

Агроэкологические и экономические аспекты использования в Сибири симбиотических и ассоциативных азотфиксаторов на многолетних травах

Г. А. ДЕМАРЧУК, В. П. ДАНИЛОВ, Г. Г. МАЙСТРЕНКО*,
Т. И. НОВИКОВА*, А. П. КОЖЕМЯКОВ**

Сибирский научно-исследовательский институт кормов СО Россельхозакадемии
633128 Новосибирская обл., пос. Краснообск

*Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
630090 Новосибирск, ул. Золото долинская, 101

** Всероссийский научно-исследовательский институт микробиологии
186620 С.-Петербург – Пушкин 8, шоссе Подбельского, 3

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты полевых исследований по использованию на многолетних травах симбиотических и ассоциативных азотфиксаторов. Выявлены лучшие штаммы и параметры азотфиксации, а также уровни роста урожайности трав. Рассмотрены агроэкологические и экономические аспекты использования в Сибири на многолетних травах препаратов азотфиксирующих микроорганизмов.

В Сибири многолетние травы в структуре посева кормовых на пашне занимают более 30 %. Такие значительные площади обусловлены тем, что многолетние травы – универсальный источник дешевого и качественного сырья для приготовления кормов. Они также позволяют решать вопрос расширенного воспроизводства плодородия почв. По нашим экспериментальным данным, многолетние травы в условиях Сибири, накапливая в первые годы пользования до 5–10 т/га сухой массы корней, обеспечивают бездефицитный баланс гумуса для 3–5 последующих культур севооборота.

В структуре посева трав в Сибирском регионе от 40 до 70 % приходится на мятликовые, доминирующее положение среди которых занимает костреч безостый (*Bromus inermis* L.). По программе "Белок", разработанной в большинстве республик, краев и областей Сибири с

участием СибНИИ кормов, доля бобовых трав должна составлять 35–40, бобово-мятликовых смесей – 40–45 %. Это, во-первых, позволит на 70–80 тыс. т действующего вещества сократить потребность для многолетних трав в дорогостоящих азотных удобрениях, поскольку бобовые основную потребность в азоте удовлетворяют за счет симбиотической азотфиксации. При этом наряду с резким уменьшением себестоимости кормов улучшится экологическая обстановка из-за снижения загрязнения окружающей среды нитратами и оксидом азота(I). Нашими исследованиями установлено, что люцерна (*Medicago sativa* L.) в лесостепной зоне при соблюдении технологии посева и ухода в благоприятные по увлажнению годы накапливает за счет бобово-ризобияльного симбиоза 211–255, эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*

(Kit.) DC.) 268–280, клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) – 147–158 кг/га азота.

Во-вторых, стабилизируется урожайность многолетних трав. Так, в лесостепи Западной Сибири, по нашим наблюдениям, люцерна при условии своевременного скашивания формирует отаву укосной спелости в 8–9 случаях из каждых 10 лет, а кострец безостый только 5–6 раз. К тому же бобовые не так быстро грубеют, как мятликовые, и позволяют получать качественные корма в более широком временном интервале.

В-третьих, повысится урожайность многолетних трав, так как бобовые в основных земледельческих районах Сибири продуктивнее мятликовых в 2–3 раза.

В-четвертых, в зимних рационах сельскохозяйственных животных уменьшится дефицит растительного белка, который в настоящее время составляет 15–30 %. Повышение белковой полноценности рационов – это очень важное и необходимое условие для животноводства Сибири, где зимнестойловый период длится 7–9 мес.

В-пятых, при минерализации корневой массы бобовых в почве остается в 2 раза больше по сравнению с мятликовыми азота, что эквивалентно дополнительному до 130 кг/га внесению аммиачной селитры.

Из бобовых трав в Сибири наиболее распространена люцерна. Далее с резким отрывом по посевным площадям следуют в порядке убывания клевер луговой и эспарцет песчаный. А такая новая бобовая культура, как галега восточная (козлятник *Galega orientalis* Lam.), только начинает внедряться в производство.

Формирование растительной продукции связано с большим выносом из почвы элементов питания, и в первую очередь азота. Ежегодно в Сибири для производства 40–45 млн т биомассы, используемой для приготовления кормов, растения потребляют 800–900 тыс. т азота, часть которого атмосферного происхождения. В связи с тем, что в производстве не используют приемы усиления азотфиксации, на 1 га посева многолетних бобовых и бобово-мятликовых смесей фиксируется не более 50–60 кг/га азота. На всей площади многолетних бобовых и бобово-мятликовых смесей, которая составляет на пашне и улучшенных сенокосах

около 2,5 млн га, поступление азота в почву за счет азотфиксации составляет 120–145 тыс. т в год. Возврат в почву азота с минеральными и органическими удобрениями на площадях, занятых кормовыми культурами, даже в относительно благополучные доперестроечные времена был не более 30–35 % от вынесенного.

Один из наиболее доступных и экологически безопасных путей решения проблемы азота в кормлении сельскохозяйственных животных и в земледелии – это, как уже говорилось, увеличение в структуре посевов многолетних трав доли бобовых, а также широкое использование симбиотических и ассоциативных азотфиксаторов. Экспериментальный материал подтверждает это применительно к условиям Сибири.

Полевые опыты проведены в 1986–1996 гг. на центральной экспериментальной базе СибНИИ кормов, расположенной в лесостепи Приобья. Почва опытного участка зональная – чернозем выщелоченный, среднесуглинистый. Часть исследований выполнена в рамках Географической сети опытов (ГСО) по программе "Интербиоазот", курируемой ВНИИсельхозмикробиологии.

В 1986, 1987 и 1992 гг. в рамках ГСО заложены опыты по сравнительной оценке в течение трех лет пользования штаммов клубеньковых бактерий (род *Rhizobium*) на люцерне. В среднем по трем опытам увеличение выноса азота с урожаем при инокуляции люцерны лучшими штаммами колебалось от 16 до 34 кг/га. Если принять коэффициент использования сельскохозяйственными растениями азота удобрений за 0,7, то в пересчете на аммиачную селитру это составит 67–143 кг/га. В ценах 1986 г. гектарная порция ризоторфина стоила в среднем 1 руб., а килограмм аммиачной селитры 7 коп. Отсюда получается, что 1 руб., потраченный на инокуляцию, эквивалентен по дополнительному полученному азоту аммиачной селитре на сумму 4,69–10 руб. Это при условии однодневного использования люцерны. В производстве сроки ее использования обычно 3–4 года, т. е. реально эффективность симбиотической азотфиксации будет в несколько раз выше.

Следует отметить, что исследования проводились на старопахотных почвах с большим содержанием спонтанных клубеньковых бактерий, специфичных по отношению к возде-

лываемым видам бобовых трав. И несмотря на это проявилась высокая эффективность инокуляции.

Прибавки урожая абс. сухой массы люцерны в среднем по опытам на лучших вариантах варьировали от 0,73 до 1,02 т/га, а в кормовых единицах – от 0,58 до 0,82 т/га. В ценах 1998 г. стоимость кормовой единицы применительно к овсу составляет 0,40 руб., а цена гектарной порции ризоторфина 10 руб. При условии трехлетнего использования люцерны чистый доход от инокуляции – без учета небольших затрат на бактеризацию и уборку дополнительного урожая – составит 686–1004 руб./га. Максимальная продуктивность люцерны достигалась при использовании штаммов 126, 141, 15", 43А, 425А, 406Б, 2–92, обеспечивающих в отдельные годы прибавку урожая абс. сухой массы до 22,5 %.

В 1988, 1989 и 1993 гг. проведена закладка опытов по сравнительной оценке штаммов клубеньковых бактерий на эспарцете песчаном. Здесь выделились штаммы 820, 5–2, 3,1/93. Прибавки урожая в этих вариантах составляли от 0,42 до 2,19 т/га сухой массы.

Инокуляция клевера *Rhizobium* также способствовала повышению его продуктивности, хотя и в меньшей мере, чем люцерны и эспарцета. Прирост урожая абс. сухой массы – в пределах 0,12 – 0,55 т/га.

Отмечена обусловленная отсутствием в почве специфичных спонтанных бактерий повышенная положительная реакция галеги восточной на инокуляцию *Rhizobium*. На втором году жизни (первый год пользования) урожай абс. сухой массы инокулированной галеги был выше на 0,97–2,30 т/га или в 2,4–5,5 раза.

С 1991–1993 гг. на костреце безостом проводили испытания препаратов, изготовленных на основе ассоциативных азотфиксаторов. Вследствие почвенной и воздушных засух во второй половине вегетационного периода кострец не смог сформировать отаву укосной спелости и эффект от инокуляции не проявился.

В дальнейшем в 1994–1996 гг. для испытаний использовались препараты агрофил (изготовлен на основе штамма *Agrobacterium radiobacter* 10), азоризин (изготовлен на основе штамма *Azospirillum lipoferum* 137) и экстрасол (изготовлен на основе штамма *Pseudomonas fluorescens* 110). Выявлена их высокая эффек-

тивность на костреце безостом. Прибавка урожая абс. сухой фитомассы составила 0,62–1,12 т/га. В экологическом и экономическом аспектах большой интерес представляет комбинированное использование симбиотических и ассоциативных азотфиксаторов на бобово-мятликовых смесях, которые при правильном проектировании не нуждаются в дозах азота более 30 кг/га. Из смесей в качестве объекта исследований мы выбрали люцерно-кострецовую, как наиболее распространенную и используемую, главным образом, для заготовки сена. Опыт заложен в 1990 г. Семена костреца, согласно схеме опыта, инокулировали смесью штаммов ассоциативных азотфиксаторов (*Azospirillum lipoferum* 137, *Flavobacterium* sp. 30, *Arthrobacter mysorens* 7, *Agrobacterium radiobacter* 10), семена люцерны *Rh. meliloti* штаммом 425а.

В среднем за 2 года пользования самый высокий урожай травосмесь сформировала в вариантах с инокуляцией костреца безостого и обоих компонентов. Повышение урожайности по отношению к контролю составило соответственно 1,03 и 0,84 т/га абс. сухой фитомассы.

Анализ прибавок урожая в зависимости от инокулянта показал, что максимальное повышение люцерны в смеси достигается при инокуляции костреца ассоциативными азотфиксаторами, а костреца – в случае инокуляции обоих компонентов смеси.

Это дает основание говорить о прямой или косвенной (через уменьшение конкурентности костреца) стимуляции ассоциативными азотфиксаторами процесса азотфиксации люцерны. На наш взгляд, обе точки зрения вполне приемлемы. Так, ассоциативные диазотрофы, способствуя дополнительному снабжению костреца азотом, уменьшают его потребность в этом элементе и тем самым снижают конкуренцию с люцерной за азот почвы. Но главным, как нам представляется, здесь является непосредственная стимуляция симбиотической азотфиксации штаммами ассоциативных азотфиксаторов. Об этом свидетельствует более высокая нитрогеназная активность люцерны в варианте с инокуляцией костреца.

Чтобы утвердиться в этом мнении, в 1993 г. был заложен опыт по инокуляции люцерны ассоциативными и симбиотическими азотфиксаторами. В течение трех лет исследований на-

блюдалось усиление активности нитрогеназы как при одностороннем использовании ассоциативных или симбиотических азотфиксаторов, так и при комбинированном их применении. При последнем отмечены максимальные показатели активности нитрогеназы.

Однако результаты учета урожайности показали преимущество варианта с инокуляцией только *Rhizobium*. Использование в качестве инокулянтов таких diaзотрофов, как агрофил, ризоагрил, экстрасол 1 и их смеси, обозначило четкую тенденцию к небольшому (на 0,12–0,37 т/га абс. сухой массы) повышению урожайности люцерны. Комбинированная инокуляция, несколько снижая урожайность по срав-

нению с вариантом инокуляции люцерны только *Rhizobium*, увеличивала концентрацию азота в надземной фитомассе.

Таким образом, комбинирование штаммов diaзотрофов представляет резерв в повышении продуктивности многолетних трав и требует дополнительных исследований.

В заключение следует отметить, что многолетние травы, прежде всего бобовые в сочетании с использованием препаратов азотфиксирующих микроорганизмов, являясь мощным средством повышения эффективности кормопроизводства и животноводства, представляют плодородиеобразующий и экологический каркас землепользования.

Agroecological and Economical Aspects of the Use of Symbiotic and Associative Nitrogen Fixers on Perennial Grasses in Siberia

G. A. DEMARCHUK, V. P. DANILOV, G. G. MAISTRENKO, T. I. NOVIKOVA, A. P. KOZHEMYAKOV

The results of field studies of the use of simbiotic and associative nitrogen fixers are presented. The best strains and parameters of nitrogen fixers have been found, and the levels of grass crop yield are estimated. Agroecological and economical aspects of preparations of nitrogen fixing microorganisms on perennial grasses in Siberia are considered.