

**Н.В. Парахин, д-р с.-х. наук,
С.Н. Петрова, канд. с.-х. наук,
Ю.В. Кузмичева, канд. с.-х. наук;
Орловский государственный аграрный университет
pnv@orel.ru**

РЕАЛИЗАЦИЯ СРЕДООБРАЗУЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА

Проведен анализ влияния эндо- и экзогенных факторов регуляции растительно-микробных взаимодействий (РМВ) на получение высокого и качественного урожая зерна. Показано, что создание эффективных растительно-микробных систем в сортовых посевах зернобобовых культур за счет активизации азотфиксирующей деятельности способствует наибольшей реализации потенциала их средообразующей функции, существенно увеличивая урожайность последующей небобовой культуры.

It is carried out analysis of endogenous and exogenous factors of plant-microbe interaction (PMI) regulations on receiving high and qualitative grain harvest. It is shown creation of efficient plant-microbe systems in sowing leguminous plants variety due to intensification of nitrogen-fixing activity allows realizing the greatest potential of its habitat-forming function, increasing productivity of the following non- leguminous plants.

Ключевые слова: зерно, урожайность, зернобобовые культуры, сорт, предшественник, средообразующий потенциал, симбиоз, растительно-микробные системы, азотфиксация, технология.

Keywords: *grain, productivity, leguminous plants, variety, predecessor, habitat-forming potential, symbiosis, plant-microbe systems, nitrogen-fixing activity, technology.*

Введение. Россия всегда была ведущим игроком на мировом рынке зерна. За последние 100 лет её роль менялась от крупнейшего экспортера до значимого импортера. Сейчас мы вновь вошли в число важнейших поставщиков зерна, но это пока неустойчивое вхождение в мировой рынок с собственным продуктом.

Практика показывает, что спрос на зерно в мире будет только расти. Потребность в высококачественном зерне опережает его предложение. С другой стороны, переход России к потреблению продуктов животноводства собственного производства требует значительного увеличения объемов фуражного зерна. В этой связи использование ресурсов, обеспечивающих повышение потенциала зерновых культур, снижение затрат на их производство является важнейшей государственной задачей, прежде всего, для хлебных регионов России [1], в том числе и Орловской области.

В последние годы труженики сельского хозяйства нашего региона достигли высоких результатов и производят 1,9 т зерна на душу населения. Это обусловлено, прежде всего, использованием в сельскохозяйственной практике новейших ресурсосберегающих технологий, современных высокоинтенсивных сортов, чему в значительной мере способствуют ежегодные Дни сельскохозяйственной науки на Шатиловской опытной станции, завершающиеся ярмаркой лучших достижений селекционеров.

Конструирование высокопродуктивных и экологически устойчивых агроценозов, по нашему мнению, должно базироваться на наиболее полном использовании видового и сортового потенциала культивируемых растений, особенно бобовых, за счет активизации их средоулучшающих функций. Это позволяет растениям вовлекать в продукционный процесс труднодоступные ресурсы окружающей среды (например, азот и фосфор), избегать накопления

в урожае вредных для человека веществ, увеличивать продуктивность последующей культуры в севообороте, а также способствовать сохранению плодородия почвы.

В этой связи наиболее актуальным является использование в сельскохозяйственной практике растительно-микробных симбиозов. Ведь способность адаптироваться к неблагоприятным факторам среды путем объединения с микроорганизмами – фундаментальное, эволюционно обусловленное свойство растительного организма, без учета которого невозможно полноценное использование растений в сельскохозяйственной деятельности человека [2, 3]. Широкое применение симбиотических отношений между компонентами агроценозов позволит решить не только проблему ресурсосбережения, стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур, но и повышения устойчивости растениеводства в целом.

Однако существующие на сегодняшний день технологии возделывания сельскохозяйственных культур рассматривают использование полезных ризосферных микроорганизмов лишь как «опцию», а не ключевой элемент снижения энергозатратности, повышения адаптивности агрофитоценозов и средообразующей роли бобовых. При этом до сих пор недооценивается роль растения-хозяина в формировании эффективной растительно-микробной системы (РМС). Используемые в производстве сорта, как правило, имеют мизерный вклад симбиотического азота в продукционный процесс растений, предпочитая использовать азот минеральных соединений, а не молекулярный.

В этой связи целью наших исследований являлся анализ влияния эндо- (сорта растений) и экзогенных (использование микробиологических препаратов) факторов регуляции растительно-микробных взаимодействий (РМВ) на получение высокого и качественного урожая зерна.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2007-2010 гг. в ОрелГАУ совместно с ВНИИЗБК при поддержке РФФИ (грант офиц №08-04-13565). Объектом исследований служили горох посевной Спартак (гетерофильный), Темп (листочковый) и Фараон (усатый), люпин узколистный Кри-

сталл и Орловский сидерат. В опытах применяли микробиологические препараты, изготовленные во ВНИИСХМ (г. Санкт-Петербург). Исследования проводили как по общепринятым, так и с помощью инструментальных методов анализа.

Результаты. Полученные нами результаты дают основание считать, что залогом реализации адаптивного потенциала растительно-микробных симбиозов является использование особенностей формирования симбиотической системы конкретного сорта. Так, принадлежность изучаемых сортов гороха посевного к разным морфотипам обусловила формирование ими не только морфологически, но и функционально отличающихся симбиотических систем (табл. 1).

1. Основные показатели симбиотической деятельности различных сортов гороха посевного, (среднее за 2008-2010 гг.)

Показатель	Спартак	Темп	Фараон
Кол-во клубеньков, шт./раст.	26,0	40,7	32,9
Масса клубеньков, мг/раст.	81,9	154,4	77,3
Нитрогенозная активность, нмольС ₂ Н ₄ /раст./ч	1177,7	1640,4	1064,4
Азотфиксирующая способность, кг/га	30,2	56,3	32,9
Доля симбиотически фиксированного азота в урожае зерна, %	17,4	34,3	24,7

Наиболее мощный и активный симбиотический аппарат при спонтанном заражении клубеньковыми бактериями за годы исследований сформировал листочковый сорт Темп. По усвоению азота воздуха на 1 га данный морфотип также занимал лидирующее положение.

В связи с наибольшими способностями к азотфиксации у сорта Темп, доля биологического азота в урожае зерна была максимальной и составила 34,3%, тогда как Спартак и Фараон по вкладу симбиотически фиксированного азота в урожай уступали ему в 2,0 и 1,4 раза соответственно.

Особенностью формирования симбиотического аппарата люпина узколистного явилось незначительное межсортовое варьирование модуляции корней на фоне существенных различий между сортами по азотфиксирующей способности, которая у сорта Орловский сидерат была в 1,8 раза выше, чем у сорта Кристалл (табл. 2).

2. Основные показатели симбиотической деятельности сортов люпина узколистного, (среднее за 2007-2010 гг.)

Показатель	Кристалл	Орловский сидерат
Кол-во клубеньков, шт./раст.	20,0	27,0
Масса клубеньков, мг/раст.	652,0	534,0
Нитрогенозная активность, нмольС ₂ Н ₄ /раст./ч	770,6	1101,2
Азотфиксирующая способность, кг/га	64,1	114,8
Доля симбиотически фиксированного азота в урожае зерна, %	29,3	32,0

Вместе с тем, сортовая специфика обуславливает эффективность взаимодействия растений с полезными почвенными микроорганизмами. Особенно важным условием становления эффективных растительно-микробных систем является специфичность микросимбионта по отношению к определённому виду или сорту растения, что наиболее ярко проявляется при формировании бобово-ризобиального симбиоза.

Например, наиболее комплементарным для гороха Спартак и Фараон являлся штамм *Rhizobium* 263б, тогда как для сорта Темп штамм 260б был эффективнее (табл. 3).

3. Эффективность экзогенной регуляции РМВ в агроценозах гороха посевного, (среднее за 2008-2010 гг.)

Показатель	Контроль	Штамм 250а	Штамм 260б	Штамм 263б
Спартак				
Азотфиксация, кг/га	30,2	33,3	32,9	49,1
Урожайность, т/га	3,20	3,50	2,98	4,56
Доля азота воздуха в урожае, %	17,4	18,1	20,8	19,7
Сбор белка, т/га	0,76	0,81	0,69	1,09

Продолжение таблицы 3

Показатель	Контроль	Штамм 250а	Штамм 260б	Штамм 263б
Темп				
Азотфиксация, кг/га	56,3	61,7	49,5	42,1
Урожайность, т/га	3,08	2,90	3,60	3,31
Доля азота воздуха в урожае, %	34,3	30,8	25,7	23,7
Сбор белка, т/га	0,72	0,68	0,84	0,78
Фараон				
Азотфиксация, кг/га	32,9	36,2	29,9	53,7
Урожайность, т/га	2,56	3,09	2,51	3,85

Доля азота воздуха в урожае, %	24,7	22,3	23,1	27,1
Сбор белка, т/га	0,59	0,71	0,57	0,87

Семенная продуктивность посевов в данных вариантах увеличивалась на 43, 17 и 47% соответственно, за счет стимуляции фотосинтетической и симбиотической деятельности растений, при этом в продукционный процесс сортов было вовлечено 49-53 кг азота воздуха, доля которого в формировании урожая составила 19-27%, что в свою очередь обеспечило сбор белка с 1 га на уровне 0,8-1,1 т.

В посевах люпина узколистного Кристалл максимально эффективным был штамм 388, тогда как для сорта Орловский сидерат наибольшей комплексностью отличался штамм 367 (табл. 4).

4. Эффективность экзогенной регуляции РМВ в агроценозах люпина узколистного, (среднее за 2007-2010 гг.)

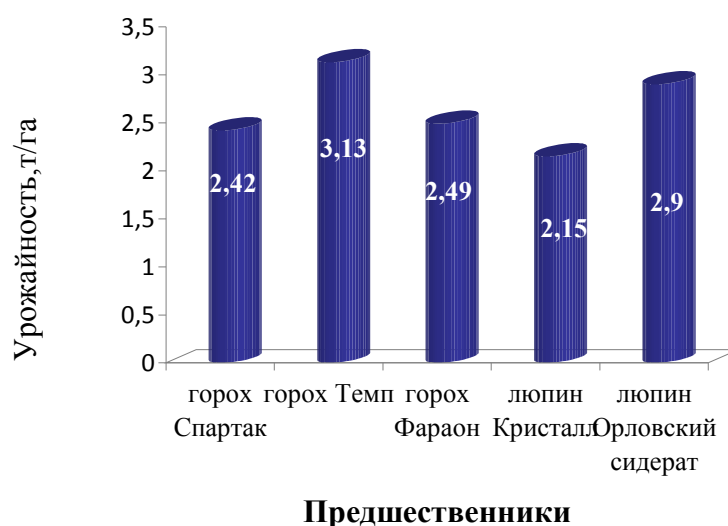
Показатель	Контроль	Штамм 367	Штамм 375	Штамм 388
Кристалл				
Азотфиксация, кг/га	79,4	126,9	84,3	136,9
Урожайность, т/га	3,31	3,61	2,98	3,87
Доля азота воздуха в урожае, %	42,38	60,47	49,07	60,61
Сбор белка, т/га	1,17	1,31	1,07	1,41
Орловский сидерат				
Азотфиксация, кг/га	98,3	171,0	128,0	132,0
Урожайность, т/га	2,32	3,42	2,40	3,04
Доля азота воздуха в урожае, %	71,60	81,12	85,90	65,23
Сбор белка, т/га	0,86	1,32	0,93	1,26

Указанные штаммы не только оказывали существенное воздействие на нодуляцию корней, увеличив количество и массу клубеньков с леггемоглобином у сорта Кристалл, соответственно, на 53 и 28%, а у сорта Орловский сидерат - на 44 и 90%, но и активизировали работу нитрогеназного комплекса, по сравнению с неинокулированным контролем. При взаимодействии растений люпина Кристалл со штаммом *Rhizobium* 388 количество азота воздуха, фиксируемое агроценозами данного сорта, возрастало до 137 кг/га, что превышало контроль в 1,7 раза, а варианты с менее активными штаммами клубеньковых бактерий – в 1,1 - 1,6 раза. Специфичный, вирулентный и активный штамм 367 в посевах сорта Орловский сидерат улучшал азотфиксирующую способность люпина по сравнению с аборигенными микроорганизмами

на 74%, а также относительно производственных штаммов 374 и 388 – на 25 и 23% соответственно.

Активизация симбиотической деятельности агроценозов изучаемых зернобобовых культур соответствующим образом отражалась на изменении эффективности первичных реакций фотосинтеза в листьях растений [4], поскольку в основе симбиоза лежит глубокая модификация систем С- и N-метаболизма партнеров [5, 6, 7, 8].

В наших опытах была показана высокая значимость зернобобовых культур как предшественников. Мало того, что создание эффективных РМС в сортовых посевах бобовых культур повышало их зерновую продуктивность, но и существенно увеличивало урожайность последующей небобовой культуры (см. рисунок).



Урожайность озимой пшеницы Московская 39 в зависимости от предшественника, (среднее за 2009-2010 гг.)

В среднем за годы исследований, даже в условиях жесточайшей засухи 2010 года, без применения минеральных удобрений по бобовым предшественникам был сформирован хороший урожай зерна. Так, наибольшая урожайность озимой пшеницы Московская 39 была получена по сорту гороха Темп и сорту люпина узколистного Орловский сидерат. В данных вариантах продуктивность озимой пшеницы находилась на уровне 3 т/га, что на 15% выше зерновой продуктивности, сформированной пшеницей по другим

предшественникам. Причем, между количеством накопленного посевами бобовых атмосферного азота, органического вещества в почве и урожайностью последующей культуры (озимой пшеницы) отмечена положительная корреляция ($r=0,99$). Это подтверждает вывод о высокой средообразующей роли бобовых культур, обладающих повышенной симбиотической способностью.

Выводы. Таким образом, использование новейших научных подходов, учитывающих и реализующих средообразующий потенциал культурных растений в технологиях их возделывания, позволяет обеспечить решение главной задачи в сельском хозяйстве – увеличить производство высококачественного зерна.

Литература

1. Скрынник, Е.Б. Зри в поле / Е.Б. Скрынник // Российская газета. Федеральный выпуск. - 2011. - №5543(167). - 2 августа. - С. 6.
2. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. - В 2 т. Т. 1. - М.: Мир, 1989. - С. 619-660.
3. Тихонович, И.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего / И.А. Тихонович, Н.А. Проворов. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2009. - 210 с.
4. Петрова, С.Н. Функциональная активность фотосинтетического аппарата гороха посевного в зависимости от генотипа / С.Н. Петрова, Ю.В. Кузмичева, Е.И. Чекалин // Фотохимия хлорофилла в модельных и природных системах: Тезисы докладов Всерос. конф. - Пущино, 2009. – С. 48-49.
5. Романов, В.И. Взаимосвязь процессов азотфиксации и фотосинтеза в бобовом растении / В.И. Романов // Биологическая фиксация молекулярного азота: Матер. VI Всес. Баховского коллоквиума. - Киев: НауковаДумка, 1983. – С. 147-154.
6. Кретович, В.Л. Биохимия усвоения азота воздуха растениями / В.Л. Кретович – М.: Наука, 1994. – 168с.
7. Киризий, Д.А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений / Д.А. Киризий. – Киев: Логос, 2004. – 192с.

8. Сытников, Д.М. Интенсивность фотосинтеза и лектиновая активность листьев сои при инокуляции ризобиями совместно с гомологичным лектином / Д.М. Сытников, С.Я. Коць, С.М. Маличенко, Д.А. Киризий // Физиология растений. – 2006. – Т. 53. – №2. – С. 189-195.