

**ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА ЛЮЦЕРНЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АЗОТНОГО ПИТАНИЯ****Козырева М. Ю., Басиева Л. Ж.**

Реферат. Эксперименты проводили в 2017–2019 гг. в условиях предгорной зоны РСО-Алания (540 м над уровнем моря) на черноземах выщелоченных. Сравнивали влияние минерального и симбиотрофного типов азотного питания на формирование симбиотического аппарата люцерны для оптимизации агротехники возделывания культуры. Схема опыта включала следующие варианты: контроль – естественное плодородие почвы; Ин-1800 – обработка семян инокулюмом 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. Образование клубеньков на корнях люцерны при инокуляции семян штаммами ризобий происходило на 1...2 дня раньше, чем в контроле, что указывает на их большую активность, в сравнении с местной микрофлорой. Продолжительность общего симбиоза на второй год жизни в вариантах с инокуляцией промышленным и высокогорными штаммами достигала 215...216 дней, что на 4...7 суток больше, чем в контроле и варианте N_{30} . Наибольшее количество клубеньков во все годы отмечали при обработке семян инокулюмом высокогорных штаммов ризобий, как в чистом виде (96...248 шт./раст.), так и на фоне применения стартовых доз азота (80...243 шт./раст.). Минимальную в опыте массу клубеньков (40...255 кг/га) зафиксировали в контроле и варианте N_{30} . Самая высокая масса клубеньков формировалась ко второму укосу второго года жизни посевов и превышала 300 кг/га во всех вариантах с предпосевной инокуляцией семян активными штаммами ризобий. Превосходство варианта Ин-1800 над контролем составило 28,3 %, а различия с N_{30} +Ин оказались незначительными.

Ключевые слова: люцерна (*Medicago varia* Mart.), симбиотический аппарат, азотфиксация, биологический азот, минеральный азот, масса клубеньков.

Введение. Основа «здоровой» почвы, которая определяет размеры и качество биопродукции агроценозов – ресурсосберегающие и экологически безопасные агротехнологии. Особая роль при переходе на органическое земледелие принадлежит бобовым культурам и их уникальной способности в симбиозе с ризосферными микроорганизмами фиксировать молекулярный азот атмосферы.

Биологическая фиксация азота воздуха на сегодняшний день является основой сельского хозяйства – единственный экологически безопасный способ вовлечения азота в биогенный круговорот веществ и повышения содержания его в почве.

Для активизации процессов и увеличения объемов симбиотической азотфиксации необходимо более детальное изучение факторов, лимитирующих этот процесс, в каждом агроклиматическом районе.

Растения и микроорганизмы необходимо рассматривать как единую систему, поскольку они соединены между собой многочисленными, сложившимися в процессе эволюции связями, реагирующими на любые изменения в биоценозе [1, 2, 3].

Среди важнейших условий формирования и функционирования симбиотического аппарата бобовых растений многие исследователи выделяют наличие в ризосфере вирулентного активного штамма азотфиксирующих бактерий [4, 5, 6], которые в свою очередь предъявляют повышенные требования к обеспеченности почвы доступными формами отдельных макро- и микроэлементов [7, 8]. Нерешенным

до сих пор остается вопрос о необходимости стартовых доз минерального азота, призванных решать проблему нехватки этого элемента на начальном этапе роста и развития растений, а также в ранневесенний период отрастания многолетних бобовых трав [9, 10].

Объемы биологической азотфиксации и, соответственно, доля участия азота воздуха в питании растений у разных бобовых культур сильно отличаются [11, 12], в связи с чем научный и практический интерес представляют вопросы применения минеральных форм азота под каждый конкретный вид бобовых.

Цель исследований – установить влияние различных типов азотного питания на формирование симбиотического аппарата люцерны в экологических условиях Предгорной зоны РСО-Алания для оптимизации технологии возделывания культуры.

Условия, материалы и методы исследований. Полевые опыты проводили в 2017–2019 гг. в Горском ГАУ. Почва – чернозем выщелоченный, подстилающийся галечником с глубины 60...80 см, со средним содержанием гумуса – 4,5...6,0 % (по Тюрину), повышенным легкогидролизуемого азота – около 80 мг/кг (по Коневу), средней (90 мг/кг) и высокой (150 мг/кг) обменностью соответственно подвижными формами фосфора и калия (по Чирикову), $pH_{\text{кол.}}$ – 5,9...6,3 [13].

В полевом опыте изучали симбиотическую активность инокулюма на основе местных рас клубеньковых бактерий, отобранных в высокогорных условиях (1800 м над уровнем моря, с. Зарамаг РСО-Алания), а также промышлен-

ного штамма ризоторфина марки 425a, рекомендуемого исследователями для природно-климатических условий региона [9, 11]. Для изучения целесообразности применения минеральных форм азота вносили аммиачную селитру в виде стартовых доз: 30 кг/га д.в. под предпосевную культивацию, 30 кг рано весной на посевах второго года жизни растений и 30 кг рано весной на посевах третьего года жизни растений.

Схема опыта включала следующие варианты: контроль – естественное плодородие почвы; Ин-1800 – предпосевная инокуляция семян штаммами азотфиксирующих бактерий, отобранными в высокогорных условиях; Шт. 425a – предпосевная инокуляция семян промышленным штаммом ризоторфина (штамм 425a, ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург); N₃₀ – ежегодное внесение стартовых доз минерального азота; N₃₀ + Ин – совместное применение предпосевной инокуляции семян штаммами высокогорных азотфиксирующих бактерий и стартовых доз минерального азота.

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 (10 кг/га).

В течение вегетации наблюдали за формированием симбиотического аппарата и определяли его размеры и активность [14].

Методики проведения полевого опыта и статистической обработки данных – общепринятые – по Б. А. Доспехову (М., 2011).

Анализ и обсуждение результатов исследований. Об активности симбиотических взаимоотношений бобовых растений и клубеньковых бактерий, в первую очередь, можно судить по срокам формирования бобовори-

зобиального аппарата и начала его активного функционирования [5, 9, 15].

Инфицирование корней бобовых клубеньковыми бактериями и формирование симбиотического аппарата происходило во всех вариантах. В то же время образование клубеньков на корнях люцерны из семян, инокулированных вирулентными активными штаммами ризобий, происходило на 1...2 дня раньше, чем в вариантах без использования этого агротехнологического приема (контроль и N₃₀), что указывает на более высокую активность изучаемых ризобий, в сравнении с местными аборигенными расами микроорганизмов (табл. 1).

Процесс азотфиксации начинается при появлении в клубеньках леоглобина (Лб), которое также наблюдается раньше (в среднем на 2...3 дня) в вариантах с предпосевной обработкой семян препаратами микроорганизмов, по сравнению с неинокулированными вариантами.

Следующий важный период – прекращение процесса азотфиксации, характеризующийся переходом леоглобина в холеглобин (Хб). Более активные и конкурентоспособные штаммы ризобий обладают способностью к более длительным и продуктивным симбиотическим взаимоотношениям. Так, при использовании промышленного штамма ризоторфина бобово-ризобиальный аппарат функционировал на 3 дня дольше, а высокогорных штаммов бактерий – на 5 дней дольше, чем в посевах в контроле и в варианте с внесением стартовых доз минерального азота.

Наблюдения за продолжительностью работы симбиотического аппарата до полного отмирания клубеньков показали, что высокогорные штаммы ризобий продлевали их жизнь в среднем на 10 дней. По-видимому, это объясняется приспособленностью этих штаммов к суровым климатическим условиям высокогорья и лучшим проявлением их конкурентных

Таблица 1 – Календарные сроки формирования симбиотического аппарата люцерны

Этап формирования симбиотического аппарата	Контроль	Ин-1800	Штамм 425a	N ₃₀	N ₃₀ +Ин
2017 г. (посев)					
Посев	30.IV	30.IV	30.IV	30.IV	30.IV
Образование клубеньков	14.V	12.V	13.V	16.V	16.V
Появление леоглобина	17.V	14.V	15.V	19.V	12.V
Переход леоглобина в холеглобин	19.X	27.X	25.X	19.X	27.X
Отмирание клубеньков	01.XI	10.XI	05.XI	01.XI	10.XI
2018 г. (второй год жизни)					
Образование клубеньков	06.IV	05.IV	05.IV	08.IV	08.IV
Появление леоглобина	08.IV	07.IV	07.IV	10.IV	10.IV
Переход леоглобина в холеглобин	25.X	30.X	28.X	25.X	30.X
Отмирание клубеньков	03.XI	07.XI	05.XI	03.XI	07.XI
2019 г. (третий год жизни)					
Образование клубеньков	06.IV	06.IV	06.IV	08.IV	08.IV
Появление леоглобина	08.IV	08.IV	08.IV	10.IV	10.IV
Переход леоглобина в холеглобин	–	–	–	–	–
Отмирание клубеньков	25.IX	25.IX	25.IX	25.IX	25.IX

качеств в более благоприятных равнинных условиях.

При использовании минеральных форм азота наблюдали некоторое замедление в образовании клубеньков, в среднем на 3...4 дня, в сравнении с другими вариантами. Этот факт указывает на ингибирование клубеньковых бактерий минеральными формами азота, а также на отсутствие острой необходимости у бобовых растений вступать в симбиотические отношения при наличии легкодоступных форм этого элемента. По мере расходования стартовой дозы азота симбиотический бобово-ризобиальный процесс нормализуется.

На второй и третий годы жизни отрастание отмечали рано весной одновременно во всех вариантах и, как правило, уже на 2...3 день происходило образование клубеньков, за исключением вариантов с внесением минерального азота.

Этапы формирования симбиотического аппарата и продолжительность продуктивного функционирования клубеньков на второй год различались между вариантами опыта менее значительно, а на третий год жизни совсем нивелировались. Этот факт, по-видимому, указывает на то, что высокогорные штаммы постепенно адаптируются к более благоприятным условиям обитания и в проявлении конкурентных свойств явной необходимости уже нет.

Общая продолжительность жизни клубеньков, а также их активной фазы (период фиксации молекулярного азота атмосферы) характеризуются показателями общего и активного симбиозов. В год посева продолжительность общего симбиоза при использовании высокогорных штаммов бактерий достигала 183 дней, что на 11 дней больше, чем в вариантах без инокуляции семян, и на 6 дней дольше, по сравнению с величиной этого показателя при обработке семян промышленным штаммом ризобий. Это подтверждает данные ряда исследователей о высокой конкурентоспособности высокогорных штаммов бактерий в первый год их интродукции в более благоприятные равнинные условия [11, 15]. Продолжительность активного симбиоза изменялась аналогично и достигала максимального в опыте уровня (166 дней) также в варианте Ин-1800. Следует отметить, что в первый год пользования посевами все различия между

вариантами были достоверными (табл. 2).

Наибольшую продолжительность и общих, и активных симбиотических отношений наблюдали в посевах второго года жизни, что объясняет более раннее начало и более позднее завершение вегетационного периода, по сравнению с годом посева и третьим годом жизни. При этом наибольшую длительность общего симбиоза (215...216 дней) отмечали в вариантах с предпосевной инокуляцией промышленным и высокогорными штаммами клубеньковых бактерий. Аналогичная закономерность зафиксирована и по продолжительности активного симбиоза. В вариантах с аборигенными штаммами (контроль и N₃₀) длительность и общего, и активного симбиоза была меньше на 4...6 суток. Во второй год пользования посевами различия между вариантами с промышленным и высокогорными штаммами стали незначительными.

На третий год пользования посевами продолжительность симбиотических отношений составила 170...172 дня и была одинаковой во всех вариантах опыта в связи с одновременной уборкой (3-ий укос) и подготовкой почвы под последующую культуру.

Важный показатель активности симбиотических взаимоотношений растений и ризобий – образование и наличие клубеньков на корнях. К укосной спелости во всех вариантах их число увеличивалось: до 47...96 шт./раст. в год посева, 156...235 шт./раст. во второй год, 175...248 шт./раст. на третий год (табл. 3). После этого этапа оно заметно сокращалось (на 48,7...67,0 %). Такая ситуация связана с проведением укоса и остановкой активной фотосинтетической деятельности растений, вследствие чего прекращается отток углеводов к корням и происходит гибель значительной части клубеньков. Возобновление процесса фотосинтеза в отрастающих посевах восстанавливает обмен углеводами и фиксированным азотом, и количество клубеньков заметно увеличивается [9, 15].

Наибольшее количество клубеньков во все годы пользования посевами отмечали в вариантах с предпосевной обработкой семян инокулятом высокогорных штаммов клубеньковых бактерий, как в чистом виде, так и на фоне применения стартовых доз минеральных форм азота – более 100 шт./раст. в год посева, более 230 шт./раст. во второй год и более 240

Таблица 2 – Продолжительность бобово-ризобиального симбиоза в зависимости от типа азотного питания, дней

Симбиоз	Контроль	Ин-1800	Штамм 425a	N ₃₀	N ₃₀ +Ин	НСП ₀₅
2017 г. (год посева)						
Общий	172	183	177	170	179	2,2
Активный	155	166	163	152	163	1,8
2018 г. (второй год жизни)						
Общий	211	216	215	209	213	2,4
Активный	200	206	204	198	203	1,9
2019 г. (третий год жизни)						
Общий	172	172	172	170	170	2,0
Активный	170	170	170	168	168	2,1

Таблица 3 – Динамика количества клубеньков на корнях люцерны

Фаза развития люцерны	Контроль	Ин-1800	Штамм 425a	N ₃₀	N ₃₀ +Ин	НСР ₀₅
2017 г. (год посева)						
3-й тройчатый лист	7	12	10	6	10	1,1
Стеблевание	25	52	44	21	38	2,4
Начало цветения	59	96	81	54	80	2,8
Отрастание	28	33	32	25	31	2,5
Стеблевание	51	87	76	47	78	3,7
Начало цветения	73	109	95	72	104	4,1
2018 г. (второй год жизни)						
Отрастание	44	68	62	43	65	4,6
Стеблевание	121	154	142	115	151	5,7
Начало цветения	197	235	221	195	233	8,8
Отрастание	65	87	80	65	86	5,9
Стеблевание	118	149	139	118	150	7,3
Начало цветения	175	214	207	174	212	8,2
Отрастание	89	106	99	87	105	4,8
Стеблевание	112	144	134	115	142	5,4
Начало цветения	156	197	188	159	194	6,7
2019 г. (третий год жизни)						
Отрастание	64	84	82	61	83	3,3
Стеблевание	143	166	163	140	164	5,1
Начало цветения	212	248	245	214	243	6,4
Отрастание	82	101	98	84	101	3,6
Стеблевание	136	163	163	138	161	4,5
Начало цветения	193	232	229	195	234	5,1
Отрастание	99	116	115	100	116	3,2
Стеблевание	132	158	158	135	160	4,1
Начало цветения	175	204	201	176	207	4,8

шт./раст. на третий год. Это ещё раз подтверждает высокую конкурентоспособность таких штаммов. При этом различия между вариантами опыта в год посева более значительны, а в последующие годы заметно сокращаются.

При внесении N₃₀ величина этого показателя находилась на уровне контроля, что вполне логично. Однако следует отметить, что ежегодно в начальные периоды роста и развития растений (период действия стартовых доз азота) количество клубеньков в этом варианте было даже ниже, чем в контроле. Так, рано весной в фазе стеблевания на фоне N₃₀ количество клубеньков в год посева составляло 21 шт. против 25 шт. в контроле; во второй год жизни – 115 шт. против 121 шт.; на третий год – 140 шт. против 143 шт. Этот факт также указывает на ингибирование клубеньковых бактерий минеральными формами азота.

Размеры клубеньков на корнях бобовых сильно варьируют, даже развиваясь в ризосфере одного растения. Поэтому количество клубеньков может отражать не совсем достоверную картину, в этом случае для сравнения размеров симбиотического аппарата целесообразнее оценивать их массу [5, 9, 11]. В нашем исследовании масса клубеньков, как и их количество, увеличивалось до фазы цветения и снижалось после проведения укуса. Наименьшей в опыте во все фазы роста и развития люцерны и все годы исследований она была в контроле и при внесении только азотных

удобрений. При этом в начале вегетации в варианте N₃₀ она была ниже, чем в контроле: 15 кг/га против 18 кг/га в фазе стеблевания в год посева; 56 кг/га против 63 кг/га в фазе отрастания во второй год; 87 кг/га против 92 кг/га в фазе отрастания на третий год (табл. 4).

В год посева в самом начале вегетации масса клубеньков была практически одинаковой и составляла около 2 кг/га. К фазе ветвления различия возрастали, при этом в варианте Ин-1800 отмечали двукратное превосходство над контролем. К началу цветения (укозная спелость) отмечали первый пик величины этого показателя, который варьировал по вариантам от 40 до 64 кг/га (см. рисунок). Предпосевная инокуляция семян способствовала увеличению массы клубеньков, по сравнению с контролем, на 40...52 %. При этом наибольшей она была в варианте с высокогорными штаммами ризобий. Дополнительное внесение минерального азота оказывало ограничивающее воздействие на формирование симбиотического аппарата, снижение массы клубеньков, в сравнении с Ин-1800, составило 20,3 %. Ко второму укусу общая картина сохранилась, однако различия между вариантами Ин-1800 и N₃₀+Ин стали менее значительными и сократились до 9,7 %.

На второй год жизни растений в динамике массы клубеньков было отмечено 3 пиковые точки, соответствующие каждому укусу, при этом распределение вариантов по величине

Таблица 4 – Динамика массы активных клубеньков на корнях люцерны в зависимости от типа

Фаза развития люцерны	Контроль	Ин-1800	Штамм 425a	N ₃₀	N ₃₀ +Ин	HCP ₀₅
2017 г. (год посева)						
3-й тройчатый лист	2	2	2	2	2	–
Ветвление	8	16	14	7	12	0,7
Стеблевание	18	34	29	15	22	1,6
Начало цветения	42	64	59	40	51	2,1
Отрастание	28	49	44	27	36	1,3
Стеблевание	36	59	55	37	50	2,2
Начало цветения	48	72	67	48	65	2,8
2018 г. (второй год жизни)						
Отрастание	63	95	90	56	83	4,9
Стеблевание	141	193	181	134	176	6,1
Нач. цветения	244	314	297	239	301	6,8
Отрастание	144	246	238	145	240	4,7
Стеблевание	183	271	262	189	268	5,5
Начало цветения	251	322	304	255	317	6,1
Отрастание	135	207	195	138	205	3,7
Стеблевание	152	224	214	156	222	4,8
Начало цветения	192	250	241	193	248	5,5
2019 г. (третий год жизни)						
Отрастание	92	111	108	87	102	2,8
Стеблевание	123	146	142	115	134	3,7
Начало цветения	162	188	182	160	185	4,3
Отрастание	86	102	100	87	102	2,8
Стеблевание	114	138	135	115	137	3,5
Начало цветения	153	179	173	151	178	4,2
Отрастание	81	95	92	80	94	2,1
Стеблевание	110	128	124	109	127	3,0
Начало цветения	145	170	166	146	169	3,6

этого показателя оставалось таким же, как и в предыдущем году. Самая большая масса клубеньков сформировалась ко второму укосу. При предпосевной инокуляции семян активными штаммами ризобий она превышала 300 кг/га. Превосходство лучшего варианта (Ин-1800) над контролем составило 28,3 %, а различия между ним и вариантом с дополнительным внесением азотных удобрений стали незначительными.

На третий год пользования посевами масса клубеньков по вариантам опыта выравнивалась еще сильнее. Практически идентичные результаты отмечали в контроле и при внесе-

нии стартовых доз минерального азота. Во всех остальных вариантах также наблюдали близкие величины этого показателя, а различия между ними сократились с 9 кг/га в начале вегетации до 4 кг/га к концу года.

Наибольшие размеры симбиотического аппарата отмечали у посевов люцерны ко второму году жизни (135...322 кг/га), затем наблюдали постепенное их уменьшение (80...188 кг/га). Различия между вариантами к концу пользования посевами также заметно нивелировались (251...352 кг/га и 153...179 кг/га в контроле и варианте Ин-1800), при этом их можно было разделить на две категории – с

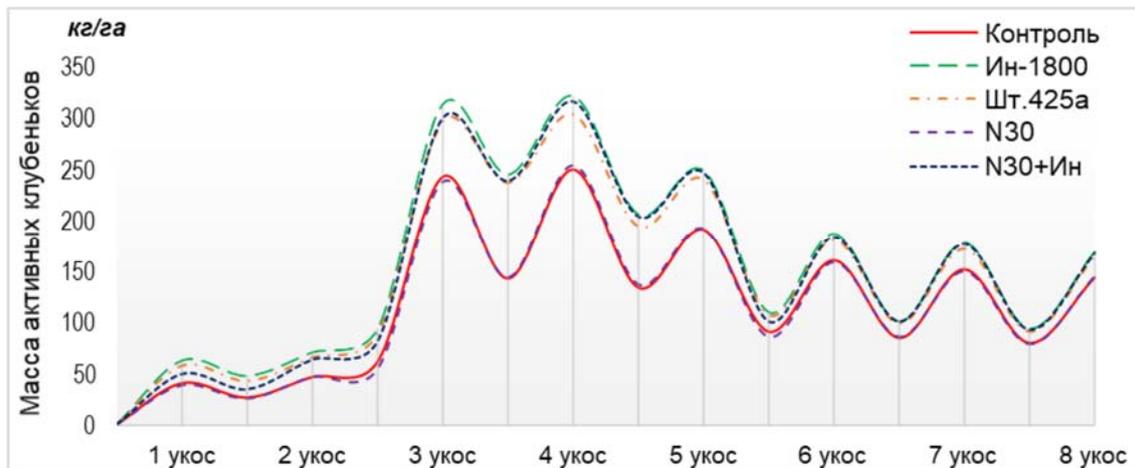


Рисунок – Динамика массы активных клубеньков за весь период пользования посевами люцерны, кг/га

инокуляцией и без неё.

Выводы. Таким образом, минеральные формы азота ингибируют развитие клубеньковых бактерий. Бобовые растения не вступают в симбиотические отношения с ризобиями при наличии в почве легкогидролизуемых форм этого элемента. По мере расходования стартовой дозы азота симбиотический бобово-ризобиальный процесс нормализуется.

Высокогорные штаммы клубеньковых бактерий характеризуются повышенной конкурентоспособностью, в сравнении с равнинными аборигенными микроорганизмами (превосходство над контролем по массе клубеньков в различные фазы развития растений достигало от 17 до 100 %). В связи с этим при их использовании продолжительность активного симбиоза, в сравнении с контролем в

первый и второй годы пользования посевами, увеличивается на 6...11 дней.

На второй год пользования посевами различия по массе клубеньков между промышленным и высокогорными штаммами ризобий становятся менее рельефными (3,6...6,6 % против 7,5...17,2 % в год посева), а на третий год жизни вовсе нивелируются (2,0...3,5 %). Высокогорные штаммы клубеньковых бактерий постепенно адаптируются к новым, более благоприятным, условиям. Поэтому к третьему году пользования посевами они теряют свои конкурентные качества. Превосходство над контролем по годам исследований также сокращается с 50,2 % в первый год жизни, до 28,3 и 16,0 % во второй и третий год жизни соответственно.

Литература

1. Овчаренко Н. С., Козырев А. Х. Микромицеты ароматических и лекарственных растений Крыма. Владикавказ: Горский ГАУ, 2018. 256 с.
2. Phytoinsecticides to fight against colorado beetle / S. S. Basiev, A. D. Bekmurzov, S. A. Bekuzarova et al. // International Scientific and Practical Conference «AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture». «KnE Life Sciences». Tyumen: Knowledge E., 2019. Pp. 562–569.
3. Перспектива использования бактериальных препаратов против семенной инфекции нута / Е. В. Кузина, Г. Ф. Рафикова, Е. А. Столярова и др. // Земледелие. 2020. № 2. С. 44–47.
4. Способ инокуляции семян бобовых трав / С. А. Бекузарова, А. Т. Фарниев, А. А. Сабанова и др. // Патент РФ № 2188531, 10.09.2002.
5. Болатати Н. О., Басиева Л. Ж., Козырев А. Х. Симбиотическая активность, продуктивность и энергетическая эффективность возделывания различных видов клевера в лесостепной зоне РСО-Алания // Инновационные технологии в растениеводстве и экологии. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения ученого-микробиолога-агроэколога, заслуженного работника высшей школы России, заслуженного деятеля науки Северной Осетии, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Тимофеевича Фарниева. Владикавказ: Горский ГАУ, 2017. С. 111–114.
6. Тимошкина О. Ю., Тимошкин О. А. Симбиотическая азотфиксация у донника двулетнего при разных приемах возделывания // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 49–52.
7. Biologizing technologies for crops cultivation / A. T. Farniev, A. Kh. Kozzyrev, A. A. Sabanova et al. // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 5. Pp. 8956–8962.
8. 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.
9. 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. 87–95.
10. Васильчиков А. Г., Акулов А. С. Управление вегетацией перспективных сортообразцов сои путем применения высокоэффективных инокулянтов // Земледелие. 2018. № 4. С. 19–22.
11. Доев Д. Н., Козырев А. Х. Активность штаммов клубеньковых бактерий люцерны в зависимости от условий вертикальной зональности // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. № 1. С. 248–255.
12. Калашникова Э. Б., Качмазов К. В., Козырев А. Х. Роль новых бактериальных препаратов в биологизации технологии возделывания сои // Достижения науки – сельскому хозяйству: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Владикавказ: Горский ГАУ, 2017. С. 6–9.
13. Дзанагов С. Х. Плодородие почв и удобрения. Орджоникидзе: Ир, 1987. 199 с.
14. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. 299 с.
15. Doev D. N., Tsotsieva V. P., Basieva L. G. Biological nitrogen share in lucerne plants nutrition depending on the activeness of nodule bacteria strain // Научный альманах стран Причерноморья. 2015. № 4 (4). С. 34–37.

Сведения об авторах:

Козырева Марина Юрьевна – аспирант направления подготовки 03.02.08 Биологические науки (экология), e-mail: marina.kozyreva.85@mail.ru
 Басиева Лариса Жураповна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры землеустройства и экологии, e-mail: ironlag@mail.ru.
 ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет», г. Владикавказ, Россия.

FORMATION OF A SYMBIOTIC APPARATUS OF ALFALFA DEPENDING ON THE NITROGEN NUTRITION TYPE

Kozyreva M. Yu., Basieva L. Zh.

Abstract. The experiments were carried out in 2017–2019 in the foothill zone of North Ossetia-Alania (540 m above sea level) on leached chernozem. The effect of the mineral and symbiotrophic types of nitrogen nutrition on the

formation of the alfalfa symbiotic apparatus was compared to optimize the cultivation agricultural technique. The experimental design included the following options: control - natural soil fertility; In-1800 - seed treatment with the inoculum of nitrogen-fixing bacteria strains selected in high mountain conditions (1800 m above sea level); Strain 425a - seed inoculation with an industrial strain of rhizotorphin (strain 425a); N₃₀ - starting dose of nitrogen; N₃₀+In - combined use of high-mountain strains of bacteria and starting doses of nitrogen. Seeds were treated with the studied strains before sowing. The formation of nodules on the roots of alfalfa during inoculation of seeds with rhizobia strains occurred 1 ... 2 days earlier than in the control, which indicates their greater activity compared to the local microflora. The duration of the general symbiosis in the second year of life in the variants with inoculation with industrial and alpine strains reached 215 ... 216 days, which is 4 ... 7 days more than in the control and variant N₃₀. The greatest number of nodules in all years was noted during seed treatment with the inoculum of alpine rhizobia strains, both in pure form (96 ... 248 units/plant.), and against the background of the use of starting doses of nitrogen (80 ... 243 units/plant.). The smallest mass of nodules in the experiment (40 ... 255 kg/ha) was recorded in the control and variant N₃₀. The highest mass of nodules was formed by the second crop of the second year of sowing life and exceeded 300 kg/ha in all variants with pre-sowing seed inoculation with active rhizobia strains. The superiority of the In-1800 variant over control was 28.3%, and the differences with N₃₀+In turned out to be insignificant.

Key words: alfalfa (*Medicago varia* Mart.), symbiotic apparatus, nitrogen fixation, biological nitrogen, mineral nitrogen, mass of nodules.

References

1. Ovcharenko N.S., Kozyrev A.Kh. *Mikromitsety aromatischeskikh i lekarstvennykh rasteniy Kryma*. [Micromycetes of aromatic and medicinal plants of Crimea]. Vladikavkaz: Gorskiy GAU, 2018. P. 256.
2. Phytoinsecticides to fight against colorado beetle / S. S. Basiev, A. D. Bekmurzov, S. A. Bekuzarova et al. // International Scientific and Practical Conference «AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture». «KNE Life Sciences». Tyumen: Knowledge E., 2019. P. 562–569.
3. The prospect of using bacterial preparations against seminal chickpea infection. [Perspektiva ispolzovaniya bakteri- alnykh preparatov protiv semennoy infektsii nuta]. / E.V. Kuzina, G.F. Rafikova, E.A. Stolyarova and others. // *Zemle- delie. – Agriculture*. 2020. № 2. P. 44–47.
4. *Sposob inokulyatsii semyan bobovykh trav*. [The method of legume seeds inoculation]. / S. A. Bekuzarova, A. T. Farniev, A. A. Sabanova and others. // Patent RF № 2188531, 10.09.2002.
5. Bolatati N.O., Basieva L.Zh., Kozyrev A.Kh. *Simbioticheskaya aktivnost, produktivnost i energeticheskaya effe-ktivnost vozdeliyaniya razlichnykh vidov klevera v lesostepnoy zone RSO-Alaniya*. // *Innovatsionnye tekhnologii v rastenievodstve i ekologii. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu so dnya rozhdeniya uchenogo-mikrobiologa-agroekologa, zaslužennogo rabotnika vysshey shkoly Rossii, zaslužennogo deyatel'nykh Severnoy Osetii, doktora selskokhozyaystvennykh nauk, professora Aleksandra Timofeevicha Farnieva*. (Symbiotic activity, productivity and energy efficiency of clover cultivation of various types in the forest-steppe zone of North Ossetia-Alania. // Innovative technologies in crop production and ecology. Proceedings of International scientific and practical conference, dedicated to the 80th birthday of the scientist-microbiologist-agroecologist, honored worker of Higher School of Russia, honored scientist of North Ossetia, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Aleksandr Timofeevich Farniev). Vladikavkaz: Gorskiy GAU, 2017. P. 111–114.
6. Timoshkina O.Yu., Timoshkin O.A. Symbiotic nitrogen fixation on the two-years clover with different methods of cultivation. [Simbioticheskaya azotifikatsiya u donnika dvuletnego pri raznykh priemakh vozdeliyaniya]. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2018. Vol. 32. № 11. P. 49–52.
7. Biologizing technologies for crops cultivation / A. T. Farniev, A. Kh. Kozyrev, A. A. Sabanova et al. // *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019. Vol. 6. No. 5. P. 8956–8962.
8. Farniev A.T., Kozyrev A.Kh. Resource-saving technology for alfalfa cultivation for hay and seeds. [Resursosberegayushchaya tekhnologiya vozdeliyaniya lyutserny na seno i semena]. // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The herald of Gorskiy State Agrarian University*. 2013. Vol. 50. № 2. P. 67–75.
9. Farniev A.T., Kozyrev A.Kh. The role of agricultural techniques in increasing the intensity of nitrogen fixation by alfalfa nodule bacteria on leached chernozems of North Ossetia-Alania. [Rol agrotekhnicheskikh priemov v povyshenii intensivnosti azotifikatsii klubenkovymi bakteriyami lyutserny na vyschelochnykh chernozemakh RSO-Alaniya]. // *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii. – The herald of Timiryazev Agricultural Academy*. 1998. № 1. P. 87–95.
10. Vasilchikov A.G., Akulov A.S. Vegetation management of promising soybean varieties through the use of highly effective inoculants. [Upravlenie vegetatsiyey perspektivnykh sortoobraztsov soi putem primeneniya vysokoeffektivnykh inokulyantov]. // *Zemle delie. – Agriculture*. 2018. № 4. P. 19–22.
11. Doev D.N., Kozyrev A.Kh. Activity of nodule bacteria strains of alfalfa depending on the conditions of vertical zonality. [Aktivnost shtammov klubenkovykh bakteriy lyutserny v zavisimosti ot usloviy vertikalnoy zonalnosti]. // *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The herald of Gorskiy State Agrarian University*. 2014. Vol. 51. № 1. P. 248–255.
12. Kalashnikova E.B., Kachmazov K.V., Kozyrev A.Kh. *Rol novykh bakterialnykh preparatov v biologizatsii tekhnologii vozdeliyaniya soi*. // *Dostizheniya nauki – selskomu khozyaystvu: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. (The role of new bacterial preparations in the biologization of soybean cultivation technology. // Achievements of science -Agriculture: proceedings of All-Russian scientific and practical Conference). Vladikavkaz: Gorskiy GAU, 2017. P. 6–9.
13. Dzanagov S.Kh. *Plodorodie pochv i udobreniya*. [Soil fertility and fertilizers]. Ordzhonikidze: Ir, 1987. P. 199.
14. Posypanov G.S. *Metody izucheniya biologicheskoy fiktsatsii azota vozdukh*. [Methods of studying the biological fixation of nitrogen in the air]. M.: Agropromizdat, 1991. P. 299.
15. Doev D.N., Tsotsieva V.P., Basieva L.G. Biological nitrogen share in lucerne plants nutrition depending on the activeness of nodule bacteria strain. // *Nauchnyy almanakh stran Prichemomorya. - Scientific almanac of the Black Sea countries*. 2015. № 4 (4). P. 34–37.

Authors:

Kozyreva Marina Yurevna – post-graduate student in the field of preparation 03.02.08 Biological sciences (ecology), e-mail: marina.kozyreva.85@mail.ru

Basieva Larisa Zhurapovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Land Management and Ecology Department, e-mail: ironlag@mail.ru

Gorskiy State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia.