УДК579.81.:633.31(571.56 – 1912.2)

СИМБИОТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ MEDICAGO FALCATA L. В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

© 2015 Л.Г. Атласова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

Поступила в редакцию 15.05.2015

В статье рассмотрены вопросы формирования азотфиксирующих бактерий. Представлена количественная оценка симбиотического азота в агроценозах местных сортов и селекционных линий люцерны в Центральной Якутии. Инокуляция биопрепаратами оказывает существенное влияние на урожайность зеленой массы и семян люцерны сорта Сюлинская. Урожайность зеленой массы выше всех вариантов при инокуляции семян люцерны штаммом СХМ1-48 – 17,2 т/га, а урожайность семян при обработке производственным штаммом 425 а – 4 ц/га.

Ключевые слова: селекционная линия, люцерна, корневая система, азотфиксирующие линии, минеральные удобрения

Фиксация молекулярного азота клубеньковыми бактериями является важным процессом, обеспечивающим питание растений связанным азотом и накопление его в почве. Биологический азот непосредственно используется растением или, находясь в органической форме, используется впоследствии и служит источником пополнения гумуса [3]. Повышение плодородия почвы – одна из важнейших задач современной науки. В решении этой проблемы ведущая роль принадлежит биологическим факторам, в том числе фиксации атмосферного азота бобовыми культурами, в частности, люцерной. Это связано с возможностью сокращения объемов применения минерального азота в технологии выращивания полевых культур, экологической безопасностью, снижением энергетических затрат на производство продукции. Несмотря на то, что ученые республики давно занимаются рассматриваемой проблемой, практическое использование биологического азота остается пока на низком уровне. Это связано с недостаточной изученностью биологической азотфиксации в условиях криолитозоны. Нет данных о динамике формирования клубеньков-азотфиксаторов по возрастным (онтогенетическим) состояниям люцерны. Все это делает актуальными наши исследования по изучению популяционно-онтогенетической жизни, активности симбиотической деятельности клубеньковых бактерий на корневой системе.

Цель исследования: изучить активность симбиотической деятельности клубеньковых бактерий на корневой системе местных сортов и линий *Medicago falcata* L. в Центральной Якутии.

Атласова Людмила Григорьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биологии луговых растений. E-mail: mila_atlasova@mail.ru

Задачи исследования: изучить динамику формирования клубеньков азотфиксаторов на корневой системе люцерны по возрастным (онтогенетическим) состояниям растений. Оценить симбиотический потенциал в определенный этап онтогенеза растений люцерны. Изучить накопления органического вещества в ходе онтогенеза растений *Medicago falcata* L.

Методы и объекты исследований. Объектами исследований являются растения люцерны местных сортов и селекционных линий молодого генеративного состояния. Молодые генеративные растения имеют партикулу диаметром 10-15 см. Побеги в основном генеративные, высотой 50-60 см. На материнском корневище отсутствуют мертвые участки. Растения возобновляются за счет пазушных почек материнского корневища и базальных частей отмерших побегов, а также придаточных почек на хорошо развитом каудексе. У появляющихся побегов есть подземная плагиотропная часть, за счет которой образуются новые корневища. Корневая система придаточная, выделяется мощно развитый вторично-стержневой корень. Условный возраст 3-5 лет [2]. Отбор клубеньков азотфиксирующих бактерий на корневой системе люцерны, подсчет количества клубеньков и оценку симбиотической деятельности проводили по методике П.П. Вавилова и Г.С. Посыпанова.

Результаты исследований. Биологическая фиксация азота воздуха является важным шагом в решении проблемы растительного белка. При включении азота воздуха в биологический круговорот обеспечивается производство дополнительного белка. Белковая продуктивность бобовых трав, в частности, люцерны при благоприятных условиях симбиоза во много раз превосходит белковую продуктивность культур, не обладающих таким свойством. В период летней вегетации 2013-2014 гг. в фазу цветения растений люцерны

местных сортов и селекционных линий проводили учет формирования и количественного накопления азотфиксирующих клубеньков, подсчитали общее количество клубеньков и клубеньков с розовой окраской. Число азотфиксирующих клубеньков на корнях определяли методом подсчета, на растениях выкопанных с комом почвы 20x20x30 см с последующим отмыванием корней на сите 0,25 и отделением клубеньков.

Лето 2013 г. было более благоприятным для формирования клубеньковых бактерий на корнях люцерны серповидной. В период формирования клубеньков на корнях люцерны летом 2014 г. стояла жаркая и сухая погода, что повлияло на величину и активность образовавшихся клубеньков. Мы

знаем, что влажность – это третий по важности фактор после вирулентности штаммов и кислотности почвы, определяющий величину и активность симбиотического аппарата. Усвоение азота воздуха при низкой влажности почвы прекращается не вследствие недостатка воды в клубеньках (клубеньки сами не поглощают воду, они получают ее через корни), а из-за нехватки энергетических материалов – углеводов, которые расходуются на рост новых корешков, «ищущих» воду. Этот процесс усиливается по мере снижения влажности почвы. Наибольший симбиотический аппарат у люцерны формируется при влажности почвы от 100% ППВ до ВРК (около 60% ППВ).

Таблица 1. Активный симбиотический потенциал, количество и масса клубеньков на корневой системе люцерны в слое 0-30 см (2013-2014 гг.)

Сорта и линии	2013				2014			
	Кол-во млн. шт/га		Масса кг/га		Кол-во млн. шт/га		Масса кг/га	
	всего	активных	всего	активных	всего	активных	всего	активных
Якутская желтая	7.6	6.8	7,3	6,5	5.3	2.8	5,1	3,1
Сюлиньская	7.9	7.03	7,6	6,8	4.1	2.8	5,3	3,2
Маганская линия	11.3	10.06	10,9	9,7	6.1	3.6	5,9	3,5
Олекминская линия	12.6	11.1	12.2	10.7	6.6	3.9	6,4	3,8
Як. Желтая N ₆₀ P ₈₀ K ₈₀	13.4	11.4	12,6	10,7	7.1	2.8	6,8	2,7
Сюлиньская N ₆₀ P ₈₀ K ₈₀	14.3	12.7	13,7	12,2	9.0	3.5	8,6	3,4
Маганская линия N ₆₀ P ₈₀ K ₈₀	10.3	9.2	9,8	8,7	4.3	1.7	4,1	1,6
Олекминская линия N ₆₀ P ₈₀ K ₈₀	16.1	14.3	15,4	13,7	9.4	3.8	9,0	3,6

Из таблицы 1 видно, что в 2014 г. на корнях люцерны сформировалось меньше клубеньков в целом и меньше активных (вирулентных) красных клубеньков, фиксирующих азот воздуха, чем в 2013 г. На корневой системе растений люцерны Олекминской линии в 2014 г., как и в предыдущие годы, сформировалось наибольшее количество клубеньков-азотфиксаторов, чем на корневой системе сортов люцерны «Якутская желтая» и «Сюлиньская» и Маганской селекционной линии.

По результатам исследований П.П. Вавилова и Г.С. Посыпанова установлено, что наличие леггемоглобина в клубеньках – признак активности симбиоза. Чем больше масса клубеньков с леггемоглобином, тем больше азота воздуха усваивает растение, чем больше клубеньков с розовой и красной окраской, тем активнее он фиксирует азот атмосферы [1]. Нашими наблюдениями установлено, что крупные, розовые (активная раса) клубеньки располагаются на главном корне или около него. Они, как правило, бывают окрашены в розовый цвет (активная группа). Многочисленные мелкие клубеньки рассредоточены по корневой системе, не имеют окраски и относятся к неактивной группе. На

интенсивность процессов формирования и накопления клубеньков влияют не только почвенный покров, но и условия увлажнения. Активность симбиоза значительно зависит от агрономических условий, связанных с уходом за вегетирующими растениями, а также фазы развития растений. В фазе бутонизации и цветения люцерны происходит ускорение процессов формирования клубеньков с розовой окраской. Затем эти процессы затухают. Симбиотическая фиксация азота – аэробный процесс. Кислород связывается леггемоглобином и используется в процессе окисления углеводов с высвобождением энергии для фиксации азота. На 1 мл фиксированного азота воздуха потребляется 3 мл кислорода [1].

Выявлено, что наибольшее количество клубеньков с леггемоглобином на корнях люцерны находится в пахотном слое 0-15 см. Предполагаем, что это связано с уменьшением доступа кислорода к корням растений. Проведенные наблюдения и учеты свидетельствуют, что в первый год жизни люцерны процесс формирования клубеньков на корнях незначительный (единичные, мелкие, белые). Значительный прирост клубеньковой ткани

наблюдается на третий и четвертый год жизни. Наибольшее количество активных клубеньков (розовых) за все годы исследований формируется на корневой системе Олекминской линии (табл. 1), на корневой системе сортов «Якутская желтая» и «Сюлинская» их было меньше на 25%.

Однако количество фиксированного азота зависит не только от массы клубеньков с леггемоглобином, но и от продолжительности «работы» этой массы. Чем дольше клубеньки фиксируют азот, тем больше его будет усвоено. Учеными П.П. Вавиловым и Г.С. Посыпановым введено понятие «симбиотический потенциал» (общий и активный), который выражается в килограммах клубеньковой ткани на 1 га, помноженной на продолжительность ее в днях. Общий симбиотический потенциал (ОСП) показывает всю массу клубеньков и продолжительность всего периода их жизни, а активный симбиотический потенциал (АСП) – только массу клубеньков с леггемоглобином и продолжительность их работы. Удельной активностью симбиоза (УАС) исследователи называют интенсивность азотфиксации, или количество азота воздуха, усвоенного 1 кг активных клубеньков в сутки [1]. Исследования интенсивности процесса фиксации азота атмосферы за счет симбиотической деятельности клубеньковых бактерий показали, что наибольшей удельной активностью симбиоза обладает Олекминская селекционная линия, наименьшие – у Маганской селекционной линии. Общее количество накопленного азота зависит от продолжительности

периода активной жизнедеятельности клубеньков. Максимальное количество азота атмосферы (15,4 кг/га) усвоено клубеньками растений люцерны Олекминской селекционной линии.

Действие бактериального препарата для инокуляции семян люцерны основано на способности бактерий поселяться на корнях. В почвах обитают аборигенные клубеньковые бактерии люцерны (*Sinorhizobium meliloti*), численность которых колеблется от сотен до миллионов бактерий в 1 г почвы. На корнях растения-хозяина они образуют многочисленные клубеньки с довольно высокой азотфиксирующей активностью, однако ее можно значительно увеличить путем применения для предпосевной инокуляции семян биопрепаратов высокоэффективных и конкурентоспособных селекционных штаммов клубеньковых бактерий. В основе любого бактериального препарата лежит штамм. В состав препарата входят: почвенные бактерии, смешанные со стерильным торфом или в жидком виде, обогащенном питательными веществами для обеспечения жизнедеятельности бактерий растений и обеспечивать их рациональное питание, что позволяет растениям достигать здорового ростового потенциала естественным путем. Бактерии способствуют оптимальному использованию минеральных и органических удобрений. Размножаясь в зоне корней, защищают их от проникновения микрофлоры, вызывающей болезни растений.

Таблица 2. Влияние инокуляции на продуктивность люцерны и формирование клубеньковых бактерий на корнях люцерны

Инокуляция штаммами	2013			2014		
	урожайность зеленой массы, т/га	урожайность семян ц/га	масса клубеньков кг/га	урожайность зеленой массы, т/га	урожайность семян ц/га	масса клубеньков кг/га
без инокуляции	12,4	1,9	36,8	9,7	1,8	7,6
A1	12,4	2,1	16	13,8	3,1	14,4
A2	11,2	1,9	13,6	14,4	1,3	18,8
425a	12,0	1,6	6,4	13,4	4,0	18,4
415б	12,4	3,4	58,4	16,8	2,6	13,2
CXM1-48	16,8	4,5	48	17,2	3,0	12,4
T-25	12,4	1,6	36,8	15,2	1,8	7,6

Наиболее распространенные в производстве симбиотические азотфиксирующие бактерии принадлежат к роду *Rhizobium*. В виде биологических препаратов они усиливают фиксацию атмосферного азота, повышают использование азота минеральных удобрений и почвы, стимулируют рост и развитие растений, ускоряют созревание урожая. В 2012 г. заложили новый опыт с инокуляцией семян люцерны сорта Сюлинская ризоторфином: T-25, 425a, 415б, A1, A2, CXM1-48 (табл. 2).

Штаммы для обработки семян были получены из Санкт-Петербургского ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Как видно из табл. 2 инокуляция некоторыми биопрепаратами оказывает существенное влияние на урожайность зеленой массы и семян люцерны сорта Сюлинская. По данным 2014 г. урожайность зеленой массы выше всех вариантов при инокуляции семян люцерны штаммом CXM1-48 – 17,2 т/га, а урожайность семян производственным штаммом 425 а – 4 ц/га.

Высокая температура воздуха в третьей декаде июня – первой декаде июля, недостаток дождей в июле 2014 г. выявили преимущество инокуляции, самая низкая урожайность семян на делянках, засеянных необработанными семенами.

Выводы: проведенные исследования показали, что на корневой системе растений люцерны Олекминской селекционной линии сформировалось большее количество клубеньков – азотфиксаторов, чем на корневой системе сортов «Якутская желтая», «Сюлинская» и Маганской селекционной линии. Растения люцерны этой селекционной линии обладают наибольшим активным симбиотическим потенциалом и у них интенсивнее проходят процессы фиксации азота атмосферы. Инокуляция биопрепаратами оказывает существенное влияние на урожайность зеленой массы и семян люцерны сорта Сюлинская урожайность зеленой массы выше всех вариантов при инокуляции семян люцерны штаммом СХМ1-48 – 17,2 т/га, а

урожайность семян производственным штаммом 425 а – 4 ц/га. Высокая температура воздуха в третьей декаде июня – первой декаде июля, недостаток дождей в июле 2014 г. выявили преимущество инокуляции, самая низкая урожайность семян на делянках, засеянных необработанными семенами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Вавилов, П.П.* Бобовые культуры и проблема растительного белка / П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов. – М.: Россельхозиздат, 1983. 256 с.
2. *Жукова, Л.А.* Популяционная жизнь Луговых растений. – Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. 224 с.
3. *Мишустин, Е.Н.* Биологический азот в сельском хозяйстве СССР / Е.Н. Мишустин, Н.И. Черпаков // Сельскохозяйственная биология, 1981. Т. 16, № 3. С. 349-358.
4. *Садыхов, Б.Ф.* Биологическая азотфиксация в агроценозах. – Уфа, БНЦ УРО АН СССР, 1989. 109 с.

SYMBIOTIC ACTIVITY OF MEDICAGO FALCATA L. ROOT NODULE IN THE CONDITIONS OF CENTRAL YAKUTIA

© 2015 L.G. Atlasova

Institute for Biological Problems of Cryolitozone SB RAS, Yakutsk

The article deals with formation of nitrogen-fixing bacteria and represents the quantitative estimation of symbiotic nitrogen in agrobiocoenoses of varieties and breeding lines of alfalfa in Central Yakutia. Inoculation with biopreparations has a strong effect on productivity of green mass and seeds of “Syulinskaya” alfalfa variety. Treatment of seeds with the strain СХМ1-48 provides the highest productivity of green mass reaching 17.2 ton/he, while treatment with the master seed strain 425a results in seed productivity as high as 4 centner/he.

Key words: *breeding lines, alfalfa, root system, nitrogen-fixing nodules, leghemoglobin, mineral fertilizers*