

УДК 63:576.8

МИКРОБНЫЕ ПРЕПАРАТЫ КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫХ СИСТЕМ

С.Н. ПЕТРОВА, доктор сельскохозяйственных наук

Н.В. ПАРАХИН, академик Россельхозакадемии, ректор

ФГБОУ ВПО Орловский государственный аграрный университет

Ключевые слова: микробиологические препараты, симбиоз, растительно-микробная система.

В результате изучения отечественными и зарубежными учеными растительно-микробных взаимодействий, сельское хозяйство получило возможность применения препаратов биологического действия, которые позволяют не только повышать уровень урожайности сельскохозяйственных культур, но и получать высококачественную экологически безопасную продукцию.

Благодаря открытию азотфиксаторов были созданы микробные удобрения, которые стали использоваться в сельском хозяйстве. Уже в 1895 г. Хаббе и Хилтнер запатентовали препарат микробной культуры Nitragin, выпускавшийся в 17 вариантах для различных растений. В 1907 году в России Л.Т. Будинов начал применять ризоторфин – препарат, представляющий собой торфяной субстрат, смешанный с бактериями рода *Rhizobium* ($5-8 \cdot 10^9$ клеток на 1 г торфа), выращенным на искусственных питательных средах. Во Франции аналогичный препарат называется N-germ, в Чехии – нитразон, в Индии – нитрофикс. Ризоторфин вносят под бобовые путем инокуляции семян. При этом эффект от их применения (на почвах, где бобовые культуры ранее не возделывались) зачастую достигал 50...100%. Это повлекло за собой неуклонный рост научно-исследовательских работ по созданию и применению перспективных микробных препаратов для бобовых и небобовых культур в начале XX в.

Инокуляция ассоциативными diaзотрофными бактериями является одним из перспективных путей решения проблемы азотного питания сельскохозяйственных растений. По данным различных исследователей, применение diaзотрофов значительно повышает урожай небобовых растений – от 5 до 70 %. Так, в различных экологических и почвенно-климатических условиях увеличение урожая при инокуляции эффективными штаммами diaзотрофов (*Azospirillum lipoferum*, *Agrobacterium radiobacter*, *Arthrobacter sp.*, *Flavobacterium*) составляло 10-30 % для злаковых культур, 20-40% для овощных. В ассоциации с кукурузой некоторые diaзотрофы фиксировали 30-90 кг азота/га, а урожай пшеницы возрастал на 2-9 ц/га. Инокуляция сорго, ячменя и озимой пшеницы ассоциациями ризосферных азотфиксирующих бактерий оказывала значительное влияние на продуктивность растений. Урожай сорго увеличивался на 15-30% в зависимости от выбранного сорта, а в растения поступало до 25% азота атмосферы [1, 2, 3].

Ряд исследователей отмечают, что инокуляция сельскохозяйственных растений активными штаммами азотфиксирующих бактерий не только повышает их урожай, но и улучшает качество растительной продукции. Так, содержание белка в зерне пшеницы и крахмала в клубнях картофеля возрастало на 10-20% [4].

В производственных условиях на основе ассоциативных diaзотрофов успешно используются биопрепараты Флавобактерин (*Flavobacterium sp.*), Агрофил, Ризоагрин (*Agrobacterium radiobacter*), Мизорин (*Artroracter mysorens*), Азоризин (*Azospirillum lipoferum*), каждый из которых может быть использован на нескольких группах сельскохозяйственных культур.

Достоверный положительный эффект был получен при испытании микробных препаратов флавобактерина, мизорина, азоризина в опытах с кормовыми, зерновыми и овощными культурами. У кормовых культур возросло содержание белка, каротина, аскорбиновой кислоты, фосфора, калия; в зерне ячменя увеличивалось содержание лизина, а в клубнях картофеля – аминокислот Asp, Lys, Pro, Tyr [5].

Все препараты, так называемой группы «ФАРМАТ», готовят на основе стерильного торфа, вермикулита и жидкой питательной среды. Титр бактерий в зависимости от штамма – 2-10 млрд. клеток в 1 г, который сохраняется в течение 6 месяцев. Оптимальная доза расхода препаратов 300 г на гектарную норму высева (посадки) семян овощных, зеленных, масличных культур, многолетних трав; 600 г – для зерновых и зернобобовых культур и 3000 г – для столовых клубнеплодов [6].

Флавобактерин, Ризоэнтерин и подобные им препараты (Ризоагрин, Азоризин) – не полностью удовлетворяют потребность в азоте, но заменяют 40-60 кг минерального азота, что позволяет сократить дозы внесения удобрений в почву и снизить степень загрязнения нитратами и материальные затраты. В опытах Н.И. Конопки (1999) по сравнению минеральных ($N_{60}P_{60}K_{30}$) и бактериальных удобрений, общие денежные затраты на внесение удобрений составили 61,7 усл.ед./га, затраты труда – 1,2 чел.ч/га,

энергии – 6,5 тыс. МДж/га, а применение бактериальных препаратов соответственно – 2,9-3,7 усл.ед./га, 0,2 чел.ч/га, 150-160 МДж/га.

Эффективность препаратов ассоциативных азотфиксирующих бактерий повышается при их применении на фоне невысоких доз минерального азота. Это подтверждают исследования М.Б. Терехова и Л.А. Ежовой (2000), проведенные в учхозе Новинки Нижегородской ГСХА в условиях светло-серых легкосуглинистых почв. Исследования проводили по двум культурам – яровой пшенице и яровому ячменю. Семена инокулировали штаммами *Azotobacter crococcum*, *Azotobacter vinelandij* и смесью штаммов *Azotobacter* + *Clostridium pasterianum*. Исследования проводили на фонах минеральных удобрений (PK)₉₀; N₃₀(PK)₉₀; N₆₀(PK)₉₀ и N₉₀(PK)₉₀. Результаты исследований показали, что от внесения 30 кг/га азота в виде минеральных удобрений прибавка урожайности составила по яровой пшенице 1,9 ц/га, а по ячменю 4,1 ц/га, от 60кг/га, соответственно – 5,6 и 6,6 ц/га. Дальнейшее повышение дозы азота до 90 ц/га не способствовало дальнейшему увеличению урожайности. Максимальная прибавка от инокуляции семян пшеницы – 3,8-6,6 ц/га, а у ячменя 0,6-2,7 ц/га получена при внесении N₃₀(PK)₉₀. При этом наиболее эффективным для яровой пшеницы был штамм *Azotobacter vinelandij*, обеспечивший получение прибавки равной 60 кг/га минерального азота. На ячмене наиболее эффективным был штамм *Azotobacter crococcum*. Предпосевная обработка семян не оказала существенного влияния на их полевую всхожесть, однако выживаемость была на 3,4-14% выше, чем в вариантах без инокуляции. При применении ассоциативных бактерий наблюдалось увеличение массы 1000 зерен и

снижение пораженности растений корневыми гнилями.

А.П. Кожемяков и др. (2004), изучая взаимодействие 6 сортов ячменя и 12 сортов пшеницы с ассоциативными ростстимулирующими ризобактериями на различном азотном фоне (N_0 , N_{30} , N_{60}), отметил, что инокуляция и внесение удобрений были наиболее эффективны на относительно бедных азотом почвах. Возможность снижения доз минеральных удобрений исследована в опытах А.А. Завалина и др. (2003). Он установил, что для повышения эффективности использования биологического азота растениями смешанного посева гороха и пшеницы целесообразно использовать биопрепараты на основе ассоциативных и симбиотических бактерий. При этом доза азотных удобрений может быть существенно снижена – с 60 до 30 кг д.в./га.

Весьма эффективным может быть совместное применение ассоциативных азотфиксаторов и клубеньковых бактерий. Так, для повышения продуктивности бобовых культур некоторые исследователи использовали инокуляцию растений ассоциациями *Azotobacter* и *Rhizobium*, *Rhizobium* и *Azospirillum*, *Azotobacter* и *Glomus*. Инокуляция фасоли, сои и люпина узколистного *Rhizobium* и *Azospirillum* увеличивала количество и массу корневых клубеньков, нитрогеназную активность, повышала продуктивность растений, а также содержание азота в бобах и надземной массе (В.П. Шабаев и др. 1992, Т.В. Редькина и др. 1994).

Потенциальное увеличение роста корней и клубенькообразования овощной сои отмечено при инокуляции *Azospirillum brasilense* (Sp7) и *A. lipoferum* (CCM 3863) совместно с двумя штаммами *Bradyrhizobium japonicum* (TAL102 и UPMR48). При этом увеличивались общая длина корней, их количество, сухая масса,

развитие корневых волосков, значительно повышалось количество и масса клубеньков. Это связано с тем, что вместе со способностью фиксировать азот воздуха азоспириллы выделяют фитогормоны (ауксины, цитокинины и гиббереллины) и пектолитические ферменты [7]. В результате образуются дополнительные точки инфекции, которые затем используются ризобиями для формирования большего количества клубеньков, масса которых превышает таковую при инфицировании только ризобиями [8].

Результаты многолетнего изучения эффективности инокулянтов бобовых культур и новых земледобрильных биопрепаратов на основе ассоциативных азотфиксирующих бактерий показали, что эти препараты обладают комплексным положительным действием на растения и способны существенно увеличивать продуктивность практически всех изученных сельскохозяйственных культур (зерновых, технических, овощных) и эффективность сельского хозяйства. При этом прибавка урожая зерновых в среднем составляет 15-20%, а овощных культур – 20-30%. Кроме того, применение биопрепаратов оказывает положительное влияние на качество продукции, повышая, в зависимости от культуры содержание в ней протеина, крахмала, сахаров и витаминов [9].

Микробные земледобрильные препараты представлены не только азотфиксирующими микроорганизмами. Перспективным представляется применение микоризных грибов, которые улучшают водообеспечение и минеральное питание растений, продуцируют биологически активные вещества (фитогормоны, витамины, антибиотики), противостоят патогенным микроорганизмам и в целом значительно улучшают рост и приживаемость растений. Однако, грибы-микоризообразователи трудно куль-

тивировать искусственно, поэтому для микоризации часто применяют лесную почву, содержащую споры и мицелий таких грибов.

В Германии первый препарат грибов арбускулярной микоризы (АМГ) был произведен в 2001 году и назван БиоМус, который в России известен как Микоплант- БТ, где носителем АМГ являются гранулы обожженной глины размером 2-4 мм. С 2008 года компанией АМУКОР в Германии на основе микоризных грибов налажен выпуск препарата Wurzel-Vital. Аналогичный препарат, выпускаемый в США с 2003 года носит название МусоПак, а в Индии – AgriVAM.

Российская разработка, созданная во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии – БисолбиМикс – несколько отличается от зарубежных, так как основу этого комплексного микробиологического удобрения составляют грибы арбускулярной микоризы, клубеньковые и ризобактерии. В качестве субстрата-носителя микробиологического удобрения БисолбиМикс используется отход сахарного производства - дефекаат. За счет использования комплекса полезных микроорганизмов БисолбиМикс оказывает положительное влияние на урожай растений, его качество. Так, при дозе внесения БисолбиМикса 500 кг/га урожай зерна яровой пшеницы увеличивался на 1,2 ц/га, а на фоне внесения минеральных удобрений - на 2,1 ц/га. В полевых опытах ВНИИ зернобобовых и крупяных культур было показано, что применение удобрения Бисолбимикс приводило к значительному повышению семенной продуктивности фасоли, гороха, чечевицы и яровой пшеницы (в среднем на 27,9 - 32,3%) (А.Ю. Борисов и др. 2004, Т.С. Наумкина и др. 2005, Н.А. Прилепская, 2006), [10].

В сельскохозяйственной практике широко используются PGPR, на основе которых создан ряд биофунгицидов.

В США большая часть посевов хлопка обрабатывается биопрепаратом Kodiak на основе *Bacillus subtilis* GB03. Препарат увеличивает массу корней и подавляет развитие инфекций, вызываемых грибами родов *Fusarium* и *Rhizoctonia*. Штамм хорошо приживается в ризосфере. Поскольку *B. subtilis* является спорообразующим организмом, он способен успешно переносить экологические стрессы (обработка семян пестицидами, экстремальные значения pH, неблагоприятное действие вторичных метаболитов хлопка, длительное хранение).

За рубежом известны также препараты на основе *Pseudomonas*: BlightBan A506, BioSave, Blue-Circle, Intercept, Victus [11].

В России в настоящее время зарегистрировано 4 биофунгицида на основе PGPR *Bacillus* (Гамаир, Алирин-Б, Бактофит, Фитоспорин) и 3 – на основе *Pseudomonas* (Планриз, Елена, Бинорам) (Справочник пестицидов и агрохимикатов..., 2010)

Оценка эффективности биопрепаратов на основе ростстимулирующих бактерий проверена в различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации и сопредельных государств на яровой пшенице, озимой пшенице и озимой ржи, ячмене, горохе, гречихе, картофеле, льне-долгунце, подсолнечнике, хлопчатнике. Выявлено, что в результате лучших условий роста и развития растений при использовании препарата на основе *Bacillus* повышается урожайность растений на 10-45%, что эквивалентно внесению N_{30-45} , обеспечивает дополнительное вовлечение в агроценозы биологического азота, фосфора и калия за счет почвенных запасов, а также увеличивается устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды [12].

V.K. Chebotar, S. Akaо [2001] определили эффективность совместной инокуляции *Bradyrhizobium japonicum* A1017 и штаммами ассоциативных бактерий *Pseudomonas fluorescens* 2137, *P. fluorescens* WCS 365, *Azomonas agilis* 125 и *Azospirillum lipoferum* 137 на сое, выращенной в стерильных условиях. Было установлено, что *P. fluorescens* 2137 проявляли высокую колонизационную активность на корнях сои как при моноинокуляции, так и совместной инокуляции с *B. japonicum* A1017. При этом совместная инокуляция увеличивала колонизацию корней *B. japonicum* A1017 и повышала количество клубеньков и нитрогеназную активность. Однако, совместная инокуляция *B. japonicum* A1017 с *P. fluorescens* WCS 365 снижала количество корневых клубеньков и нитрогеназную активность, показывая зависимость эффективности инокуляции от штамма бактерий.

Применение микроорганизмов, улучшающих питание растений, имеет преимущество перед использованием макро- и особенно дефицитных микроудобрений. В.Ю. Смолин и В.П. Шабаев (1992, 1992а) изучили влияние двойной инокуляции сои клубеньковыми бактериями *Bradyrhizobium japonicum* 110 совместно с бактериями рода *Pseudomonas* или эндомикоризными грибами *G. mosseae* на содержание в растениях N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mo и Co. Отмечено, что при добавлении в почву ризосферных псевдомонад, эндомикоризных грибов и локальном внесении азотного удобрения изменений концентраций практически всех элементов питания в зерне и соломе после уборки не наблюдалось. Прибавка урожая при добавлении к клубеньковым бактериям данных микроорганизмов и локализации азота происходила вследствие увеличения выноса растениями, главным образом зерном, питательных элементов.

При этом количество питательных элементов в растениях сои в значительной степени зависело от вида микроорганизма и способа внесения азота. Микроорганизмы повышали урожай сои в результате улучшения минерального питания растений, не влияя на концентрации в нем основных элементов питания.

Таким образом, в настоящее время в нашей стране производят около 30 различных микробиологических препаратов для растениеводства, которые регулируют нормальное функционирование почвенной и ризосферной микрофлоры, режим питания растений, защиту растений от болезней и вредителей [13, 14].

На протяжении нескольких десятков лет в России проводились попытки внедрения микробиологических препаратов в сельское хозяйство, но широкого использования данные препараты в различных регионах не нашли. К сожалению, в нашей стране до сих пор не уделяется должного внимания использованию микробиологических земледобрильных препаратов, которые, будучи экологически безопасными для окружающей среды, могут обеспечить повышение урожайности культур, их оздоровление и способствовать получению продукции улучшенного качества, а главное – способствуют энергосбережению при производстве продукции растениеводства.

Литература

1. Kojemyakov A. P., Belimov A. A., Kunakova A. M. (1998) Associative nitrogen-fixing bacteria: colonisation of the roots and efficacy on non-legumes plants. In: Biological Nitrogen Fixation for the 21st Century. Proc. 11th Intl. Congr. on Nitrogen Fixation, Paris, July 20-25, 1997. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht Boston London. p. 396.
2. Бойко Л.И. Действие ассоциативных азотфиксаторов на зерновые культуры левобережной степи Украины. //Микроорганизмы – ингибиторы и стимуляторы роста растений и животных 3-5 окт., 1987; тез. докл., ч. I. Ташкент. –1989. –С. 29.

3. Чеботарь В.К. Влияние инокуляции азотфиксирующими микроорганизмами на урожай сорго и содержание в нем азота // Бюл. ВНИИСХ микробиологии, 1985. Т. 42. - С. 26-29.
4. Кипрушкина Е.И. Защитно-стимулирующие свойства биопрепарата при вегетации и хранении картофеля [Эффективность применения экстрасола для сокращения потерь от инфекционных болезней] / Е.И. Кипрушкина, В.Б. Петров, В.К. Чеботарь // Докл.РАСХН, 2005; №3. - С. 21-24.
5. Дятлова, К.Д. Микробные препараты в растениеводстве / К.Д. Дятлова // Соросовский образовательный журнал. – 2001. - Т.7. - №5. – С. 17-22.
6. Кокорина А.Л., Кожемяков А.П. Бобоворизобияльный симбиоз и применение микробиологических препаратов комплексного действия – важный резерв повышения продуктивности пашни. – СПб.: издательство Санкт-Петербургский ГАУ, 2010. – 50 с.
7. Steenhoudt O., Keijers V., Okon Y., Vanderleyden J. Identification and characterization of a periplasmic nitrate reductase in *Azospirillum brasilense* Sp24 // Archives of Microbiology, 2001, Vol.175. N 5. P. 344-352.
8. Tchebotar V.K. The use of the GUS-reporter gene to study the effect of *Azospirillum*-*Rhizobium* coinoculation on nodulation of white clover / V.K. Tchebotar, U.G. Kang, C.A. Jr Asis, S. Akao // Biol Fertil Soils, 1998. – V.27 – P.349-352.
9. Тихонович, И.А. Создание высокоэффективных микробно-растительных систем // Сельскохозяйственная биология. – 2000. - №1. – С. 28-33.
10. Parakhin, N.V. Use microbial biofertilizers of complex action at cultivation spring wheat and peas / N.V. Parakhin, S.N. Petrova, N.A. Prilepskaya // International journal of applied and fundamental research.- 2008. - №3. - P. 16-20.
11. Боронин А.М. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas*, способствующие росту и развитию растений // Соросовский образовательный журнал.1998. №10. С. 26-31.
12. Чеботарь, В.К. Эффективность применения биопрепарата Экстрасол. / В.К. Чеботарь, А.А. Завалин, Е.Н. Кипрушкина. – М.: Изд-во ВНИИА, 2007. -216 с.
13. Сергеев, К. Биопрепараты в растениеводстве // Ресурсосберегающее земледелие. - № 3(4), 2009. – С. 48-49.
14. Петрова С.Н., Парахин Н.В. Энергосбережение в растениеводстве на основе растительно-микробных взаимодействий // Зернобобовые и крупяные культуры, 2012, №3. – С.18-20.

MICROBIAL BIOFERTILISERS - THE WAY OF FORMATION OF EFFECTIVE PLANT-MICROBIAL SYSTEMS

S.N. Petrova, N.V. Parakhin

Orel State Agrarian University,

e-mail: svet-orel@yandex.ru

Key words: biofertilisers, symbiose, plant-microbial system.

УДК 633.12:631.527:581.14

ОСОБЕННОСТИ НАЧАЛЬНОГО ЛИНЕЙНОГО РОСТА СТЕБЛЯ И КОРЕШКА У СОРТООБРАЗЦОВ ГРЕЧИХИ РАЗНЫХ ЭТАПОВ СЕЛЕКЦИИ

А.В. АМЕЛИН, доктор сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВПО Орловский государственный аграрный университет

А.Н. ФЕСЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук

ГНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур Россельхозакадемии

В.В. ЗАЙКИН, аспирант ОрелГАУ

В статье представлены результаты лабораторной оценки 20 сортообразцов гречихи разных этапов селекции по показателям начального линейного роста. Показано, что интенсивность линейного роста корешка у проростков культуры в первые две недели развития существенно превышает стебель. Но в результате селекции ее величина возрастает лишь у стебля, а у корешка фактически не изменяется, в отдельных случаях даже уменьшается.

Ключевые слова: гречиха, селекция, сорт, начальный линейный рост.