

экономические параметры производства зерна, повысить урожайность более рационально использовать почвенно-климатические ресурсы региона.

#### Литература

1. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М: Изд-во МСХА, 2000. 473 с.
2. Земледелие на равнинных ландшафтах и агротехнологии зерновых Западной Сибири (на примере Омской области) / под ред. И.Ф. Храмцова. Новосибирск: РАСХН. Сибирское отделение. СибНИИСХ, 2003. 412 с.
3. Совершенствование машинных технологий с целью повышения их эффективности: книга / Кем А.А., Домрачев В.А., Юшкевич Л.В. и др. Омск: Омск-Вариант, 2011. 76 с.
4. Голованов Д.А., Кем А.А., Чекусов М.С. Комбинированное орудие для основной обработки почвы и влагонакопления в засушливых районах Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2013. №2. С. 53-56.
5. Применения соломы в засушливом земледелии Западной Сибири: методическое пособие / Л.В. Юшкевич, О.Ф. Хамова, Н.А. Воронкова, С.В. Куликов. Омск: Вариант-Омск, 2013. 48 с.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

**Черемисин А.И., Хамова О.Ф., Дергачева Н.В., Тукмачева Е.В.**  
(ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»)

#### Summary

The aim of the research was to evaluate and compare the effect of various bio-preparations on the number of microorganisms and the intensity of the processes transformation organic matter in the rhizosphere, yield formation and the development of potato diseases. In the field experiments 2016-2017, bio-preparations rizoagrin, azorizin, mizorin and preparations possessing fungicidal, insecticidal and stimulating properties: mival-Agro, potassium humate, agrobionov and prestizh were used. The number of microorganisms in the potato rhizosphere was the largest in the variant with the treatment of tubers with potassium humate - 156.2% and mival-agro - 95.6% relatively to control. Rhizoagrin and agrobionov stimulated the number of microorganisms by 82 and 58.1%, respectively. The prevalence of immobilization processes in the soil has been established. Complex preparations increased the yield of potatoes by 1.4–7.6 t / ha, and reduced the rate of disease damage: rhizoctoniosis by 1.5–2.5 times, common scab by 1.5–2 times.

**Key words:** potato, rhizosphere, biological preparation, microorganisms, yield.

Среди элементов питания растений азот занимает одно из самых важных мест. Без наличия этого элемента не могут синтезироваться белковые вещества, а без белковых веществ не может строиться протоплазма живой клетки. «Азот более драгоценен с общебиологической точки зрения, чем самые редкие из благородных металлов» - писал академик В.Л. Омелянский [1].

Общеизвестно, что низкая урожайность многих сельскохозяйственных культур, чаще всего, обусловлена именно недостатком азотного питания растений, хотя общие запасы азота в почве весьма значительны [2,3].

Одним из главных источников повышения количества доступного азота в почве и продуктивности растений является использование минеральных удобрений. Наряду с минеральными удобрениями в сельскохозяйственном производстве применяются биопрепараты с различной направленностью действия, в том числе на основе

ассоциативных азотфиксирующих бактерий, обитающих в ризосфере растений. Использование биопрепаратов усиливает фиксацию азота атмосферы, способствуя повышению продуктивности сельскохозяйственных культур, улучшает качественные показатели производимой продукции, повышает устойчивость растений к стрессам, в частности, к засухе, снижает развитие фитопатогенов [4-8].

Исследованиями отдела картофеля СибНИИСХ (в настоящее время Омский АНЦ) в полевых опытах 1997-2015 гг. было установлено положительное влияние биопрепаратов комплексного действия на урожайность и товарность клубней картофеля [9].

Цель исследований: с помощью чувствительных к агрогенным нагрузкам микробиологических показателей оценить и сравнить воздействие различных биопрепаратов на численность микроорганизмов и интенсивность процессов трансформации органических соединений в ризосфере культуры, формирование урожая и развитие болезней картофеля.

Методика. В полевых опытах с картофелем (2016-2018 гг.) были использованы биопрепараты ассоциативных азотфиксаторов производства Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ, Санкт-Петербург) – ризоагрин, азоризин, мизорин, а также препараты, благоприятно влияющие на структуру и плодородие почвы, содержащие соли гуминовых кислот, стимуляторы роста растений (гумат калия, мивал-агро) и препарат престиж, обладающий фунгицидным и инсектицидным действием. Кроме указанных препаратов обработку клубней проводили новым углеродным стимулятором роста агробактерий, действующим за счет активации микробиологических процессов поступающим в почву углеродом. Обработка семенных клубней проводилась непосредственно перед посадкой из расчета 10 кг/0,1 т.

Технология возделывания картофеля общепринятая в южной лесостепной зоне Омской области: основная обработка – отвальная вспашка, предпосевная 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-х рядной копалкой с ручным подбором клубней. Площадь делянки 30 м<sup>2</sup>, учетная - 15 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная. 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 [5, 7]. Для борьбы с колорадским жуком проводили обработку инсектицидом актара в дозе 0,06 кг/га. Учет поражения болезнями проводился во время вегетации по ботве и во время уборки на клубнях по общепринятой методике. Для борьбы с сорняками использовались гербициды агритокс 1,4 л/га, титус, 0,03 л/га. Для десикации применялся реглон, 2 л/га.

Почва – лугово-черноземная среднemocная среднегумусовая тяжелосуглинистая, реакция среды – нейтральная, содержание гумуса – 6,2-6,5%. обеспеченность подвижным фосфором – средняя (120-130 мг/кг), определялась методом И.В. Тюрина, подвижным калием – высокая 300-350 мг/кг определялась по методике Ф.В. Чирикова. [10]. Токсичность почвенной вытяжки определялась с помощью биотеста на семенах редиса [11].

Для бактериализации клубней биопрепаратами использовался районированный в регионе раннеспелый сорт картофеля Алена. Учет болезней проводили по методике Всероссийского научно-исследовательского института картофеля (ВНИИКХ) [12].

Численность микроорганизмов в ризосфере картофеля определяли на твердых питательных средах: КАА (крахмало-аммиачный агар) для микроорганизмов,

потребляющих азот в минеральной форме; МПА (мясо-пептонный агар) для бактерий, утилизирующих органические соединения азота, в том числе аммонификаторов на среде Мишустинной – для олигонитрофилов; на среде Муромцева-Герретсена – для фосфатмобилизующих бактерий. Целлюлозоразрушающие микроорганизмы учитывали на среде Гетчинсона, нитрификаторов – на водном выщелоченном агаре с добавлением двойной аммонийно-магниевой соли фосфорной кислоты, грибов – на среде Чапека с добавлением молочной кислоты [13]. По методике В.Д. Муха [14] в изложении Л.Н. Коробовой и др. [15] были рассчитаны коэффициенты минерализации (КАА/МПА), иммобилизации азота (МПА/КАА) и трансформации органического вещества –  $P_m = \text{МПА/КАА} \times (\text{МПА} + \text{КАА})$ . Статистическую обработку полученных данных проводили по пособию Б.А. Доспехова [16] с использованием программы для персонального компьютера Microsoft Excel.

Погодные условия за годы проведения исследований в течение вегетации картофеля существенно отличались: с недобором осадков 2017 гг. (ГТК - гидротермический коэффициент 0,70), 2016 г. был более благоприятным для роста и развития сельскохозяйственных культур по количеству выпавших осадков и температуре воздуха (ГТК 1,11).

Результаты. Ассоциативная азотфиксация в ризосфере не бобовых растений была открыта в середине прошлого века. Азот, фиксированный ассоциативными микроорганизмами, в местных условиях для зерновых культур составляет от 3 до 30 кг/га и служит дополнительным источником азотного питания растений [17]. Для усиления азотфиксирующей активности микроорганизмов в посевах сельскохозяйственных культур были применены биопрепараты на основе ризосферных азотфиксирующих микроорганизмов. Токсичность почвы ризосферы растений при использовании биопрепаратов не была обнаружена.

Численность микроорганизмов в ризосфере картофеля была наибольшей (156,5% к контролю) в варианте с микроудобрением гумат калия и мивал-Агро (95,6% к контролю), который является кремнийорганическим комплексным биостимулятором. Все группы выделенных микроорганизмов положительно реагировали на применение этого препарата, что согласуется с исследованиями А.Х Куликовой и др. [18].

Среди исследованных микробных препаратов численность микроорганизмов ризосферы в наибольшей степени стимулировал ризоагрин на 82% к контролю соответственно. Несколько ниже, на уровне 58,1% к контролю, находилось общее (суммарное) количество определяемых микроорганизмов при использовании углеродного препарата агробинонов (табл.1).

Таблица 1. Численность микроорганизмов в ризосфере картофеля в зависимости от обработки клубней препаратами, 2016-2017 гг., КОЕ/г.

Препараты	Бактерии, растущие на МПА, млн. КОЕ/г	Бактерии, растущие на КАА, млн. КОЕ/г	Олигонитрофилы, млн. КОЕ/г	Грибы, тыс. КОЕ/г	Общее кол-во микроорганизмов	
					млн. КОЕ/г	% к контролю
контроль	14,9	11,3	22,1	4,8	48,3	-
азоризин	16,1	14,4	21,2	9,5	51,7	5,5
ризоагрин	25,2	19,4	43,4	13,4	88,0	82,0
гумат калия	33,9	31,7	58,3	16,3	123,9	156,5
мивал-агро	19,6	17,7	57,2	36,7	94,5	95,6
агробинонов	17,7	17,4	41,3	31,4	76,4	58,1
престиж	18,4	14,5	15,2	17,1	46,1	0

Препарат престиж, обладающий фунгицидными свойствами, не способствовал увеличению численности грибов и показал одинаковые результаты с контролем (табл.1).

По методикам [14,15] рассчитан коэффициент трансформации органического вещества – Пм, который показывает направленность микробиологической трансформации органических остатков в ризосфере в сторону минерализации или в сторону синтеза гумусовых веществ, то есть преобладания иммобилизационных процессов в ризосфере растений картофеля.

Наиболее высокие значения коэффициента трансформации органического вещества – Пм были получены в вариантах обработки клубней картофеля гуматом калия и ризоагрином – 72,2 и 58,0 соответственно. Следовательно, в ризосфере картофеля при использовании этих препаратов преобладают иммобилизационные процессы. Азот несимбиотической азотфиксации остается в ризосфере, улучшая питание микроорганизмов и закрепляясь в органическом веществе. Использование для инокуляции клубней картофеля препаратов азоризин и агробиионов, практически не повлияло на величину коэффициента трансформации органического вещества.

При применении микробных препаратов на картофеле для предпосевной обработки клубней были получены прибавки урожая: от 1,4 т/га до максимальной в варианте с гуматом калия – 7,6 т/га или до 30% к контролю.

Таблица 2. Влияние предпосадочной обработки клубней картофеля препаратами комплексного действия на интенсивность микробиологических процессов в ризосфере (2016-2017 гг.)

Вариант	Коэффициенты		
	минерализации (КАА/МПА)	иммобилизации (МПА/КАА)	трансформации органического вещества (Пм)
контроль	1,3	0,75	34,1
азоризин	1,1	0,89	33,5
ризоагрин	1,3	0,77	58,0
гумат калия	1,1	0,94	72,2
мивал-Агро	1,1	0,9	41,0
агробиионов	1,01	0,98	35,5
престиж	1,3	0,8	42,8

Видимо, на величину прибавки урожая положительно повлиял и калий, содержащийся в препарате, поскольку картофель относится к культурам с повышенными требованиями к содержанию калия. Биостимулятор мивал-Агро повысил урожайность на 4,7 т/га (18%) относительно контроля. На таком же уровне оказалась прибавка урожайности картофеля при обработке химическим препаратом престиж. Анализ структуры урожая свидетельствует об увеличении среднего веса клубня и количества клубней в кусте, увеличилась так же продуктивность и товарность урожая от применения биопрепаратов. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о существовании определенной зависимости урожайности от количества полезной микрофлоры в ризосфере на посадках картофеля.

Таблица 3 – Влияние биопрепаратов на продуктивность и урожайность картофеля, сорт Алена

Вариант	Средний вес 1-го клубня, г	Количество клубней, шт./куст	Продуктивность, г/куст	Урожайность, т/га	Прибавка т/га
контроль	89	6,6	655	25,4	-
мивал-Агро	92	8,0	772	30,1	4,7
гумат калия	110	7,4	820	33,0	7,6
азоризин	90	7,4	670	27,0	1,6
ризоагрин	78	8,2	690	26,8	1,4
агробинонов	96	7,8	750	28,5	3,1
престиж	103	7,5	770	30,8	5,4
НСР 05	9,8	0,65	75	2,62	

Таким образом, инокуляция клубней картофеля препаратами комплексного действия (гумат калия, мивал-агро престиж) позволила увеличить урожайность картофеля на 4,7-7,6 т/га или 18-30%. В условиях 2016 гг. биопрепараты способствовали повышению устойчивости картофеля к засухе, о чем свидетельствуют полученные прибавки урожая от 0,5 до 5,8 т/га.

Клубневой анализ, проведенный после уборки опытного участка показал, что применение бактериальных препаратов оказывает не только стимулирующее воздействие на растения, но и используется в качестве средства биологической борьбы с грибными заболеваниями. Обработка клубней биопрепаратами снизила пораженность наиболее распространенными в регионе болезнями: ризоктониозом (*Rhizoctoniasolani*), паршой обыкновенной (*Streptomycescabies*), фитофторозом (*Phytophthorainfestans*). В таблице 4 представлены результаты оценки клубней по степени зараженности клубней распространенными в регионе болезнями. Установлено, что бактериализация клубней биопрепаратами на основе штаммов бактерий в 1,2-1,5 раза снижает пораженность клубней ризоктониозом. На клубнях, обработанных биопрепаратами, склероции ризоктонии занимали до 1/10 поверхности клубня. Степень поражения клубней менялась также и в зависимости от устойчивости сорта к патогену. Пораженность ризоктониозом в годы исследований снизилась с 1,5% до 0,5%. Наиболее эффективно было применение химического препарата Престиж – поражение ризоктониозом сократилось до 0,53%, что в 2 раза ниже контроля. Высокая эффективность отмечалась также от применения стимулятора роста растений азоризин.

Таблица 4. Пораженность клубней картофеля в зависимости от предпосевной обработки препаратами комплексного действия (среднее за 2016-2017 гг.), %.

Вариант	Количество пораженных клубней болезнями, %		
	ризоктониозом	паршой обыкновенной	фитофторозом
контроль	1,54	2,18	0,93
мивал-Агро	0,92	1,83	0
Гумат калия	0,98	1,45	0
азоризин	0,65	0,65	0
ризоагрин	1,02	1,08	0,2
агробино-нов	1,42	1,68	0,72
престиж	0,53	0,58	0,15

Исследования показали, что заболеваемость клубней картофеля паршой обыкновенной после предпосевной инокуляции биопрепаратами снизилась в 2 и более раз. В наибольшей степени, по сравнению с контролем без обработки, уменьшилось количество пораженных паршой клубней картофеля при обработке химическим препаратом престиж, а также биопрепаратами ризоагрин и азоризин.

Использование биопрепаратов ризоагрин, азоризин позволило снизить или исключить совсем заболеваемость фитофторозом, что оказалось сопоставимо по эффективности действия химического препарата престиж. Кремнийсодержащий препарат мивал-агро показал высокую результативность в профилактике фитофтороза. В 2016 году не отмечалось проявления симптомов распространения фитофтороза на ботве и клубнях картофеля, что связано с более засушливыми условиями вегетационного периода. В 2017 году дождливая погода в августе благоприятствовала распространению фитофтороза на стеблях и листьях, при этом поражение клубней отмечалось только на контроле, а наиболее низкой эффективностью на снижение поражения фитофторозом обладал углеродный препарат агробиионов (табл. 4).

Аналогичные результаты по снижению пораженности клубней картофеля ризоктониозом, паршой обыкновенной получены в исследованиях болгарских ученых при обработке природными биопрепаратами хитозаном, вытяжкой грейпфрута, маслом цитрусовых [19-21].

Используемые в наших исследованиях препараты повышали товарность картофеля на 4,4-6,6% к контролю, что согласуется с ранее проведенными исследованиями [8].

Установлена средняя корреляционная зависимость между общей численностью микроорганизмов в вариантах опыта и урожайностью картофеля  $r = 0,40$ . Более тесная связь  $r = 0,57$  была обнаружена между численностью бактерий, разлагающих органические азотсодержащие соединения на среде МПА (в том числе аммонификаторов) и урожайностью картофеля, что, видимо, связано с режимом азотного питания культуры, поскольку аммоний в черноземных почвах Западной Сибири, по мнению академика Гамзикова Г.П., быстро нитрифицируется [22].

Таким образом, наибольшее стимулирующее влияние на общее количество микроорганизмов в ризосфере картофеля оказали препараты мивал-агро, мизорин, престиж. Между общей численностью в ризосфере картофеля, а также численностью бактерий на МПА, разлагающих органические азотсодержащие соединения, и урожайностью установлена зависимость средней степени,  $r = 0,40$  и  $0,57$ , соответственно.

Судя по соотношению групп микроорганизмов КАА/МПА, МПА/КАА и коэффициенту трансформации органического вещества  $P_m$  в ризосфере картофеля преобладали иммобилизационные процессы, которые особенно усилились при обработке клубней препаратами мизорин, мивал-агро, престиж.

Применение препаратов комплексного действия, в том числе микробных, для инокуляции клубней картофеля способствовало повышению урожайности культуры от 0,3 до 7,9 т/га, снижению поражения ризоктониозом в 1,2-3,9 раза, паршой обыкновенной в 2 и более раз, фитофторозом – сопоставимо с действием химического препарата престиж.

Используемые препараты увеличили товарность картофеля от 90 до 96%, на 4,4-6,6% относительно контрольного варианта.

В засушливых условиях биопрепараты повышали стрессоустойчивость растений картофеля, а во влажных условиях снижали распространение грибных болезней.

## Литература

1. Омелянский В.Л. Связывание атмосферного азота почвенными микробами. Избранные труды. М., 1953. Т.1. 175-322.
2. Кудеяров В.Н., Башкин В.Н., Кудеярова А.Ю., Бочкарев А.Н. Экологические проблемы применения минеральных удобрений. М. 1984.
3. Алферов А.А., Чернова Л.С., Завалин А.А., Чеботарь В.К. Эффективность применения эндофитных биопрепаратов и азотного удобрения. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 5. С. 21-24.
4. Алферов А.А., Чернова Л.С., Шмырева Н.Я., Завалин А.А. Оценка эффективности действия азотного удобрения при использовании ризоагрина на яровой пшенице. Плодородие, 2016, 6: 4-7.
5. Белимов А.А. Взаимодействие ассоциативных бактерий и растений в зависимости от биотических и абиотических факторов. Автореф. докт. дис. СПб., 2008.
6. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М., 2005.
7. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Применение микробиологических препаратов – обязательный элемент интенсивных технологий в картофелеводстве. Картофель и овощи. 2011. № 8. С. 18.
8. Кокорина А.А., Кожемяков А.П. Бобово-ризобиальный симбиоз и применение микробиологических препаратов комплексного действия – важный резерв повышения продуктивности пашни: Лекция. СПб., 2010.
9. Хамова О.Ф., Черемисин А.И., Дергачева Н.В. Эффективность применения биопрепаратов комплексного действия при возделывании сортов картофеля в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Агрехимия, 2016, 9: 33-38.
10. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. пер. с венг. И.Ф. Куренного. М., 1983.
11. Агрехимические методы исследования почв. М., 1975.
12. Симаков Е.А., Складарова Н.П., Яшина И.М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М., 2006.
13. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М., 1979.
14. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов. В сб. Харьков, 1980. Т. 237: 13-18.
15. Коробова Л.Н., Танатова А.В., Ферапонтова С.А., Шинделов А.А. Научно-методические рекомендации по использованию микробиологических показателей для оценки состояния пахотных почв в Сибири. Новосибирск, 2013.
16. Доспехов Б.М. Методика полевого опыта М., 1985.
17. Шулико Н.Н. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические и биологические свойства чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя в южной лесостепи Западной Сибири. Автореф. канд. дис. Новосибирск, 2017.
18. Куликова А.Х., Козлов А.В., Смывалов В.С. Влияние кремнийсодержащих материалов на свойства почвы, состояние посевов и урожайность зерновых культур в условиях среднего Поволжья. Агрехимия, 2019, 4: 60-69.
19. Kurzawinska H., Mazur S. Biological control of potato against *Rhizoctoniasolani* (Kuhn). *SodininkysteirDarzininkyste*, 2008, 27 (2): 419-425 (Lt).
20. Kurzawinska H., Mazur S. The effect of bio-preparations on the infestation of by *Streptomyces* spp. *Folia Horticulture*, 2008, 20 (2): 103-110 (Pl).
21. Mazur S., Kurzawinska H., Nawrocki J., Nadziakiewicz M. Natural agents limiting diseases on potato tuber peel. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2016, 22 (3): 458-464.
22. Гамзиков Г.П. Агрехимия азота в агроценозах. Новосибирск, 2013.