

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Воронкова Н. А., Черемисин А. И., Хамова О. Ф.

Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии, Омск, Россия (644012, Омск, пр. Королева, 26), e-mail: voronkova.67@bk.ru

Исследованиями в длительном стационарном и многофакторных краткосрочных опытах на чернозёмной почве южной лесостепи Западной Сибири установлено, что вовлечение в круговорот биологического азота, за счет применения бактериальных препаратов симбиотической и ассоциативной азотфиксации, повышает урожайность сельскохозяйственных культур и поддерживает экологическую безопасность агроценозов. Из зернобобовых культур (соя и горох), наиболее отзывчива на применение биопрепарата ризоторфин – соя (прибавка составила – 0,35 т/га семян или 27 %). На удобренных фосфором фонах (P₆₀) отзывчивость на инокуляцию у сои и гороха возрастала, урожайность культур увеличилась на 35 и 16 % соответственно. Эффективность инокуляции зерновых культур (пшеница и овес) ассоциативными азотфиксаторами определялась содержанием биогенных элементов в почве. На фоне внесения минеральных удобрений (N₃₀P₆₀) урожайность культур от инокуляции увеличилась на 10–15 %, при этом агрономическая окупаемость удобрений повысилась в 1,5–2 раза. Фунгистатическое действие биопрепаратов на картофеле проявлялось в течение всей вегетации, пораженность клубней паршой обыкновенной снижалась в 3–4 раза, при этом урожайность картофеля увеличилась на 21–32 %. Применение биопрепаратов активизирует и повышает численность микроорганизмов в почве на 41 %.

Ключевые слова: биопрепараты, симбиотические и ассоциативные микроорганизмы, инокуляция, урожайность, сельскохозяйственные культуры, биологическая активность почвы, эффективность.

AGROECOLOGICAL ASPECTS OF BACTERIAL FERTILIZERS APPLICATION ON CHERNOZEM SOILS OF WESTERN SIBERIA

Voronkova N. A., Cheremisin A. I., Khamova O. F.

State Scientific Establishment Siberian Research Institute of Agriculture, Siberian Branch of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Omsk, Russia (644012, Omsk, Koroleva, 26), e-mail: voronkova.67@bk.ru

In long-term stationary and multiple short-term experiments on the chernozem soil of the southern forest-steppe in Western Siberia it is established that involvement biological nitrogen of bacterial preparations with symbiotic and associative nitrogen fixation in the natural nitrogen cycle increased of agricultural crops yield and supported the ecological safety of agrocenoses. Amongst legumes (soybeans and peas), the most responsive to the application of biological preparation “rizotorfin” was soybeans (the increase was – 0.35 t / ha of seeds or 27 %). With phosphorus fertilize (P₆₀), responsiveness to inoculation of soybean and peas increased, yield crops had grown by 35 and 16 %, respectively. The effectiveness associative nitrogen-fixing bacteria inoculation of the cereals (wheat and oats) was determined by the content of nutrients in the soil. In combine variants with mineral fertilizers (N₃₀P₆₀) and inoculation yield crop was increased by 10–15 %, while the agronomic return of fertilizers increased by 1.5–2 times. Fungistatic action of the bacterial preparations in potatoes was shown throughout the growing season; development of common scab on tubers was reduced by 3–4 times with increasing of potatoes yields by 21–32 %. The use of bacterial preparations activated the soil microorganisms and increased their total quantity by 41 %.

Keywords: bacterial preparations, symbiotic and associative microorganisms, inoculation, yield crops, soil biological activity, effectiveness.

Введение

В агропромышленном секторе экономики многих стран мира к концу XX века одним из рациональных путей развития является внедрение в практику землепользования биотехнологий, сокращение или замена средств химизации биологическими препаратами [3, 4, 8 и др.]. На сегодняшний день сельскохозяйственная микробиология предлагает достаточно большой спектр биопрепаратов, которые используются для повышения почвенного плодородия.

дия, продуктивности культурных растений и качества урожая, защиты их от фитопатогенной микрофлоры и вредителей, снижения норм внесения минеральных удобрений и пестицидов [5, 6]. Интерес к микробиологическим препаратам обусловлен еще и изменением подхода к проблеме выращивания безопасной сельскохозяйственной продукции и постепенной переориентации АПК на экологически ориентированное землепользование.

Особую актуальность в этой связи имеют исследования по изучению эффективности бактериальных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на черноземных почвах Западной Сибири.

Методика исследований

Исследования проводились в стационарном опыте на основе шестипольного зерно-травяного севооборота и краткосрочных многофакторных опытах на полях ОПХ “Омское”, расположенного в южной лесостепи Западной Сибири. Чередование культур в зерно-травяном севообороте: люцерна 3-х лет использования – пшеница – пшеница - овес. Севооборот развернут во времени и в пространстве. Для закладки опыта с картофелем использовали исходные растения, полученные в пробирочной культуре, в лаборатории семеноводства картофеля СибНИИСХ.

Почва опытного участка – чернозем, выщелоченный, среднemocный, тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 6,4–6,6 % (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия 111–128 мг/кг и 250–320 мг/кг почвы (по Чирикову) соответственно.

Предпосевную обработку семян сои, гороха проводили биопрепаратом – ризоторфин, пшеницы – агрофилом, овса – мобилином, клубней картофеля – мизорином, флавобактерином и ПГ-5, производитель ВНИИСХМ (г. Санкт-Петербург). Для инокуляции семян использовались рекомендованные дозы биоудобрений на гектарную норму высева и посадки картофеля.

В опыте придерживались рекомендованной для зоны агротехники. Высевали сорта культур, районированные в зоне: пшеница Памяти Азиева, соя СибНИИК-315, овес Орион, горох Омский 9, Демос и Благовест, картофель Алена.

Учет поражения картофеля болезнями проводился во время вегетации по ботве и клубням по общепринятой методике [1].

Результаты исследований обработаны статистическим методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (1985) [2].

Результаты исследований и их обсуждение

Важное значение в повышении урожайности и азотфиксирующей способности бобовых культур имеет инокуляция семян препаратами, содержащими клубеньковые бактерии. Активное функционирование бобово-ризобияльного симбиоза, по мнению Е. Н. Мишустина

Н. И. Черепкова (1979) [5], обеспечивается в результате оптимизации условий минерального питания симбионта. Инокуляция семян сои ризоторфином увеличила урожайность культуры на 0,35 т/га семян, следует отметить, что при улучшении условий фосфорного питания сои, за счёт внесения фосфорных удобрений в дозе 60 кг д.в./га, эффективность данного приёма увеличивается (0,46 т/га семян). Суммарная прибавка при комплексном применении биопрепарата и P₆₀ была на уровне 0,77 т/га, что на 58 % выше в сравнении с вариантом без удобрений, окупаемость минеральных удобрений при этом возросла на 76 %. Урожайность семян сои на фоне внесения «стартовой» дозы азотных удобрений N₃₀ существенно не изменилась. Применение бактериализации семян сои обусловило появление на ее корнях жизнеспособных клубеньков. Установлено стабильное положительное влияние уровня фосфорного питания на образование клубеньков на корнях сои.

В результате исследований установлено, что по отзывчивости на применение ризоторфина горох значительно уступает сое. На естественном фоне плодородия инокуляция не обеспечила достоверного увеличения урожайности гороха (табл. 1), только на фоне внесения фосфорных удобрений (P₆₀) прибавка от инокуляции составила 0,19–0,39 т/га зерна, причем наибольшая отзывчивость на бактериализацию наблюдалась у сорта Благовест, урожайность увеличилась на 16 %, в сравнении с вариантом без инокуляции.

Таблица 1. Влияние минеральных и бактериальных удобрений на урожайность гороха, т/га (2006–2008 гг.)

Сорт	Удобрения, кг д.в./га	Урожайность		Прибавка
		*И ₀	*И ₁	
Омский 9	Контроль	2,35	2,40	0,05
	N ₃₀	2,51	2,47	-0,04
	P ₆₀	2,45	2,59	0,14
	N ₃₀ P ₆₀	2,47	2,62	0,15
Демос	Контроль	2,26	2,31	0,05
	N ₃₀	2,36	2,39	0,05
	P ₆₀	2,37	2,59	0,22
	N ₃₀ P ₆₀	2,52	2,54	0,02
Благовест	Контроль	2,36	2,43	0,07
	N ₃₀	2,51	2,57	0,06
	P ₆₀	2,56	2,82	0,26
	N ₃₀ P ₆₀	2,56	2,66	0,10
НСР ₀₅ сорта – 0,21 т/га; НСР ₀₅ минеральных удобрений – 0,16 т/га; НСР ₀₅ бактериальных удобрений – 0,18 т/га;				

Примечание: *И₀ – без инокуляции; *И₁ – инокулированные семена.

Интерес к ассоциативной азотфиксации в последнее время объясняется многими причинами, и одна из них – стремление увеличить долю «биологического» азота в урожае бобовых растений.

Согласно современным представлениям ассоциативные diaзотрофы – это микроорга-

низмы, образующие экзоризосферные ассоциации на корнях небобовых растений. М. М. Умаровым (1990) [7] и другими установлено, что азотфиксаторы способны активно размножаться в ризосфере производственных культур, таких как рис, пшеница, ячмень, кукуруза, просо, сорго, рапс, многолетние злаковые травы. Ассоциативные микроорганизмы увеличивают корневые выделения растений и биомассу корней, их поглощающую поверхность и стимулируют поступление в корни NO_3^- , H_2PO_4^- и K^+ [4, 7]. Микроорганизмы способны продуцировать физиологически активные вещества (ауксин, гиббереллин, цитокинин); увеличивать растворимость почвенных фосфатов, ингибировать развитие патогенной микрофлоры через выделение антибиотиков; стимулировать прорастание семян, увеличивать их всхожесть.

Эффективность инокуляции семян зерновых культур ассоциативными азотфиксаторами в большей степени определялась содержанием основных биогенных элементов в почве. На естественном фоне плодородия (содержание: 3,6–5,4 мг $\text{N-NO}_3/\text{кг}$ почвы в слое 0–40 см и 111–128 мг $\text{P}_2\text{O}_5/\text{кг}$ почвы в слое 0–20 см) отмечалась только тенденция увеличения урожайности пшеницы и овса. На удобренном же фоне ($\text{N}_{30}\text{P}_{60}$) применение биопрепаратов мобилин под овес и ризоагрин под пшеницу, высеваемую по обороту пласта многолетних трав, увеличило урожайность культур на 0,23; 0,20 т/га зерна, соответственно. Причем использование биопрепаратов в этой комбинации увеличивает агрономическую окупаемость минеральных удобрений почти в 1,5–2 раза.

Бактеризация семян пшеницы биопрепаратом ризоагрин положительно влияла на микрофлору почвы. Общее количество микроорганизмов в почве на фонах с инокуляцией семян увеличилось (в среднем по фактору) на 20 % (табл. 2). Без применения минеральных удобрений влияние ассоциативных азотфиксаторов на почвенную микрофлору было невелико. Общее количество почвенных микроорганизмов увеличилось лишь на 12 % в сравнении с фоном, где инокуляция не применялась.

Таблица 2. Влияние инокуляции семян пшеницы биопрепаратами ассоциативных азотфиксаторов на численность почвенных микроорганизмов, (2009–2011 гг.)

Вариант	Бактерии на МПА, млн	Фосфатмобилизующие бактерии, млн	Нитрификаторы, тыс.	Грибы, тыс.	Общее количество микроорганизмов, млн	
					клеток	% к контролю
Без инокуляции						
Контроль	25,2	93,7	2,75	38,9	118,9	–
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}$	31,5	98,6	2,50	48,6	130,1	9,4
Инокуляция						
Контроль	35,6	97,2	2,20	43,9	132,9	11,8
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}$	30,3	137,8	2,83	51,3	168,2	41,5

Применение бактериализации семян пшеницы на фоне умеренной дозы минеральных удобрений в наибольшей степени повлияло на биогенность почвы. Количество почвенных микроорганизмов увеличилось на 29 % в сравнении с аналогичным фоном, где инокуляция семян не применялась, и на 41,5 % к контролю.

Положительно воздействуя на биологическую активность почвы, бактериализация семян повышает адаптацию растений к экстремальным условиям среды, в частности, к стрессу, вызываемому дефицитом влаги в почве. Инокуляция растений корневыми diaзотрофами включает ряд защитных механизмов (снижает содержание свободного пролина, восстанавливает фотосинтетическую деятельность растений), тем самым, уменьшая стрессовое воздействие неблагоприятных факторов [3].

Все ризосферные микроорганизмы в большей или меньшей степени обладают фунгицидными или фунгистатическими свойствами против фитопатогенных грибов и бактерий, что благоприятным образом сказывается на физиологическом состоянии и общей продуктивности сельскохозяйственных культур [4, 7].

Современное положение дел в семеноводстве картофеля характеризуется низкой стабильностью фитосанитарного состояния. В условиях Западной Сибири наибольшую опасность представляют ризоктониоз и парша обыкновенная. В отдельные годы болезнь поражает до 50 % всех посадок картофеля. Тем самым наносится значительный вред посадкам картофеля, резко снижается урожайность [1].

Применение биологических препаратов иммунизирующего действия является перспективным направлением системы защиты в производстве оздоровленного семенного картофеля и сохранении его качества от вторичного заражения.

Применение биопрепаратов, таких как мизорин, флавобактерин и ПГ-5, обладающих фунгицидным действием, снижало пораженность клубней паршой обыкновенной в 3–4 раза, причем оздоравливающий эффект от обработки клубней наблюдался в течение всей вегетации, поскольку действующее вещество препарата изолирует клубневую инокулюму и развитие болезни приостанавливается. Проявление парши отмечалось лишь у 0,3–0,5 % клубней и до 1,6 % на фоне без инокуляции (табл. 3).

Таблица 3. Влияние бактериализации клубней на урожайность и пораженность болезнями картофеля сорта Алена, (2007–2008 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Пораженность болезнями, %	
		ризоктониоз	парша обыкновенная
Без удобрений	18,2	19,5	1,6
Мизорин	22,1	18,0	0,3
Флавобактерин	24,0	18,0	0,5
ПГ-5	22,2	20,5	0,3
НСР ₀₅	2,0	1,7	0,1

Развитие ризоктониоза, в отдельные годы, на ростках и стеблях в период бутонизации – цветения достигает 40–50 %, а со стеблей инфекция переходит на столоны и клубни. В период исследований отмечалось увеличение числа клубней, пораженных ризоктониозом, особенно ямчатой формы, вследствие того, что интенсивность поражения прогрессирует в засушливые годы. Обработка клубней штаммами бактерий *Arthrobacter* и *Flavobacterium* снизила пораженность клубней ризоктониозом по отношению к контролю на 8 %. И даже небольшое снижение пораженных клубней, в особенности на площади более 1/8 поверхности клубня, способствовала улучшению фитосанитарного состояния посадок. Установлено, что из изучаемых биопрепаратов только мизорин, флавобактерин снижают заселенность клубней нового урожая склероциями ризоктонии. Использование биопрепаратов позволило увеличить урожайность картофеля на семенные цели на 21–32 %.

Заключение

Симбиотическая и ассоциативная фиксация азота атмосферы – один из перспективных путей обеспечения сельскохозяйственных культур доступным азотом. Вовлечение в круговорот биологического азота экологически безопасно и менее затратно, чем использование минеральных удобрений.

Обработка ризоторфином семян гороха и сои способствовала увеличению урожайности растений от 0,5 до 3,5 ц/га, а также обусловила появление на корнях жизнеспособных клубеньков. Сочетание инокуляции с внесением фосфорных удобрений позволило получить наибольшую прибавку от ризоторфина: по сое – 4,6; по гороху, в зависимости от сорта, от 1,9 до 3,9 ц/га зерна. Применение биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих бактерий на зерновых культурах повысило продуктивность пшеницы на 1,6–2,7; овса на – 2,0–3,1 ц/га зерна.

Бактеризация семян зерновых положительно влияла на биологическую активность почвы: Общая численность определяемых групп микроорганизмов увеличилась (в среднем по фактору) на 20 %, а на фоне умеренной дозы минеральных удобрений – на 41,5 % к контролю.

Инокуляция семян картофеля препаратами мизорин, флавобактерин, ПГ-5 достоверно повышала его урожайность на 3,9–5,8 ц/га к контролю, улучшала фитосанитарное состояние семеноводческих посадок картофеля. Пораженность клубней паршой обыкновенной снизилась в 3–5 раз, ризоктониозом – на 8 % к контролю.

Таким образом, полученные результаты исследований свидетельствуют об эффективности применения препаратов симбиотической и ассоциативной фиксации для производства растениеводческой продукции.

Список литературы

1. Дорожкин Б. Н. Селекция картофеля в Западной Сибири: монография / Б. Н. Дорожкин; Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. отделение, Сиб. научно-исслед. институт сельского хозяйства. – Омск, 2004. – С. 144–148.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
3. Завалин А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А. А. Завалин. – М.: Изд-во ВНИИА, 2005. – 302 с.
4. Инокуляция рапса активными штаммами почвенных diaзотрофов и их мутантами с измененной азотфиксацией / М. М. Умаров [и др.] // Вестник МГУ. – Сер. 17. Почвоведение. – 1990. – № 3. – С. 45–48.
5. Лукин С. А. Азоспириллы и ассоциативная азотфиксация небобовых культур в практике сельского хозяйства / С. А. Лукин, П. А. Кожевин, Д. Г. Звягинцев // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 1. – С. 51–58.
6. Мишустин Е. Н. Роль бобовых культур и свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов в азотном балансе земледелия / Е. Н. Мишустин, Н. И. Черепков // Круговорот и баланс азота в системе почва-удобрение-вода. – М.: Наука, 1979. – С. 9–17.
7. Петров В. Б. Микробиологические препараты в биологизации земледелия России / В. Б. Петров, В. К. Чеботарь, А. Е. Казаков // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – № 10. – С. 12–15.
8. Черников В. А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие / В. А. Черников, Н. З. Милащенко, О. А. Соколов // Устойчивость почв к антропогенному воздействию. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – Кн. 3. – 203 с.

Рецензенты:

Храмцов Иван Федорович, доктор с.-х. наук, профессор, директор ГНУ СибНИИСХ, г. Омск.
Бойко Василий Сергеевич, д. с.-х. наук, заведующий отделом земледелия ГНУ СибНИИСХ, г. Омск.