ДИНАМИКА ПЛОЩАДИ ЛИСТЬЕВ ЛЮЦЕРНЫ (*MEDICAGO VARIA MART.*) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

КОЗЫРЕВА Марина Юрьевна, Горский государственный аграрный университет

Приведены результаты полевых исследований динамики ассимиляционной поверхности посевов люцерны в зависимости от типа азотного питания и симбиотической активности посевов за 2017–2019 гг. Опыты с люцерной синегибридной (*Medicago varia Mart.*) проведены в экологических условиях предгорной зоны РСО-Алания (540 м над уровнем моря) на черноземе выщелоченном с близким залеганием галечника. Сравнивали минеральный и симбиотрофный типы азотного питания растений люцерны. Схема опыта включала варианты: контроль – естественное плодородие почвы; Ин-1800 – обработка семян инокулятом штаммов азотфиксирующих бактерий, отобранных в высокогорных условиях (1800 м над уровнем моря); штамм 425а – инокуляция семян промышленным штаммом ризоторфина (штамм 425а); N_{30} – стартовая доза азота; N_{30} + Ин – совместное применение высокогорных штаммов бактерий и стартовых доз азота. Семена обрабатывали изучаемыми штаммами перед посевом. Минеральные азотные удобрения вносили ежегодно рано весной в виде стартовых доз. Установлено, что минимальные площади листьев на всех вариантах отмечаются в первый год жизни, на второй год пользования посевами у растений формируется максимальная ассимиляционная поверхность, на третий год – показатели постепенно снижаются. Ежегодно максимальная ассимиляционная поверхность формируется многолетними бобовыми травами к фазе бутонизации – началу цветения (укосная спелость). Динамика нарастания листовой поверхности прямо пропорциональна активности симбиотических взаимоотношений с ризобиями. В вариантах с самой высокой симбиотической активностью (Ин-1800 и N_{30} + Ин) площадь листьев достигает максимальных значений и превышает в отдельные годы 40 тыс. м²/га.

Введение. В свете принятия в России федерального закона об органической продукции и переходе на экологическое сельское хозяйство первоочередное значение приобретают вопросы сохранения и приумножения плодородия почвы. В аграрной науке наметилась тенденция на широкое использование биологических методов оптимизации факторов среды для реализации биоресурсного потенциала агроценозов [14, 15, 16]. Технологии, лишённые искусственных загрязнителей (агрохимикатов), будут способствовать ресурсосбережению, экологической безопасности получаемой продукции и, самое главное, оздоровлению почвы, которая определяет уровень и качество биопродукции агроценозов.

Особая роль при переходе на органическое земледелие принадлежит бобовым культурам и их уникальной способности в симбиозе с ризосферными микроорганизмами фиксировать молекулярный азот атмосферы [2, 4]. Д.Н. Прянишников [10] указывал, что каждый миллион гектаров, занятый люцерной или клевером, обогащает почву таким количеством азота, для производства которого потребовалось бы несколько азототуковых заводов. Это обстоятельство имеет важное значение с точки зрения экономии энергетических затрат при производстве азотных удобрений. К сожалению, до настоящего времени роль био-

логически фиксированного азота как фактора повышения плодородия почвы, а также эффективного приема активизации продукционного процесса бобовых культур еще недостаточно оценена.

Активизация процессов симбиотической азотфиксации требует от исследователей более детального изучения факторов, лимитирующих данный процесс, в каждом агроклиматическом районе и воздействия на них ресурсосберегающими, экологически безопасными приемами [7, 12, 13]. При этом растения и микроорганизмы необходимо изучать как единую систему, т.к. они связаны между собой многочисленными, сложившимися в процессе эволюции связями, реагирующими на любые изменения в биоценозе [8].

Площадь ассимиляционной поверхности посевов является своеобразным индикатором соответствия экологических факторов среды требованиям биологии культуры. Недостаточная, равно как и избыточная обеспеченность растений факторами жизни, отрицательно сказывается первоначально на показателе площади листьев, а в конечном счете на их урожайности.

Нерешенным до сих пор остается вопрос о стартовых дозах минеральных форм азота, призванных решать проблему нехватки этого элемента в начальные фазы роста и развития

растений, а также в ранневесенние периоды отрастания многолетних бобовых трав. Мнения ученых по данному вопросу различаются [1, 6].

Поэтому цель исследований заключалась в изучении симбиотической активности и продуктивности люцерны (*Medicago varia* Mart.) в зависимости от типа азотного питания и наличия вирулентного активного штамма ризобий в экологических условиях Предгорной зоны РСО-Алания.

На обсуждение в данной статье вынесены задачи по определению влияния типа азотного питания на динамику площади ассимиляционной поверхности посевов.

Методика исследований. Исследования проводили в 2017–2019 гг. на территории учебно-научно-производственного отдела Горского государственного аграрного университета. Почвенный покров представлен черноземом выщелоченным, подстилающимся галечником с глубины 60–80 см и характеризующимся средним содержанием гумуса 4,5–6,0 %.

Объектами исследований являлись люцерна синегибридная (*Medicago varia* Mart.) районированного в Северо-Кавказском регионе сорта Вега 87, а также местные расы клубеньковых бактерий рода *Sinorhizobium*, отобранные нами из ризосферной части растений люцерны на различных высотных отметках в экологических условиях Республики Северная Осетия-Алания [9].

В полевом опыте для предпосевной инокуляции семян применяли инокулюм на основе диких рас клубеньковых бактерий, отобранных в высокогорных условиях (1800 м ниже уровня моря, с. Зарамаг РСО-Алания), а также промышленный штамм ризоторфина марки 425а (ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург), рекомендуемый исследователями в данных природно-климатических условиях [5, 11]. Стартовые дозы минеральных форм азота вносили ежегодно: 30 кг/га д.в. под предпосевную культивацию, 30 кг ранней весной на посевах второго года жизни растений и 30 кг ранней весной на посевах третьего года жизни растений.

Схема опыта и ее обоснование.

1. Контроль – естественное плодородие почвы.

2. Ин-1800 – предпосевная инокуляция семян инокулюмом штаммов азотфиксирующих бактерий, отобранных в высокогорных условиях, для изучения вопросов их интродукции и определения конкурентоспособности в равнинных благоприятных экологических условиях.

3. Штамм 425а – предпосевная инокуляция семян промышленным штаммом ризоторфина с

целью проведения сравнительной оценки с местными штаммами ризобий и дикими высокогорными расами клубеньковых бактерий.

4. N_{30} – ежегодное внесение стартовых доз азотных удобрений для изучения активности симбиотической деятельности бобоворизобияльного ценоза в присутствии минеральных форм азота.

5. N_{30} + Ин – применение предпосевной инокуляции семян высокогорными штаммами азотфиксирующих бактерий на фоне ежегодных стартовых доз минеральных форм азота для изучения возможности совместного использования указанных агротехнических приемов.

Площадь листьев определяли в основные фазы роста и развития растений люцерны методом высечек. Методики проведения полевого опыта и статистической обработки данных – общепринятые [3].

Результаты исследований. Важнейшим показателем продукционного процесса является площадь ассимиляционной поверхности, размеры которой определяются многими факторами, в том числе и обеспеченностью растений различными формами азота. Чем выше показатель площади листьев, тем больше солнечной энергии используется посевами, клубеньковые бактерии лучше обеспечиваются необходимой энергией и ассимилянтами, а растения, в свою очередь, больше получают азота, биологически связанного ризобиями.

Немаловажное значение имеет и тип азотного питания. При минеральном типе питания у растений активизируются в основном ростовые процессы, увеличиваются количество и высота стеблей, общая биомасса растений. При симбиотрофном типе питания улучшаются в основном качественные показатели травостоя (облиственность растений, площадь листьев, концентрация белка в биомассе).

В наших исследованиях (см. таблицу) в год посева к фазе третьего тройчатого листа площадь листьев по вариантам практически не различалась. Достоверное превышение было отмечено над контролем лишь у вариантов с внесением стартовых доз азота. Активная симбиотическая деятельность во втором и третьем вариантах к этому времени еще не проявляла существенных изменений.

К фазе ветвления действие минеральных форм азота в 4-м и 5-м вариантах стало менее существенным, а наибольшую площадь листьев сформировали посевы, обработанные активными штаммами ризобий (2-й и 3-й вариант). Диапазон колебаний показателя по вариантам опыта находился в пределах 1,3 тыс. м²/га, при этом следует отметить, что

Фаза развития люцерны	Вариант опыта					НСР ₀₅
	контроль	Ин-1800	шт.425а	N ₃₀	N ₃₀ +Ин	
2017 (год посева)						
Посев	–	–	–	–	–	
3-й тройчатый лист	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	0,1
Ветвление	4,6	5,9	5,8	5,5	5,7	0,6
Стеблевание	12,1	14,8	14,2	13,5	13,9	0,8
Начало цветения (укос)	15,4	17,7	17,1	15,9	16,2	0,9
Отрастание	5,6	7,0	6,8	5,7	6,5	0,7
Стеблевание	11,6	13,4	13,1	11,8	12,9	1,1
Начало цветения (укос)	14,8	17,2	16,5	15,1	16,7	1,3
2018 (второй год жизни)						
Отрастание	7,1	8,6	8,2	7,4	8,5	0,9
Стеблевание	24,8	32,4	30,9	25,1	32,2	1,2
Начало цветения (укос)	30,5	40,4	38,5	30,9	40,2	1,4
Отрастание	5,9	6,5	6,2	6,0	6,5	0,8
Стеблевание	20,9	25,5	24,1	20,5	25,2	1,1
Начало цветения (укос)	25,8	31,9	30,1	25,2	31,5	1,6
Отрастание	5,1	5,8	5,6	5,1	5,7	0,7
Стеблевание	18,3	20,7	19,6	18,7	20,6	1,2
Начало цветения (укос)	22,5	25,8	24,2	23,1	25,7	1,7
2019 (третий год жизни)						
Отрастание	8,2	8,7	8,5	8,2	8,6	0,6
Стеблевание	20,8	22,2	21,4	21,1	22,3	1,3
Начало цветения (укос)	25,1	26,6	25,7	25,3	26,7	1,6
Отрастание	7,4	7,9	7,6	7,3	7,9	0,7
Стеблевание	15,2	17,3	16,2	15,1	17,4	1,1
Начало цветения (укос)	17,7	20,5	19,0	17,6	20,7	1,2
Отрастание	6,9	7,3	7,1	6,8	7,2	0,7
Стеблевание	12,9	15,1	14,6	13,2	14,8	1,1
Начало цветения (укос)	14,9	17,8	17,1	15,2	17,5	1,4

достоверно лучшие показатели имели все варианты опыта в сравнении с контрольным. В то же время различия между вариантами с минеральным и симбиотрофным типами азотного питания были несущественными и находились в пределах ошибки опыта. Действие азотных удобрений визуально в эту фазу больше проявлялось на высоте растений, нежели на площади листьев.

К фазе стеблевания различия между вариантами стали более существенными, при этом вариант с предпосевной инокуляцией семян высокогорными штаммами клубеньковых бактерий сформировал достоверно наибольшую площадь листьев, а диапазон колебаний показателя по вариантам опыта достиг 2,7 тыс. м²/га.

Максимальная ассимиляционная поверхность формируется многолетними бобовыми травами к фазе бутонизации – началу цветения (укосная спелость). Растения контрольного варианта сформировали минимальную в опыте площадь листьев – 15,4 тыс. м²/га.

Стартовая доза минеральных азотных удобрений увеличила площадь листьев на 0,5 тыс. м²/га, еще 0,3 тыс. м²/га прибавилось при инокуляции семян активными штаммами ризобий на фоне удобрений. Однако данные превышения, согласно проведенному дисперсионному анализу, не являются существенными. Достоверно лучшие показатели к моменту укоса – свыше 17 тыс. м²/га имели варианты с предпосевной инокуляцией семян активными штаммами ризобий, при этом высокогорный инокулят проявил большую конкурентоспособность.

Ко второму укосу площадь листьев в динамике имела ту же закономерность. Следует отметить, что вариант N₃₀ практически сравнялся по показателям с контрольным вариантом, несущественные различия находились в пределах 0,1–0,3 тыс. м²/га. Вариант N₃₀ + Ин значительно прибавил в динамике нарастания ассимиляционной поверхности и ко второму укосу незначительно уступал лишь лучшему варианту Ин-1800.

К концу вегетации все варианты с предпосевной инокуляцией семян активными штаммами ризобий показали существенное превосходство над другими вариантами, при этом высокогорный инокулюм способствовал лучшему росту ассимиляционной поверхности в сравнении с промышленным штаммом ризоторфина. Минеральные формы азота, ингибировали активность симбиотической системы и тем самым замедляли рост листовой поверхности. Однако это негативное действие нивелировалось после первого укоса.

На второй и третий годы пользования посевами общая картина и зависимости между вариантами сохранились с явным преимуществом 2-го и 5-го вариантов, где использовались высокогорные штаммы клубеньковых бактерий. Естественные посевы (контроль) и вариант с внесением стартовых доз азота имели практически идентичные показатели с незначительным преимуществом варианта с минеральными удобрениями в начале каждого года. Промышленный штамм ризоторфина 425а весь период проведения опытов уступал показателям лучшего варианта (Ин-1800), однако к концу второго года и весь третий год пользования посевами отставание было несущественным и находилось в пределах ошибки опыта.

Анализируя максимальные значения площади листьев за всё время опытов, можно отметить 8 пиковых значений, соответствующих проведению укосов (см. рисунок).

Среди морфологических особенностей люцерны можно отметить сравнительно медлен-

ный рост и развитие растений в первый год жизни и интенсивное развитие и формирование симбиотического и фотосинтетического аппаратов во второй и последующие годы жизни. Так, минимальные площади листьев на всех вариантах отмечаются в первый год жизни, на второй год пользования посевами у растений формируется максимальная ассимиляционная поверхность, на третий год – показатели постепенно снижаются. Если учитывать, что посевы люцерны сильно изреживаются ко второму и третьему году пользования, то факт увеличения площади листьев на второй год объясняется большей высотой и количеством стеблей на каждом растении, и, как следствие, увеличением количества листьев и их общей площади.

В течение вегетации ежегодно прослеживается тенденция уменьшения ассимиляционной поверхности с каждым укосом, т.е. максимальную площадь листьев посевы формируют в первом укосе, а далее с каждым укосом она постепенно сокращается. Это вызвано сокращением длины светового дня и более ранним переходом растений к фазе цветения.

Заключение. Подводя итог изучению динамики нарастания листовой поверхности люцерны (*Medicago varia* Mart.) можно отметить, что она прямо пропорциональна активности симбиотических взаимоотношений с ризобиями. В вариантах с самой высокой симбиотической активностью (Ин-1800 и $N_{30} + \text{Ин}$) площадь листьев достигает максимальных значений и превышает в отдельные годы 40 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$.

Динамика максимальной площади листьев люцерны в зависимости от типа азотного питания (2017–2019), тыс. $\text{м}^2/\text{га}$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бедило Н.А. Продуктивность, кормовая ценность и симбиотическая активность видов бобовых трав и их травосмесей на черноземе выщелоченном западного Предкавказья: дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2016. – 131 с.

2. Доев Д.Н., Козырев А.Х. Агроэкологическое значение посевов люцерны в условиях вертикальной зональности РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53. – № 4. – С. 223–228.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). – 6-е изд. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.

4. Козырев А.Х., Плиев М.А., Дарчиева Д.И. Новая парадигма интродукции бобовых трав в Северной Осетии // Кормопроизводство. – 2007. – № 8. – С. 28–29.

5. Козырев А.Х., Уртаев А.Л., Алборова П.В. Биологическая фиксация азота воздуха донником желтым в предгорной зоне РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 3. – С. 71–77.

6. Козырев А.Х., Фарниев А.Т., Болатати Н.О. Биоресурсный потенциал бобово-ризобияльного симбиоза люцерны в условиях РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 54. – № 4. – С. 181–188.

7. Козырев А.Х., Фарниев А.Т. Продуктивность посевов люцерны в зависимости от интенсивности азотфиксации в условиях Центральной части Северного Кавказа // Кормопроизводство. – 2009. – № 7. – С. 28–31.

8. Овчаренко Н.С., Козырев А.Х. Микромицеты ароматических и лекарственных растений Крыма / ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет». – Владикавказ, 2018. – 256 с.

9. Патент № 2670169 Российская Федерация, МПК A01N 63/00, A01G 22/40, A01G 7/00. Способ сохранения активности клубеньковых бактерий при интродукции: № 2017144988 : заявл. 20.12.2017 : опубл. 18.10.2018 / Козырев А.Х., Бекузарова С.А., Болатати Н.О., Козырева М.Ю., Калашникова Э.Б.; заявитель ФГБОУ ВО Горский ГАУ. – 5 с.

10. Фарниев А.Т., Посыпанов Г.С. Биологическая фиксация азота воздуха, урожайность и белковая продуктивность бобовых культур в Алании / РИПП им. В.А. Гасиева. – Владикавказ, 1997. – 210 с.

11. Фарниев А.Т., Козырев А.Х. Ресурсосберегающая технология возделывания люцерны на сено и семена // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50. – № 2. – С. 67–75.

12. Фарниев А.Т., Козырев А.Х. Роль агротехнических приемов в повышении интенсивности азотфиксации клубеньковыми бактериями люцерны на выщелоченных черноземах РСО-Алания // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1998. – № 1. – С. 87.

13. Фарниев А.Т., Козырев А.Х., Темираев Р.Б., Алборова П.В. Продуктивность донника желтого в зависимости от условий минерального питания // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 48. – № 2. – С. 36–39.

14. Фарниев А.Т., Сабанова А.А., Козырев А.Х. Роль люцерны и козлятника восточного в биологизации земледелия в РСО-Алания // Аграрная Россия. – 2004. – № 1. – С. 24–26.

15. Цоцеева В.П., Болатати Н.О., Козырев А.Х. Размеры и активность симбиотического аппарата посевов клевера при использовании высокогорных штаммов клубеньковых бактерий // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 52. – № 4. – С. 26–32.

16. Farniev A.T. et al. Biologizing technologies for crops cultivation // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences, 2019, Vol. 6, № 5, P. 8956–8962.

Козырева Марина Юрьевна, аспирант, Горский государственный аграрный университет. Россия. 362040, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37. Тел.: (8672) 53-52-31; e-mail: ironlag@mail.ru.

Ключевые слова: люцерна; тип питания; симбиотическая активность; минеральный азот; биологический азот; площадь листьев.

DYNAMICS OF ALFALFA (MEDICAGO VARIA MART.) LEAF AREA DEPENDING ON NITROGEN FEEDING TYPE

Kozyreva Marina Yurievna, Post-graduate Student of the chair "Land Administration and Ecology", Gorsky State Agrarian University. Russia.

Key words: alfalfa; type of nutrition; symbiotic activity; mineral nitrogen; biological nitrogen; leaf area.

The results of field studies for 2017-2019 of dynamics of assimilation surface of alfalfa crops depending on the type of nitrogen nutrition and symbiotic activity of crops are given. Tests with Medicago varia Mart. were carried out in environmental conditions of the pre-mountain zone of RNO-Alania (540 meters above sea level) on the black earth leached with close occurrence of pebbles. Mineral and symbiotrophic types of nitrogen nutrition of alfalfa plants were compared. The experience scheme included options: control - natural soil fertility; In-1800 - treatment of seeds with inoculum of strains of nitrogen-fixing bacteria selected in high mountain conditions (1800

m above sea level); Strain 425a - inoculation of seeds with industrial strain rhizotorphin (strain 425a); N₃₀ - starting nitrogen dose; N₃₀+In is the joint use of highland strains of bacteria and starting doses of nitrogen. Seeds were treated with the strains studied before sowing. Mineral nitrogen fertilizers were introduced annually early in spring in the form of starting doses. It has been established that the minimum areas of leaves on all variants are observed in the first year of life, in the second year of use of crops the maximum assimilation surface is formed in plants, in the third year - indicators gradually decrease. Every year, the maximum assimilation surface is formed by perennial leguminous herbs to the budding stage - the beginning of flowering (bevel has fallen). The dynamics of leaf surface build-up is directly proportional to the activity of symbiotic relationships with rhizobias. In variants with the highest symbiotic activity (In-1800 and N₃₀+In) the area of leaves reaches maximum values and exceeds 40 thousand m²/ha in certain years.