

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ
НА УРОЖАЙНОСТЬ И БЕЛКОВУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ
ЛЮЦЕРНЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ РСО-АЛАНИЯ

М.Ю. КОЗЫРЕВА, Л.Ж. БАСИЕВА

(ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет»)

В работе приведены результаты полевых исследований за 2017...2019 гг. фенологических и биометрических показателей люцерны в зависимости от типа азотного питания и симбиотической активности посевов. Опыты с люцерной синегибридной проведены в экологических условиях предгорной зоны РСО-Алания на черноземах, выщелоченных с близким залеганием галечника. Сравнялось влияние биологических и минеральных форм азота на формирование урожайности и белковой продуктивности посевов люцерны. В исследованиях за три года пользования посевами было получено 8 полноценных укосов люцерны: два в год посева и по три в последующие годы. За все время пользования посевами в контрольном варианте с урожаем получено 13,38 т/га сена. Промышленный штамм ризобий 425а способствовал росту урожая на 1,57 т/га, или на 11,7%. Наибольший урожай был сформирован в посевах, отличившихся максимальным уровнем симбиотической активности (Ин-1800), составив 16,01 т/га, что на 19,7% выше показателей контрольного варианта. Белковая продуктивность люцерны зависела главным образом от активности симбиотической системы и режима азотного питания. Сбор белка за весь период исследований составил 2186 кг/га в посевах контрольного варианта. Эффективность стартовых доз азотных удобрений составила всего 1,6%. Совместное использование стартовых доз удобрений и активных штаммов ризобий увеличило белковую продуктивность на 538 кг/га, или на 24,6%. Максимальный сбор белка получен в варианте с инокуляцией семян активными высокогорными штаммами клубеньковых бактерий, составив 2779 кг/га, что на 27,2% больше показателей контрольного варианта. В среднем с каждым укосом в течение трех лет в контрольном варианте мы получали 1,67 т/га сена, в котором содержалось около 273 кг белка. Максимальный положительный эффект был получен в варианте Ин-1800: средний урожай сена составил 2,0 т/га, а сбор белка достиг 347 кг/га, что выше показателей контрольного варианта на 19,5 и 27,2% соответственно.

Ключевые слова: люцерна, симбиотическая активность, минеральный азот, биологический азот, урожайность, белковая продуктивность.

Введение

Современное экологическое состояние биосферы требует резкого снижения антропогенной нагрузки для уменьшения химического загрязнения окружающей среды. Особенно остро данная проблема проявляется в агроценозах, функционирование которых основано на постоянной химизации растительного сообщества, что само собой ведет к загрязнению и разрушению всей экосистемы.

Наиболее затратной статьёй в традиционных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур являются агрохимические средства, и в первую очередь – минеральные азотные удобрения. В США энергозатраты на производство и использование азотных удобрений составляют около 35% от общего объема энергопотребления в сельском хозяйстве, а в странах Западной Европы – 42% [18]. Повышая стоимость получаемой продукции почти в 1,5–2 раза, минеральные формы азота чаще всего снижают ее качество и загрязняют окружающую среду.

В свете принятия в России Федерального закона об органической продукции и переходе на экологическое сельское хозяйство в аграрной науке наметилась тенденция перехода на широкое использование биологических технологий для реализации биоресурсного потенциала агроценозов [1, 3, 6, 11]. Сокращение использования химических веществ в аграрном производстве позволит очистить агроценозы от токсичных веществ, увеличить их устойчивость и экологическое равновесие. Такие технологии производства будут окупаться безопасностью и высоким качеством получаемой продукции, а также оздоровлением экологической обстановки.

Особая роль при переходе на органическое земледелие принадлежит бобовым культурам и их уникальной способности в симбиозе с ризосферными микроорганизмами фиксировать молекулярный азот атмосферы [14, 17]. За счет естественных механизмов питания растений можно значительно сократить долю агрохимикатов в производственном процессе бобовых растений и следующих за ними культур севооборота.

Итоговыми показателями производственного процесса для кормовых культур и, в частности, для многолетних бобовых трав, являются урожайность и белковая продуктивность. На размеры данных показателей оказывают влияние многие факторы среды, в том числе обеспеченность растений различными формами азота и тип азотного питания [13]. 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) [10].

Активизация процессов и увеличение объемов симбиотической азотфиксации требуют от исследователей более детального изучения факторов, лимитирующих данный процесс в каждом агроклиматическом районе, и воздействия на них ресурсосберегающими, экологически безопасными приемами [9, 13, 16]. При этом растения и микроорганизмы необходимо изучать как единую систему, так как они связаны между собой многочисленными, сложившимися в процессе коэволюции связями, реагирующими на любые изменения в биоценозе [12].

Цель исследований заключалась в изучении симбиотической активности и продуктивности люцерны в зависимости от применения минеральных форм азота и наличия вирулентного активного штамма ризобий в экологических условиях Предгорной зоны РСО-Алания. В статье рассмотрены вопросы влияния различных форм азота на урожайность и белковую продуктивность посевов люцерны.

Методика исследования

Исследования проводились в течение ряда лет (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% (по Тюрину), легкогидролизуемого азота около

80 мг/кг – повышенное (по Коневу), подвижного фосфора 90 мг/кг – среднее (по Чирикову), подвижного калия 150 мг – высокое (по Чирикову), $pH_{\text{сол.}}$ – 5,9...6,3.

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 из ризосферной части растений люцерны на различных высотных отметках в экологических условиях Республики Северная Осетия-Алания [7].

В полевом опыте для предпосевной инокуляции семян применяли инокулюм на основе диких рас клубеньковых бактерий, отобранных в высокогорных условиях (1800 м над уровнем моря, с. Зарамаг РСО-Алания), а также промышленный штамм ризобий 425а (ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург), рекомендуемый исследователями в данных природно-климатических условиях [4, 8, 15]. Стартовые дозы минеральных форм азота (нитрат аммония) вносили ежегодно: 30 кг/га д.в. под предпосевную культивацию, 30 кг рано весной на посевах второго и третьего годов жизни растений при наступлении физической спелости почвы.

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, более благоприятных экологических условиях.
3. Шт. 425а – предпосевная инокуляция семян промышленным штаммом ризобий для 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-1800 – применение предпосевной инокуляции семян высокогорными штаммами азотфиксирующих бактерий на фоне ежегодных стартовых доз минеральных форм азота для изучения возможности совместного использования указанных агротехнических приемов.

Агротехника в опыте – общепринятая для зоны, предшественник – озимая пшеница. Общая площадь делянки – 36 м² (3,6 × 10 м), учетная – 20,8 м². Повторность опыта – четырехкратная, размещение вариантов – рендомизированное. Посев осуществляли в средневесенние сроки (30 апреля) нормой высева 2 млн всхожих семян/га.

Урожай сена люцерны учитывали при 16%-ной влажности сена, стандартной для бобовых трав. Белковую продуктивность [10] определяли по Кьельдалю. Методики проведения полевого опыта и статистической обработки данных – общепринятые [5].

Результаты и их обсуждение

Урожайность – основной показатель сельскохозяйственного производства, характеризующий эффективность применения как отдельных технологических приемов, так и всей технологии возделывания культуры. Данный показатель зависит от многих факторов среды, в том числе от уровня обеспеченности азотом, а также режима азотного питания. При этом главным условием реализации максимального биологического потенциала агроценозов являются оптимальные параметры факторов жизни растений. Избыток, как и недостаток определенного фактора, может

снижать урожай, его качество и необоснованно завышать себестоимость получаемой продукции.

В наших исследованиях за три года пользования посевами было получено 8 полноценных укосов люцерны: два в год посева и по три в последующие годы (табл. 1).

Таблица 1

Влияние препаратов клубеньковых бактерий на урожай сена люцерны, т/га

Период расчета	Варианты опыта					НСП ₀₅
	Контр.	Ин-1800	Шт.425а	N ₃₀	N ₃₀ + Ин-1800	
2017 (год посева)						
первый укос	1,61	1,88	1,82	1,73	1,90	0,12
второй укос	1,30	1,65	1,55	1,36	1,58	0,08
Всего за год:	2,91	3,53	3,37	3,09	3,48	0,19
2018 (второй год жизни)						
первый укос	2,28	2,66	2,52	2,25	2,74	0,12
второй укос	1,76	2,01	1,86	1,79	1,96	0,10
третий укос	1,42	1,67	1,51	1,45	1,62	0,09
Всего за год:	5,46	6,34	5,89	5,49	6,32	0,24
2019 (третий год жизни)						
первый укос	2,03	2,41	2,24	2,05	2,38	0,15
второй укос	1,61	2,03	1,82	1,60	2,02	0,12
третий укос	1,37	1,70	1,63	1,35	1,67	0,11
Всего за год:	5,01	6,14	5,69	5,00	6,07	0,36
Всего за 3 года	13,38	16,01	14,95	13,58	15,87	0,67

В первый год пользования посевами с каждым укосом в вариантах опыта было получено от 1,30 до 1,90 т/га сена, при этом с первым укосом было получено примерно на 0,30...0,35 т/га больше сена, чем со вторым. Минимальная урожайность в обоих укосах была получена в посевах контрольного варианта, а урожай за год составил 2,91 т/га. Стартовые дозы азотных удобрений несколько увеличили урожайность посевов, однако дисперсионный анализ не является основанием для утверждения эффективности данного технологического приема.

Предпосевная инокуляция семян промышленным штаммом ризобий (Шт.425а), активизировав симбиотическую активность посевов и улучшив обеспеченность растений биологически связанным азотом, существенно увеличила

урожайность в сравнении с контрольным вариантом. В сумме за год прибавка здесь составила 15,8%.

Максимальной урожайностью в год посева отличились варианты опыта, обработанные высокогорным инокулюмом клубеньковых бактерий. При этом следует отметить, что дополнительное внесение стартовых доз азота в варианте «N₃₀ + Ин-1800» не имело существенного эффекта. Минеральный азот показал незначительный эффект (0,02 т/га) в сравнении с вариантом «Ин-1800» лишь к моменту первого укоса, затем эффект от удобрений исчез. Ко второму укосу растения люцерны фактически перешли на симбиотрофный тип азотного питания, однако симбиотический аппарат уступал в своих размерах и активности варианту «Ин-1800», в котором клубеньковые бактерии активно фиксировали азот атмосферы с первых дней вегетации. Это обстоятельство не позволило посевам в 5-м варианте сформировать урожай на уровне посевов 2-го варианта, и в итоге за год урожай здесь составил 3,48 т/га против 3,53 т/га. Эффективность обоих вариантов в сравнении с посевами в естественных условиях (контроль) достигла 19,6...21,3%.

Последующие годы пользования посевами отличились значительно большими объемами полученной продукции. Так, в посевах второго года жизни растений в сумме за три укоса было получено от 5,46 до 6,34 т/га сена, увеличение происходило по мере улучшения обеспеченности растений азотом. При этом существенно больший положительный эффект был получен от биологически фиксированного азота, нежели от минеральных форм (стартовые дозы). В варианте N₃₀ не выявлено существенных изменений в сравнении с контрольным вариантом. Прибавка урожая сена от предпосевной инокуляции семян промышленным штаммом ризобий составила 7,9%, а от использования высокогорных штаммов клубеньковых бактерий – 15,8...16,1%.

В посевах третьего года пользования объемы полученного урожая на 3...9% были ниже показателей второго года, что объясняется прежде всего естественными причинами: сильной изреживаемостью посевов люцерны в осенне-весенний период и в течение вегетации. Урожай сена по вариантам опыта изменялся в диапазоне 5,00...6,14 т/га в той же закономерности, что и в первый, и второй годы опытов.

В сумме за три года пользования посевами в контрольном варианте с урожаем получено 13,38 т/га сена. Стартовые дозы азотных удобрений в чистом виде не проявили эффективности, а при дополнительной инокуляции семян активными штаммами ризобий на их фоне прибавка составила 2,49 т/га, или 18,6%. Промышленный штамм ризобий 425а способствовал росту урожая на 1,57 т/га, или на 11,7%. Наибольший урожай был сформирован в посевах, отличившихся максимальным уровнем симбиотической активности (Ин-1800), и составил 16,01 т/га, что на 19,7% выше показателей контрольного варианта.

Сбор белка является функцией величины урожая и концентрации в нем белка. На содержание белка в растениях оказывают влияние многие факторы, в том числе состояние и условия окружающей среды [19], уровень обеспеченности растений азотом [20], тип азотного питания [2] и др.

В наших исследованиях белковая продуктивность люцерны зависела главным образом от активности симбиотической системы и режима азотного питания (табл. 2).

В год посева с урожаем было получено 519...667 кг/га белка. Минимальное количество белка было собрано в контрольном варианте; стартовые дозы азотных удобрений несущественно повлияли на сбор белка. Эффект от промышленного штамма ризобий (Шт.425а) находился примерно на уровне варианта «N₃₀ + Ин-1800» и составил 21,0%. Максимальная белковая продуктивность посевов люцерны получена при предпосевной инокуляции семян высокогорным инокулюмом клубеньковых

бактерий и составила 667 кг/га, что на 148 кг/га, или на 28,5% больше, чем в контрольном варианте.

На второй год пользования посевами сбор белка в контрольном варианте увеличился до 871 кг/га. Примерно на таком же уровне находились показатели варианта с внесением стартовых доз азотных удобрений. Прибавка в сборе белка от использования промышленного штамма ризобий достигла 140 кг/га, или 16,2%. Инокуляция семян высокогорным инокулюмом во 2-м и 5-м вариантах позволила получить прибавку свыше 220 кг/га белка, или более 25% в сравнении с посевами контрольного варианта.

Таблица 2

Влияние препаратов клубеньковых бактерий на белковую продуктивность посевов люцерны, кг/га

Период расчета	Варианты опыта					НСП ₀₅
	Контр.	Ин-1800	Шт.425а	N ₃₀	N ₃₀ + Ин-1800	
2017 (год посева)						
первый укос	285	352	336	304	335	20,1
второй укос	234	315	292	242	295	14,2
Всего за год:	519	667	628	546	630	30,1
2018 (второй год жизни)						
первый укос	345	440	413	340	453	28,2
второй укос	284	353	323	290	342	18,7
третий укос	242	306	275	249	298	12,3
Всего за год:	871	1099	1011	879	1093	56,3
2019 (третий год жизни)						
первый укос	305	375	346	308	368	21,6
второй укос	257	338	304	257	336	15,2
третий укос	234	301	288	230	296	11,9
Всего за год:	796	1014	938	795	1000	37,4
Всего за 3 года	2186	2779	2577	2220	2724	111,1

Закономерность в белковой продуктивности вариантов опыта в зависимости от используемых в питании форм азота сохранилась и на третий год пользования посевами, при этом диапазон колебаний между вариантами составил 218 кг, а прибавка сбора белка в варианте «Ин-1800» достигла 27,4%.

В сумме за три года пользования посевами в контрольном варианте было собрано 2186 кг/га белка. Эффективность стартовых доз азотных удобрений была незначительной. Промышленный штамм ризобий увеличил сбор белка на 391 кг, или на 17,9%. Совместное использование стартовых доз удобрений и активных штаммов ризобий увеличило белковую продуктивность на 538 кг/га, или на 24,6%. Максимальный сбор белка за три года опытов получен в варианте с инокуляцией семян активными высокогорными штаммами клубеньковых бактерий, составив 2779 кг/га, что на 593 кг, или на 27,2%, больше показателей контрольного варианта.

Практический интерес вызывают сведения о средней урожайности и белковой продуктивности посевов люцерны в расчете за один укос (рис. 1).

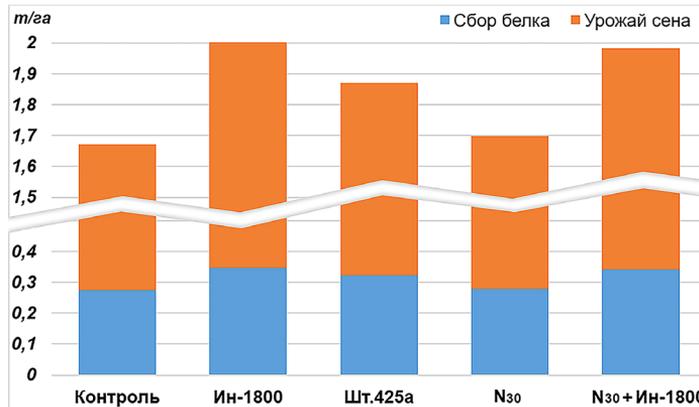


Рис. 1. Урожайность и белковая продуктивность посевов люцерны, т/га, в среднем за один укос (2017–2019 гг.)

Как следует из рисунка, в контрольном варианте в среднем с каждым укосом в течение 3-х лет мы получали 1,67 т/га сена, в котором содержалось около 273 кг белка. Эффект от стартовых доз азотных удобрений составил всего 1,5%. Промышленный штамм ризобий (Шт.425а) способствовал получению 1,87 т/га сена и 322 кг/га белка с каждым укосом. Максимальный положительный эффект был получен при инокуляции семян высокогорным инокулятом клубеньковых бактерий. При этом в чистом виде (без азотных удобрений) показатели были несколько выше: средний урожай сена составил 2,0 т/га, а сбор белка достиг 347 кг/га, что выше показателей контрольного варианта на 19,5 и 27,2% соответственно.

Выводы

За три года пользования посевами в контрольном варианте с урожаем получено 13,38 т/га сена. Промышленный штамм ризобий 425а способствовал росту урожая на 1,57 т/га, или на 11,7%. Наибольший урожай был сформирован в посевах, отличившихся максимальным уровнем симбиотической активности (Ин-1800), составив 16,01 т/га, что на 19,7% выше показателей контрольного варианта.

За три года пользования посевами в контрольном варианте было собрано 2186 кг/га белка. Совместное использование стартовых доз удобрений и активных штаммов ризобий увеличило белковую продуктивность на 538 кг/га, или на 24,6%. Максимальный сбор белка получен в варианте с инокуляцией семян активными высокогорными штаммами клубеньковых бактерий, составив 2779 кг/га, что на 27,2% больше показателей контрольного варианта.

Библиографический список

1. *Алборова П.В.* Экологические приемы повышения болезнеустойчивости и продуктивности донника желтого в степной зоне РСО-Алания / П.В. Алборова, Л.М. Базаева, Д.К. Ханаева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53. – № 4. – С. 23–28.
2. *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.
3. *Джикаева Л.Г.* Биологическая активность почвы в звене почвозащитного севооборота горной зоны РСО-А / Л.Г. Джикаева, Л.Ж. Басиева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 49. – № 1–2. – С. 23–25.
4. Агроэкологическое значение посевов люцерны в условиях вертикальной зональности РСО-Алания / Д.Н. Доев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53. – № 4. – С. 223–228.
5. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований): Учебник / Б.А. Доспехов. – 6-е изд. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.
6. *Калашникова Э.Б.* Роль новых бактериальных препаратов в биологизации технологии возделывания сои / Э.Б. Калашникова // Достижения науки – сельскому хозяйству: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Владикавказ: ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2017. – С. 6–9.
7. *Козырев А.Х., Бекузарова С.А., Болатати Н.О., Козырева М.Ю., Калашникова Э.Б.* Патент № 2670169, Российская Федерация, МПК А01N63/00, А01G 22/40, А01G 7/00. Способ сохранения активности клубеньковых бактерий при интродукции: № 2017144988; заявл. 20.12.2017 г.; опублик. 18.10.2018 г.; заявитель ФГБОУ ВО Горский ГАУ. – 5 с.
8. *Козырев А.Х.* Биологическая фиксация азота воздуха донником желтым в предгорной зоне РСО-Алания / А.Х. Козырев, А.Л. Уртаев, П.В. Алборова // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – № 3. – С. 71–77.
9. *Козырев А.Х.* Продуктивность посевов люцерны в зависимости от интенсивности азотфиксации в условиях Центральной части Северного Кавказа / А.Х. Козырев // Кормопроизводство. – 2009. – № 7. – С. 28–31.
10. *Козырева М.Ю.* Биохимические показатели растений люцерны в зависимости от типа азотного питания / М.Ю. Козырева, Л.Ж. Басиева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 2 (26). – С. 168–175.
11. *Кокоев Х.П.* Роль микробных биопрепаратов в повышении болезнеустойчивости и продуктивности растений сои / Х.П. Кокоев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 56. – № 4. – С. 56–62.
12. *Овчаренко Н.С.* Микромицеты ароматических и лекарственных растений Крыма: Монография / Н.С. Овчаренко, А.Х. Козырев. – Владикавказ: ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2018. – 256 с.
13. *Фарниев А.Т.* Биологическая фиксация азота воздуха, урожайность и белковая продуктивность бобовых культур в Алании / А.Т. Фарниев, Г.С. Посьпанов. – Владикавказ: РИПП им. В.А. Гасиева, 1997. – 210 с.
14. *Фарниев А.Т.* Как повысить продуктивность люцерны в предгорьях Алании / А.Т. Фарниев // Земледелие. – 2004. – № 1. – С. 9–10.
15. *Фарниев А.Т.* Ресурсосберегающая технология возделывания люцерны на сено и семена / А.Т. Фарниев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50. – № 2. – С. 67–75.

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

17. Фарниев А.Т. Продуктивность донника желтого в зависимости от условий минерального питания / А.Т. Фарниев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 48. – № 2. – С. 36–39.

18. Черников В.А., и др. Агроэкология / Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: КолосС, 2000. – 536 с.

19. Nagham M. Al-Azawi, Plyushchikov V.G., Gadzhikurbanov A. Analysis of genetic parameters and estimation of oil and protein percentage by using full diallel cross in maize // Plant Archives – Vol. 20. – Supplement 1. – 2020. – Pp. 3421–3425.

20. Farniev A.T. Biologizing technologies for crops cultivation / A.T. Farniev A.Kh. Kozyrev, A.A. Sabanova Kh.P. Kokoev, D.K. Khanaeva, L.M. Bazaeva, P.V. Alborova // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2019. – Т. 6. – № 5. – P. 8956–8962. Doi: 10.5281/zenodo.2669529.

EFFECT OF NODULE BACTERIA PREPARATIONS ON YIELD AND PROTEIN PRODUCTIVITY OF ALFALFA UNDER CONDITIONS OF FOOTHILL AREAS OF NORTH OSSETIA-ALANIA

M.YU. KOZYREVA, L.ZH. BASIEVA

(Gorsky State Agrarian University)

The work contains the results of the 2017–2019 field studies of phenological and biometric indicators of alfalfa depending on the type of nitrogen nutrition and symbiotic activity of crops. Tests with alfalfa varia were carried out under environmental conditions of the pre-mountain zone of North Ossetia-Alania on the black soil of peeled pebbles. The authors compared the effect of biological and mineral forms of nitrogen on the formation of yield and protein productivity of alfalfa crops. In the considered three-year study, eight full-fledged alfalfa harvests were obtained – two in the year of sowing and three in the following years. During the whole period, the control variant yielded 13.38 t/ha of hay. The industrial strain rhizobium 425a contributed to crop growth of 1.57 t/ha or 11.7%. The largest harvest was formed in crops with the highest level of symbiotic activity (In-1800) and amounted to 16.01 t/ha, which is 19.7% higher than the control variant. The protein productivity of alfalfa depended mainly on the activity of the symbiotic system and the mode of a nitrogen diet. The protein productivity for the entire study period was 2186 kg/ha in the control variant. The efficiency of starting doses of nitrogen fertilizers was only 1.6%. The combination of starting doses of fertilizer and active rhizobium strains increased protein productivity by 538 kg/ha or 24.6%. The maximum protein productivity was obtained in the variant with inoculation of seeds with active high-mountain strains of tuber bacteria and amounted to 2779 kg/ha, which is 27.2% more than in the control variant. On average, over three years, each harvest yielded 1.67 t/ha of hay in the control variant, which was equivalent to about 273 kg of protein. The maximum positive effect was obtained in the In-1800 variant: the average hay yield was 2.0 t/ha, and the protein productivity reached 347 kg/ha, which is 19.5 and 27.2% higher than the control variant, respectively.

Key words: alfalfa, symbiotic activity, mineral nitrogen, biological nitrogen, yield, protein productivity.

References

1. *Alborova P.V., Bazaeva L.M., Hanaeva D.K.* Ekologicheskie priemy povysheniya bolezneustoychivosti i produktivnosti donnika zheltogo v stepnoy zone RSO-Alaniya [Ecological techniques for increasing disease resistance and productivity of *Melilotus officinalis* in the steppe zone of North Ossetia-Alania] // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016; 53; 4: 23–28. (In Rus.)
2. *Bedilo N.A.* Produktivnost', kormovaya tsennost' i simbioticheskaya aktivnost' vidov bobovykh trav i ikh travosmesey na chernozeme vyshchelochennom zapadnogo Predkavkaz'ya [Productivity, feeding value and symbiotic activity of species of leguminous herbs and their grass mixtures on the black earth of the leached Western Pre-Caucasus]: PhD (Ag) thesis: 06.01.01. Krasnodar, 2016: 131. (In Rus.)
3. *Dzhikaeva L.G., Basieva L.Zh.* Biologicheskaya aktivnost' pochvy v zvene pochvozashchitnogo sevooborota gornoy zony RSO-A [Biological activity of soil in the link of soil protection crop rotation of the mountain zone of North Ossetia-Alania] // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012; 49; 1–2: 23–25. (In Rus.)
4. *Doev D.N.* Agroekologicheskoe znachenie posevov lyutserny v usloviyakh vertikal'noy zonal'nosti RSO-Alaniya [Agroecological importance of alfalfa crops under vertical zonal conditions of North Ossetia-Alania] // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016; 53; 4: 223–228. (In Rus.)
5. *Dospekhov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki issledovaniy) [Field experience methodology (with basic statistical processing of studies)]: study manual. 6th ed. Moscow: Al'yans, 2011: 352. (In Rus.)
6. *Kalashnikova E.B.* Rol' novykh bakterial'nykh preparatov v biologizatsii tekhnologii vzdelyvaniya soi [Role of new bacterial preparations in the biologization of soybean cultivation technology] // *Dostizheniya nauki – sel'skomu khozyaystvu: materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Vladikavkaz: Gorskiy gosagrouniversitet, 2017: 6–9. (In Rus.)
7. *Kozyrev A.Kh., Bekuzarova S.A., Bolatati N.O., Kozyreva M.Yu., Kalashnikova E.B.* Patent No. 2670169 Rossiyskaya Federaciya, MPK A01N63/00, A01G 22/40, A01G 7/00. Sposob sokhraneniya aktivnosti kluben'kovykh bakteriy pri introduktsii [Method of preserving activity of tangy bacteria in introduction]: No. 2017144988: claimed on 20.12.2017; issued on 18.10.2018; applicant – FGBOU VO Gorskiy GAU (Gorskiy State Agrarian University). 5. (In Rus.)
8. *Kozyrev A.Kh., Urtaev A.L., Alborova P.V.* Biologicheskaya fiksatsiya azota vozdukhha donnikom zhelytm v predgornoy zone RSO-Alaniya [Biological fixation of air nitrogen with *Melilotus officinalis* in the pre-mountain zone of North Ossetia-Alania] // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014; 51; 3: 71–77. (In Rus.)
9. *Kozyrev A.Kh.* Produktivnost' posevov lyutserny v zavisimosti ot intensivnosti azotfiksatsii v usloviyakh Tsentral'noy chasti Severnogo Kavkaza [Productivity of alfalfa crops depending on the intensity of nitrogen fixation in the conditions of the Central part of the North Caucasus] // *Kormoproizvodstvo*. 2009; 7: 28–31. (In Rus.)
10. *Kozyreva M.Yu., Basieva L.Zh.* Biohimicheskie pokazateli rasteniy lyucerny v zavisimosti ot tipa azotnogo pitaniya // *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2020; 2 (26): 168–175. (In Rus.)
11. *Kokoiev Kh.P.* Rol' mikrobnnykh biopreparatov v povyshenii bolezneustoychivosti i produktivnosti rasteniy soi [Role of microbial biopreparations in increasing disease resistance and productivity of soybean plants] // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; 56; 4: 56–62. (In Rus.)

12. *Ovcharenko N.S., Kozyrev A.Kh.* Mikromitsety aromaticeskikh i lekarstvennykh rasteniy Kryma [Micromycets of aromatic and medicinal plants of Crimea]: monograph. Vladikavkaz: Gorskiy gosagrouniversitet, 2018: 256. ISBN978-5-906647-55-9. (In Rus.)

13. *Farniev A.T., Posypanov G.S.* Biologicheskaya fiksatsiya azota vozduha, urozhaynost' i belkovaya produktivnost' bobovykh kul'tur v Alanii [Biological fixation of air nitrogen, yield and protein productivity of legumes in Alania]. Vladikavkaz: RIPP im. V.A. Gasieva, 1997: 210. (In Rus.)

14. *Farniev A.T.* Kak povysit' produktivnost' lyutserny v predgor'yakh Alanii [How to increase alfalfa productivity in the foothills of Alania] // *Zemledelie*. 2004; 1: 9–10. (In Rus.)

15. *Farniev A.T.* Resursosberegayushchaya tekhnologiya vzdelyvaniya lyutserny na seno i semena [Resource-saving technology to cultivate alfalfa for hay and seeds] // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013; 50; 2: 67–75. (In Rus.)

16. *Farniev A.T.* Rol' agrotekhnicheskikh priemov v povyshenii intensivnosti azotofiksatsii kluben'kovymi bakteriyami lyutserny na vyshchelochennykh chernozemakh RSO-Alaniya [Role of agricultural techniques in increasing the intensity of nitrogen fixation by alfalfa tuber bacteria on leached black earths of North Ossetia-Alania] // *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skohozyaystvennoy akademii*. 1998; 1: 87. (In Rus.)

17. *Farniev A.T.* Produktivnost' donnika zheltogo v zavisimosti ot usloviy mineral'nogo pitaniya [Productivity of *Melilotus officinalis* depending on mineral nutrition conditions] // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011; 48; 2: 36–39. (In Rus.)

18. *Chernikov V.A. et al.* Agroekologiya [Agroecology] / Ed. by V.A. Chernikov, A.I. Chekeres. M.: KolosS, 2000: 536. ISBN5-10-003269-3. (In Rus.)

19. *Nagham M. Al-Azawi, Plyushchikov V.G., Gadzhikurbanov A.* Analysis of genetic parameters and estimation of oil and protein percentage by using full diallel cross in maize // *Plant Archives* Vol. 20, Supplement 1, 2020: 3421–3425. e-ISSN:2581-6063 (online), ISSN:0972-5210.

20. *Farniev A.T., Kozyrev A.Kh., Sabanova A.A., Kokoev Kh.P., Khanaeva D.K., Bazaeva L.M., Alborova P.V.* Biologizing technologies for crops cultivation // *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019; 6; 5: 8956–8962. doi: 10.5281/zenodo.2669529.

Козырева Марина Юрьевна, аспирант, кафедра землеустройства и экологии ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» (362040, Россия, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, д. 37; e-mail: ironlag@mail.ru).

Басиева Лариса Жураповна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и экологии ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» (362040, Россия, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, д. 37; e-mail: alagirka@yandex.ru).

Marina Yu. Kozyreva, postgraduate student, Department of Land Administration and Ecology, Gorsky State Agrarian University, 362040, Russia, North Ossetia -Alania, Vladikavkaz, Kirova Str., 37; e-mail: ironlag@mail.ru.

Larisa Zh. Basieva, PhD (Ag), Associate Professor, the Department of Land Administration and Ecology, Gorsky State Agrarian University, 362040, Russia, North Ossetia -Alania, Vladikavkaz, Kirova Str., 37; e-mail: alagirka@yandex.ru.