

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ РИЗОСФЕРЫ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

*А.И. Черемисин, к.с.-х.н., О.Ф. Хамова, к.б.н., Н.Н. Шулико, к.с.-х.н.,
Е.В. Тукмачева, к.б.н., ФГБНУ «Омский АНЦ»
644012, Россия, г. Омск, пр-т Королева, 26, shuliko-n@mail.ru*

Установлено, что применение биопрепаратов оказывало положительное влияние на количество агрономически важных групп микроорганизмов. Общая (суммарная) численность микроорганизмов ризосферы в вариантах с инокуляцией клубней картофеля превосходила контроль в 2 и более раз. При применении биопрепаратов численность бактерий-сапрофитов выросла на 48-93%, бактерий-иммобилизаторов подвижного азота – на 78-146,5, олигонитрофилов на 72,6-188,5, фосфатмобилизирующих на 15-82% в сравнении с контролем. Прибавки урожая составили от 1,0 до 11,1% у сорта Алена и до 25,0% у сорта Хозяюшка. Наибольшей эффективностью на испытанных сортах картофеля отличались препараты мизорин и ПГ-5. Урожайность картофеля в варианте ПГ-5 сорта Хозяюшка составила 29,5 т/га. Между некоторыми показателями почвенного плодородия и метеоусловиями лет исследований получены тесные корреляционные зависимости: с бактериями-сапрофитами ($r=0,89$), фосфатмобилизирующими микроорганизмами ($r=0,85$), нитрификаторами ($r=0,82$), общей численностью микроорганизмов в ризосфере картофеля ($r=0,87$).

Ключевые слова: биологическая активность, биопрепараты, картофель, урожайность.

Для цитирования: Черемисин А.И., Хамова О.Ф., Шулико Н.Н., Тукмачева Е.В. Влияние биопрепаратов комплексного действия на биологическую активность ризосферы и урожайность картофеля// Плодородие. – 2021. – №6. – С. 66-68. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.18

Картофель – одна из культур массового потребления с высоким уровнем производства, как в частном секторе, так и сельскохозяйственными объединениями. Клубни картофеля – важнейший продукт питания, что обусловлено оптимальным соотношением в них органических и минеральных веществ, необходимых человеку. Они содержат в среднем 75-80% воды и до 25% сухих веществ, из них 14-22% приходится на крахмал, 1,4-3,0 – на легкоусвояемые белки, 0,2-0,3% – на жиры [9].

При современной высокой стоимости минеральных удобрений актуальным и экономичным агроприемом является обеспечение картофеля необходимыми элементами питания за счёт биопрепаратов и удобрений, в частности, на основе азотфиксирующих микроорганизмов [1-3, 12, 15]. Для этих целей наиболее выгодно использовать бактериальные удобрения, позволяющие регулировать питание растений и получать экологически безопасную продукцию более высокого качества, чем на основе агрохимикатов [4].

Микробиологические препараты известны давно, однако зачастую их эффективность была нестабильной, отчего они не играли значимой роли в сельскохозяйственном производстве. Однако накопленные фундаментальные знания в этой области на рубеже XX и XXI в. позволили преодолеть имеющиеся недостатки и предложить принципиально новые подходы к оптимизации микробно-растительного взаимодействия, основанные на интеграции генетических систем микроорганизмов и растений [13]. Биопрепараты обладают комплексным положительным воздействием на сельскохозяйственные растения – фунгицидными, инсектицидными и стимулирующими свойствами, не оказывают токсического влияния на почву и растения [7, 8, 16].

Цель исследований – изучить влияние биопрепаратов на основе ассоциативных diaзотрофов на численность микроорганизмов в ризосфере картофеля, его урожайность, а также антифунгальные свойства по снижению заболеваемости культуры.

Методика. Для инокуляции клубней картофеля использовали биопрепараты ассоциативных diaзотрофов производства ВНИИСХМ (г. Пушкин) – флавобактерин, мизорин, штаммы ПГ-5, МФ-1, 17-1.

Технология возделывания картофеля общепринятая в южной лесостепной зоне Омской области: основная обработка – 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 двурядной копалкой с ручным подбором клубней. Площадь делянки 30 м², учетная – 15 м², повторность 4-кратная. Клубни после инокуляции биопрепаратами высаживали на фонах с внесением минеральных удобрений: 30-40 кг д.в/га аммиачной селитры и аммофоса, 100 кг д.в/га калийных удобрений, в соответствии с методическими рекомендациями ВНИИСХМ [5].

Почва – лугово-черноземная среднесиловатая тяжело-суглинистая. Реакция среды – нейтральная, содержание гумуса – 6,5% (по Тюрину), обеспеченность подвижным фосфором средняя – 100-130 мг/кг, подвижным калием высокая – 300-350 мг/кг (по Чирикову) [6].

В опытах 2019-2020 г. высаживали раннеспелый сорт картофеля Алена и среднеспелый Хозяюшка. Учет болезней проводили по методике ВНИИКСХ [10].

Численность микроорганизмов в ризосфере картофеля определяли на твердых питательных средах: МПА (мясопептонный агар) для бактерий, утилизирующих органические соединения азота, в том числе аммонификаторов; КАА (крахмалоаммиачный агар) для микроорганизмов, потребляющих азот в минеральной форме; среда Мишустинской – для олигонитрофилов; среда Муромцева-Геррета – для фосфатмобилизирующих бактерий, целлюлозоразрушающих микроорганизмов учитывали на среде Гетчинсона, нитрификаторы – на водном выщелоченном агаре с добавлением двойной аммонийно-магниевой соли

фосфорной кислоты, грибы – на среде Чапека с добавлением молочной кислоты [11].

Погодные условия 2019 г. по общему количеству осадков за май-сентябрь и летним температурам были в основном на уровне среднесезонных значений. ГТК за май-август составил 0,99 при норме 1,01. В июне количество осадков превысило норму на 40%, что помогло растениям пережить засуху во 2-3-й декадах июня. Средняя температура вегетационного периода составила 16,5 °С при норме 16,7 °С, а сумма осадков за май-август – 93,7% от нормы.

Вегетационный период 2020 г. характеризовался дефицитом влаги в июле (65% от нормы) и превышением среднесезонных значений температуры в июне-июле на 1,6-2,4 °С. ГТК за май-август составил 0,7, что характеризует засушливость вегетационного периода.

Различия периодов вегетации растений 2019 и 2020 г. по увлажнению обусловили разницу в численности определяемых групп почвенных микроорганизмов по годам и урожайности культуры.

Результаты и их обсуждение. Вегетационный период 2019 г. был благоприятным для возделывания картофеля. Общая (суммарная) численность микроорганизмов ризосферы в вариантах с инокуляцией клубней картофеля превосходила контроль в 2 и более раз. В невысокой степени на 29% увеличилось общее количество микрофлоры ризосферы под влиянием биопрепарата ПГ-5 на основе *Pseudomonas*.

Среди определяемых групп микроорганизмов численность бактерий-сапрофитов на МПА выросла на 48-93%, микробов на КАА – на 78-146,5, олигонитрофилов – на 72,6-188,5%, фосфатмобилизирующих от 15 до 82% в сравнении с контролем (табл. 1).

1. Влияние инокуляции клубней картофеля (сорт Алена) биопрепаратами на численность микроорганизмов ризосферы и урожайность культуры (2019 г.)

Вариант	Бактерии на МПА, млн	Микроорганизмы на КАА, млн	Олигонитрофилы, млн	Фосфатмобилизирующие, млн	Целлюлозоразлагающие, млн	Нитрификаторы, тыс.	Грибы, тыс.	Общее количество микроорганизмов, млн	Урожайность картофеля, т/га
	КОЕ/г								
Контроль	22,2	8,6	55,9	61,1	203,6	3,9	15,6	148,0	22,4
Ризоагрин	27,8	9,7	70,9	42,6	59,6	2,3	6,6	151,0	29,3
Гуми-20	32,8	18,1	161,3	87,9	180,6	3,4	9,5	300,3	-
Шт. 17-1	42,8	17,1	146,2	110,9	178,0	2,3	9,4	317,2	30,5
Шт. ПГ-5	38,0	17,5	96,5	38,4	85,0	3,5	8,5	190,5	29,8
Шт. 2П-9	42,5	21,2	108,6	70,1	106,0	3,2	10,7	348,3	-
Шт. Кл-10	33,3	15,3	154,6	107,8	148,6	2,5	9,6	311,2	-
НСП ₀₅	7,1	3,6	61,3	32,5	52,5	1,5	5,9	134,0	2,05

Положительным моментом инокуляции было уменьшение на 40-46% численности почвенных микроскопических грибов в ризосфере культуры. Среди этой группы микробов встречаются возбудители различных заболеваний картофеля, следовательно, снижается риск возникновения болезней культуры. Ранее проведенными исследованиями установлено уменьшение количества заболеваний клубней картофеля паршой обыкновенной в 2 и более раз. Даже в переувлажненные годы на обработанных биопрепаратами вариантах практически не проявлялось поражение картофеля фитофторозом. Высокой эффективностью по снижению болезней картофеля обладают биопрепараты мизорин и ризоагрин, соответственно, на 0,65 и 0,92% [14].

При использовании микробных препаратов для инокуляции картофеля в 2019 г. были получены прибавки урожая клубней 6,9-8,1 т/га. Наибольшей эффективностью в условиях 2019 г. обладал биопрепарат на основе

штамма 17-1. Прибавка урожая клубней в сравнении с контролем равна 8,1 т/га.

В 2020 г. ГТК за май-август составил 0,70, что характеризует засушливость летнего периода. Отбор почвенных проб совпал с июньской и июльской засухой. В этой связи общая численность определяемых групп микроорганизмов в ризосфере культуры была низкой – 33-55 млн КОЕ/г, практически на уровне контроля – 45,3 млн КОЕ/г и на порядок меньше, чем в 2019 г. Однако, снижение количества грибов в вариантах с применением инокулянтов, как и в 2019 г., было значительным – от 49 до 71% к контролю. В засушливых условиях лета 2020 г. в вариантах с биопрепаратами количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов увеличилось до 71% в сравнении с контролем (табл. 2). Это связано, возможно, с низким потреблением азота нитратов растениями картофеля в условиях засухи, что приводит к сужению соотношения C:N в почве и к активации целлюлозоразрушающих микроорганизмов.

2. Численность микроорганизмов в ризосфере картофеля сорта Алена при предпосадочной инокуляции клубней (2020 г.), КОЕ/г

Вариант	Бактерии на МПА	Микроорганизмы на КАА	Олигонитрофилы	Фосфатмобилизирующие	Целлюлозоразлагающие	Нитрификаторы	Грибы	Общее количество микроорганизмов
	млн. КОЕ/г							
Контроль	14,2	7,6	14,1	9,3	55,3	1,9	25,3	45,3
Флавобактерин	8,3	5,5	13,0	6,6	81,0	1,69	7,2	33,5
Мизорин	13,0	6,0	9,0	6,8	77,7	1,88	8,0	35,7
Шт. 17-1	16,0	8,2	17,4	13,5	94,5	1,74	12,9	55,2
Шт. ПГ-5	12,3	6,4	15,8	9,6	80,0	1,16	9,2	44,2
Шт. МФ-1	12,8	9,3	12,5	6,7	60,9	1,58	8,4	41,4
НСП ₀₅	3,3	5,2	$F_{\text{в}} < F_{05}$		39,0	0,91	8,1	8,5

По мнению [4], «всякое биологическое расщепление клетчатки сопровождается усвоением подвижных форм азота целлюлозоразрушающими микроорганизмами, и поэтому внесение нитратов стимулирует процесс разложения целлюлозы в почвах».

Вследствие засухи в 2020 г. урожайность раннеспелого сорта Алена колебалась в пределах 19,8-22,0 т/га, прибавка от применения биопрепаратов – 0,2-2,2 т/га. В опыте со среднеспелым сортом Хозяюшка, развитие которого в большей степени совпало с выпадением

осадков, прибавка от инокуляции клубней биопрепаратами мизорин, ПГ-5 составила 5,6-5,9 т/га (табл. 3).

3. Влияние биопрепаратов на урожайность сортов картофеля, 2020 г.

Биопрепарат	Алена			Хозяюшка		
	Урожайность, т/га	Прибавки		Урожайность, т/га	Прибавки	
		т/га	% к контролю		т/га	% к контролю
Контроль	19,8	-	-	23,6	-	-
Флавобактерин	22,0	2,2	11,1	23,6	0	0
Мизорин	20,5	0,7	3,5	28,0	5,6	23,7
Шт. 17-1	22,0	2,2	11,1	28,1	4,5	19,1
Шт. ПГ-5	21,4	1,6	8,1	29,5	5,9	25,0
Шт. МФ-1	20,0	0,2	1,0	27,2	3,6	15,3
НСР ₀₅	1,8	-	-	2,2	-	-

Между численностью микроорганизмов в ризосфере картофеля, влияющих на обеспеченность культуры элементами питания и ГТК периодов вегетации лет исследований были просчитаны коэффициенты корреляции. Наиболее тесные корреляционные зависимости получены при сопоставлении условий выращивания и численности бактерий-сапрофитов на МПА, разлагающих органические азотсодержащие соединения ($r=0,89$), фосфатмобилизирующих микроорганизмов ($r=0,85$), нитрификаторов ($r=0,82$), а также суммарного общего количества определяемых групп микроорганизмов в ризосфере картофеля ($r=0,87$). Между влажностью почвы ризосферы и отдельными группами микроорганизмов установлена связь средней степени $r=0,42-0,54$ (почвенные грибы, бактерии на МПА, микроорганизмы на КАА, олигонитрофилы, фосфатмобилизирующие).

Заключение. Результаты исследований показали, что:

- на численность микроорганизмов в ризосфере картофеля в 2019-2020 г. значительное влияние оказали три фактора: погодные условия вегетационных периодов, контрастных по увлажнению, вид биопрепарата, сорт картофеля;
- эти же факторы в разной степени определили урожайность возделываемой культуры;

UDC 635.21:631.524(571.13)

INFLUENCE OF THE USE OF BIOLOGICAL PRODUCTS OF COMPLEX ACTION ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE POTATO RHIZOSPHERE

Cheremisin A.I., PhD of agricultural sc., Khamova O.F., PhD of biological sc., Shuliko N.N., PhD of agricultural sc., Tukmacheva E.V., PhD of biological sc.
 FSBT Omsk agricultural research center, 644012, Russia, Omsk, Pr. Korolev's 26, e-mail: shuliko-n@mail.ru

It was found that the use of biological products had a positive effect on the number of agronomically important groups of microorganisms. The total number of rhizosphere microorganisms in variants with potato tubers inoculation exceeded the control by two or more times. When using biological products, the number of bacteria – saprophytes increased by 48-93%, bacteria-immobilizers of mobile nitrogen by 78-146.5%, oligonitrophils by 72.6-188.5%, phosphate-mobilizing from 15 to 82% in comparison with the control. The increase in yield ranged from 1.0 to 11.1% for the Alena variety and up to 25.0% for the Khozyayushka variety. The drugs Mizorin and PG-5 were most effective on the tested potato varieties. The yield of potatoes in the variant PG-5 of the Khozyayushka litter was 29.5 t/ha. Close correlations were obtained between some indicators of soil fertility and the meteorological conditions of the years of research, with saprophytic bacteria ($r = 0.89$), phosphate-mobilizing microorganisms ($r = 0.85$), nitrifiers ($r = 0.82$), the total number of microorganisms in the rhizosphere, potatoes ($r = 0.87$).

Key words: biological activity, biological products, potatoes, productivity.

- применение биопрепаратов ассоциативной азотфиксации положительно повлияло на фитосанитарную обстановку в почве под посевом картофеля.

Литература

1. Белимов А.А. Взаимодействие ассоциативных бактерий и растений в зависимости от биотических и абиотических факторов / А.А. Белимов. – Германия: Palmarium (Saarbrücken), 2012. – 221 с.
2. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. – М.: Изд-во ВНИИА, 2005. – 302 с.
3. Наплекова Н.Н. Бак-Сиб – микробиологические препараты нового поколения, ЭМ-Биотехнология природного земледелия / Н.Н. Наплекова, М.С. Нерсисян. – Новосибирск: ЭМ-Биотех, 2005. – 32 с.
4. Наплекова Н.Н. Аэробное разложение целлюлозы микроорганизмами в почвах Западной Сибири / Н.Н. Наплекова. – Новосибирск: Наука, 1974. – 250 с.
5. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия / Под ред. А.А. Завалина, А.П. Кожемякова. – СПб: Химиздат, 2010. – 64 с.
6. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований / А.С. Пискунов. – М.: Колос, 2004. – 312 с.
7. Семькин В.А. Перспективы применения ЭМ-технологий на картофеле в Центральном Черноземье / В.А. Семькин, Э.В. Засорина, М.В. Стародубцева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №1. – С. 70-73.
8. Симаков Е.А. и др. Картофель России: ресурсы и ситуация на рынке // Картофель и овощи. – 2013. – № 3. – С. 23-23.
9. Симаков Е.А. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / Е.А. Симаков, Н.П. Склярова, И.М. Яшина // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – 70 с.
10. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
11. Тихонович И.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего / И.А. Тихонович, Н.А. Проворов. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2009. – 210 с.
12. Тихонович И.А. Интеграция генетических систем растений и микроорганизмов при симбиозе / И.А. Тихонович, А.Ю. Борисов и др. // Успехи современной биологии. – 2005. – № 3. – С. 227-238.
13. Хамова О.Ф. Эффективность применения биопрепаратов комплексного действия при возделывании сортов картофеля в условиях южной лесостепи Западной Сибири / О.Ф. Хамова, А.И. Черемисин, Н.В. Дергачева // Агрохимия. -2016.- №9. – С. 33-38.
14. Чеботарь В.К. Микробные препараты на основе эндофитных и ризобактерий, которые перспективны для повышения продуктивности и эффективности использования минеральных удобрений у ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и овощных культур / В.К. Чеботарь, А.Н. Заплаткин, А.В. Щербаков и др. // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 3. – С. 335-342.