

УДК 633.352:631.461.52:631.81

СИМБИОТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ ВИКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНОКУЛЯЦИИ И ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТАМИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

М.М. ТОКБАЕВ, Б.Х. ЖЕРУКОВ

(Кафедра растениеводства)

В полевом опыте на выщелоченном черноземе Предкавказья изучали влияние инокуляции, обеспеченности фосфором, бором и молибденом вики посевной на формирование и активность симбиотического аппарата: динамику количества и массы сырых клубеньков, активный симбиотический потенциал (АСП), удельную активность симбиоза (УАС) и количество фиксированного азота воздуха.

Оптимизация фосфорного питания и применение борных удобрений при благоприятной влажности почвы увеличивали массу активных клубеньков на 15—23%, количество фиксированного азота воздуха — на 54—77 кг/га. Одни молибденовые удобрения мало изменяли эти показатели. При совместном применении микроэлементов масса клубеньков достигала 479 кг/га, а фиксация азота — 195 и 222 кг/га, что больше, чем в контроле, на 42 и 59%.

По мнению Н.И. Вавилова [1], центром происхождения вики посевной является Передняя Азия. Оттуда она распространилась через Северный Кавказ и Средиземноморье в северные районы. В культуру введена в VI—VII тысячелетиях до новой эры и считается современницей гороха, чины и люцерны.

С развитием земледелия и животноводства вика утратила свое пищевое значение. Ее стали использовать на кормовые цели [15]. Начиная с конца XVIII в. викуй

занимались все видные русские агрономы. В 1937 г. С.М. Усов [7] предположил, что вика в России «может родиться повсеместно». В настоящее время в смеси с мятликовыми культурами она используется в зеленом конвейере, из вики заготавливают высококачественное сено, травяную муку, силос [3, 5, 6, 9, 13—15].

Поскольку вика — культура влаголюбивая, высокие урожаи семян и зеленой массы она дает в районах, где за период май — июль выпадает не менее 175—200 мм осадков [7].

Предкавказье является зоной неустойчивого увлажнения. Кроме того, почвы этого региона бедны подвижным фосфором и бором. Периодический недостаток влаги, как и несбалансированность минерального питания, снижают величину и активность симбиотического аппарата [12, 16, 17]. В связи с этим целью наших исследований было выявить влияние метеорологических условий года, оптимизации минерального питания фосфором, бором и молибденом, а также инокуляции заводским штаммом ризобий на формирование симбиотического аппарата и его азотфиксирующую активность.

Методика

Опыты проведены с викой посевной сорта Орловская 84 на учебно-опытном поле Кабардино-Балкарской ГСХА в 1994—1996 гг. Почва опытных участков — среднесуглинистый выщелоченный чернозем. Реакция почвенного раствора — близкая к нейтральной, обеспеченность подвижным фосфором — средняя, обменным калием — высокая, подвижными бором и молибденом — соответственно низкая и ниже среднего уровня.

Метеорологические условия вегетационных периодов по годам исследований были различными. Период вегетации 1994 г. характеризовался сравнительно равномерным выпадением осадков. Уборка проводилась при благоприятных условиях, что позволило убрать урожай семян без потерь и высокого качества. В 1995 г. влажность пахотного слоя почвы

периодически опускалась ниже ВРК, что существенно снизило урожай семян вики. В 1996 г. в фазу полных всходов 14 мая выпал сильный град, выбивший всходы вики, и опыты пришлось перезакладывать, что сдвинуло фазы роста и развития растений на более поздние сроки.

Влажность пахотного слоя почвы зависела от количества осадков, выпадавших в течение вегетационного периода, и в разные годы существенно различались. В 1994 г. она была благоприятной для бобоворизобинального симбиоза, фиксации азота воздуха и способствовала формированию наибольших количеств абсолютно-сухого вещества и урожая семян. В 1996 г. влажность почвы снижалась до 30% ППВ, что ухудшило активность бобоворизобинального симбиоза, в результате чего урожай зеленой массы и семян резко снизился. Таким образом, самым благоприятным для возделывания вики посевной оказался 1994 г., а самым неблагоприятным — 1996 г.

Нормы фосфорных удобрений и микроэлементов на фоне высокого содержания обменного калия рассчитаны на получение урожая семян 30 ц/га. Фосфор в форме боризированного суперфосфата вносили под зяблевую вспашку из расчета 70—90 кг на 1 га. Инокуляцию семян проводили в день посева заводским штаммом 1-42 с одновременной обработкой молибденовокислым аммонием — 50 г аммония на гектарную норму семян. Посев проводили в ранневесенние сроки с междурядьями 15 см, норма высева — 1,5 млн

всхожих семян на 1 га, глубина их заделки — 2—3 см.

Схема полевого опыта включала 6 вариантов: 1 — контроль — естественное плодородие почвы; 2 — инокуляция семян активным штаммом ризобий 1-42 (условное обозначение И1-42); 3 — оптимизация режима фосфорного питания при инокуляции семян — фон, условно — И1-42 + P); 4 — фон + применение молибденово-кислого аммония (фон + Mo); 5 - фон + применение борной кислоты (фон + B); 6 — фон + совместное применение указанных микроэлементов (фон + BMo).

Площадь учетной делянки — 25 м², повторность — 4-кратная, размещение вариантов — рендомизированное.

Фенологические наблюдения проводили по методике Госсортести (1971).

В пробы на биометрический анализ отбирали по 10 растений в каждой повторности, т.е. по 40 растений в варианте. Растения выкапывали на глубину пахотного слоя и на расстоянии 10 см от стебля учетного растения. Корни от земли освобождали сухой разборкой без потерь клубеньков с последующей отмывкой от ситях 1 мм. Их отделяли от стеблей на уровне корневой шейки. Подсчитывали количество и определяли массу клубеньков в пробе, их размещение по корневой системе, окраску. Величину и активность симбиотического аппарата определяли по методике Г.С. Посыпанова [11, 12].

Замеряли среднюю высоту всей пробы надземной части растения по середине конуса, отделяли листья от стеблей, измельчали

стебли и отбирали среднюю пробу для определения влажности. Такие же анализы проводили для каждого органа. Подсчитывали количество бобов и семян в пробе и в среднем на одно растение, определяли их массу. Площадь листьев устанавливали методом высечек.

Полученные данные использовали для определения динамики накопления сухого вещества и площади листьев, фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза.

Урожай семян учитывали поделочно и приводили его к стандартной влажности 14 и 100% чистоте.

Данные исследований обработаны методом дисперсионного анализа [4].

Формирование симбиотического аппарата вики посевной

Всходы появились на 8-й день после посева, клубеньки — через 6—8 дней после появления всходов, а спустя 2—3 дня в них образовался красный пигмент — леггемоглобин.

Количество клубеньков увеличивалось от начала их образования до фазы роста бобов, далее начиналось отмирание клубеньков.

Лимитирующим фактором симбиотической деятельности бобовых в зоне проведения исследований является влажность почвы. В год с достаточным увлажнением почвы отмечались наибольшие количество и масса клубеньков [17] (табл. 1). Инокуляция семян, оптимизация режима минерального питания фосфором и микро-

элементами увеличивала количество клубеньков на 30—36% по сравнению с контролем. Наимень-

шее количество клубеньков было в засушливом 1996 г., а самое большое (61 млн/га) — в 1995 г.

Т а б л и ц а 1

Динамика количества клубеньков у вики (млн/га)
в 1994—1996 гг.

Фаза развития	Контроль	И1-42	И1-42+Р (фон)	Фон + Мо	Фон + В	Фон + ВМо
<i>1994 г.</i>						
1-го перистого листа	3,6	4,1	7,2	7,3	7,6	7,6
Ветвление	28,7	29,2	30,5	32,0	33,6	35,1
Начало цветения	24,1	26,2	32,1	32,6	36,0	37,4
Цветение — образование бобов	19,2	22,1	27,5	26,3	28,4	30,4
Образование бобов	24,1	28,2	29,4	32,5	34,4	38,1
Рост бобов	32,3	36,6	42,3	43,3	47,0	49,4
Налив семян	17,2	19,9	21,7	22,5	23,8	25,0
<i>1995 г.</i>						
1-го перистого листа	4,5	5,4	9,3	9,3	9,8	10,1
Ветвление	33,8	34,7	36,7	39,0	40,8	43,2
Начало цветения	28,7	31,6	38,7	38,3	42,4	44,5
Цветение — образование бобов	22,7	26,3	32,7	30,9	32,5	35,4
Образование бобов	28,3	33,4	34,9	38,2	40,5	44,8
Рост бобов	38,8	45,7	51,7	53,3	58,0	61,0
Налив семян	20,5	23,9	26,1	26,8	27,3	29,4
<i>1996 г.</i>						
1-го перистого листа	2,5	5,1	6,3	7,2	8,6	8,7
Ветвление	7,5	15,2	18,6	21,3	25,4	25,9
Цветение	8,2	16,7	20,4	23,4	27,8	28,4
Образование бобов	2,8	5,6	6,9	7,8	9,4	9,6
Рост бобов	10,0	20,2	24,7	28,2	33,6	34,4
Налив семян	3,7	7,5	9,2	10,5	12,5	12,8

Инокуляция семян активным штаммом на фоне естественного плодородия почвы повышала массу активных клубеньков на 3—7% (табл. 2), внесенные фосфорного удобрения по фону инокуляции — на 15—23%, а борные удобрения — еще на 9—16%. Молибденовые удобрения мало изменяли этот показатель. Максимальная масса клубеньков во все годы опытов формировалась

на фоне инокуляции, достаточной обеспеченности фосфором, бором и молибденом. В 1994 г. она достигала 402 кг/га, а в 1995 г. — 479 кг/га [16] и в 1996 засушливом году — 188 кг/га, что больше, чем в контроле, соответственно на 74, 45 и 135%.

Активный симбиотический потенциал (АСП) является аккумуляющим показателем массы клубеньков и продолжительности

Динамика сырой массы клубеньков вики (кг/га) в 1994—1996 гг.

Фаза развития	Контроль	И1-42	И1-42+Р (фон)	Фон + Мо	Фон + В	Фон + ВМо
<i>1994 г.</i>						
1-го перистого листа	10	14	27	27	27	29
Ветвление	127	137	226	245	262	262
Начало цветения	169	224	281	256	305	299
Цветение — образование бобов	231	280	336	312	380	402
Образование бобов	226	239	284	311	323	344
Рост бобов	211	222	272	237	318	329
Налив семян	180	194	233	272	283	294
АСП, тыс. кг · дн/га	13,7	15,0	18,7	18,7	21,3	21,8
<i>1995 г.</i>						
1-го перистого листа	18	18	35	28	30	33
Ветвление	226	226	309	296	322	324
Начало цветения	279	284	349	334	369	375
Цветение — образование бобов	329	351	451	437	478	479
Образование бобов	314	327	379	360	415	421
Рост бобов	294	303	357	347	413	417
Налив семян	141	148	184	172	188	195
АСП, тыс. кг · дн/га	17,8	18,4	22,9	22,1	24,8	25,2
<i>1996 г.</i>						
1-го перистого листа	16	14	17	20	25	27
Ветвление	45	70	88	95	118	120
Цветение	73	103	126	143	174	173
Образование бобов	20	33	39	47	55	67
Рост бобов	80	108	132	150	182	188
Налив семян	37	53	68	78	100	106
АСП, тыс. кг · дн/га	6,1	6,3	7,7	8,8	10,7	11,2

их функционирования. Наибольший АСП вики, как и масса клубеньков, во все годы опытов формировался в варианте совместного применения бора и молибдена (табл. 3). В 1996 г. в этом варианте он был в 2 раза больше, чем в контроле. В 1995 г., при наиболее благоприятной влажности почвы в течение вегетации, АСП достигал 25,2 тыс. кг · дн/га, т.е. был на 42% больше, чем в контроле.

Удельная активность симбиоза (УАС) и количество фиксированного азота воздуха

Удельную активность симбиоза рассчитывали по разности наибольшего потребления азота посевами вики в лучшем варианте и в контроле, а также по разности АСП в этих вариантах. В 1996 г. наибольшее потребление азота посевами в лучшем варианте и в контроле, а также по раз-

Таблица 3

**Динамика формирования АСП вилки посевной (кг дн/га)
в среднем за 1994—1996 гг.**

Период вегетации	Дней	Кон- троль	И1-42	И1-42 +Р (фон)	Фон + Мо	Фон + В	Фон + ВМо
<i>1994 г.</i>							
Всходы — 1-й перистый лист	7	35	49	93	95	93	100
1-й перистый лист — ветвление	10	523	718	800	849	873	820
Ветвление — начало цветения	20	2781	3140	4324	4443	4879	4789
Начало цветения — цветение, образование бобов	10	2298	2520	3080	2837	3425	3500
Цветение, образование бобов — образование бобов	10	2383	2594	3095	3110	3513	3718
Образование — рост бобов	10	2182	2300	2775	2736	3200	3365
Рост бобов — налив семян	15	2955	3116	3851	3815	4504	4653
Налив семян — полная спелость	6	561	581	726	816	849	882
Сумма за вегетацию	88	13718	15018	18744	18701	21336	21827
<i>1995 г.</i>							
Всходы — 1-й перистый лист	8	72	72	140	112	120	144
1-й перистый лист — ветвление	10	540	543	805	790	900	925
Ветвление — начало цветения	20	4105	4135	5465	5280	5795	5875
Начало цветения — цветение, образование бобов	10	3040	3175	4000	3855	4235	4270
Цветение, образование бобов — образование бобов	10	3215	3390	4150	3985	4465	4500
Образование — рост бобов	10	3040	3150	3680	3535	4140	4190
Рост бобов — налив семян	15	3263	3383	4058	3893	4505	4588
Налив семян — полная спелость	7	494	518	644	602	658	683
Сумма за вегетацию	90	17769	18368	22942	22052	24838	25175
<i>1996 г.</i>							
Всходы — 1-й перистый лист	8	53	56	68	80	100	108
1-й перистый лист — ветвление	10	364	370	440	515	610	670
Ветвление — начало цветения	30	2158	2251	2770	3090	3764	3867
Цветение — образование бобов	15	1003	1020	1238	1425	1718	1800
Образование бобов — рост бобов	16	1105	1128	1368	1576	1896	2040
Рост бобов — налив семян	16	1241	1288	1600	1824	2256	2352
Налив семян — полная спелость	7	170	186	238	273	350	371
Сумма за вегетацию	102	6094	6299	7722	8783	10690	11208

ности АСП в этих вариантах. В 1996 г. наибольшее потребление азота посевами в лучшем варианте (фон + ВМо) и в контроле было в 2 раза меньше, чем в 1994 г.

(табл. 4). Вдвое меньшим было и значение АСП. Однако разность в потреблении азота посевами достигала 2,4 раза, а в значении АСП — 1,6 раза. Соответственно

УАС в 1994 г. составила 10,2 г/кг · сут, а в 1996 г. — 6,6 г/кг · сут.

1995 год по этому показателю занимал промежуточное положение.

Таблица 4

Расчет удельной активности симбиоза (г/кг · сут) по разности АСП и максимального потребления азота посевами вики в варианте фон + ВМо (числитель) и в контроле (знаменатель)

Показатель	1994 г.	1995 г.	1996 г.
Наибольшее потребление N, кг/га	<u>289</u> 206	<u>266</u> 209	<u>134</u> 100
Разность	83	57	34
АСП за вегетацию, кг · дн/га	<u>21827</u> 13718	<u>25175</u> 17768	<u>11208</u> 6094
Разность	8109	7407	5114
УАС, г/кг · сут	10,2	7,7	6,6

Количество фиксированного азота воздуха в разных вариантах опыта рассчитывали по значениям АСП и УАС (табл. 5). В соответствии с методикой расчета средняя за год УАС принята одинаковой для всех вариантов. В контроле за счет спонтанных штаммов ризобий в удовлетворительные по влагообеспеченности годы было фиксировано около 140 кг азота воздуха на 1 га, в засушливом 1996 г. — всего 40 кг/га. Инокуляция семян повысила азотфиксацию на 5 и 13 кг/га, оптимизация фосфорного питания при инокуляции — на 34 и 38 кг/га, применение борных удобрений — еще на 15—26 кг/га. Совместное применение борных и молибденовых удобрений обеспечило наибольшую фиксацию азота воздуха посевом вики — 195 и 222 кг/га, что больше, чем в контроле, на 42 и 59%.

В засушливом году оптимизация минерального питания растений увеличивала азотфиксацию

на 85%, т.е. в 1,4—2 раза больше, чем в годы с благоприятной влажностью почвы.

Из изложенного выше следует, что инокуляция семян вики посевной способствует усилению биологической азотфиксации в годы с любыми метеорологическими условиями. Оптимизация фосфорного питания и применение борных удобрений при благоприятной влажности почвы значительно увеличивают количество фиксированного азота воздуха, но применение борных и молибденовых удобрений по фону фосфорный обеспечивает наибольшую фиксацию азота. Водный стресс симбиотические системы легче переносят при достаточной обеспеченности макро- и микроэлементами.

Выводы

1. Наибольшее влияние на формирование и активность симбиотического аппарата вики посевной оказывает влагообеспечен-

Количество фиксированного азота воздуха в зависимости от активности симбиоза в 1994—1996 гг.

Показатель	Контроль	И1-42	И1-42+Р (фон)	Фон + Мо	Фон + В	Фон + ВМо
<i>1994 г.</i>						
АСП, тыс. кг · сут/га	13,7	15,0	18,7	18,7	21,3	21,8
УАС, г/кг · сут	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
$N_{\text{фик}}$, кг/га	140	153	191	191	217	222
<i>1995 г.</i>						
АСП, тыс. кг · сут/га	17,8	18,4	22,9	22,1	24,8	25,2
УАС, г/кг · сут	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
$N_{\text{фик}}$, кг/га	137	142	176	170	191	195
<i>1996 г.</i>						
АСП, тыс. кг · сут/га	6,1	6,3	7,7	8,8	10,7	11,2
УАС, г/кг · сут	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
$N_{\text{фик}}$, кг/га	40	42	51	58	71	74

ность. В засушливые годы масса клубеньков и количество фиксированного азота воздуха были в 3 раза меньше, чем при удовлетворительных условиях увлажнения.

2. Оптимизация фосфорного питания на фоне инокуляции семян повысила количество фиксированного азота воздуха (на 20%) и потребление азота посевами (на 30—41 кг/га).

3. При низкой обеспеченности выщелоченных черноземов бором борные удобрения в норме 2 кг/га, внесенные отдельно и совместно с молибденовыми, повысили количество фиксированного азота воздуха на 15—25% по сравнению с контролем. Применение одних молибденовых удобрений при среднем содержании в почве этого элемента нецелесообразно.

4. Инокуляция семян вики посевной способствует усилению биологической азотфиксации в годы

с любыми метеорологическими условиями. Оптимизация фосфорного питания и применение борных удобрений при благоприятной влажности почвы увеличивали массу активных клубеньков (на 15—23%) и количество фиксированного азота воздуха (на 54—77 кг/га). Одни молибденовые удобрения мало изменяли данные показатели, а самые высокие их значения были при совместном применении борных и молибденовых удобрений.

Симбиотические системы легче переносят водный стресс при достаточной обеспеченности макро- и микроэлементами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов Н.И. Происхождение и география культурных растений. — Избр. тр. М.-Л.: Сельхозиздат, 1965, т. 5, с. 786. — 2. Дебелый Г.А., Калинина Л.З., Дуляк А.И. Зернобобовые культуры в

Нечерноземье. М.: Россельхозиздат, 1985. — 3. *Диваченко В.С.* Повторные посевы кормовых культур. М.: Моск. рабочий, 1975. — 4. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. — 5. *Исаев А.П.* Повышение содержания белка в кормовых смесях. М., 1978. — 6. *Кукреш Л.В.* Вика яровая в БССР. — Сельск. хоз.—во в Белоруссии, 1970, № 12, с. 11. — 7. *Леокене Л.В.* Яровая и озимая вика. Л.: Колос, 1964. — 8. *Леокене Л.В.* К истории культуры вики посевной. — Бюл. ВИР им. Н.И. Вавилова, 1980, вып. 97, с. 20—24. — 9. *Митрофанов А.С., Рожков М.М.* Вика (яровая и озимая). М.: Сельхозиздат, 1961. — 10. *Ничипорович А.А.* О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах. — В сб.: Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М.: АН СССР, 1983, с. 61—65. — 11. *Постанов Г.С.* Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 5, с. 15. — 12. *Посытанов Г.С.* Методы изучения биоло-

гической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. — 13. *Рогов М.С., Новоселов Ю.К.* Зеленый конвейер. М.: Россельхозиздат, 1969. — 14. *Рогов М.С.* Озимая и яровая вика в зеленом конвейере. — Животноводство, 1976, № 3, с. 55—57. — 15. *Репьев С.И., Бухтеева А.В.* Бобовые культуры и их роль в производстве растительного белка. Л.: Знание, 1985. — 16. *Токбаев М.М., Жеруков Б.Х.* Симбиотическая фиксация азота вики посевной на щелоченных черноземах Предкавказья. — Тез. докл. IV Междунар. научн. конфер. СОИСАФ Биологический азот в растениеводстве. М.: МСХА, 1996, с. 105—106. — 17. *Храмой В.К., Рахимова О.В., Кривоцов И.И.* Симбиотическая и фотосинтетическая деятельность вики посевной в зависимости от количества атмосферных осадков за вегетационный период. — Тез. докл. IV Междунар. научн. конфер. СОИСАФ. Биологический азот в растениеводстве. М.: МСХА, 1996, с. 97—99.

Статья поступила 3 сентября 1997 г.

SUMMARY

Effect of inoculation, supply of phosphorus, boron and molybdenum in common vetch on formation and activity of symbiotic apparatus: dynamics in the amount and weight of crude nodules, active symbiotic potential (ASP), specific activity of symbiosis (SAS) and amount of fixed air nitrogen was studied in field experiment on leached chernozem in Caucasus region.

Optimization of phosphoric nutrition and application of boron fertilizers under favourable soil moisture increased the weight of active nodules by 15—23% and the amount of fixed air nitrogen by 54—77 kg/ha. Molybdenum fertilizers alone did not significantly change these indices. With combined application of microelements the weight of nodules achieved 479 kg/ha, and nitrogen fixation — 195 and 222 kg/ha, which is more than in control by 42 and 59%.