



Научная статья/Research Article

УДК 635.21:631.524 (571.13)

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-3-13

Наталья Николаевна Шулико<sup>1✉</sup>, Александр Иванович Черемисин<sup>2</sup>,  
Елена Васильевна Тукмачева<sup>3</sup>, Ирина Анатольевна Корчагина<sup>4</sup>, Алина Андреевна Киселева<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

<sup>1</sup>shuliko@anc55.ru

<sup>2</sup>cheremisin@anc55.ru

<sup>3</sup>tukmacheva@anc55.ru

<sup>4</sup>korchagina@anc55.ru

<sup>5</sup>aa.veynbender2022@omgau.org

### ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЗАЦИИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ АССОЦИАТИВНЫМИ ДИАЗОТРОФАМИ НА РИЗОСФЕРНУЮ МИКРОФЛОРУ

*Полевые исследования проводили в отделе картофеля ФГБНУ «Омский аграрный научный центр». Цель исследований – изучить влияние биопрепаратов на основе ассоциативных diaзотрофов на численность агрономически ценной микрофлоры в ризосфере картофеля. Установлено, что применение предпосадочной бактеризации клубней оказывало преимущественно стимулирующее влияние на состояние микробоценоза ризосферы. В среднем за 2022–2023 гг. оптимизация азотного питания как растений, так и микроорганизмов (за счет фиксации diaзотрофами азота атмосферы) повышала практически в равной степени общую численность микробного населения под картофелем сортов Алена и Былина Сибири, на 19 (вариант МФ-1) и 26 % (Штамм ПГ-5) соответственно по отношению к неудобренному контролю. Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов ризосферы картофеля преимущественно увеличивалась при применении предпосадочной бактеризации клубней, в большей степени от обработки Штаммом ПГ 5: на 19 % у сорта Алена и на 39 % у сорта Былина Сибири, в остальных вариантах опыта также наблюдалась стимуляция роста тестируемой группы, но в меньшей степени. Предпосадочная инокуляция клубней картофеля в наибольшей степени стимулировала рост олигонитрофильной и фосфатмобилизующей микрофлоры, а также почвенных микромицетов, увеличение по отношению к контрольному варианту составило у сорта Алена 121 %, 69 и 100 % при применении штаммов МФ-1 и 204, у сорта Былина Сибири 57 %, 40 и 82 % соответственно при применении штаммов ПГ-5 и 17-1.*

**Ключевые слова:** микробоценоз, ризосфера, биопрепараты, сорт, картофель

**Для цитирования:** Влияние бактеризации клубней картофеля ассоциативными diaзотрофами на ризосферную микрофлору / Н.Н. Шулико [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 2. С. 3–13. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-3-13.

Natalya Nikolaevna Shuliko<sup>1✉</sup>, Alexander Ivanovich Cheremisin<sup>2</sup>, Elena Vasilievna Tukmacheva<sup>3</sup>, Irina Anatolyevna Korchagina<sup>4</sup>, Alina Andreevna Kiseleva<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

<sup>1</sup>shuliko@anc55.ru

<sup>2</sup>cheremisin@anc55.ru

<sup>3</sup>tukmacheva@anc55.ru

<sup>4</sup>korchagina@anc55.ru

<sup>5</sup>aa.veynbender2022@omgau.org

## THE BACTERIZATION EFFECT OF POTATO TUBERS BY ASSOCIATIVE DIAZOTROPHS ON THE RHIZOSPHERIC MICROFLORA

*Field research was carried out in the potato department of the Omsk Agrarian Research Center. The purpose of research is to study the effect of biological products based on associative diazotrophs on the number of agronomically valuable microflora in the potato rhizosphere. It was established that the use of preplant bacterization of tubers had a predominantly stimulating effect on the state of the rhizosphere microbiocenosis. Average for 2022–2023 optimization of nitrogen nutrition of both plants and microorganisms (due to the fixation of atmospheric nitrogen by diazotrophs) increased almost equally the total number of microbial population under potato varieties Alena and Bylina Sibiri, by 19 (variant MF-1) and 26 % (strain PG-5) respectively in relation to the unfertilized control. The number of cellulose-degrading microorganisms in the potato rhizosphere predominantly increased with the use of preplant bacterization of tubers, to a greater extent from treatment with Strain PG 5: by 19% in the Alena variety and by 39 % in the Bylina Sibiri variety; in other variants of the experiment, growth stimulation of the test group was also observed, but in to a lesser extent. Pre-planting inoculation of potato tubers most stimulated the growth of oligonitrophilic and phosphate-mobilizing microflora, as well as soil micromycetes; the increase relative to the control variant was 121 % in the Alena variety, 69 and 100 % when using strains MF-1 and 204, in the Bylina Sibiri variety 57 %, 40 and 82 %, respectively, when using strains PG-5 and 17-1.*

**Keywords:** microbiocenosis, rhizosphere, biological preparations, variety, potato

**For citation:** The bacterization effect of potato tubers by associative diazotrophs on the rhizospheric microflora / Shuliko N.N. [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(2): 3–13. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-2-3-13

**Введение.** В настоящее время одной из важнейших задач семеноводства является повышение урожайности и качества картофеля [1]. Одним из способов ее решения является использование биопрепаратов. Биологические препараты – это большая группа природных или химически синтезированных соединений, проявляющих высокую биологическую активность при низких концентрациях [2]. Они обладают способностью влиять на иммунный потенциал растений, физиолого-биохимические процессы, протекающие в растениях, устойчивость к фитопатогенам и в результате этого на урожайность и качество клубней [3].

Микробиологические препараты известны давно, однако часто их эффективность оказывалась нестабильной, в связи с чем они не могли играть значимой роли в сельскохозяйственном производстве. Накопленные фундаментальные знания в этой области на рубеже XX и

XXI столетий позволили преодолеть имеющиеся недостатки и предложить принципиально новые подходы к оптимизации микробно-растительного взаимодействия, основанные на интеграции генетических систем микроорганизмов и растений [4]. Биопрепараты обладают комплексным положительным воздействием на сельскохозяйственные растения – фунгицидными, инсектицидными и стимулирующими свойствами, не оказывают токсического влияния на почву и растения [5–8].

**Цель исследований** – изучить влияние биопрепаратов комплексного действия на численность агрономически ценных микроорганизмов в ризосфере картофеля.

**Объекты и методы.** Для инокуляции клубней картофеля были использованы биопрепараты ассоциативных diaзотрофов производства ВНИИСХМ (г. Пушкин) – штаммы: 204 (*Agrobacterium radiobacter*), ПГ-5 (*Pseudomonas*

sp.), МФ-1 (*Bacillus subtilis*), 17-1 (*Pseudomonas fluorescens*). Объектами исследований являлись сорта картофеля селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» Алена и Былина Сибири, а также их ризосфера. Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: сорт картофеля (фактор А); бактериальный препарат для инокуляции клубней (фактор В).

**Сорт Алена** – включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону. Раннеспелый, пригоден для изготовления хрустящего картофеля. Товарная урожайность 172–292 ц/га, на 60–148 ц/га выше стандарта Пушкинец. Вкус хороший. 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** – включен в Госреестр по Восточно-Сибирскому (11) региону. Среднеспелый, столового назначения. Товарная урожайность – 207–310 ц/га на уровне и выше на 61 ц/га стандарта Тулеевский. Максимальная урожайность – 358 ц/га, на 60 ц/га выше стандарта (Красноярский край). Вкус хороший и отличный. Товарность – 82–93 %. Лежкость – 95 %.

Технология возделывания картофеля общепринятая в южной лесостепной зоне Омской области: основная обработка – вспашка, предпосадочная обработка почвы фрезерным культиватором; посадка – клоновой сажалкой СН-4БК во второй декаде мая, нарезка гребней, борьба с сорняками и вредителями, скашивание ботвы, десикация реглоном, уборка в первой декаде сентября 2-рядной копалкой с ручным подбором клубней. Площадь деланки 30 м<sup>2</sup>, учетная – 15 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Предпосадочную бактеризацию клубней осуществляли в день посадки в бункере клоновой сажалки, из расчета 600 г. биопрепарата на гектарную норму. Клубни после инокуляции биопрепаратами высаживали на фонах с внесением минеральных удобрений: 30–40 кг д.в/га аммиачной селитры и аммофоса, 100 кг/га калийных удобрений в соответствии с методическими рекомендациями ВНИИСХМ [9].

Почва – лугово-черноземная среднесиловатая, реакция среды – нейтральная, содержание гумуса 6,5 % (методом И.В. Тюрина), 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 Алена и Былина Сибири определяли на твердых питательных средах: МПА (мясо-пептонный агар) для сапротрофных бактерий, утилизирующих органические соединения азота, в том числе аммонификаторов; КАА (крахмало-аммиачный агар) для амилотических микроорганизмов, потребляющих азот в минеральной форме, среда Мишустинной – для олигонитрофилов; среда Муромцева-Герретсена – для фосфатмобилизующих бактерий. Целлюлозоразлагающие микроорганизмы учитывали на среде Гетчинсона, нитрификаторы – на водном выщелоченном агаре с добавлением двойной аммонийно-магниевой соли фосфорной кислоты, микромицеты – на среде Чапека с добавлением молочной кислоты [10]. Для определения направленности почвенно-микробиологических процессов был рассчитан коэффициент минерализации – КАА/МПА и коэффициент иммобилизации – МПА/КАА [11]. Математическая обработка данных проводилась дисперсионным анализом по Б.А. Доспехову [12].

Вегетационный период 2022 г. характеризовался как недостаточно увлажненный, ГТК за май–август – 0,81. Июнь был недостаточно увлажненным (ГТК=0,98), с резкими перепадами дневных и ночных температур в третьей декаде месяца, поздними заморозками (24 июня). Наиболее значительные ливневые осадки выпали в конце июля, 28 и 29 июля, составляя 66 и 24 мм, в сумме за месяц выпало 116 мм, или 178,6 % от нормы. Август был засушливым, существенные осадки выпали 7 августа – 6 мм, 14 августа – 8 мм, 19 августа – 9 мм. В целом их недобор составил 78,2 % нормы при ГТК = 0,23.

Вегетационный период 2023 г. также был недостаточно увлажненным, ГТК за май–август – 0,80. Май характеризовался значительными перепадами ночной и дневной температур воздуха от –7,3° до 28,9 °С, в среднем за месяц выше нормы на 1,9 °С. Осадков в сумме выпало на 4 мм меньше многолетних значений, или 86 % от нормы (ГТК = 0,66). Среднесуточная температура июня была на уровне нормы, следует отметить значительные снижения температуры воздуха в ночное время – до 2,3 °С. Выпавшие осадки за сутки составляли от 0,6 до 3,7 мм, наиболее значительные 19 и 7 мм соответственно 27 и 28 июня, в среднем их недобор сос-

тавил 10 мм, или 79 % от нормы (ГТК = 0,76). Июль в среднем был теплее на 3,2 °С в сравнении со среднемноголетними значениями (ГТК = 0,93). Температура воздуха в августе была на уровне нормы – 17 °С. Осадков выпало 46 мм, что ниже на 10 мм средних показателей (ГТК = 0,83).

Чередующиеся периоды засухи и увлажнения почвы в периоды вегетации растений, а также поздние заморозки обусловили колебания в численности микроорганизмов ризосферы картофеля.

Отбор почвы ризосферы картофеля проводили три раза в течение вегетации: в период бутонизация – цветение, налив клубней и перед уборкой культуры.

**Результаты и их обсуждение.** В засушливый период вегетации картофеля 2022 г. (24 июня и 26 июля) численность сапротрофных бактерий, разлагающих органические соединения азота, в ризосфере сорта Алена изменялась в зависимости от варианта опыта, составляя 13,7–183,1 млн КОЕ/г. После выпадения осад-

ков в конце июля – августе под влиянием биопрепаратов она возросла по сравнению с контролем (12,5 млн КОЕ/г) в два и более раз. Аналогичные изменения происходили в ризосфере картофеля сорта Былина Сибири. В среднем за вегетацию превышение численности тестируемых бактерий по отношению к контролю в вариантах с биопрепаратами в ризосфере сорта Алена составило 21–51 %, сорта Былина Сибири – от 3 до 20 % (табл. 1). Доля влияния фактора сорта была существенной у сорта Былина Сибири, более 60 %.

Следует отметить невысокую численность микроорганизмов на КАА в первые сроки отбора ризосферы картофеля сорта Былина Сибири, что, видимо, связано с засушливыми условиями, а также с небольшим количеством сапротрофной микрофлоры на МПА как поставщиков минерального азота (NH<sub>3</sub>). В течение вегетации, по мере выпадения осадков, количество амилитической микрофлоры возрастало.

Таблица 1

**Численность отдельных групп микроорганизмов и их соотношение в ризосфере картофеля, 2022 г. (n=3)**

Вариант	Сапротрофные бактерии, млн КОЕ/г	Амилитические микроорганизмы, млн КОЕ/г	МПА/КАА (коэффициент иммобилизации)	КАА/МПА (коэффициент минерализации)	Пм (коэффициент трансформации свежего органического вещества)
<b>Сорт Алена</b>					
Контроль	14,6	18,1	0,81	1,24	26,5
Штамм 204	22,1	15,9	1,39	0,72	52,8
Штамм ПГ-5	20,8	15,3	1,36	0,74	49,0
Штамм 17-1	17,7	14,1	1,26	0,80	45,1
Штамм МФ-1	14,8	22,8	1,53	0,66	88,1
<b>Среднее</b>	<b>18,0</b>	<b>17,24</b>	<b>1,27</b>	<b>0,83</b>	<b>52,3</b>
<b>Сорт Былина Сибири</b>					
Контроль	18,7	11,5	1,53	0,61	46,2
Штамм 204	18,9	17,4	1,09	0,92	39,2
Штамм ПГ-5	22,5	15,6	1,44	0,59	54,9
Штамм 17-1	19,3	12,6	1,53	0,65	48,8
Штамм МФ-1	15,6	10,4	1,50	0,67	39,0
<b>Среднее</b>	<b>19,0</b>	<b>13,5</b>	<b>1,42</b>	<b>0,69</b>	<b>45,6</b>
<i>НСР<sub>05A</sub>*</i>	7,8	4,7	0,23	0,21	21,7
<i>НСР<sub>05B</sub></i>	12,3	7,4	0,36	0,33	34,4

Здесь и далее *НСР<sub>05A</sub>* – сорт; *НСР<sub>05B</sub>* – бактериализация.

Одним из важных показателей активности биологических процессов в почве является соотношение групп микроорганизмов, развивающихся на КАА и МПА. Увеличение этого соотношения свидетельствует о преобладании в почве процесса минерализации и интенсивном использовании азота почвы, а его снижение – об усилении гумификационных процессов [13]. Интенсивность микробиологических процессов трансформации азотсодержащих соединений в почве оценивали по коэффициентам минерализации (КАА/МПА) и иммобилизации (МПА/КАА) [11]. В среднем из трех определений за период вегетации культуры процесс минерализации органических азотсодержащих соединений наиболее активно протекал в контрольном вариан-

те сорта Алена, где по сравнению с сортом Былина Сибири был наиболее низкий коэффициент трансформации органического вещества Пм ( $P_m = \text{МПА/КАА} \cdot (\text{МПА} + \text{КАА})$ ), равный 26,5 (см. табл. 1).

Наиболее высокое суммарное количество микроорганизмов было в ризосфере сорта Алена на контроле и в варианте с применением биопрепарата МФ-1 (227,6 и 221,8 млн КОЕ/г). Общая численность микроорганизмов в ризосфере сорта Былина Сибири была ниже, составляя 87,8–127,1 млн КОЕ/г. В вариантах с применением биопрепаратов отмечалась тенденция снижения общей численности микроорганизмов ризосферы по обоим сортам (табл. 2).

Таблица 2

**Численность микроорганизмов в ризосфере сортов картофеля Алена и Былина Сибири в зависимости от обработки клубней биопрепаратами, 2022 г. (n=3)**

Вариант	Олигонитрофилы, млн КОЕ/г	Фосфоромобилизующие, млн КОЕ/г	Целлюлозоразрушающие, тыс. КОЕ/г	Грибы, тыс. КОЕ/г	Общее количество микроорганизмов, млн КОЕ/г
Сорт Алена					
Контроль	99,2	95,7	56,4	21,8	227,6
Штамм 204	41,8	45,5	92,4	18,2	125,4
Штамм ПГ-5	50,4	47,3	119,0	23,8	134,0
Штамм 17-1	38,0	28,0	138,1	36,7	98,1
Штамм МФ-1	86,1	78,1	84,2	35,9	221,8
<b>Среднее</b>	<b>63,1</b>	<b>58,9</b>	<b>98,0</b>	<b>27,3</b>	<b>161,4</b>
Сорт Былина Сибири					
Контроль	40,4	35,1	85,0	27,7	127,1
Штамм 204	48,3	35,7	68,0	26,4	122,6
Штамм ПГ-5	45,5	34,0	102,5	18,7	116,8
Штамм 17-1	26,8	29,9	98,0	23,4	87,8
Штамм МФ-1	29,1	40,9	83,2	28,2	92,3
<b>Среднее</b>	<b>38,02</b>	<b>35,1</b>	<b>87,3</b>	<b>24,9</b>	<b>109,3</b>
НСР <sub>05A</sub>	37,4	32,6	18,5	11,3	75,6
НСР <sub>05B</sub>	59,1	51,5	29,3	17,8	119,6

Наблюдения показали тенденцию уменьшения численности почвенных микромицетов в ризосфере картофеля под влиянием биопрепаратов в период бутонизации – начала цветения у сорта Алена, вариант 204, почти в два раза.

Возможно, это повлияло в дальнейшем на снижение развития полезной культуры и получение прибавки урожая до 4,4 т/га. У сорта Былина Сибири низким количеством микромицетов вы-

делился вариант МФ-1 (3,5 тыс. КОЕ/г) в период налива и роста клубней.

В условиях 2023 г. улучшение азотного питания растений картофеля и ризосферной микрофлоры за счет фиксации азота атмосферы корневыми diaзотрофами и текущей нитрификации оказало положительное влияние на численность агрономически ценной биоты. Количество копиотрофов (микроорганизмов, учитываемых на МПА и КАА) увеличилось до 24 и 36 % у сорта Алена и до 36 и 32 % у сорта Былина Сибири соответственно по отношению к контролю (табл. 3). При этом доля влияния фактора применения бактериальных удобрений была более 27 и 40 % соответственно. В исследованиях польских ученых получена аналогичная закономерность роста биоты секретирующей амилазы при применении удобрений [14].

Численность микроорганизмов на крахмало-аммиачном агаре связана с иммобилизацией подвижного азота ( $\text{NH}_3$ ). Коэффициент минерализации  $K_{\text{мин}}$  ( $\text{КАА}/\text{МПА}$ ) в течение всего периода вегетации был  $<1$ , что говорит о сниженной активности этого процесса в ризосфере. Коэффициент

иммобилизации Киммоб. ( $\text{МПА}/\text{КАА}$ ) варьировал от 1,3 до 2,1, что говорит о преимуществе процессов закрепления азота в микробной плазме (табл. 3). Сибирские почвы обладают высокой способностью к закреплению внесенного минерального азота, содействуя его сохранению и аккумуляции в зоне корневой системы. Реминерализация иммобилизованного азота позволяет более равномерно снабжать растения его усвояемыми формами [15].

На коэффициент трансформации органического вещества ( $\text{Пм}=(\text{МПА}+\text{КАА})\cdot(\text{МПА}/\text{КАА})$ ) изучаемый агроприем наибольшее положительное влияние оказал в ризосфере сорта Алена и составил от 49,7 до 79,3 в вариантах применения биоудобрений при уровне на контроле 46,9. В ризосфере сорта Былина Сибири бактериализация семян оказала неоднозначное влияние на коэффициент  $\text{Пм}$ , в варианте применения штамма 17-1 отмечено наибольшее значение (71,7), при этом наблюдалась и тенденция снижения в варианте Шт 204 на 25 % по отношению к контролю.

Таблица 3

**Численность отдельных групп микроорганизмов и их соотношения в ризосфере картофеля, 2023 г. (n=3)**

Вариант	Сапротрофные бактерии, млн КОЕ/г	Амилитические микроорганизмы, млн КОЕ/г	МПА/КАА (коэффициент иммобилизации)	КАА/МПА (коэффициент минерализации)	$\text{Пм}$ (коэффициент трансформации свежего органического вещества)
Сорт Алена					
Контроль	18,8	13,4	1,61	0,74	46,9
Штамм 204	24,3	12,4	1,93	0,63	79,3
Штамм ПГ-5	25,6	13,5	1,92	0,52	75,1
Штамм 17-1	21,9	15,4	1,64	0,74	54,2
Штамм МФ-1	21,8	18,2	1,31	0,81	48,7
<b>Среднее</b>	<b>22,5</b>	<b>14,6</b>	<b>1,6</b>	<b>0,6</b>	<b>60,8</b>
Сорт Былина Сибири					
Контроль	23,2	14,8	2,12	0,52	62,4
Штамм 204	19,7	14,3	1,44	0,71	47,0
Штамм ПГ-5	23,6	16,8	1,63	0,74	57,9
Штамм 17-1	28,7	19,6	1,64	0,63	71,7
Штамм МФ-1	24,9	17,9	1,51	0,71	60,6
<b>Среднее</b>	<b>24,0</b>	<b>16,6</b>	<b>1,6</b>	<b>0,6</b>	<b>59,9</b>
НСР <sub>05A</sub>	4,3	2,7	0,2	0,2	23,7
НСР <sub>05B</sub>	6,8	4,3	0,3	0,3	36,6

В изучаемом микробном сообществе олигонитрофилы представляют собой наиболее распространенную группу биоты. Численность олигонитрофильной микрофлоры, обладающей способностью связывать небольшие количества молекулярного азота и играющей заметную роль в сохранении и пополнении запасов азота в почве, а также фосфатмобилизующих микроорганизмов, в большей степени реагировала на применение

изучаемого агроприема (предпосадочная бактериализация клубней биопрепаратами), увеличение составило до 121 и 69 % у сорта Алена и до 57 и 40 % у сорта Былина Сибири по отношению к контролю соответственно (табл. 4). Математическая обработка данных показала существенное влияние (57 %) фактора «сорт» на тестируемую группу микроорганизмов.

Таблица 4

**Численность микроорганизмов в ризосфере сортов картофеля Алена и Былина Сибири в зависимости от обработки клубней биопрепаратами, 2023 г. (n=3)**

Вариант	Олигонитрофилы, млн КОЕ/г	Фосфатмобилизующие, млн КОЕ/г	Целлюлозоразрушающие, тыс. КОЕ/г	Грибы, тыс. КОЕ/г	Нитрификаторы, тыс. КОЕ/г	Общее кол-во микроорганизмов, млн КОЕ/г
<b>Сорт Алена</b>						
Контроль	32,6	32,4	113,5	20,3	0,80	97,4
Штамм 204	51,8	46,4	123,2	40,1	0,75	135,1
Штамм ПГ-5	42,7	39,8	135,7	14,8	0,90	121,7
Штамм 17-1	43,8	40,9	102,9	14,4	0,85	122,0
Штамм МФ-1	71,3	54,0	99,4	15,2	0,85	165,5
<b>Среднее</b>	<b>48,4</b>	<b>42,7</b>	<b>114,9</b>	<b>20,9</b>	<b>0,83</b>	<b>128,3</b>
<b>Сорт Былина Сибири</b>						
Контроль	47,7	36,1	92,3	15,3	0,75	121,9
Штамм 204	54,1	41,1	126,1	21,7	1,90	129,2
Штамм ПГ-5	74,7	38,8	128,9	27,9	0,75	156,3
Штамм 17-1	73,6	58,9	118,0	19,8	0,75	180,9
Штамм МФ-1	60,6	47,3	117,2	18,6	0,40	150,8
<b>Среднее</b>	<b>62,1</b>	<b>44,4</b>	<b>116,5</b>	<b>20,6</b>	<b>0,91</b>	<b>147,8</b>
НСР <sub>05</sub> А	18,6	11,2	20,8	10,3	0,68	31,2
НСР <sub>05</sub> В	29,4	17,8	32,9	16,3	1,10	49,3

Почвенные микромицеты, нитрифицирующие бактерии, а также целлюлозоразрушающие микроорганизмы неоднозначно реагировали на применение бактериализации семян.

Микроскопические грибы в почве играют роль сапротрофов, редуцентов (разлагателей), симбионтов, их вклад в получение урожая огромен. Они участвуют в процессах разложения сложных органических соединений, вступают в симбиоз с растениями, вырабатывают пигменты, антибиотики, биологически активные соединения и формируют структуру почвы [16].

В наших исследованиях численность почвенных микромицетов в ризосфере картофеля сорта Алена при применении Штамма 204 возросла почти на 100 %, т.е. в 2 раза (вариант Штамм 204), в остальных вариантах отмечено снижение КОЕ микромицетов. В ризосфере сорта Былина Сибири наблюдалось стабильно стимулирующее воздействие агроприема на группу микромицетов, увеличение составило до 82 % (вариант Штамм ПГ-5) по отношению к контролю соответственно, доля влияния фактора «бактериальные удобрения» – 49 %. Литера-

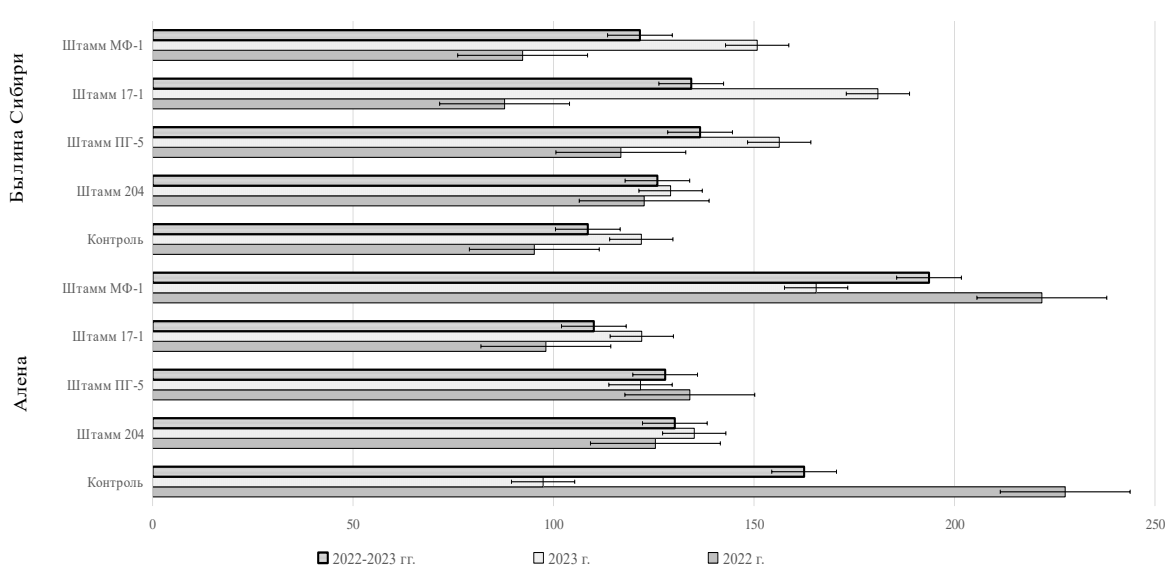
тура по этому вопросу свидетельствует, что использование биологических средств не всегда оказывает однозначное воздействие на обсуждаемую группу микроорганизмов. Авторы исследований указывают как на ингибирующее, так и на стимулирующее действие изучаемого агроприема на развитие микромицетов [17, 18].

На количество нитрифицирующих бактерий в ризосфере сорта Алена агроприем существенного влияния не оказал, но и отрицательного также не выявлено. Однако в ризосфере сорта Былина Сибири отмечалось достоверное увеличение нитрификаторов в варианте Штамм 204 – на 153 % по отношению к контрольному варианту.

Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов ризосферы картофеля преимущественно увеличивалась при применении предпосадочной бактериализации клубней, в боль-

шей степени от Штамма ПГ 5 – на 19 % у сорта Алена и на 39 % у сорта Былина Сибири, в остальных вариантах опыта также наблюдалась стимуляция роста тестируемой группы, но в меньшей степени.

В целом за период вегетации на общую (условно) численность ризосферной микрофлоры картофеля наибольшее положительное влияние оказало применение препаратов Штамм МФ-1 у сорта Алена, увеличение составило 70 %, Штамма 17-1 у сорта Былина Сибири, увеличение на 49 % по отношению к контролю, что связано с улучшением азотного питания растений и микроорганизмов за счет способности бактерий, входящих в биопрепарат, фиксировать атмосферный азот и переводить его в доступные формы (рис.).



Суммарное количество микрофлоры в ризосфере сортов картофеля при бактериализации клубней биопрепаратами, 2022–2023 гг. (n=6)

Анализ изменения общей численности ризосферной микрофлоры в течение лет исследований показал преимущественно стимулирующее влияние бактериальных удобрений на состояние микробного ценоза почвы под посадками картофеля. В годы наблюдений, в зависимости от применяемого биопрепарата, варианты опыта по заселенности микроорганизмами различались в большей или меньшей степени. Однако в среднем за 2022–2023 гг. оптимизация питания (ввиду фиксации диазотрофами азота атмосферы) повышала общую численность микробного пула практически в равной степени под картофелем сортов Алена и Былина Сибири, на 19 (вариант

МФ-1) и 26 % (Штамм ПГ-5) соответственно по отношению к неудобренному контролю. Наибольшим количеством колониеобразующих единиц микроорганизмов выделился контрольный вариант в 2022 г., составляя 227 млн КОЕ/г.

**Заключение.** Изучение микробного ценоза лугово-черноземной почвы показало, что предпосадочная инокуляция клубней картофеля сорта Алена биопрепаратом МФ-1 в наибольшей степени стимулировала рост ризосферной олигонитрофильной и фосфатмобилизующей микрофлоры до 121 и 69 %, а также почвенных микромицетов практически на 100 % при применении Штамма 204 по отношению к контролю.



В ризосфере сорта Былина Сибири прослеживалась аналогичная тенденция стимуляции роста олигонитрофилов и фосфатмобилизаторов при бактеризации клубней Штаммом ПГ-5 и 17-1, однако в несколько меньшей степени – на 57 и 40 %. Наблюдалось стабильно стимулирующее воздействие агроприема на группу микромицетов, увеличение составило до 82 % (вариант Штамм ПГ-5) по отношению к контролю соответственно. Применение бактериальных удобрений повышало общую численность микробного населения практически в равной степени под посадками картофеля сорта Алена и Былина Сибири – на 19 (вариант МФ-1) и 26 % (Штамм ПГ-5) соответственно, что усиливало минерализацию растительных остатков и положительно повлияло на питательный режим почвы.

#### Список источников

1. Оздоровленный картофель в пленочных теплицах / С.А. Булдаков [и др.] // Картофель и овощи. 2013. № 6. С. 28.
2. Засорина Э.В., Пигорев И.Я. Регуляторы роста на картофеле в Центральном Черноземье // Аграрная наука. 2005. № 7. С. 21.
3. Уромова И.П., Султанова Л.Р., Дедюра И.С. Биопрепараты как фактор повышения урожайности и качества картофеля // Успехи современного естествознания. 2016. № 12-1. С. 117–121.
4. Тихонович И.А. и др. Интеграция генетических систем растений и микроорганизмов при симбиозе // Успехи современной биологии. 2005. № 3. С. 227–238.
5. Семькин В.А., Засорина Э.В., Стародубцева М.В. Перспективы применения ЭМ технологий на картофеле в Центральном Черноземье // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 1. С. 70–73.
6. Влияние биопрепаратов комплексного действия на биологическую активность ризосферы и продуктивность льна-долгунца / О.Ф. Хамова [и др.] // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 52–55.
7. Биологическая активность почвы ризосферы овса посевного (*Hordeum vulgare* L.) при инокуляции семян ассоциативными диазотрофами / А.А. Божко [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 2. С. 60–64.
8. Влияние инокуляции семян ризоагрином на микрофлору ризосферы и урожайность озимой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / О.Ф. Хамова [и др.] // Вестник НГАУ. 2020. № 2 (55). С. 60–68.
9. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия / под ред. А.А. Завалина, А.П. Кожемякова. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010. 64 с.
10. Теннер Е.З., Шильникова В.К. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов / под ред. В.К. Шильниковой. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
11. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Сб. науч. трудов Харьковского СХИ. Харьков, 1980. Т. 273. С. 13–16.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. С. 416.
13. Надежкин С.М. Подвижные формы органического вещества в полевых агроценозах // Системы воспроизводства плодородия почв в ландшафтном земледелии: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. (27–29 июня 2001 г.). Белгород: Крестьянское дело, 2001. С. 139–141.
14. Breza-Boruta B., Paluszak Z. Occurrence of amyolytic microorganisms in soil depending on the type of cultivation // Ecohydrology and Hydrobiology. 2006. № 6 (s 1-4). P. 175–180.
15. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: РАСХН, Сиб. отд-ние, 2013. 790 с.
16. Anilkumar R.R., Edison L.K., Pradeep N.S. Exploitation of fungi and actinobacteria for sustainable agriculture. In: Patra J.K. et al. Microbial biotechnology. Applications in agriculture and environment. 2017. Chapter 6. P. 135–162.
17. Response of soil microbial communities to the herbicide mesotrione: a dose-effect microcosm approach / O. Crouzet [et al.] // Soil Biology and Biochemistry. 2010. № 42 (2). P. 193–202.
18. Sebiomo A., Ogundero V.W., Bankole S.A. Effect of four herbicides on microbial population, soil organic matter and dehydrogenase activity // African journal of biotechnology. 2011. № 10 (31). P. 770–778.

## References

- Ozdorovlennyy kartofel' v plenochnyh teplichah / S.A. Buldakov [i dr.] // Kartofel' i ovoschi. 2013. № 6. S. 28.
- Zasorina `E.V., Pigorev I.Ya. Regulyatory rosta na kartofele v Central'nom Chernozem'e // Agrarnaya nauka. 2005. № 7. S. 21.
- Uromova I.P., Sultanova L.R., Dedyura I.S. Biopreparaty kak faktor povysheniya urozhajnosti i kachestva kartofelya // Uspehi sovremennoego estestvoznaniya. 2016. № 12-1. S. 117–121.
- Tihonovich I.A. i dr. Integraciya geneticheskikh sistem rastenij i mikroorganizmov pri simbioze // Uspehi sovremennoj biologii. 2005. № 3. S. 227–238.
- Semykin V.A., Zasorina `E.V., Starodubceva M.V. Perspektivy primeneniya `EM tehnologij na kartofele v Central'nom Chernozem'e // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2012. № 1. S. 70–73.
- Vliyanie biopreparatov kompleksnogo dejstviya na biologicheskuyu aktivnost' rizosfery i produktivnost' l'na-dolgunca / O.F. Hamova [i dr.] // Plodorodie. 2021. № 2 (119). S. 52–55.
- Biologicheskaya aktivnost' pochvy rizosfery ovsa posevnogo (*Hordeum vulgare* L.) pri inokulyacii semyan associativnymi diazotrofami / A.A. Bozhko [i dr.] // Problemy agrohimii i `ekologii. 2019. № 2. S. 60–64.
- Vliyanie inokulyacii semyan rizoagrinom na mikrofluoru rizosfery i urozhajnost' ozimoj pshenicy v lesostepi Zapadnoj Sibiri / O.F. Hamova [i dr.] // Vestnik NGAU. 2020. № 2 (55). S. 60–68.
- Novye tehnologii proizvodstva i primeneniya biopreparatov kompleksnogo dejstviya / pod red. A.A. Zavalina, A.P. Kozhemyakova. SPb.: HIMIZDAT, 2010. 64 s.
- Tepper E.Z., Shil'nikova V.K. Praktikum po mikrobiologii: ucheb. posobie dlya vuzov / pod red. V.K. Shil'nikovoj. M.: Drofa, 2004. 256 s.
- Muha V.D. O pokazatelyah, otrazhayuschih intensivnost' i napravlenost' pochvennyh processov // Sb. nauch. trudov Har'kovskogo SHI. Har'kov, 1980. T. 273. S. 13–16.
- Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Agropromizdat, 1985. S. 416.
- Nadezhkin S.M. Podvizhnye formy organicheskogo veschestva v polevyh agrocenozah // Sistemy vosproizvodstva plodorodiya pochv v landshaftnom zemledelii: mat-ly Vseros. nauch.-prakt. konf. (27–29 iyunya 2001 g.). Belgorod: Krest'yanskoe delo, 2001. S.139–141.
- Breza-Boruta B., Paluszak Z. Occurrence of amylolytic microorganisms in soil depending on the type of cultivation // Ecohydrology and Hydrobiology. 2006. № 6 (s 1-4). P. 175–180.
- Gamzikov G.P. Agrohimiya azota v agrocenozah. Novosibirsk: RASHN, Sib. otd-nie, 2013. 790 s.
- Anilkumar R.R., Edison L.K., Pradeep N.S. Exploitation of fungi and actinobacteria for sustainable agriculture. In: Patra J.K. et al. Microbial biotechnology. Applications in agriculture and environment. 2017. Chapter 6. P. 135–162.
- Response of soil microbial communities to the herbicide mesotrione: a dose-effect microcosm approach / O. Crouzet [et al.] // Soil Biology and Biochemistry. 2010. № 42 (2). P. 193–202.
- Sebiomo A., Ogundero V.W., Bankole S.A. Effect of four herbicides on microbial population, soil organic matter and dehydrogenase activity // African journal of biotechnology. 2011. № 10 (31). P. 770–778.

Статья принята к публикации 04.09.2023 / The article accepted for publication 04.09.2023.

Информация об авторах:

**Наталья Николаевна Шулико**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

**Александр Иванович Черемисин**<sup>2</sup>, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом картофеля, кандидат сельскохозяйственных наук

**Елена Васильевна Тукмачева**<sup>3</sup>, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат биологических наук

**Ирина Анатольевна Корчагина**<sup>4</sup>, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

**Алина Андреевна Киселева**<sup>5</sup>, младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, аспирант

Information about the authors:

**Natalya Nikolaevna Shuliko**<sup>1</sup>, Senior Researcher, Head of Microbiology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

**Alexander Ivanovich Cheremisin**<sup>2</sup>, Leading Researcher, Head of the Potato Department, Candidate of Agricultural Sciences

**Elena Vasilievna Tukmacheva**<sup>3</sup>, Senior Researcher, Laboratory of Microbiology, Candidate of Biological Sciences

**Irina Anatolyevna Korchagina**<sup>4</sup>, Senior Researcher, Laboratory of Microbiology, Candidate of Biological Sciences

**Alina Andreevna Kiseleva**<sup>5</sup>, Junior Researcher, Laboratory of Microbiology, Postgraduate student

