (5% of the control). Correlation analysis of the dependence of potato tuber yield on the number of microorganisms showed that there is a medium-density relationship between yield and the number of saprotrophic, oligonitrophilic and phosphate-mobilizing microorganisms (r=0.63; r=0.57; r=0.56).
Keywords: rhizosphere, microorganisms, enzymatic activity, yield, potato.

УДК 631.895 + 633.16 **DOI: 10.25680/S19948603.2025.145.12**

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГУМИТОН НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ В КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

К.В. Петров, С.П. Арышева, к.б.н., Н.Г. Иванкин, Д.Г. Свириденко, к.б.н., А.А. Суслов, к.с.-х.н.,
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
НИЦ «Курчатовский институт»
249035, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, д.1, кор. 1
ecology2003@mail.ru

Современные агропромышленные технологии включают в себя использование гуматных препаратов. Данный прием необходим для гарантированного формирования высокого урожая сельскохозяйственных культур с соответствующими показателями качества. Цель исследования – оценить влияние комплекса биологически активного органоминерального Гумитон на продуктивность и качество клубней картофеля сортов Беллароза и Ред Скарлетт на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья. В 2020-2023 г. в условиях производственного эксперимента на двух сортах картофеля на базе фермерских хозяйств Калужской области изучали эффективность применения указанного агрохимиката. По результатам исследований установлено, что применение Гумитона на посадках картофеля сорта Беллароза в среднем за годы проведения эксперимента способствовало росту урожайности клубней на 6,1 т/га (19,5%). В полученной продукции среднее по варианту использования агрохимиката содержание нитратов снизилось на 18,3 мг/кг, содержание крахмала повысилось на 2,1% относительно контроля. Аналогичные данные получены и по сорту Ред Скарлетт: средняя прибавка урожайности 5,2 т/га, уменьшение нитратов – на 17,3 мг/кг, превышение содержания крахмала – на 1,7%, к контролю. Указанные значения показателей являются производственным подтверждением эффективности применения современного органоминерального комплекса на основе торфа Гумитон.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, картофель, Гумитон, урожайность клубней, содержание нитратов и крахмала.

Для цитирования: *Петров К.В., Арышева С.П., Иванкин Н.Г., Свириденко Д.Г., Суслов А.А.* Влияние биологически активного органоминерального комплекса гумитон на продуктивность и качество картофеля в Калужской области// Плодородие. – 2025. – №4. – С. 48-51. DOI: 10.25680/S19948603.2025.145.12.