

В. Н. Золотарев, кандидат сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса»
(141055, Московская обл., г. Лобня, ул. Научный городок, корпус 1, email:
vniikormov@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ В СОЧЕТАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БОРНОГО И МОЛИБДЕНОВОГО МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕМЯН ВИКИ ПОСЕВНОЙ

В статье представлены результаты изучения влияния инокуляции семян зернофуражной вики посевной сорта Луговская 98 производственными штаммами клубеньковых бактерий № 112, 142, 145 и применения борного и молибденового микроудобрений на формирование структуры семенного травостоя и урожайность. Установлена высокая восприимчивость сорта к симбиотическому растительно-ризобиальному взаимодействию с клубеньковыми бактериями штаммов №142 или №145 и отзывчивость на действие молибдена. В контролируемых условиях вегетационного опыта при благоприятном для роста растений режиме влагообеспеченности инокуляция селективными штаммами и обработка семян микроэлементами, а также их сочетание оказали положительное влияние на формирование структуры и семенную продуктивность вики. Нитрагинизация и применение микроудобрений стимулировали процесс клубенькообразования, было отмечено увеличение количества активных клубеньков на корнях вики в фазу бутонизации в 1,6 - 2,0 раза. В результате этого количество бобов на одно растение возросло на 58 - 86 %, а их обсемененность – на 13 - 28 % по сравнению с контролем. В полевых условиях в благоприятные по влагообеспеченности вегетационные сезоны нитрагинизация штаммами №142 и №145 обеспечила повышение урожайности семян вики на 12-15%. Действие молибдена является результативным как при совместном применении с селективными штаммами клубеньковых бактерий, так и при взаимодействии со спонтанными расами. Комплексное применение штамма №142 с молибденом способствовало увеличению количества бобов на 13% и их обсемененности на 10%. В результате улучшения основных параметров структуры рост урожайности семян по сравнению с контролем составил 15%. В более благоприятные по гидротермическим условиям вегетационные сезоны прибавка сбора семян вики достигала 24%. Дополнительное применение бора не способствовало существенному повышению эффективности действия комбинации штамм №142 + молибден. Взаимодействие молибдена и бора при совместном использовании для предпосевной обработки семян вики

на дерново-подзолистых почвах является неаддитивным. Предпосевная обработка семян только молибденом повышала урожайность семян на 12%. При наличии в почве активных спонтанных клубеньковых бактерий применение Мо по результативности действия на семенную продуктивность вики посевной может быть сопоставимым с инокуляцией семян комплементарными производственными штаммами.

Ключевые слова: *вика посевная (Vicia sativa L.), зернофуражный сорт, штаммы клубеньковых бактерий, инокуляция, микроэлементы, урожайность, семена.*

V.N. Zolotarev, Candidate of Agricultural Sciences
FSBSI "ARRI of forage named after V.R. Viliyams"
(141055, Moscow region, Lobnya, Nauchny Gorodok, 1; email: vniikormov@mail.ru)

THE EFFECT OF INOCULATION (PLATING) TOGETHER WITH THE USE OF BORON AND MOLYBDENUM MICRO FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY OF COMMON VETCH SEEDS

The article deals with the study of the effect of inoculation (plating) of the grain forage common vetch variety 'Lugovskaya 98' made by the production strains of nodule bacteria №112,142,145 in the combination with boron and molybdenum micro fertilizers on the formation of grass stand structure and productivity. It has been determined that the variety possesses a high susceptibility to plant-rhizobial interaction with nodule bacteria №142 or 145 and responsiveness to the effect of molybdenum. In the controlled conditions of vegetation and under favorable growing regime of moisture supply, the inoculation with the production strains and seed treatment with microelements had a positive effect upon the formation of structure and seed productivity of common vetch. The application of inoculant fertilizer and micro fertilizers stimulate the process of nodule formation that increases the number of active root nodules in 1.6—2.0 times during the bud-formation period. As a result a number of beans per plant rise on 58-86%, bacterial number rises on 13-28% compared with the control variety. Under the favorable conditions with sufficient moisture supply during vegetation periods the application of inoculant fertilizers together with the strains №142 and №145 increased the productivity of vetch seeds on 12-15%. The application of molybdenum is of great effect both in the combination with the selected strains of nodule bacteria and with the spontaneous populations. The complex application of the strain №142 with molybdenum increases number of beans on 13% and bacterial number on 10%. Thus, the improvement of the main parameters of the structure the productivity of vetch increases on 15% in comparison with the control variety. Under more favorable conditions during vegetation period the increase of vetch productivity was 24%. The additional use of boron had no significant effect on the efficiency of the combined use of the

strain №142 and molybdenum. The interaction of molybdenum and boron during their combined use for pre-sowing treatment of vetch seeds is non-additive. The pre-sowing treatment of seeds just by molybdenum increases seed productivity on 12%. If the soil contains active spontaneous nodule bacteria, according to the results of molybdenum effect on vetch productivity, its application can be compared with the seed inoculation by production strain.

Keywords: *common vetch (Vicia sativa L.), grain forage variety, strains of nodule bacteria, inoculation (plating), micro elements, productivity, seeds.*

Введение. Использование при возделывании однолетних бобовых культур растительно-микробных симбиозов является одним из потенциальных направлений повышения продуктивности агроценозов при одновременном ресурсосбережении и экологизации сельскохозяйственного производства. Разные культуры обладают неодинаковой азотфиксирующей активностью к продуктивному взаимодействию с полезной микрофлорой. В среднем нитрагинизация повышает урожайность однолетних бобовых на 10-25% и эффективность их инокуляции существенно зависит от почвенно-климатических условий, а также наличия в почвах "аборигенных" рас клубеньковых бактерий, специфичных для культур [1]. При этом отмечается, что при возделывании однолетних бобовых культур использование биопрепаратов на дерново-подзолистых почвах более результативно. Наряду с этим установлено, что отдельные современные высокопродуктивные сорта бобовых культур в силу своих генетических особенностей, приобретенных в процессе селекции на высоком агрофоне, потеряли способность конкурировать за новую микрофлору и стимулировать развитие ризобий на корнях [2]. Так, например, в опытах ВНИИ кормов сравнительная оценка эффективности взаимодействия в сорто-микробных системах вики посевной выявила значительную разницу между сортами [3, 4]. Эффективность симбиоза как по накоплению сухой массы, так и по семенной продуктивности колебалась, соответственно от 4 до 93% и от -12 до 100% [5].

В естественных условиях довольно часто распространены (до 30 % случаев) малоактивные штаммы, а иногда и паразитарные [6]. Паразитический характер жизнедеятельности азотфиксирующих бактерий может проявиться при недостатке в почве микроэлементов бора и молибдена, а также при недостаточном снабжении бактерий в клубеньках углеводами. Связано это с тем, что процессы азотфиксации и потребления минерального азота катализируют два молибденсодержащих фермента. При недостатке молибдена подавляется синтез в клубеньках леггемоглобина и нарушается синтез аминокислот. При дефиците бора в почве в клубеньках не образуются сосудистые пучки и, вследствие этого, нарушается нормальное развитие бактериальной ткани [7]. В тех

случаях, когда почвы обильно населены активными спонтанными клубеньковыми бактериями, обработка семян бобовых культур Мо и В может даже заменить инокуляцию [8].

Цель исследований – изучить влияние инокуляции штаммами клубеньковых бактерий и предпосевной обработки семян микроэлементами на формирование структуры семенного травостоя и урожайность зернофуражной вики посевной, а также определить наличие аддитивного эффекта при совместном их применении на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2002 – 2012 гг. во ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. Изучали отзывчивость районированного сорта вики посевной Луговская 98 зернофуражного назначения на бактеризацию производственными штаммами ризобий *Rhizobium leguminosarum biovar-viceae* из коллекции ВНИИСХМ: № 145 (стандарт), №142 и № 112, а также эффективность обработки семян микроэлементами: молибденом (Мо) и бором (В).

В качестве микроудобрений, содержащих Мо и В, использовали молибденово-кислый аммоний (содержание Мо – 52,0%) и борную кислоту (В – 17,9%). Доза, согласно рекомендациям проектно-технологического института химизации (ВНИПТИХИМ), составляла: Мо – 250 г/т д.в., В - 55 г/т д. в. [9]. Для обработки семян микроудобрениями приготавливали рабочий водный раствор из расчета расхода не более 8-10 л/т семян. Применяли пленкообразующий препарат поливинилацетат (ПВА) из расчета дозы 2 кг/т семян [9]. Пленкообразующий препарат и микроудобрения растворяли отдельно в подогретой воде и после охлаждения тщательно смешивали растворы

Вегетационный опыт проводили на площадке селекционно-тепличного комплекса (СТК) в пластиковых сосудах емкостью 6 л. В качестве субстрата использовали заблаговременно произвесткованную негашеной молотой известью смесь дерново-подзолистой полевой почвы с кварцевым песком (2:1) с низким содержанием азота, бора и молибдена, достаточным фосфора и калия (внесение соответствующего количества минеральных РК удобрений). Повторность – 6- кратная. Растения вики в сосудах по мере их роста подвязывали к закрепленным шпалерам. После высева семян полив осуществляли по объему почвы, в процессе вегетации – по мере подсыхания субстрата. Растения из двух повторностей каждого варианта в фазу бутонизации – начала цветения вики выкапывали и использовали для подсчета клубеньков. Сосуды устанавливали на тележках таким образом, чтобы при поливе не произошло миграции с водой клубеньковых бактерий на рядом расположенные емкости.

Полевые технологические опыты проводили на опытном поле института. Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Обеспеченность почвы подвижными формами фосфора (по Кирсанову) находилась в пределах 142-159; обменного калия (по Масловой) – 121-144 мг/кг почвы; содержание гумуса (по Тюрину) – 1,58 -2,11%; общего азота – 0,118 – 0,136%; бора (по Каталымову-Рябовой) – 0,32-0,48 и молибдена (по Григу) – 0,22-0,40 мг/кг почвы; pH_{сол.} 5,14-5,47.

Агротехника возделывания вики в опытах – общепринятая для региона. В качестве опорной культуры использовали овес сорта Скакун (3,7 млн. шт./га). Предшественник – масличные капустные на семена.

Учеты и наблюдения осуществляли согласно «Методическим указаниям по проведению полевых исследований с кормовыми культурами» (М.: Россельхозакадемия, 1997). Учетная площадь опытной делянки составляла 25 м², повторность – 4-х кратная, размещение – рендомизированное. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа (по Б.А. Доспехову, 1985).

Результаты. Исследования показали, что в контролируемых условиях вегетационного опыта при благоприятном для роста растений режиме влагообеспеченности инокуляция селективными штаммами и обработка семян микроэлементами, а также их сочетание оказали положительное влияние на формирование структуры и семенную продуктивность вики. За исключением бора, нитрагинизация и применение микроудобрений стимулировали процесс клубенькообразования, было отмечено увеличение количества активных клубеньков на корнях вики в фазу бутонизации в 1,6 - 2,0 раза (табл. 1). В результате этого отмечался более интенсивный рост растений, по сравнению с контролем их высота в фазу созревания семян была на 16-39% больше. Количество бобов на одно растение и их обсемененность соответственно возросли на 58 - 86 % и 13 - 28 % по сравнению с контролем. Сбор полноценных семян с одного растения составил 1,6 - 2,0 г, что в 1,7 - 2,0 раза больше по сравнению с контролем.

1. Эффективность предпосевной обработки семян микроэлементами и инокуляции семян вики посевной сорта Луговская 98 (в среднем за 2002-2003 гг., вегетационный опыт)

Штамм (№), микроэлемент	Клубеньков на одно растение, шт.		Кол-во бобов на одно расте- ние, шт.	Кол-во семян в бобе, шт.	Длина боба, см	Семенная продукти- вность растения, г	Масса 1000 семян, г
	всего	в т. ч. активны х					
Контроль (без обработки)	68	34	4,3	5,3	5,3	1,5 / *1,0	67,21
№145	121	54	7,4	6,0	5,6	3,2 / *1,7	72,63
№142	112	68	7,2	6,8	5,8	3,6 / *1,7	72,95

Mo	98	48	6,2	6,4	5,6	2,8 / *1,4	70,94
B	66	36	6,6	5,9	5,5	2,7 / *1,3	68,42
№142 + Mo	105	57	8,0	6,0	5,6	3,6 / *1,6	75,06
№142 + Mo + B	106	57	6,8	6,2	5,8	3,2 / *2,0	76,65
HCP ₀₅	9,7	5,1	1,33	0,72	-	0,38 / 0,32	3,32
HCP ₀₁	13,6	7,1	1,83	1,04	-	0,52 / 0,45	3,87

* - фактический сбор выполненных семян

Полученные результаты указывают на высокую восприимчивость сорта вики Луговская 98 к симбиотическому взаимодействию со штаммами №145 и №142 при благоприятных условиях, а также отзывчивость на действие микроэлементов при их низком содержании в почве.

Результаты вегетационных опытов обычно существенно отличаются от полевых. Это, в том числе, связано с адаптацией селективных интродуцируемых штаммов бактерий к нативному микробиологическому сообществу конкретного типа почв и влиянию гидротермических условий, существенно отличающихся от искусственно регулируемых. В производственных условиях активность симбиотической азотфиксации клубеньковыми бактериями определяется многими факторами: почвенно-климатическими, погодными, агротехническими, а также конкурентоспособностью, специфичностью и вирулентностью самих микроорганизмов. Интенсивность поглощения микроэлементов растениями также зависит от свойств почвы (химического состава, содержания высокодисперсных минеральных и органических веществ, pH, окислительно-восстановительного потенциала и др.). При этом B и Mo относятся к микроэлементам с безбарьерным типом поглощения и обладают большим потенциалом поступления в растения, так как характеризуются высокой подвижностью и слабой иммобилизацией в почве [10].

Результаты полевого опыта показали, что за счет увеличения количества бобов на 13% и их обсемененности на 10% существенную прибавку урожайности 15% обеспечила инокуляция штаммом №142 в сочетании с применением молибдена (табл. 2). Дополнительное применение бора не способствовало существенному повышению эффективности действия комбинации штамм №142+молибден. Следует отметить, что в более благоприятные по влагообеспеченности вегетационные сезоны 2003 и 2004 гг. достоверную прибавку урожая семян вики обеспечили как только нитрагинизация штаммами №142 и №145 (12-15%), так и комплексное применение штамма №142 с Mo. При этом повышение урожайности было более высоким – 16-24%. В засушливый вегетационный сезон (2002 г.) бактериализация семян и их обработка микроэлементами не дала положительного эффекта.

2. Влияние инокуляции и предпосевной обработки семян микроэлементами на формирование структуры и урожайность вики посевной (в среднем за 2002 – 2004 гг.)

Штамм (№), микроэлемент	Полнота всходов, %	Кол-во бобов, шт./м ²	Кол-во семян в одном бобе, шт.	Масса 1000 семян вики, г	Урожайность семян		
					биолог. вики, г/м ²	фактич. вики, т/га	фактич. овса, т/га
Контроль (без обработки)	73	566	6,2	72,90	237,2	1,35	1,61
№145	72	585	6,5	73,73	261,4	1,47	1,56
№142	72	564	6,5	73,53	250,5	1,45	1,69
Mo	76	615	6,4	74,10	264,6	1,45	1,53
B	70	568	6,6	73,60	249,5	1,40	1,61
№142 + Mo	77	642	6,8	74,27	290,2	1,55	1,51
№142 + Mo + B	73	630	6,9	74,23	289,3	1,57	1,53
HCP ₀₅	-	52,8	-	2,75	31,7	0,16	0,18

Для поиска более эффективных биопрепаратов клубеньковых бактерий дополнительно была проведена сравнительная оценка эффективности нового штамма №112. Исследования показали, что применение штамма №112 не позволило получить достоверной прибавки сборов семян, хотя при этом увеличение биологической урожайности было существенным, на 15 % (табл. 3).

3. Эффективность инокуляции и предпосевной обработки семян вики посевной микроэлементами (в среднем за 2006 – 2009, 2012 гг.)

Штамм (№), микроэлемент	Полнота всходов, %	Кол-во бобов, шт./м ²	Кол-во семян в одном бобе, шт.	Масса 1000 семян вики, г	Урожайность семян		
					биолог. вики, г/м ²	факт. вики, т/га	факт. овса, т/га
Контроль (без обработки)	63	748	6,6	74,63	236,7	1,56	1,39
№ 145	65	833	7,3	78,38	315,4	1,84	1,29
№ 112	65	775	6,8	77,79	272,2	1,67	1,36
Mo	65	813	7,0	78,96	297,8	1,75	1,29
B	68	740	6,7	76,53	251,4	1,55	1,40
№ 112 + Mo	63	794	7,0	79,95	294,4	1,73	1,32
№112 + Mo + B	64	779	6,9	79,47	290,8	1,70	1,33
HCP ₀₅	-	58,7	-	2,97	27,6	0,15	0,14

Формирование наиболее высокой биологической урожайности, на 26 – 33% выше, чем на контроле, за счет улучшения основных элементов структуры - количества бобов на 9-11% и их обсемененности на 6-11%, более выполненных семян (на 5-6%) обеспечило применение Mo и инокуляция штаммом №145. При этом достоверная прибавка фактического сбора семян составила соответственно 12 и 18 % к контролю, или в одном диапазоне статистической погрешности значений величины урожайности в результате

применения молибдена или штамма №145. Достаточно высокая эффективность предпосевной обработки семян молибденом указывает на наличие в почве штаммов специфичных клубеньковых бактерий местных рас и их активизацию под действием применения этого микроэлемента в слабокислой почве.

Анализ эффективности микроэлементов при предпосевной обработке семян вики посевной показал, что действие Мо является результативным как при совместном применении с селективными штаммами клубеньковых бактерий, так и при взаимодействии со спонтанными расами. Взаимодействие Мо и В при совместном использовании в полевых условиях является неаддитивным.

Заключение. Вика посевная сорта Луговская 98 обладает высокой потенциальной способностью к эффективному симбиозу с клубеньковыми бактериями. На дерново-подзолистых слабокислых почвах Центрального Нечерноземья для повышения симбиотической эффективности растительно-ризобиальных взаимодействий и увеличения семенной продуктивности растений вики целесообразно достигать путем искусственной колонизации семян комплементарными селекционными штаммами клубеньковых бактерий №142 или №145 в сочетании с применением для предпосевной обработки семян молибдена в дозе 250 г/т д.в. При наличии в почве активных спонтанных клубеньковых бактерий применение Мо по результативности действия на семенную продуктивность вики посевной может быть сопоставимым с инокуляцией семян производственными штаммами.

Литература

1. Кожемяков А.П. Перспективы применения инокулянтов на основных бобовых культурах в России / А.П. Кожемяков// В сб. Бобовые культуры в современном сельском хозяйстве: Сборник.– Новгород, 1998. – С. 24-26.
2. Проворов, Н.А. Эволюция микробно-растительных симбиозов: филогенетические, популяционно-генетические и селекционные аспекты / Н.А. Проворов: Автореферат диссертации доктора биол. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 75 с.
3. Прудникова, С.В. Изучение симбиотических свойств селекционных номеров вики посевной (VICIA SATIVA L.) / С.В. Прудникова, Г.В. Степанова // Кормопроизводство. – 2010. – №8. – С. 28-30.
4. Степанова, Г.В. Эффективность симбиоза с клубеньковыми бактериями у новых сортов вики посевной (VICIA SATIVA L.) / Г.В. Степанова // Кормопроизводство. – 2011. – №10. – С. 23 - 24.
5. Степанова, Г.В. Симбиотические биотехнологии создания эффективных сорто-микробных систем кормовых трав / Г.В. Степанова, Ю.В. Нижник, Ю.В. Селицкая, Л.С.

Антонова // В сб. Кормопроизводство: проблемы и пути решения: Сборник.– М.: РАСХН, 2007. – С. 357-364.

6. Лопатина, Г.В. Обработка семян зерновых бобовых культур нитрагином / Г.В. Лопатина // Зерновые бобовые культуры. Сборник статей. – М.: Сельхозгиз, 1960. – С. 164-171.

7. Пейве, Я.В. Микроэлементы и биологическая фиксация атмосферного азота / Я.В. Пейве. – М.: Наука, 1971. – 51 с.

8. Мильто, Н.И. Проблемы интенсификации растениеводства / Н.И. Мильто, Р.А. Новицкий. – Таллин: Валга, 1975. – 373 с.

9. Чумаченко, И.Н. Предпосевная обработка семян микроэлементами / И.Н. Чумаченко // Химия в сельском хозяйстве. – 1983. – т. XXI, № 4 (234). – С. 63-64.

10. Азаренко, Ю.А. Оценка потенциала поглощения микроэлементов растениями в зависимости от их концентрации в почве / Ю.А. Азаренко, Ю.И. Ермохин // Омский научный вестник. – 2012. – №2 (114). – С. 150-154.

Literature

1. Kozhemyakov, A.P. Prospects of using inoculants on the main legumes in Russia / A.P. Kozhemyakov // Legumes in the modern agriculture: Novgorod, 1998. – PP. 24-26.

2. Provorov, N.A. Evolution of microbial-plant symbiosis: phylogenetic, population-genetic and selection aspects / N.A. Provorov: synopsis on Doc. of Biol.Sc.. – StP, 2009. – 75 p.

3. Prudnikova, S.V. Studying the symbiotic properties of the breeding numbers of common vetch (*VICIA SATIVA* L.) / S.V. Prudnikova, G.V. Stepanova // Forage Production. – 2010. – №8. – PP. 28-30.

4. Stepanova, G.V. Efficiency of symbiosis with nodule bacteria in new varieties of vetch (*VICIA SATIVA* L.) / G.V. Stepanova // Forage Production. – 2011. – №10.– PP. 23 – 24.

5. Stepanova, G.V. Symbiotic biotechnologies for the development of efficient variety-microbial forage systems / G.V. Stepanova, Yu.V. Nizhnik, Yu.V. Selitskaya, L.S. Antonova // с // The collection of works 'Forage Production: problems and the ways to solve them'. М.: RAA, 2007. – PP. 357-364.

6. Lopatina, G.V. Treatment of legume seeds with inoculant fertilizers / G.V. Lopatina // Legumes: The collection of papers. – М.: Selkhozgiz, 1960. – PP. 164-171.

7. Peyve, Ya.V. Microelements and biological fixation of atmospheric nitrogen / Ya.V. Peyve. – М.: Nauka, 1971. – 51 p.

8. Milto, N.I. Problems of intensification of plant growing / N.I. Milto, R.A. Novitsky – Tallinn: Valga, 1975. – 373 p.

9. Chumachenko, I.N. Presowing seed treatment with microelements / I.N. Chumachenko // Chemistry in agriculture. – 1983. – V. XXI, № 4 (234). – PP. 63-64.

10. Azarenko, Yu.A. Estimation of the potential of microelement absorption by plants depending on their concentration in soil / Yu.A. Azarenko, Yu.I. Ermokhin // Omsk scientific newsletter. – 2012. – №2 (114). – PP. 150-154.