

*with liquid (peat) potassium humate reduces content of Cesium-137 in the produced pea grain from 1,7 up to 3,8 Bq/kg*sec.*

Keywords: preparations Ekost ¹/₃, Ekost ¹/₆, Humate «Plodorodie», liquid (peat) potassium humate, pea, grain, plants, treatment, Cesium-137.

УДК635:567.851.15

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА У ГОРОХА

Г.П. ГУРЬЕВ, кандидат биологических наук
ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

В статье показана роль таких факторов внешней среды как предшественник и влияние вредителей на формирование клубеньков на корнях гороха и их дальнейшее функционирование в системе симбиотической азотфиксации. Осимая пшеница явилась лучшим предшественником под горох по сравнению с чёрным паром. Обязательным условием успешного бобово-ризобиального симбиоза является также контроль и своевременная борьба с клубеньковыми долгоносиками.

Ключевые слова: горох, симбиотическая азотфиксация, предшественник, клубеньковые долгоносики.

Традиционная для России культура-горох занимает важное место в получении пищевого и кормового белка. Горох содержит все незаменимые аминокислоты в стабилизированных количествах, кроме метионина [1]. Во многих европейских странах урожай гороха с внедрением новых высокоурожайных, устойчивых к полеганию сортов достигает 40-50 ц/га. В России средний урожай зерна составил 14,8 ц/га в 2010 г., а посевная площадь достигла 882 тыс. га [2]. Разумеется, потенциал новых сортов гороха позволяет достигать урожая намного выше средних значений, что зависит напрямую от культуры земледелия. Важная роль в формировании урожая придаётся минеральному питанию растений и, в частности азотом. В этом смысле важное место отводится азоту, полученному растениями из воздуха за счёт симбиотической азотфиксации.

По разным данным доля фиксированного горохом азота атмосферы доходит до 40-70 % от всего потреблённого азота, а в абсолютном выражении до 150 кг/га. По данным Н.В. Парахина и С.Н. Петровой [3] доля симбиотического азота в формировании урожая гороха составляет 35-40 %, а в абсолютном выражении 80-110кг/га. В книге П.П. Вавилова и Г.С. Посыпанова [4] при урожае зерна гороха 15-17 ц/га доля симбиотического азота составляла 50-60 кг/га, при урожае 35 ц/га – 140, а при урожае 50 ц/га – до 180 кг/га. В наших исследованиях [5] доля симбиотически фиксированного азота составляла 34-61 % от общего выноса азота. Причём самая высокая азотфиксация (61 %) отмечена в варианте с внесением соломы. Следует отметить, что расчёты симбиотически фиксированного азота были проведены методом сравнения с небобовой культурой – овсом.

Подобные расчёты, кроме приведённого выше метода сравнения с небобовой культурой, применяют часто используя коэффициент К.Г. Хоппинса – А.И. Питтерса: 2/3 накопленного бобовыми культурами азота потребляется из воздуха и 1/3 из почвы. Однако в конкретных полевых условиях эффективность симбиоза в решающей степени зависит от целого ряда факторов, при которых, в случае их неблагоприятного воздействия, симбиотическая азотфиксация может быть подавлена или не происходить вовсе, что зависит от формирования клубеньков на корнях гороха. Последнее зависит от наличия в почве специфических клубеньковых бактерий, достаточно эффективных, вирулентных и конкурентоспособных. Это могут быть как местные штаммы, так и привнесённые извне, изготовленные на минеральной основе, торфяной или в жидкой форме. Однако наличие в

зоне корня клубеньковых бактерий ещё не залог успешного формирования симбиотического аппарата и усвоения азота из воздуха. На этот процесс, начиная с момента образования инфекционных нитей в корневых волосках, с учётом влияния высшего растения (макросимбионт), оказывают воздействие множество внешних факторов, что детально описано в монографии Е.Н.Мишустина и В.К. Шильниковой [6]. **Влажность** почвы имеет свой минимум в 16 %, ниже которого клубеньки не образуются. **Температура** – важнейший фактор влияния на успех формирования клубеньков. Высокая ночная температура до 20⁰С и дневная более 27⁰С отрицательно сказываются на азотфиксации, а формирование клубеньков прекращается. При этом оптимальные температуры для роста и развития растений, образования клубеньков и азотоусвоения могут не совпадать. **Реакция почвенного раствора** для разных видов и даже штаммов клубеньковых бактерий несколько различна. К оптимальным значениям рН для успешного симбиоза клубеньковых бактерий *Rhizobium leguminosarum* и бобовых растений: горох, бобы, вика, чечевица, следует отнести слабокислую, ближе к нейтральной реакцию почвенного раствора. Немаловажное, а иногда решающее значение имеет наличие **подвижных форм азотосодержащих соединений**. Давно установлено, что небольшие, так называемые «стартовые» дозы азота 30-40 кг/га д.в. стимулируют азотфиксацию, а высокие подавляют. Отсюда проистекают и выбор предшественника и расчётные дозы удобрений. При низком содержании **фосфора** проникновение клубеньковых бактерий в корень происходит, но клубеньки не образуются, что объясняется ингибированием действия молибдена. Некоторые исследователи [7], отмечают благоприятное влияние фосфора на активность клубеньковых бактерий, что позволяет отказаться от инокуляции, разумеется при наличии в почве активных клубеньковых бактерий.

Углеводный обмен определяется фотосинтезом и, как показали наши исследования на люпине [8], пик азотфиксации и фотосинтеза могут совпадать. В тоже время симбиотическое азотоусвоение происходит и ночью, хотя и в меньшей степени. Процесс симбиотической азотфиксации напрямую связан с фотосинтезом, в ходе которого идёт потребление СО₂ при обязательном наличии света. Азотфиксация процесс теневой, но довольно энергозатратный, при этом образующаяся в ходе дыхания энергия своим происхождением обязана транспорту ассимилятов из листьев в корни. Пополнение содержания углекислого газа, необходимого для фотосинтеза происходит, главным образом за счёт деятельности микроорганизмов, разлагающих органические остатки среди которых важное место может быть отведено соломе [9]. Являясь прекрасным энергетическим материалом для целлюлозолитических микроорганизмов, солома способствует размножению и других сапрофитов, а также клубеньковых бактерий через оструктурирование почвы и улучшение аэрации.

К биологическим факторам можно отнести наличие в корневой зоне обильной микрофлоры среди которой имеются как ингибиторы так и активаторы процесса симбиоза. Немаловажное значение имеет и роль высшего растения, определяющего специфичность клубеньковых бактерий. Отдельно следует сказать о влиянии насекомых и нематод на симбиотическую азотфиксацию и особенно негативно значение клубеньковых долгоносиков (*Sitona lineatus* L. и *S. crinitus* Herbst), которые в условиях сухой и жаркой погоды, могут уничтожить до 30 % листовой поверхности [10], а вылупившееся личинки питаются в почве преимущественно клубеньками и корневыми волосками. При этом одна личинка за 30-40 дней съедает от 2 до 6 клубеньков. С учётом того, что одна самка может откладывать до 100 яиц, при отсутствии мер борьбы, на симбиотическую азотфиксацию можно не рассчитывать.

Материалы и методы исследований

Исследования выполнялись в разные годы. Результаты, полученные в 2002-2004 гг., описаны нами ранее [11]. Полевые опыты 2010-2012 гг. проводили на тёмно-серой лесной почве. В качестве тест культуры использовали горох сортов Фараон, Спартак, Софья, Стабил. Посев при норме 1,4 млн. всхожих семян проводили рядовым способом с помощью селекционной сеялки СКС-6-10. Площадь опытной делянки 10-12 м². Повторность 4-х

кратная. Инокуляцию семян препаратами клубеньковых бактерий проводили непосредственно перед посевом с исключением попадания прямых солнечных лучей. Изучение симбиотической азотфиксации проводили путём учёта количества и массы клубеньков на корнях гороха, её интенсивность измеряли ацетиленовым методом на газовом хроматографе Цвет-106 по модифицированной методике В.П. Орлова с сотрудниками (1984). Вегетационный опыт провели в пластиковых 5кг сосудах по З.И. Журбицкому (1968). Учёт количества и массы клубеньков, а также интенсивность азотфиксации проводили аналогично, как и в полевых опытах.

Результаты и обсуждение

Целью полевых испытаний на сортах гороха Фараон, Спартак, Софья Стабил явилось выявление их отзывчивости на инокуляцию разными штаммами, а также изолятами собственной селекции клубеньковых бактерий. Следует отметить, что предшественником гороха во все годы явился чёрный пар, что не могло не оказать негативного действия на симбиотическую азотфиксацию. К неблагоприятным внешним факторам следует также отнести погодные условия: высокую температуру и недостаток влаги в почве. Особенно экстремальным по этим показателям выделился 2010 год, когда высокая температура при низкой влажности способствовала массовому размножению клубеньковых долгоносиков. Таким образом из трёх лет испытаний только один 2011 год соответствовал относительно нормальным условиям для формирования клубеньков и симбиотической азотфиксации (табл.1).

Таблица 1

Действие препаратов клубеньковых бактерий на симбиотическую азотфиксацию (фаза 8-9 листьев, ветвление, 2011 г., полевой опыт)

| Вариант | СОРТА | | | | | | | |
|----------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | Фараон | | Спартак | | Софья | | Стабил | |
| | Масса клуб-в мг/раст | Азотфиксация мкг/р/час | Масса клуб-в мг/раст | Азотфиксация мкг/р/час | Масса клуб-в мг/раст | Азотфиксация мкг/р/час | Масса клуб-в мг/раст | Азотфиксация мкг/р/час |
| Контроль | 150 | 7,6 | 190 | 4,9 | 250 | 11,2 | 190 | 0,5 |
| Шт.245а | 380 | 13,5 | 190 | 5,1 | 270 | 13,6 | 200 | 39,5 |
| Шт.261б | 260 | 17,6 | 380 | 19,8 | 520 | 14,5 | 360 | 13,5 |
| Шт.263б | 220 | 13,1 | 330 | 13,6 | 300 | 30,1 | 600 | 9,0 |
| Из-т1-10 | 150 | 14,9 | 410 | 13,2 | 170 | 11,2 | 210 | 13,5 |
| Из-т2-10 | 500 | 13,6 | 330 | 7,0 | 430 | 20,5 | 310 | 3,6 |

Как следует из таблицы, просматривается чёткая тенденция к увеличению симбиотической азотфиксации под воздействием препаратов клубеньковых бактерий. В тоже время к моменту бутонизации процесс симбиотических взаимоотношений пошел на спад и закончился лизисом клубеньков. Тем не менее, несмотря на относительно короткий период симбиоза, было зафиксировано достоверное увеличение урожая на сорте Фараон (табл.2). На остальных сортах отмечена лишь слабая тенденция к увеличению урожая от действия нитрагинизации.

В аномальном 2010 году, характеризующимся жарким и сухим летом во время вегетационного периода, действие препаратов в силу указанных причин не проявилось. Клубеньки на корнях гороха не сформировались, хотя нами были отмечены их следы на главных корнях. Вероятной причиной их разрушения явилось действие клубеньковых долгоносиков. Губительное влияние долгоносиков проявилось и в 2012 году, который характеризовался более благоприятными условиями для роста и развития растений, но сильным заселением вредителей.

Таким образом, из трёх лет полевых испытаний, симбиотическая азотфиксация имела место только в 2011 году. В вегетационном опыте в том же году влияние внешних негативных факторов было сведено к минимуму.

Урожай различных сортов гороха при инокуляции их набором препаратов клубеньковых бактерий (ц/га)

| Вариант | СОРТА | | | |
|-------------------|--------|---------|-------|--------|
| | Фараон | Спартак | Софья | Стабил |
| 2010 г. | | | | |
| Контроль | 42,6 | 43,9 | 36,7 | – |
| Штамм 245а | 41,0 | 40,0 | 33,9 | – |
| Штамм 261б | 41,3 | 41,3 | 41,4 | – |
| Штамм 263б | 39,8 | 41,9 | 33,6 | – |
| Изолят 1-10 | 39,9 | 41,6 | 34,4 | – |
| Изолят 2-10 | 41,6 | 40,2 | 34,4 | – |
| НСР05 | 2,2 | 2,9 | 3,0 | – |
| 2011 г. | | | | |
| Контроль | 27,9 | 27,6 | 30,4 | 30,6 |
| Штамм 245а | 32,8 | 29,6 | 33,2 | 32,7 |
| Штамм 261б | 33,6 | 28,7 | 30,3 | 29,0 |
| Штамм 263б | 33,0 | 28,0 | 30,8 | 30,9 |
| Изолят 1-10 | 32,1 | 29,5 | 35,1 | 32,6 |
| Изолят 2-10 | 29,2 | 27,0 | 31,5 | 31,6 |
| НСР05 | 3,3 | 3,7 | 2,8 | 2,7 |
| 2012 г. | | | | |
| Контроль | 34,4 | 32,7 | 28,9 | 34,1 |
| Штамм 245а | 33,0 | 34,6 | 30,6 | 35,7 |
| Штамм 261б | 32,8 | 35,0 | 29,2 | 37,0 |
| Штамм 263б | 33,9 | 32,3 | 28,5 | 36,9 |
| Изолят 1-10 | 36,5 | 34,0 | 29,8 | 35,7 |
| Изолят 2-10 | 32,6 | 34,1 | 28,8 | 34,9 |
| НСР ₀₅ | 5,0 | 2,3 | 3,5 | 3,5 |

Влажность в сосудах поддерживалась на уровне 70% от ПВ. В условиях частичного контроля роста и развития растений, а также исключения вреда, наносимого клубеньковыми долгоносиками, на корнях гороха сформировались нормальные клубеньки розового цвета (рис.1). Наибольшая масса клубеньков (76-323 мг/растение) отмечена в фазу бутонизации, хотя наибольший уровень азотфиксации был отмечен в фазу ветвления (39,3 – 221,3 мкгN/раст/час) против 3,4– 85,4 мкгN/раст/час в фазу бутонизации. Следует отметить, что при общем затухании активности азотфиксации к фазе бутонизации при нарастании массы клубеньков, более отзывчивым на инокуляцию оказался сорт Фараон.



Таким образом, симбиотическая азотфиксация у гороха возможна только в условиях нормального формирования симбиотического аппарата и благоприятных факторов его успешного функционирования. Условия вегетационного опыта, позволяющие контролировать влажность, минеральное питание, заселение вредителями, являются не только благоприятными, но и позволяющими вычлени факторы негативного влияния на формирование клубеньков в полевых условиях.

Рис. 1. Корни гороха сорта Фараон. Фаза бутонизации, вегетационный опыт, 2011 г.

В 2013 г. были проведены отборы проб растений гороха при разных сроках посева по озимой пшенице и черному пару (рис.2).

На рисунке 2 представлен сорт гороха Фараон. Растения 1 и 2 выращены на одном поле по озимой пшенице, но при разных сроках посева. При более позднем сроке сформировались крупные клубеньки розового цвета. Данный факт можно объяснить отсутствием клубеньковых долгоносиков цикл развития которых совпал с более ранним



сроком посева гороха. Плохое формирование клубеньков или их полное отсутствие наблюдалось и при позднем сроке посева (10 мая), но по паровому предшественнику.

*Рис.2 Корни гороха сорта Фараон:
1. Посев 26 апреля, предшественник озимая пшеница;
2. Посев 10 мая, предшественник озимая пшеница;
3. Посев 10 мая, предшественник черный пар.*

Заключение

Симбиотическое азотоусвоение, при обязательном условии формирования клубеньков на корнях гороха, зависит от ряда факторов. В полевых условиях часть из них (температура, влажность) нам не подконтрольна. Однако ряд других, как предшественники, минеральное питание, аэрация, вредители, вполне регулируемы, что следует учитывать в практике.

Исходя из наших исследований, лучшим предшественником под горох является озимая пшеница с послеуборочной заправкой соломы, которая обогащает почву органикой, улучшает структуру почвы и её аэрацию, что является обязательным условием успешного формирования клубеньков. К обязательному условию следует также отнести контроль за численностью вредителей, в частности клубеньковых долгоносиков.

Литература

1. Зотиков В.И., Боравлёв А.А. Пути увеличения производства растительного белка в России. // Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях. Орел. 2008. – С.36-49.
2. Дебелый Г.А. Зернобобовые культуры в мире и Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012, №2. – С.31-35.
3. Парахин Н.В, Петрова С.Н. Сельскохозяйственные аспекты симбиотической азотфиксации. – М. Колос, 2006. – С. 65-81.
4. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. – М. Россельхозиздат, 1983. – 250 с.
5. Гурьев Г.П. Использование соломы как органического удобрения. // Эффективность использования соломы в качестве органического удобрения. М. Наука, 1980.- С.218-226.
6. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Биологическая фиксация атмосферного азота. Изд-во «Наука». М. 1968. – С. 95-131.
7. Динчев Д. Азотфиксация активность на фасулевите грудкови бактерий. Известия Центр НИИ почвоведение и агротехн., 1961, 1, – С. 127-156 (цит. по Мишустин Е.Н., Шильникова В.К., 1968).
8. Орлов В.П., Орлова И.Ф., Гурьев Г.П., Щербина Е.А., Васильчиков А.Г. Суточная и сезонная динамика азотфиксации у люпина в полевых условиях // Физиология и биохимия культурных растений. 1985. т.17, №5.
9. Шильникова В.К., Гурьев Г.П., Мишустин Е.Н. Процесс инфицирования корневой системы гороха клубеньковыми бактериями в присутствии соломы // Известия АН СССР, сер. биол. М. 1978. – С.635-638.
10. Зотиков В.И., Голопятов М.Т. и др. Перспективная ресурсосберегающая технология производства гороха // Методические рекомендации. М. ФГНУ, «Росинфагротех». 2009. – 36 с.
11. Гурьев Г.П. К вопросу о симбиотической азотфиксации у гороха в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012, №2. – С. 66-71.

INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS OF MEDIUM ON FUNCTIONING POD-RHIZOBIAL SYMBIOSIS OF PEAS

G. P. Gurjev

FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

E-mail: office@vniizbk.orel.ru

Abstract: Role of such environmental factors as predecessors and influence of pests on formation of nodules on roots of peas and their further functioning in system of symbiotic nitrogen fixation. Winter wheat was the best predecessor for peas in comparison to black fallow. Indispensable condition of successful pod-rhizobial symbiosis is sitonas control also.

Keywords: peas, symbiotic nitrogen fixation, predecessor, sitonas.

УДК 575.164:575.174.5:631.527

*К 150-летию открытия законов наследственности
и 100-летию хромосомной теории*

СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ В ЭПОХУ ФАКТОРИАЛЬНОЙ КОНЦЕПЦИИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

А.А. СИНЮШИН, кандидат биологических наук
КАФЕДРА ГЕНЕТИКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

На примере гороха посевного кратко рассмотрены основные перспективы, открывающиеся для селекции по мере развития факториальной концепции наследственности. Проанализированы возможные последствия использования в селекции культуры принципов, действующих в природных популяциях. Обсуждается роль маркер-опосредованного отбора в выведении новых сортов.

Ключевые слова: горох посевной, эволюция, мутация, изоляция, факториальная концепция наследственности

На рубеже 150-летнего юбилея генетики логично выделить некоторые особенности ее развития и подвести итоги.

Вся история представлений о наследственности – это успешное применение методологического редуционизма: разделение сложных явлений на более простые компоненты. От представлений о «слитном наследовании» признаков и абстрактном «веществе наследственности» молодая наука проделала путь к познанию структуры гена и тонких молекулярных механизмов реализации генетической информации. Рождение генетики фактически реанимировало первоначальный дарвиновский эволюционизм, мучимый «кошмаром Дженкина», и современные представления об эволюции немислимы без осознания закономерностей генетики.

Едва ли не самое ценное в классической работе Грегора Менделя «Опыты над растительными гибридами» – это демонстрация того, что наследование признаков связано с дискретными и неизменяемыми (в первом приближении) факторами, «задатками». Полвека спустя Вильгельм Иогансен назовет их генами, и все дальнейшее победоносное шествие генетики – это нарастающая детализация, выявление все более тонких – но доступных изучению – нюансов процесса передачи информации в живых системах. В работе Менделя родилась *факториальная гипотеза наследственности*, составляющая суть генетики и современной эволюционной биологии.

Достижения генетики во все времена становились достоянием и прикладных областей, среди которых на первом месте необходимо назвать селекцию. С другой стороны, именно селекция как никакой другой из родов человеческой деятельности вызывает интерес с точки зрения моделирования эволюционных событий, движущей силой делаая искусственный