

УДК 631.811:631.82:631.461.5:633.31/37

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

Тедеева А.А., Хохоева Н.Т., Тедеева В.В.

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – Филиал ФГБУН Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», РСО-Алания, с. Михайловское, e-mail: hohoska@mail.ru

В статье приведены экспериментальные данные о влиянии минеральных удобрений и бактериального препарата на особенности формирования симбиотического и фотосинтетического аппарата зернобобовых культур и их продуктивность в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа. Минеральные удобрения и биопрепарат ризоторфин оказали существенное влияние на количество и массу активных клубеньков за счет улучшения условий их жизнедеятельности. Применение ризоторфина как отдельно, так и совместно с фосфорно-калийными удобрениями стимулировало образование клубеньков на всех опытных вариантах. Наибольшее количество активных клубеньков на корнях зернобобовых формировалось в фазу образования бобов. Растения сои в среднем по вариантам образовывали активных клубеньков на 44,5% больше, чем растения фасоли. Количество фиксированного атмосферного азота зависело не только от числа и массы активных клубеньков, но и от продолжительности функционирования симбиотического аппарата. Внесение фосфорно-калийных удобрений и инокуляция семян штаммом активных ризобий создают более благоприятные условия для бобово-ризобияльного симбиоза у изучаемых культур и обеспечивают наиболее активную фиксацию растениями азота из воздуха. Количество сформировавшихся бобов на растениях изучаемых культур варьирует в широких пределах в зависимости от изучаемых факторов. Прибавка урожая от применения ризоторфина на неудобренном фоне составила относительно контрольного варианта: на сое – 0,31 т/га, на фасоли – 0,23 т/га, в посевах чины посевной – 0,33 т/га; на фоне $P_{30}K_{30}$ – 0,38; 0,37 и 0,55 т/га; на фоне $P_{45}K_{45}$ – на 0,6; 0,52 и 0,67 т/га соответственно.

Ключевые слова: ризоторфин, минеральные удобрения, соя, фасоль, чина, клубеньки, продуктивность

ADVANCED ELEMENTS OF TECHNOLOGY FOR LEGUMINOUS CROPS CULTIVATION

Tedeeva A.A., Khokhoeva N.T., Tedeeva V.V.

The North Caucasian Research Institute of Mountain and Submontane Agriculture – the Branch of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Republic of North Ossetia-Alania, Mikhaylovskoye, e-mail: hohoska@mail.ru

The article presents experimental data on the effect of mineral fertilizers and bacterial preparations on the formation of symbiotic and photosynthetic apparatus of leguminous crops and their productivity in the foothills of the Central Caucasus. Mineral fertilizers and biological product risotorphine had a significant impact on the number and weight of active nodules by improving their living conditions. The use of risotorphine both separately and in conjunction with phosphorus-potassium fertilizers stimulated the formation of nodules in all experimental variants. The greatest number of active nodules on the roots of legumes was formed in the phase of beans formation. Soybean plants on average formed active nodules by 44,5% more than bean plants. The amount of fixed atmospheric nitrogen depended not only on the number and mass of active nodules, but also on the duration of the symbiotic apparatus. The introduction of phosphorus-potassium fertilizers and inoculation of seeds with a strain of active rhizobia creates more favorable conditions for bean-rhizobial symbiosis in the studied crops and provides the most active fixation of nitrogen by plants from the air. The number of formed beans on the plants of the studied crops varies widely on the studied factors. The increase in yield using RIZOTORFIN and without use of fertilizers was in comparison with control group: soy – 0,31 t/ha, beans – 0,23 t/ha, lathyrus – 0,33 t/ha; with the use of $P_{30}K_{30}$: 0,38; 0,37 and 0,55 t/ha, respectively; and with the use of $P_{45}K_{45}$: 0,6; 0,52 and 0,67 t/ha, respectively.

Keywords: risotorphine, fertilizers, soya, beans, lathyrus, nodules, productivity

В современных экономических условиях все большее значение приобретает внедрение в производство ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Расширение ассортимента и повышение в структуре посевных площадей доли бобовых культур является одним из факторов снижения энергозатрат, так как при этом экономятся энергоемкие азотные удобрения и получение кормового и пищевого белка не столь затратно [1, 2].

Хорошей альтернативой применению азотных удобрений может служить инокуляция семян зернобобовых штаммами клубеньковых бактерий, которые стимулируют азотфиксирующую деятельность этих культур [3, 4].

Лидирующее место в мире среди зернобобовых культур по посевным площадям занимают соя и фасоль. Их основным компонентом является высококачественный белок, который по полноценности, раство-

римости и усвояемости принято считать эталоном растительного белка [5].

Перспективной зернобобовой культурой является также чина посевная, которая имеет ряд преимуществ перед остальными зернобобовыми культурами: высокая продуктивность, как зерна, так и зеленой массы, устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, вредителям и болезням. Медленное нарастание клетчатки в зеленой массе делает эту культуру незаменимой по продолжительности использования в зеленом конвейере [6].

В связи с этим целью наших исследований является изучение влияния различных доз минеральных удобрений и бактериального препарата ризоторфин на особенности продукционного процесса агроценоза зернобобовых культур (соя, фасоль, чина) в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа.

Впервые в условиях предгорий Центрального Кавказа изучено совместное влияние минеральных удобрений и бактериального препарата ризоторфин на симбиотическую активность и продуктивность сои и фасоли, а также нетрадиционной для этой зоны культуры – чины посевной.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2014–2016 гг. на опытном поле СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН, в лесостепной зоне, на выщелоченных черноземах. Из-за малой мощности плодородного слоя и близкого залегания галечника весенний продуктивный запас влаги не превышает 90–110 мм, а летом при отсутствии дождей часто пересыхает почва, что вызывает временное увядание растений. Климат умеренно теплый, со среднегодовой температурой воздуха 8–10 °С, сумма температур за вегетационный период 2800–3200 °С. В годы проведения исследований погодные условия незначительно отличались от среднесезонных и в целом были благоприятны для возделывания зернобобовых культур.

Повторность опытов трехкратная. Расположение делянок – рендомизированное. Учетная площадь делянки – 20–27 м².

Калийные удобрения вносились осенью – перед вспашкой, фосфорные – под предпосевную культивацию. Обработка ризоторфином (штамм 645 б) осуществлялась непосредственно перед посевом.

Количество клубеньков и их сырую массу определяли по основным фазам роста и развития по методу Г.С. Посыпанова, ста-

тистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследованиями, проведенными с зернобобовыми культурами, было выявлено, что продуктивность посевов обеспечивается, прежде всего, дружными всходами и высокой выживаемостью растений к уборке. Основное значение для обеспечения данных показателей имеет полевая всхожесть, которая является важным показателем качества семян.

В наших исследованиях она изменялась в зависимости от нормы фосфорно-калийных удобрений и бактериального препарата. Выявлено, что на посевах фасоли колебания всхожести более выражены, чем на посевах сои и чины. Всхожесть семян исследуемых культур была наименьшей в контрольных вариантах – от 68,5 до 73,2%, а наибольшей – при совместном применении минеральных удобрений и ризоторфина – 86,4–91,5%.

Использование минеральных удобрений и бактериального препарата положительно влияло на выживаемость растений к уборке, как в посевах сои, так и фасоли, и чины. Так, на вариантах P₃₀K₃₀+рт и P₄₅K₄₅+рт выживаемость растений сои увеличилась на 3,9; 4,7%, фасоли – на 3,3; 4,0%, чины – 3,5–4,4% по сравнению с контрольными вариантами. Повышение выживаемости растений на удобренных вариантах связано с оптимизацией питательного режима посева.

Минеральные удобрения и биопрепарат ризоторфин оказали существенное влияние на количество и массу активных клубеньков за счет улучшения условий их жизнедеятельности. Применение ризоторфина как отдельно, так и совместно с фосфорно-калийными удобрениями стимулировало образование клубеньков на всех опытных вариантах.

На вариантах с инокуляцией семян ризоторфином, как на фоне фосфорно-калийных удобрений, так и без них, клубеньки появлялись на 3–7 дней раньше по сравнению с вариантами без инокуляции семян. Внесение фосфорно-калийных удобрений на продолжительность симбиоза не влияло. Ризоторфин также на 2 дня увеличивал общую продолжительность симбиоза.

Как выявлено нашими исследованиями, наибольшее количество активных клубеньков на корнях зернобобовых формировалось в фазу образования бобов (рис. 1).

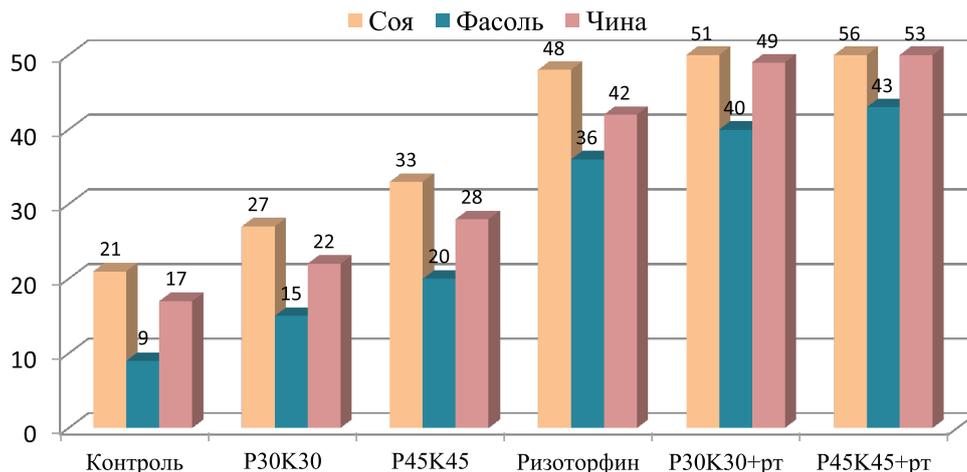


Рис. 1. Влияние минеральных удобрений и ризоторфина на количество клубеньков на растениях зернобобовых культур, шт/растение

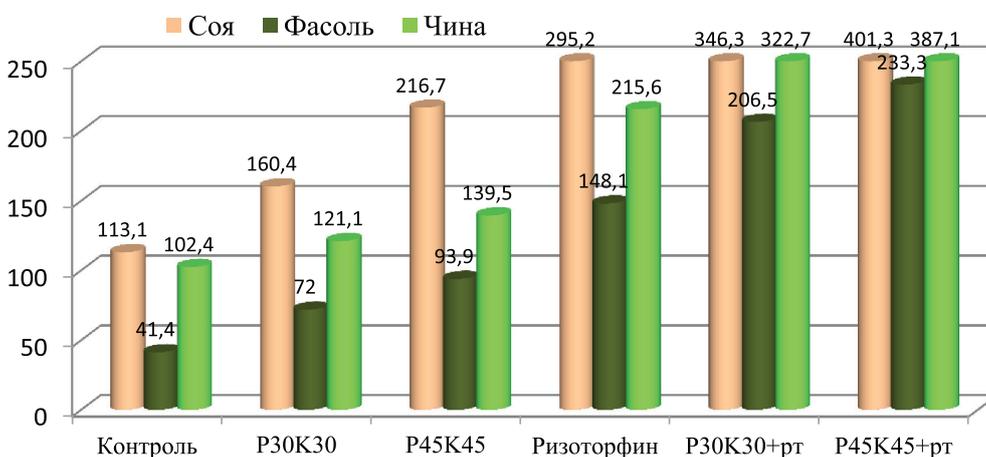


Рис. 2. Масса активных клубеньков на растениях зернобобовых культур в зависимости от минеральных удобрений и ризоторфина, мг/растение

Растения сои в среднем по вариантам образовывали активных клубеньков на 44,5% больше, чем растения фасоли. Также клубеньки на корнях сои превосходили по массе клубеньки фасоли. Так, например, наибольшее количество активных клубеньков на корнях сои формировалось при инокуляции семян на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений и превосходило количество клубеньков на том же варианте посевов фасоли в 1,3 раза. Аналогичная тенденция прослеживается и на других вариантах.

Инокуляция семян и применение минеральных удобрений оказывают положительное влияние на величину симбиотического аппарата зернобобовых культур, значительно увеличивая массу клубеньков во все фазы роста и развития (рис. 2).

Так, на варианте P₄₅K₄₅+рт масса активных клубеньков в среднем на 1 растение фасоли составила 243 мг, что на 192 мг выше контрольного варианта. Такое увеличение объясняется благоприятными условиями для бобово-ризобияльного симбиоза, созданными инокуляцией и внесением фосфорно-калийных удобрений.

Количество фиксированного атмосферного азота зависит не только от числа и массы активных клубеньков, но и от продолжительности функционирования симбиотического аппарата [5, 6]. Активный симбиотический потенциал (АСП) объединяет эти критерии. Величина АСП в нашем опыте сильно зависела как от внесения удобрений, так и от предпосевной инокуляции семян ризоторфином. Так как масса активных клубень-

ков на корнях сои на всех вариантах была значительно больше, чем у фасоли, так же как и продолжительность их функционирования, то величина АСП посевов сои также была выше на всех опытных вариантах. Так, например, на варианте с применением ризоторфина на посевах сои АСП за вегетацию составил 5561 кг·дней/га, а на посевах фасоли – лишь 3238 кг·дней/га. Исследования показали, что величина АСП увеличивалась по фазам роста, достигая максимума в период цветения – образования бобов, затем наблюдалось его снижение. Наиболее эффективным был вариант с совместным применением удобрений и ризоторфина. Инокуляция семян обеспечивала увеличение АСП на 16,6–28,7% относительно фонового внесения фосфорно-калийных удобрений.

Таким образом, можно заключить, что внесение фосфорно-калийных удобрений и инокуляция семян штаммом активных ризобий создают более благоприятные условия для бобово-ризобияльного симбиоза у изучаемых культур и обеспечивают наиболее активную фиксацию растениями азота из воздуха. Следовательно, симбиотический аппарат сои развит в большей степени, и, благодаря этому, посеvy сои способны более активно фиксировать атмосферный азот, чем посеvy фасоли и чины.

Важную роль в процессе фотосинтетической деятельности сельскохозяйственных культур играет площадь листьев. Количество поглощаемой посевом солнечной энергии зависит как от величины сформировавшейся ассимиляционной поверхности, так и от времени ее активного функционирования. Пло-

щадь листовой поверхности растений зернобобовых культур непосредственно влияет на их продуктивность. Поэтому важно создать такие условия для агрофитоценоза, при которых посеvy формировали бы оптимальную площадь листьев как можно раньше, для максимального поглощения солнечной энергии. Этого можно достичь, в частности, обеспечив оптимальную густоту стояния растений. Изреженные посеvy потребляют недостаточное количество солнечной энергии, в то время как в загущенных посевах интенсивность фотосинтеза снижается из-за взаимной затененности листьев и усиления процессов дыхания. Таким образом, густота посевов зернобобовых культур должна способствовать лучшей освещенности фотосинтетического аппарата листьев [8].

Большое влияние на процесс формирования ассимиляционного аппарата сои, фасоли и чины посевной оказывают минеральные удобрения (рис. 3).

Максимальная площадь листьев сои на вариантах с внесением $P_{30}K_{30}$ и $P_{45}K_{45}$ колебалась в пределах 45,7–46,8 тыс. м²/га. Как показывают полученные нами данные, инокуляция семян активными штаммами ризобий не оказала столь значимого влияния на процессы нарастания листовой поверхности. Максимальные значения данного показателя, как на сое, так и на фасоли и чине, получены при сочетании изучаемых вариантов: совместная обработка семян ризоторфином и внесение удобрений способствовало повышению площади ассимиляционной поверхности изучаемых культур на 12,8–42,1% по сравнению с контролем.

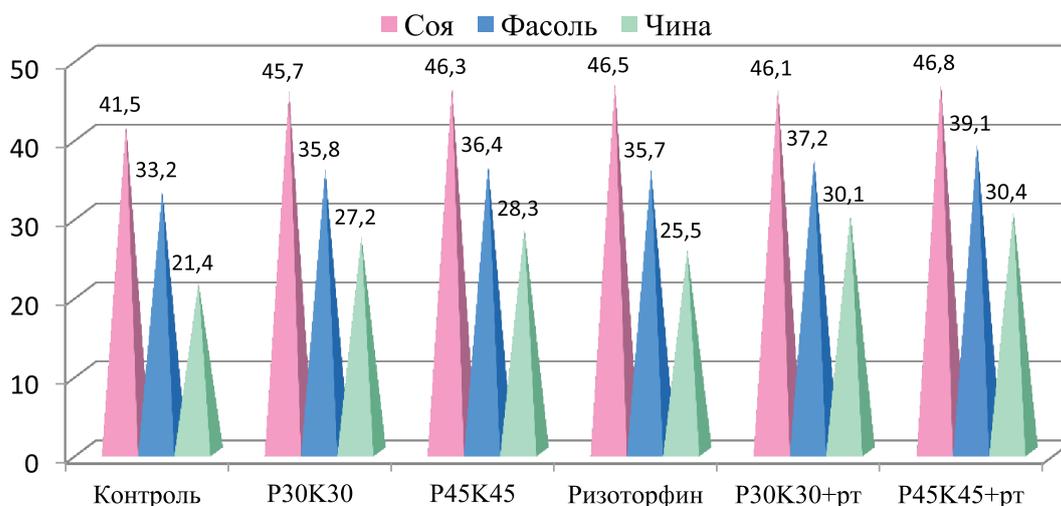


Рис. 3. Влияние минеральных удобрений и ризоторфина на размеры листовой поверхности зернобобовых культур, тыс. м²/га

Важными показателями при оценке фотосинтетической деятельности сельскохозяйственных культур являются фотосинтетический потенциал (ФП) и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Как показывают результаты исследований, внесение фосфорно-калийных удобрений способствовало увеличению величины ФП изучаемых культур за вегетацию на 10,7–31,2% по сравнению с контрольными вариантами.

Чистая продуктивность фотосинтеза растений зернобобовых культур достигала максимальных значений к фазе интенсивного плодообразования и составила 2,16–4,47 г/м²·дн. в среднем по вариантам. В дальнейшем ЧПФ обеих изучаемых культур уменьшалась, что связано с нарастанием листовой поверхности, в результате которого происходит взаимозагнетение растений. Наибольшая прибавка этого показателя относительно контроля происходит на вариантах с инокуляцией семян на фоне удобрений.

В результате исследований выявлена тесная корреляционная связь между продуктивностью и площадью ассимиляционной поверхности зернобобовых культур (в среднем по трем культурам) как на вариантах с внесением фосфорно-калийных удобрений ($r = 0,99$), так и при инокуляции ризоторфином ($r = 0,97$) и при совместном применении препарата на фоне $P_{45}K_{45}$ ($r = 0,98$).

Продуктивность зернобобовых культур зависит как от количества растений, сохранившихся к уборке, так и количества бобов на растении и их массы. Количество сформировавшихся бобов на растениях изучаемых культур варьирует в широких пределах в зависимости от изучаемых факторов – 8,3–49,9 шт/растение. Наилучший результат был получен на вариантах с ризоторфином на фоне $P_{45}K_{45}$ – 12,9 у чины посевной, 10,6 у фасоли, 49,9 шт/растение у сои (таблица).

Влияние уровня минерального питания на продуктивность и структуру урожая зернобобовых культур

Вариант опыта	Количество, шт/раст.		Масса 1000 зерен, г	Урожай зерна, т/га
	бобов	семян		
Соя (сорт Гринфи)				
Контроль	39,3	82,5	175,6	2,16
$P_{30}K_{30}$	42,8	98,4	177,3	2,33
$P_{45}K_{45}$	47,2	113,3	181,2	2,50
Ризоторфин	44,4	110,6	178,8	2,47
$P_{30}K_{30} + рт$	47,7	120,7	180,5	2,54
$P_{45}K_{45} + рт$	49,9	126,7	183,0	2,76
$НСР_{05}$				0,09
Фасоль (сорт Оран)				
Контроль	8,3	29,9	204,0	1,95
$P_{30}K_{30}$	8,7	31,3	215,3	2,14
$P_{45}K_{45}$	9,1	33,7	218,1	2,25
Ризоторфин (рт)	9,3	34,4	216,8	2,18
$P_{30}K_{30} + рт$	10,1	38,5	220,2	2,32
$P_{45}K_{45} + рт$	10,6	40,7	226,4	2,47
$НСР_{05}$				0,05
Чина (сорт Мраморная)				
Контроль	10,3	22,3	192,6	1,78
$P_{30}K_{30}$	11,2	25,4	204,9	2,03
$P_{45}K_{45}$	11,9	29,3	221,6	2,16
Ризоторфин (рт)	11,6	28,6	213,0	2,11
$P_{30}K_{30} + рт$	12,3	30,7	230,2	2,33
$P_{45}K_{45} + рт$	12,9	32,8	233,6	2,45
$НСР_{05}$				0,06

Число бобов на растении также увеличилось с повышением дозы фосфорно-калийного удобрения без использования инокулянта – у сои на 20,1%, у фасоли – на 9,6%, у чины – на 15,5%.

Масса 1000 семян – более стабильный показатель, который незначительно меняется в зависимости от исследуемых вариантов.

Элементы структуры урожайности определяют величину урожая исследуемых культур. Биологическая урожайность сои, фасоли и чины, как и большинства других сельскохозяйственных культур, определяется числом растений на единице площади, но не менее важную роль также играет индивидуальная продуктивность растений.

Как показали исследования, только рациональное сочетание изучаемых агроприемов при оптимальном сочетании всех элементов структуры урожайности позволяет получить высокую урожайность изучаемых культур. Как видно из данных таблицы, соя обладает большей потенциальной продуктивностью, чем фасоль и чина. Урожайность сои колебалась в зависимости от действия минеральных удобрений и бактериального препарата. На вариантах с совместным внесением минеральных удобрений и бактериального препарата получена наибольшая прибавка урожая не только в сравнении с неудобренными вариантами, но и с фоновым внесением фосфорно-калийных удобрений.

Прибавка урожая от применения ризоторфина на неудобренном фоне составила относительно контрольного варианта на сое – 0,31 т/га, на фасоли – 0,23 т/га, в посевах чины посевной – 0,33 т/га; на фоне $P_{30}K_{30}$ – 0,38; 0,37 и 0,55 т/га; на фоне $P_{45}K_{45}$ – на 0,6; 0,52 и 0,67 т/га соответственно.

Таким образом, в условиях предгорий Центрального Кавказа наиболее эффективной была обработка семян зернобобовых культур ризоторфином на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений в дозе 45 кг д.в./га.

Список литературы

1. Зернобобовые культуры как резерв ликвидации белкового дефицита в питании / М.Т. Березова [и др.] // Вестник МАНЭБ. – 2009. – Т. 14, № 5. – С. 109–113.

2. Солдатов Э.Д. Микробиологические препараты для восстановления деградированных горных фитоценозов / Э.Д. Солдатов, И.Э. Солдатова, Б.А. Абаева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 1. – С. 66–67.

3. Минеральные вещества зернобобовых культур, их содержание в семенах и экологическая роль в организме человека / А.В. Персаева [и др.] // Вестник МАНЭБ. – 2009. – Т. 14, № 5. – С. 143–146.

4. Березова Е.Ф. Применение бактериальных удобрений / Е.Ф. Березова, В.П. Подъяпольская. – М: Изд. Министерство с.-х. РСФСР, 1962. – 66 с.

5. Албегов Р.Б. Сортовая изменчивость роста сои в предгорной лесостепной зоне Республики Северная Осетия – Алания / Р.Б. Албегов // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50, № 2. – С. 322–325.

6. Пимонов К.И. Удобрение чины посевной на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения / К.И. Пимонов, А.Ф. Шелудяков, Н.В. Лопалева // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 2. – С. 65–73.

7. Адиньяев Э.Д. Учебно-методическое руководство по проведению исследований в агрономии / Э.Д. Адиньяев, А.А. Абаев, Н.Л. Адаев. – Владикавказ, 2013. – 652 с.

8. Нечаева Е.Х. Симбиотическая активность зернобобовых культур в зависимости от уровня минерального питания в условиях лесостепи Среднего Поволжья / Е.Х. Нечаева, Н.В. Васина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 4. – С. 12–15.

References

1. Zernobobovy'e kul'tury` kak rezerv likvidacii belkovogo deficita v pitanii / M.T. Berezova [i dr.] // Vestnik MANE'B. – 2009. – T. 14, № 5. – pp. 109–113.

2. Soldatov E.D. Mikrobiologicheskie preparaty` dlya vosstanovleniya degradirovanny'x gorny'x fitocenzov / E.D. Soldatov, I.E. Soldatova, B.A. Abaeva // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skoxozyajstvenny'x nauk. – 2010. – № 1. – pp. 66–67.

3. Mineral'ny'e veshhestva zernobobovy'x kul'tur, ix sodержanie v semenax i ekologicheskaya rol' v organizme cheloveka / A.V. Persaeva [i dr.] // Vestnik MANE'B. – 2009. – T. 14, № 5. – pp. 143–146.

4. Berezova E.F. Primenenie bakterial'ny'x udobrenij / E.F. Berezova, V.P. Pod`yapol'skaya. – M: Izd. Ministerstvo s.-x. RSFSR, 1962. – 66 p.

5. Albegov R.B. Sortovaya izmenchivost` rosta soi v predgornoj lesostepnoj zone Respubliki Severnaya Osetiya – Alaniya / R.B. Albegov // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – T. 50, № 2. – pp. 322–325.

6. Pimonov K.I. Udobrenie chiny` posevnoj na chernozeme oby'knoennom v zone neustojchivogo uvlazhneniya / K.I. Pimonov, A.F. Sheludyakov, N.V. Lopaeva // Zernovoe xozyajstvo Rossii. – 2012. – № 2. – pp. 65–73.

7. Adin'yaev E.D. Uchebno-metodicheskoe rukovodstvo po provedeniyu issledovanij v agronomii / E.D. Adin'yaev, A.A. Abaev, N.L. Adaev. – Vladikavkaz, 2013. – 652 p.

8. Nechaeva E.X. Simbioticheskaya aktivnost` zernobobovy'x kul'tur v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya v usloviyax lesostepi Srednego Povolzh'ya / E.X. Nechaeva, N.V. Vasina // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. – 2011. – № 4. – pp. 12–15.