

УДК 633.352.1:581.145.2:631.5

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИМБИОТИЧЕСКОЙ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВИКИ ПОСЕВНОЙ

Б.Х. ЖЕРУКОВ, М.М. ТОКБАЕВ, М.В. КАШУКОВЕВ

(Кафедра растениеводства)

В вегетационных опытах на выщелоченном черноземе Предкавказья (Кабардино-Балкария) изучены: конкурентоспособность 3 заводских штаммов ризобий (112а, К-145 и 1-42) по отношению к спонтанным (свободноживущим) штаммам при выращивании вики посевной, диапазон оптимальной влажности почвы, эффективность применения борных удобрений и обработки семян молибденово-кислым аммонием. Об эффективности используемых приемов судили по таким показателям, как количество фиксированного азота воздуха, площадь листьев, масса 1000 семян, накопление абсолютно сухого вещества, в том числе семян.

На выщелоченных черноземах Предкавказья вика посевная дает сравнительно невысокие урожаи зеленой массы (12—20 т/га) и семян (0,9—1,5 т/га) в основном из-за низкой азотфиксирующей активности симбиотической системы и недостаточной обеспеченности растений азотом. Представляет теоретический и практический интерес установить факторы, лимитирующие активность симбиоза и урожайность вики посевной. В связи с этим в вегетационных опытах на выщелоченном черноземе мы определяли эффективность инокуляции вики заводскими штаммами ризобий и конкурентоспособность их по отношению к спонтанным (свободно-

живущим) штаммам, нижний порог оптимальной влажности почвы и эффективность применения борных и молибденовых удобрений.

### Методика

В опытах использовали вегетационные сосуды емкостью 6 кг сухой почвы. Их набивали выщелоченным черноземом с  $pH_{\text{col}} 6,6$ , повышенным содержанием подвижного фосфора и обменного калия, высоким содержанием бора и молибдена. Борные удобрения вносили из расчета 1 мг бора на 1 кг почвы. Изменялись только параметры изучаемого фактора. Предполивной порог влажности 60—65% ППВ. В сосуд

высаживали 10 предварительно пророщенных семян с одинаковой длиной корешка. Проростки обрабатывали инокулятом (штамм 1-42) и молибденовокислым аммонием. Семена заделывали в почву на глубину 2 см. Повторность опыта 6-кратная. Биометрический анализ растений проводили в фазу налива семян и в фазу полной спелости.

Корни от земли освобождали сухой разборкой без потерь клубеньков с последующей отмывкой на ситах 1 мм. Корни отделяли от стеблей на уровне корневой шейки. Подсчитывали количество и массу клубеньков в пробе, учитывали их размещение по корневой системе, окраску.

Определяли площадь листьев, высоту растений, массу каждого органа, структуру урожая, содержание элементов питания в отдельных органах растений.

Конкурентоспособность 3 заводских и спонтанных штаммов ризобий изучали по схеме: 1 — спонтанные штаммы — контроль; 2 — штамм 112а; 3 — К-145; 4 — 1-42.

Нижний порог оптимальной влажности почвы для максимальной симбиотической и фотосинтетической деятельности растений определяли по схеме: 1 — 85% ППВ (высокий предполливной порог влажности, исключая дефицит влаги); 2 — 60% ППВ (предполливной порог влажности, близкий к ВРК); 3 — 50% ППВ (предполливной порог влажности почвы с периодическим дефицитом влаги, что, по-видимому, вызовет частичный перевод леггемоглобина в холеглобин и снижение активности нитрогеназы); 4 — 40% ППВ (периодический глубокий дефицит влаги).

Эффективность применения бора и молибдена на выщелоченных черноземах на фоне оптимального содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия и оптимальной влажности изучали по схеме: 1 — контроль; 2 — Мо; 3 — В; 4 — ВМо. Расход молибденовокислого аммония — 50 г на гектарную норму семян. Доза бора — 2 мг на 1 кг почвы.

## Результаты

### Конкурентоспособность заводских и спонтанных штаммов ризобий

Несмотря на то, что почва, используемая в вегетационном опыте, была взята с опытного поля, на котором периодически возделывалась вико посевная, инокуляция семян заводскими штаммами ризобий обеспечила повышение показателей симбиотической и фотосинтетической деятельности растений. При этом из трех сравниваемых штаммов ризобий наибольшей активностью характеризовался штамм 1-42, обеспечивший повышение массы активных клубеньков на 41% по отношению к контролю. Инокуляция штаммом К-145 увеличивала массу клубеньков на 14%, а штаммом 112а — на 24% (табл. 1).

В варианте со штаммом 1-42 высота растений была на 10 см больше, чем в контроле. Достоверно увеличились площадь листьев (на 13%) и накопление сухого вещества растениями (на 25%); возросло количество бобов в расчете на 1 растение (на 7%) и семян на 1 боб — (на 27%), не-

Симбиотическая и фотосинтетическая деятельность вики посевной при инокуляции разными штаммами ризобий. 1996 г.

Показатель	Спонтанный	112а	К-145	1-42	НСР <sub>05</sub>
Масса активных клубеньков, г/сосуд	1,25	1,42	1,54	1,76	0,07
N в растениях, г/сосуд	1045	1131	1205	1472	48,53
Увеличение фиксированного N, мг/сосуд	—	86	160	427	
Высота растений, см	75	80	83	85	
Площадь листьев, дм <sup>2</sup> /сосуд	16	18	18	18	1,22
Число бобов на 1 растение	5,9	5,8	5,9	6,3	0,42
Число семян на 1 боб	3,0	3,3	3,7	3,8	
Масса 1000 семян, г	51,0	51,6	52,8	53,5	
Абсолютно сухое вещество, г/сосуд	34,80	36,66	38,23	43,52	2,68
в т.ч. семян	9,07	9,87	10,30	12,85	0,63

сколько повысилась масса 1000 семян. Количество фиксированного азота воздуха было на 41% больше, чем в контроле.

Прямым и надежным показателем эффективности штаммов ризобий является содержание азота в растениях, поскольку этот показатель зависит от обеспеченности растений минеральным или биологическим азотом. При инокуляции семян заводскими штаммами ризобий содержание азота во всех органах растений увеличилось по сравнению с контролем: в листьях — с 3,48 до 3,63%, в стеблях — с 1,50 до 1,75, в семенах — с 4,69 до 5,12% (табл. 2). Соответственно возросло и накопление азота в отдельных органах и в целом растении. В варианте со штаммом ризобий 1-42 количество азота в растениях было на 41% больше, чем в контроле, и на 30 и 22% больше, чем в вариантах с другими заводскими штаммами.

Таким образом, для вики посевной в условиях выщелоченных

черноземов Предкавказья выявлен наиболее активный штамм ризобий — 1-42. Он обеспечивает наибольшую симбиотическую фиксацию азота воздуха и больший урожай семян хорошего качества. При отсутствии этого штамма можно использовать штаммы К-145 и 112а.

#### Определение нижнего порога оптимальной влажности почвы

Вследствие неравномерности распределения осадков в течение вегетации, в отдельные периоды онтогенеза влажность пахотного слоя почвы опускается до 30% ППВ и ниже [6]. Недостаток влаги в почве в начале вегетации ингибирует образование клубеньков на корнях бобовых культур, а снижение влажности в середине вегетации приводит к отмиранию клубеньков. По мнению Г.С. Посьпанова [5], это происходит потому, что при влажности почвы ниже влажности разрыва капилляров корневые волоски быстро

Содержание азота (% на сухое вещество, числитель) и его накопление (мг/сосуд, знаменатель) в органах растений вики посевной при инокуляции разными штаммами ризобий

Орган растения	Спонтанный	112а	К-145	1-42
Листья	<u>3,48</u>	<u>3,45</u>	<u>3,71</u>	<u>3,63</u>
	171	176	196	223
Стебли	<u>1,50</u>	<u>1,60</u>	<u>1,56</u>	<u>1,75</u>
	135	147	146	176
Корни	<u>2,42</u>	<u>2,27</u>	<u>2,30</u>	<u>2,38</u>
	172	167	180	190
Клубеньки	<u>4,34</u>	<u>4,70</u>	<u>4,46</u>	<u>5,01</u>
	54	67	69	88
Семена	<u>4,69</u>	<u>4,78</u>	<u>4,97</u>	<u>5,12</u>
	425	472	512	658
Створки	<u>2,57</u>	<u>2,73</u>	<u>2,60</u>	<u>2,94</u>
	88	102	102	134
Всего	<u>—</u> 1045	<u>—</u> 1131	<u>—</u> 1205	<u>—</u> 1472

поглощают воду из обрывков капилляров и отмирают и растение вынуждено расходовать фотоассимиляты в основном на формирование многочисленных новых корней и корневых волосков, а на симбиотическую систему углеводов недостает.

В нашем опыте при определении нижнего порога оптимальной влажности почвы полив во всех сосудах проводили до 100% ППВ (пока из сосуда в поддон начинала капать вода). Предполивной порог влажности устанавливали взвешиванием сосудов. Биометрический анализ растений проводили в фазу полного налива семян.

Результаты опыта показали, что нижним порогом оптимальной влажности почвы является 60% ППВ (табл. 3). В этом варианте были получены максимальные значения показателей симби-

отической деятельности растений — массы активных клубеньков, количества фиксированного азота воздуха, накопления азота в растениях, а также показателей фотосинтетической деятельности — площади листьев, накопления сухого вещества отдельными органами и целым растением. Наибольшими были число бобов на 1 растение и число семян на 1 боб, масса семян с 1 растения и масса 1000 семян. Повышение предполивного порога влажности до 85% не улучшало симбиотической и фотосинтетической деятельности растений.

При периодическом водном стрессе — снижении предполивного порога влажности до 40% — уменьшались масса клубеньков (в 5 раз по отношению к этому показателю при оптимальной влажности), накопление азо-

Симбиотическая и фотосинтетическая деятельность вики в зависимости от предполивного порога влажности почвы

Показатель	ППВ, %				НСР <sub>05</sub>
	40	50	60	85	
Масса активных клубеньков, г/сосуд	0,40	0,88	1,95	1,98	0,06
N в растениях, мг/сосуд	746	966	1694	1714	50
Увеличение фиксированного N, мг/сосуд	—	220	898	918	
Площадь листьев, дм <sup>2</sup> /сосуд	11	13	19	19	0,9
Абсолютно сухое вещество, г/сосуд	28,5	33,5	46,2	47,6	2,34
В т.ч. семян	7,5	9,8	14,7	14,4	0,80
Число бобов на 1 растение	4,0	4,4	6,0	6,2	0,2
Число семян на 1 боб	3,9	4,2	4,0	4,1	
Масса 1000 семян, г	49,4	53,0	57,1	56,8	
Высота растений, см	58	63	87	87	

та в растениях (в 2,3 раза), площадь листьев (на 73%), масса сухого вещества (на 67%), масса семян с 1 растения (почти в 2 раза).

При периодическом снижении влажности почвы до 50% ППВ количество фиксированного азота воздуха и семенная продуктивность растений были соответственно в 4 и 1,5 раза ниже, чем в варианте с оптимальной влажностью почвы.

Аналогичные данные получены А.В. Дозоровым [2] в опытах с горохом, М.Т. Ерденовым [3] и В.К. Борисевичем [1] в опытах с люцерной, Г.С. Посыпановым и В.К. Храмым на вике посевной [4, 7].

Содержание азота в органах растений коррелировало с размером и активностью симбиотического аппарата вики (табл. 4). Наибольшим оно было в вариантах с предполивным порогом влажности почвы 60 и 85% ППВ.

Накопление азота в отдельных

органах растений также существенно различалось по вариантам опыта. В клубеньках при оптимальной влажности почвы оно было в 10 раз больше, чем при периодическом снижении ее до 40% ППВ.

Сравнение реакции вики посевной на предполивную влажность почвы с реакцией на нее небобовой культуры, в частности овса, показало, что у последнего под действием водного стресса потребление азота снизилось на 8 и 34%, а у вики — на 76 и 128% (табл. 5). Если учесть, что овес использовал только минеральные формы азота почвы, то становится очевидным, что различия в накоплении культурами азота объяснены резкому снижению симбиотической азотфиксации вики при водном стрессе.

При периодическом неглубоком водном стрессе (50% ППВ) и снижении предполивного порога

Таблица 4

Содержание азота (% на сухое вещество, числитель) и его накопление (мг/сосуд, знаменатель) в органах растений вики посевной в зависимости от предполивного порога влажности

Орган растения	ППВ, %			
	40	50	60	85
Листья	<u>3,32</u> 161	<u>3,40</u> 174	<u>3,72</u> 244	<u>3,71</u> 242
Стебли	<u>1,30</u> 88	<u>1,38</u> 99	<u>1,82</u> 199	<u>1,83</u> 203
Корни	<u>1,87</u> 97	<u>2,11</u> 140	<u>2,45</u> 208	<u>2,45</u> 202
Клубеньки	<u>2,20</u> 9	<u>3,18</u> 28	<u>4,58</u> 89	<u>4,56</u> 90
Семена	<u>4,21</u> 324	<u>4,50</u> 441	<u>5,70</u> 827	<u>5,72</u> 826
Створки	<u>2,03</u> 67	<u>2,16</u> 84	<u>2,86</u> 147	<u>2,86</u> 151
Всего	<u>—</u> 746	<u>—</u> 966	<u>—</u> 1694	<u>—</u> 1714

Таблица 5

Расчет усвоения азота вики посевной (мг/сосуд) в зависимости от влажности почвы методом сравнения с небобовой культурой — овсом. 1996 г.

Культура	ППВ, %				НСР <sub>05</sub>
	40	50	60	85	
Вика посевная	746	966	1694	1714	50,7
Овес	253	314	338	337	15,7
Разность	493	652	1356	1377	

влажности до 40% ППВ количество фиксированного азота воздуха снизилось соответственно в 2,1 и 2,8 раза.

Таким образом, из результатов вегетационного опыта следует, что нижним порогом оптимальной влажности почвы для достижения наибольших фиксации азота воздуха и семенной продуктивности вики посевной является

влажность около 60% ППВ. Повышение уровня влажности до 85% ППВ не улучшало показатели симбиотической и фотосинтетической деятельности растений. Периодическое снижение влажности почвы до 40% ППВ на фоне повышенной обеспеченности растений подвижным фосфором, обменным калием, бором, молибденом и инокуляции активным

штаммом ризобий уменьшало количество фиксированного азота воздуха (в 2,8 раза) и семенную продуктивность растений (в 2 раза).

### **Эффективность применения бора при низком его содержании в почве и молибдена при среднем его содержании**

Известно, что при недостатке бора в почве в клубеньках бобовых культур слабо формируется сосудистопроводящая система. Это приводит к недостаточной обеспеченности симбионтов углеводами — энергетическим материалом для связывания атмосферного азота.

Молибден является компонентом нитрогеназы, ферментного комплекса, осуществляющего биологическую фиксацию азота воздуха. При его недостатке активность этого процесса снижается, иногда значительно.

На выщелоченных черноземах Северного Кавказа, в частности Кабардино-Балкарской республики, содержание бора низкое, а молибдена — низсреднего уровня.

В связи с этим представляло интерес изучить эффективность применения этих микроэлементов в посевах вики. В данном опыте бор вносили в форме боризированного суперфосфата из расчета 2 кг бора на 1 га с тем, чтобы увеличить его содержание в почве с 0,4 до 1,2 мг/кг. Молибденовокислым аммонием обрабатывали семена одновременно с их инокуляцией из расчета 50 г соли на гектарную норму семян.

Исследованиями установлено, что применение одних молибденовых удобрений практически не

изменяло показателей симбиотической и фотосинтетической деятельности растений (табл. 6). Применение одних борных удобрений или совместно с молибденовыми повышало массу активных клубеньков, а также количество фиксированного азота воздуха соответственно на 15 и 25%, или на 187 и 312 мг/сосуд. Увеличились площадь листьев, накопление сухого вещества (на 9%) и семенная продуктивность растений (на 17%), количество бобов на 1 растение (на 9%), семян на 1 боб (на 5%), несколько возросла масса 1000 семян (на 2 г).

Содержание азота в отдельных органах растений вики повышалось с увеличением симбиотического аппарата и его активности (табл. 7). В фазу налива семян содержание азота в семенах вики в варианте ВМ<sub>0</sub> было на 0,5% больше, чем в контроле.

Накопление азота отдельными органами растений соответствует его концентрации и массе этих органов. Раздельное применение бора и совместно с молибденом повышало накопление азота в растениях на 33% по сравнению с контролем.

### **Выводы**

1. При выращивании вики посевной на выщелоченных черноземах Предкавказья инокуляция семян заводскими активными штаммами ризобий обеспечивает увеличение массы клубеньков и количества фиксированного азота воздуха. Из испытанных в опыте трех заводских штаммов ризобий наиболее активным был штамм 1-42. При отсутствии этого штамма целесообразно

Таблица 6

Основные показатели симбиотической и фотосинтетической деятельности вики посевной при внесении в почву бора и обработке семян молибденово-кислым аммонием. 1996 г.

Показатель	Контроль	Мо	В	ВМо	НСР <sub>05</sub>
Масса активных клубеньков, г/сосуд	1,48	1,52	1,68	1,90	0,12
N в растениях, мг/сосуд	1288	1314	1435	1560	55
Увеличение фиксированного N, мг/сосуд	—	66	187	312	
Высота растений, см	78	78	83	85	
Площадь листьев, дм <sup>2</sup> /сосуд	17	17	18	18	
Число бобов на 1 растение	5,3	5,3	5,4	5,8	0,3
Число семян на 1 боб	4,0	4,1	4,2	4,2	
Масса 1000 семян, г	57,1	57,1	58,6	59,2	
Абсолютно сухое вещество, г/сосуд	42,84	43,31	45,17	46,56	2,65
В т.ч. семян	12,30	12,40	13,29	14,42	0,78

Таблица 7

Содержание азота (% на сухое вещество, числитель) и накопление азота (мг/сосуд, знаменатель) в органах растений вики посевной в зависимости от обеспеченности микроэлементами. 1996 г.

Орган растения	Контроль	Мо	В	ВМо
Листья	<u>3,37</u>	<u>3,44</u>	<u>3,51</u>	<u>3,60</u>
	197	204	223	231
Стебли	<u>1,35</u>	<u>1,38</u>	<u>1,47</u>	<u>1,58</u>
	124	129	145	167
Корни	<u>2,10</u>	<u>2,12</u>	<u>2,20</u>	<u>1,58</u>
	166	171	179	187
Клубеньки	<u>4,31</u>	<u>4,37</u>	<u>4,54</u>	<u>4,87</u>
	64	66	76	93
Семена	<u>4,66</u>	<u>4,71</u>	<u>4,90</u>	<u>5,16</u>
	559	584	651	744
Створки	<u>2,58</u>	<u>2,65</u>	<u>2,75</u>	<u>2,82</u>
	138	160	161	138
Всего	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>
	1248	1314	1435	1560

но использовать штаммы К-145 и 112а.

2. Нижним порогом оптимальной влажности почвы для дости-

жения наибольших показателей количества фиксированного N воздуха и семенной продуктивности вики посевной является



влажность почвы около 60% ППВ. Повышение ее до 85% ППВ не улучшает данных показателей. Периодическое снижение влажности почвы до 40% ППВ уменьшает количество фиксированного азота воздуха в 2,8 раза и семенную продуктивность растений в 2 раза.

3. Применение молибденовых удобрений при среднем содержании в почве этого элемента практически не влияло на показатели симбиотической и фотосинтетической деятельности растений. Применение борных удобрений отдельно или совместно с молибденовыми повышали массу активных клубеньков, количество фиксированного азота воздуха, накопление сухого вещества, семенную продуктивность растений и содержание азота в семенах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Борисевич В.К.* Симбиотическая активность, урожайность и белковая продуктивность северного экотипа люцерны в зависимости от параметров основных факторов среды. — Автореф. канд. дис. М.: МСХА, 1997. — 2. *Дозоров А.В.* Формирование уро-

жая гороха в зависимости от уровня минерального питания и активности бобоворизобияльного симбиоза в лесостепи Поволжья. — Автореф. канд. дис. М.: МСХА, 1992. — 3. *Ерденев М.Т.* Симбиотическая активность, урожайность и белковая продуктивность люцерны посевной в условиях обыкновенного серозема Южного Казахстана. — Автореф. канд. дис. М.: МСХА, 1996. — 4. *Посытанов Г.С., Храмой В.К.* Формирование симбиотического аппарата вики посевной при разных условиях выращивания. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 4, с. 18. — 5. *Посытанов Г.С.* Биологический азот — проблемы экологии и растительного белка. М.: МСХА, 1993. — 6. *Фиатицев Б.Х., Лачетлов Р.М.* Орошаемые почвы Кабардино-Балкарии. Изд-во Эльбрус, Нальчик, 1970. — 7. *Храмой В.К., Рахимова О.В., Крицков П.П.* Симбиотическая и фотосинтетическая деятельность вики посевной в зависимости от количества атмосферных осадков за вегетационный период. — Тез. докл. IV Междунар. науч. конфер. СО-ИСАФ. Биологический азот в растениеводстве, М., 1996, с. 97-99.

*Статья поступила 28 мая 1997 г.*

## SUMMARY

Competitiveness of 3 commercial strains of rhizobia (112a, K-145 and 1-42) with respect to spontaneous strains in growing common vetch, range of optimum soil moisture for symbiotic and photosynthetic activity of plants, efficiency of applying boron and molybdenum have been studied in greenhouse experiments on leached chernozem of Predkavkazje (Kabardino-Balkarija).

Efficiency of the yield factors applied was defined by such indices as the amount of fixed air nitrogen, leaf area, weight of 1000 seeds, accumulation of fully dry substance, including seed.

It has been found that strain 1-42 is the most active one. The lowest optimum soil moisture is about 60% of moisture before irrigation. The efficiency of boron fertilizers appeared to be high.