

На правах рукописи

Михалев Игорь Владимирович



**АЗОТФИКСИРУЮЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ
И КАЧЕСТВО СЕМЯН СОРТОВ КОРМОВЫХ БОБОВ И ГОРОХА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ
В ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР**

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Воронеж – 2014 г.

Работа выполнена на кафедре растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» в 2011-2013 гг.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий

Столяров Олег Валерьевич

(ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ)

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Наумкин Виктор Николаевич

(ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА)

кандидат сельскохозяйственных наук,

зам. директора по общим вопросам

Поликарпов Владимир Леонидович

(ГНУ Воронежский НИИСХ Россельхозакадемии)

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова (ВНИИСС)

Защита диссертации состоится «8» октября 2014 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 220.010.03 при ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, ауд. 268. тел./факс: 8(473)253-86-51; E-mail:biolog2011@rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ и на сайте www.vsau.ru, с авторефератом – на сайтах: ВАК Министерства образования и науки РФ – <https://www.vak2.ed.gov.ru> и ВГАУ – www.vsau.ru

Автореферат размещен на сайтах «5 августа» 2014 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор с.-х. наук



Т.Г. Ващенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы обусловлена проблемой обеспечения животноводства кормовым белком. Несбалансированность рационов по энергетической и протеиновой питательности приводит к перерасходу кормов на 20-50%, увеличению дефицита зернофуража в стране.

Изучением кормовых бобов в ЦЧР занимались в Воронежском ГАУ Т.П. Пичугина (2004 г.), О.В. Столяров (2005 г.), И.В. Мягков (2005 г.), С.Д. Ребрин (2009 г.). Сегодня возделыванием кормовых бобов успешно занимаются в ряде хозяйств ЦЧР, но площадь их пока незначительна.

Традиционной зернобобовой культурой в ЦЧР является горох посевной, урожайность которого нестабильна. Изучением гороха занимались в Воронежском ГАУ В.А. Федотов (1965 г.), Г.В. Коренев, В.Е. Сафонов (1992 г.), И.Н. Иванова (2009 г.), Д.В. Жбанов (2011 г.).

Одним из резервов повышения активной азотфиксации, урожайности и белковой продуктивности этих зернобобовых культур является применение различных видов и доз удобрений для оптимизации их минерального питания.

Цель исследований – выявить оптимальные параметры питания бактериальными, макро- и микроудобрениями растений кормовых бобов и гороха для активного развития бобово-ризобиального симбиоза, повышения урожайности и качества семян.

Задачи исследований:

1. Изучить особенности роста, ассимиляционной деятельности, формирования симбиотического аппарата и активность азотфиксации кормовых бобов и гороха в зависимости от минерального питания.

2. Выявить влияние бактериальных, макро- и микроудобрений на продуктивность и качество семян кормовых бобов и гороха.

3. Сравнить кормовые бобы и горох по изучаемым факторам.

4. Провести экономическую и биоэнергетическую оценку изученных агроприёмов возделывания кормовых бобов и гороха.

Научная новизна. Впервые на выщелоченном черноземе в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона установлены закономерности комплексного влияния разных видов и доз удобрений на рост, развитие, симбиотическую и фотосинтетическую деятельность, активность бобово-ризобияльного симбиоза, величину урожая семян кормовых бобов и гороха и его качество. Разработаны эффективные элементы агротехнологии возделывания кормовых бобов и гороха, позволяющие значительно повысить продуктивность данных зернобобовых культур.

Предложены оптимальные дозы вносимого в основной прием полного минерального удобрения – диаммофоски, применение совместно с ней бобового (для кормовых бобов) и горохового (для гороха) ризоторфина и комплексного удобрения Агромастер, обеспечивающих увеличение урожайности и улучшение качества семян кормовых бобов и гороха, позволяющих получать стабильные урожаи данных культур в условиях региона.

Показано, что растения кормовых бобов (сорт Орлецкие) и гороха (сорт Фокор) увеличивали активность формирования и функционирования симбиотического аппарата при совместной обработке семян ризоторфином (300 г на гектарную норму семян) и комплексным удобрением Агромастер (3 кг/т). Инокуляция семян соответствующим для культуры штаммом ризобий (для кормовых бобов – штамм 96, для гороха – штамм 245) в сочетании с макро- и микроудобрениями способствовала значительному увеличению числа и массы активных клубеньков на корнях растений и содержания в них леоглобина.

При введении в технологию возделывания кормовых бобов и гороха таких агроприемов, как инокуляция семян в сочетании с макро- и микроудобрениями вполне возможно получение в зоне неустойчивого увлажнения ЦЧР экономически и энергетически оправданного уровня их урожайности. При этом была выявлена тесная корреляционная связь между урожайностью, ростом растений кормовых бобов и гороха, показателями их фотосинтетической и симбиотической деятельности.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретически обоснована и экспериментально доказана целесообразность возделывания в лесостепи ЦЧР кормовых бобов и гороха с применением минерального удобрения диамофоски ($N_{20}P_{52}K_{52}$), комплексного удобрения Агромастер (3 кг/т) и бактериального препарата ризоторфина (300 г на гектарную норму семян), позволяющих получать на выщелоченном черноземе ЦЧР стабильно высокие урожаи семян и наибольшие сборы белка при высокой экономической и биоэнергетической эффективности. Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс изучаемых минеральных удобрений и биопрепаратов в посевах кормовых бобов и гороха, который способствует лучшей активности фотосинтеза и бобово-ризобиального симбиоза, росту урожайности, улучшает качество растениеводческой продукции.

Изложены особенности прохождения межфазных периодов и нарастания надземной массы кормовых бобов и гороха, накопления ими сухого вещества, динамики содержания леоглобина в клубеньках в зависимости от изучаемых агроприемов и агрометеорологических условий.

Раскрыты особенности формирования симбиотических аппаратов у кормовых бобов и гороха, которые обеспечивают оптимальное азотное питание растений в течение всего периода вегетации с использованием только «стартовых» доз минерального азота. Изучено влияние макро-, микро- и бактериальных удобрений на фотосинтетическую деятельность и симбиотическую активность кормовых бобов и гороха.

Предложены рекомендации по совершенствованию технологий возделывания кормовых бобов и гороха в условиях лесостепи ЦЧР, которые могут обеспечить повышение урожайности этих культур на 38,0 и 30,5%, при увеличении сбора белка с гектара соответственно в 1,6 и 1,3 раза.

Практическая значимость рекомендаций автора подтверждается результатами производственной проверки, проведенной в сельскохозяйственном предприятии ЗАО «Юдановские просторы» Бобровского района Воронежской области. Первое внедрение – возделывание гороха на площади 40 га с внесени-

ем основного удобрения в дозе $N_{20}P_{52}K_{52}$ и обработкой семян гороховым ризоторфином (штамм 245, 300 г на гектарную норму семян), комплексным удобрением Агромастер (3 кг/т) обеспечило получение чистого дохода с 1 га 10510 руб., а уровень рентабельности при этом составил 123,2%. Второе внедрение – возделывание кормовых бобов на площади 15 га с внесением основного удобрения в дозе $N_{20}P_{52}K_{52}$ и обработкой семян бобовым ризоторфином (штамм 96, 300 г на гектарную норму семян), комплексным удобрением Агромастер (3 кг/т) обеспечило получение чистого дохода с 1 га 13 796 руб., при рентабельности 111,3%. Созданы модели технологий возделывания кормовых бобов и гороха, способствующие увеличению и стабилизации производства высокобелкового зерна. Они также могут быть эффективно использованы на сельскохозяйственных предприятиях, расположенных в аналогичных почвенно-климатических условиях региона.

Представленные данные могут найти применение при подготовке рекомендаций по технологии возделывания кормовых бобов и гороха, а также возможно их использование в учебных курсах и пособиях по растениеводству и кормопроизводству.

Достоверность полученных результатов подтверждается достаточно большим количеством наблюдений и учетов в полевых опытах, результатами лабораторных анализов, а также критериями их статистической обработки и положительными результатами при внедрении в производство.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Внесение основного минерального удобрения в дозе $N_{20}P_{52}K_{52}$ в сочетании с обработкой семян бобовым ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер (3 кг/т) наиболее эффективно влияет на показатели роста, фотосинтетической деятельности растений, способствует лучшей активности бобово-ризобиального симбиоза, повышая урожайность и качество кормовых бобов, и является экономически (уровень рентабельности – 80,0%) и энергетически эффективным (биоэнергетический КПД – 3,1).

2. Внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{20}P_{52}K_{52}$ в сочетании с обработкой семян гороховым ризоторфином и Агромастером (3 кг/т) способствует лучшему росту и развитию, активности бобово-ризобиального симбиоза, повышая тем самым урожайность и качество семян гороха при высоком уровне экономической (уровень рентабельности – 95,9%) и энергетической эффективности (биоэнергетический КПД – 2,3).

3. Сравнительная оценка лучших вариантов изучаемых культур показала, что кормовые бобы формируют более развитый симбиотический аппарат, чем горох, и поэтому способны активнее фиксировать атмосферный азот; тем не менее, существенных преимуществ между ними по урожайности и сбору белка не выявлено.

Апробация работы. Основные положения диссертации отражены в отчетах по НИР за 2011-2013 годы исследований, доложены и одобрены на заседаниях кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий Воронежского ГАУ, на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов Воронежского ГАУ в 2012-2014 гг., изложены в научных статьях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано пять научных статей, в том числе три в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ.

Личный вклад. Автор диссертационной работы участвовал в разработке программы и схемы исследований, выборе и разработке методов работы, лично проводил полевые опыты, биометрический и химический анализ образцов, математическую обработку полученных данных. Обобщил экспериментальные исследования, изложил их в диссертации, автореферате и научных публикациях. Доля его участия в исследованиях – более 90%.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 223 страницах, включает 37 таблиц, 9 рисунков и 53 приложения, состоит из введения, 6 глав, выводов, предложений производству, списка литературы из 238 наименований, в т.ч. иностранных – 21.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты были проведены в 2011-2013 гг. на полях КФХ «Михаилев В.Н.» Каширского района Воронежской области.

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный с содержанием гумуса 5-7%, рН солевой вытяжки – 6,4-6,8, сумма поглощенных оснований – от 20,7 до 22,1 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности почв основаниями – 86-88%; содержание подвижного фосфора – 7,1-8,5 мг на 100 г почвы, обменного калия – 9,0-10,5 мг на 100 г почвы (по Чирикову).

Во все годы исследований средняя температура воздуха за весенне-летний период была выше среднемноголетней, наиболее теплым был 2012 год (отклонение +2,4 °С). Менее благоприятным для кормовых бобов и гороха был 2013 год, что связано с высоким температурным режимом в мае и апреле.

Объекты исследований: сорт кормовых бобов – Орлецкие, сорт гороха – Фокор. Предшественник в опытах – озимая пшеница. Основная обработка почвы – обычная зябь. Под вспашку (25-27 см) вносили диаммофоску в дозах, предусмотренных схемой опыта. Весной проводили боронование, перед посевом – культивацию на глубину 6-8 см. Способ посева – обычный рядовой. Норма высева гороха – 1,0 млн шт./га, кормовых бобов – 0,8 млн шт./га всхожих семян. В день посева семена обрабатывали соответствующим ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер (N – 18, P₂O₅ – 18, K₂O – 18, MgO – 3, B – 0,02, Fe – 0,07, Mn – 0,03, Zn – 0,01, Cu – 0,005, Mo – 0,001), согласно схемам опытов. Уборку проводили комбайном, оборудованным для поделяночного учета урожая. Урожай семян пересчитывали на 14% влажность и 100% чистоту.

Были проведены два полевых опыта.

Опыт №1. Влияние бактериальных и минеральных удобрений на рост, фотосинтетическую деятельность, симбиотическую активность, урожайность и качество семян кормовых бобов. Изучали влияние разных видов удобрений на развитие, урожайность и качество семян кормовых бобов.

Опыт двухфакторный: фактор А – дозы основного удобрения, фактор В – обработка семян ризоторфином (300 г/га) и Агромастером (3 кг/т).

Фактор А включал четыре варианта:

1. *Без удобрений* (контроль);
2. $N_{10}P_{26}K_{26}$ (1 ц/га диаммофоски);
3. $N_{20}P_{52}K_{52}$ (2 ц/га диаммофоски);
4. $N_{30}P_{78}K_{78}$ (3 ц/га диаммофоски).

Фактор В включал четыре варианта:

1. *Без обработки* (контроль);
2. *Инокуляция семян (И)*;
3. *Обработка семян Агромастером (Ам)*;
4. *Ризоторфин + Агромастер (И+Ам)*.

Опыт №2. Влияние бактериальных и минеральных удобрений на рост, симбиотическую активность, урожайность и качество семян гороха.

Схема и методика опыта №2 были такие же, как в опыте №1.

Схемы опытов, включающие по 16 вариантов в трехкратной повторности, приведены в таблицах. Учетная площадь делянки – 40 м².

Фенологические наблюдения, биометрический анализ растительных образцов, определение густоты стояния растений, количества и массы азотфиксирующих клубеньков и активного симбиотического потенциала проводили по методикам Г.С. Посыпанова. Высоту растений, площадь листьев, фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза определяли по Ничипоровичу, гумус – по методу Тюрина (вариант ЦИНАО), гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму активных оснований – по Каппену-Гильковичу, степень насыщенности оснований – расчётным методом, подвижные формы фосфора и калия – по Чирикову в модификации ЦИНАО. Определение общего белкового азота осуществляли по Къельдалю (ГОСТ 13496.4-84). Содержание белка в семенах устанавливали расчётным путём (содержание общего азота умножали на коэффициент 6,25). Содержание жира определяли по Сокслету (ГОСТ 13469.15-85), сухое вещество – весовым методом, массу 1000 семян – по ГОСТу 10842-76. Анализ структуры урожая выполняли по пробным снопам, отобраным с каждой делянки (площадки по 0,25 м²).

Расчет экономической и энергетической эффективности изучаемых агроприемов проводили соответственно по технологической карте. Математическую обработку результатов исследования выполняли согласно Б.А. Доспехову методом дисперсионного анализа на персональном компьютере.

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ НА РОСТ, АССИМИЛЯЦИОННУЮ, АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН КОРМОВЫХ БОБОВ

Макро- и микроудобрения в сочетании с инокуляцией семян существенно влияли на нарастание надземной массы кормовых бобов, начиная с фазы ветвления, когда растения начинали более интенсивно потреблять элементы питания из почвы. Наибольшая *высота растений* во все периоды вегетации была отмечена на вариантах $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ и $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$. Так, в период ветвление-цветение среднесуточный прирост растений на этих вариантах составил 2,0 и 1,8 см, что больше, чем на контроле, соответственно на 11,1 и 10%.

Наиболее развитый ассимиляционный аппарат у растений кормовых бобов в наших исследованиях был в фазе образования бобов (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели фотосинтетической деятельности кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян и применения удобрений, 2011-2013 гг.

Фон	Вариант	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га		Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² × дн./га		Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² в сутки	
		образование бобов	налив семян	образование бобов	налив семян	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	46,6	38,1	646,6	791,9	6,8	7,6
	Инокуляция (И)	49,2	41,3	687,4	832,1	7,3	7,9
	Агромастер (Ам)	48,2	40,5	652,8	828,3	7,0	7,9
	И+Ам	50,8	41,8	719,4	848,7	7,5	8,2
$N_{10}P_{26}K_{26}$	Контроль	48,1	39,5	681,0	774,6	7,4	7,5
	Инокуляция (И)	51,5	43,0	728,7	868,8	7,6	7,7
	Агромастер (Ам)	50,0	41,7	689,0	842,8	7,4	7,4
	И+Ам	54,7	43,4	743,2	947,2	7,7	7,9
$N_{20}P_{52}K_{52}$	Контроль	52,6	41,4	732,1	864,6	7,4	7,7
	Инокуляция (И)	57,3	44,0	805,1	981,3	7,8	7,9
	Агромастер (Ам)	54,2	43,2	769,7	914,5	7,5	7,6
	И+Ам	57,2	45,1	796,3	972,2	8,0	8,1
$N_{30}P_{78}K_{78}$	Контроль	50,8	43,1	748,7	877,6	7,7	7,7
	Инокуляция (И)	57,8	46,8	830,3	977,2	8,1	7,9
	Агромастер (Ам)	54,9	44,8	797,2	962,2	7,9	7,7
	И+Ам	59,2	47,8	855,5	1036,9	8,2	8,0

На вариантах с обработкой семян ризоторфином *площадь листовой поверхности* у кормовых бобов в фазе образования бобов увеличивалась на 5,6% по срав-

нению с контролем, на 3,4% – с обработкой семян Агромастером, с внесением в основную прием $N_{10}P_{26}K_{26}$, $N_{20}P_{52}K_{52}$, $N_{30}P_{78}K_{78}$ – соответственно на 3,2; 12,9 и 9,0%. Обработка семян ризоторфином и Агромастером на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ обусловила формирование наибольшей ассимиляционной поверхности – 59,2 тыс. $m^2/га$, что на 27% больше контроля. Несколько меньшей (57,2 тыс. $m^2/га$) площадь листьев была на аналогичных вариантах с фоном $N_{20}P_{52}K_{52}$.

Максимальные значения *фотосинтетического потенциала* были отмечены в фазе налива семян. На вариантах с ризоторфином и обработкой Агромастером на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ увеличение ФП в фазе налива семян по сравнению с контрольным вариантом составило 22,8%, а с фоном $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 30,9%.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) увеличивалась до фазы налива семян, особенно на вариантах с инокуляцией семян и в сочетании с возрастающими дозами основного удобрения. Так, уже в фазе 5-6 листьев культуры превышение ЧПФ при использовании инокуляции составило 4,6 $г/м^2$ в сутки, или 11,6%, но наибольшие ее значения были на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$, $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ – соответственно 8,0 и 8,2 $г/м^2$ в сутки.

Число и масса активных клубеньков на корнях кормовых бобов достигали наибольших значений в фазе образования бобов. Максимальными они были на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$, $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ и составили 32,9 и 33,9 шт., или 0,65 и 0,70 г на растение. Это на 9,3 и 12,6% больше их числа и на 20,3 и 29,6% больше их массы, сформированных на контрольных вариантах.

Влияние ризоторфина на содержание леглобина в клубеньках было хорошо заметным (рис. 1).

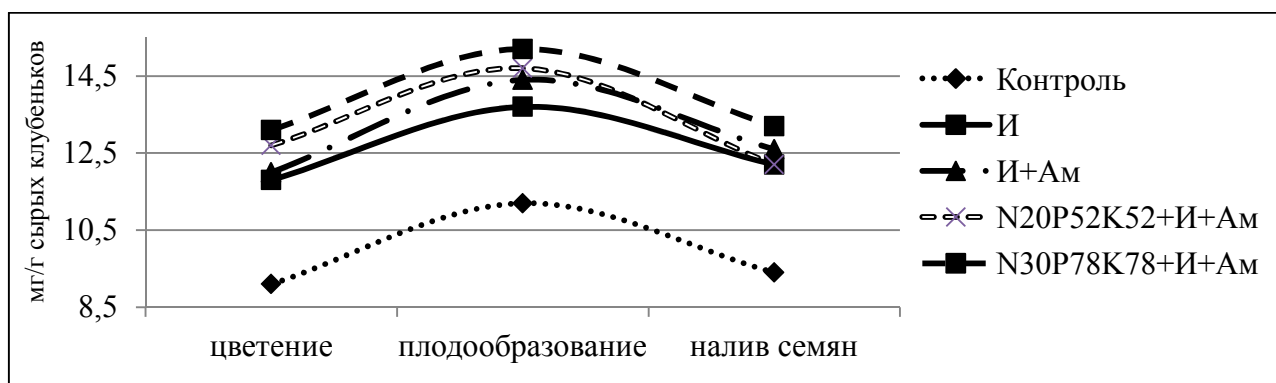


Рисунок 1 – Динамика содержания леглобина в клубеньках кормовых бобов в разные фазы роста на лучших и на контрольном вариантах

Наибольшее содержание леглобина было отмечено на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$, $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ в фазе образования бобов – 15,0 и 15,5 мг в 1 г сырых клубеньков.

Наибольшая *урожайность* кормовых бобов была получена в 2012 г. – от 2,13 до 2,75 т/га. Этому способствовали умеренные температуры и достаточное количество доступной влаги. Погодные условия 2011 и 2013 гг. способствовали формированию урожайности на уровне средних значений: соответственно – от 1,62 до 2,15 т/га и от 1,22 до 2,38 т/га (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян и удобрений, т/га

Фон	Вариант	Урожайность, т/га			
		2011 год	2012 год	2013 год	средняя за 2011-2013 гг.
Без удобрений	Контроль	1,62	2,13	1,22	1,66
	Инокуляция (И)	1,85	2,38	1,64	1,96
	Агромастер (Ам)	1,69	2,25	1,48	1,81
	И+Ам	1,87	2,39	1,70	1,99
$N_{10}P_{26}K_{26}$	Контроль	1,69	2,19	1,51	1,80
	Инокуляция (И)	1,90	2,46	1,77	2,04
	Агромастер (Ам)	1,76	2,30	1,59	1,88
	И+Ам	1,88	2,59	1,93	2,13
$N_{20}P_{52}K_{52}$	Контроль	1,73	2,35	1,65	1,91
	Инокуляция (И)	1,94	2,54	2,04	2,17
	Агромастер (Ам)	1,82	2,51	1,88	2,07
	И+Ам	2,01	2,60	2,26	2,29
$N_{30}P_{78}K_{78}$	Контроль	1,83	2,46	1,84	2,04
	Инокуляция (И)	2,11	2,67	2,27	2,35
	Агромастер (Ам)	1,94	2,59	2,03	2,19
	И+Ам	2,15	2,75	2,38	2,43
НСР ₀₅ АВ		0,06	0,10	0,08	-
НСР ₀₅ А (NPK)		0,03	0,05	0,04	-
НСР ₀₅ В (И,Ам)		0,05	0,07	0,06	-

Высокоэффективной оказалась обработка семян ризоторфином, которая обеспечивала прибавки на всех фонах макроудобрений от 14,5 до 18,7%. Так, на фоне удобрений $N_{10}P_{26}K_{26}$ она составила 0,24 т/га, на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ – 0,26 и на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 0,31 т/га.

Варианты с обработкой семян ризоторфином и Агромастером, на фонах разных доз удобрений, значительно превышали контрольный вариант. Так, на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ превышение составило 46,4% (на 0,77 т/га), на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ –

38,0% (на 0,63 т/га), на фоне $N_{10}P_{26}K_{26}$ – 28,3% (на 0,47 т/га) и на неудобренном фоне – 19,9% (на 0,33 т/га).

Вариант И+Ам на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ обеспечивал получение семян кормовых бобов с наибольшим содержанием белка – 28,1%, аналогичный вариант на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ также характеризовался высокой белковостью семян – 27,4%, что превышало величину данного показателя качества семян на абсолютном контроле соответственно на 18,6 и 15,6% (рис. 2).

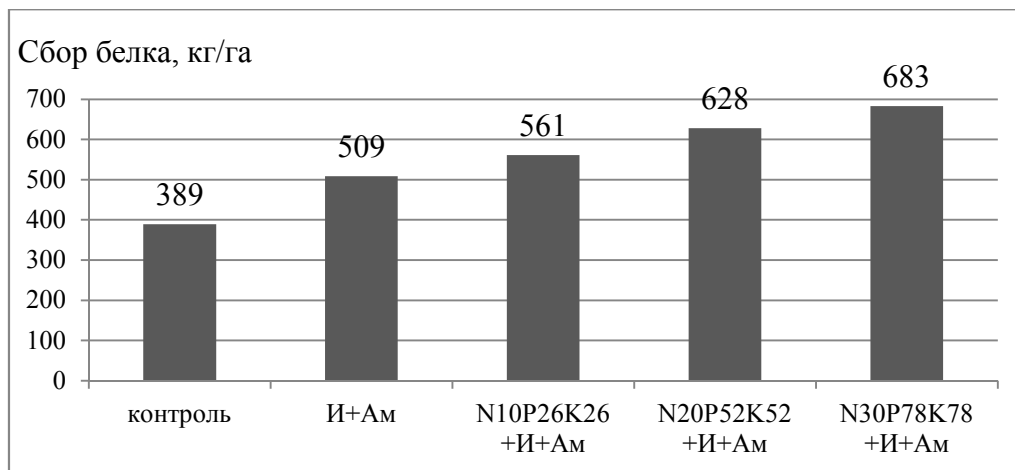


Рисунок 2 – Сбор белка в урожае семян кормовых бобов на лучших вариантах в сравнении с контролем

Дозы удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ способствовали увеличению сбора белка с гектара относительно неудобренного фона соответственно на 22,4 и 32,1%. Вариант И+Ам увеличивал сбор белка с гектара на 30,8%. Наибольшие сборы белка с гектара (628 и 683 кг/га) отмечены при комплексном применении ризоторфина, Агромастера и минеральных удобрений ($N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$).

Корреляционный анализ выявил тесную положительную связь урожайности кормовых бобов с высотой растений ($r = 0,9839$), площадью листьев ($r = 0,9848$), фотосинтетическим потенциалом ($r = 0,9308$), числом и массой активных клубеньков на корнях растений (соответственно $r = 0,9087$ и $r = 0,9179$), величиной активного симбиотического потенциала ($r = 0,9242$).

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ, АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ГОРОХА

На вариантах с обработкой семян ризоторфином и Агромастером четко прослеживалось увеличение высоты растений во все фазы. Так, в фазе бутонизации на данном варианте растения были на 5,4 см (6,9%) выше, чем на контрольном варианте. В фазе созревания более высокостебельными (на 8 и 12 см, то есть на 10 и 15% больше, чем в контроле) были растения гороха при комплексном применении ризоторфина, Агромастера и минеральных удобрений ($N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$) (рис. 3).

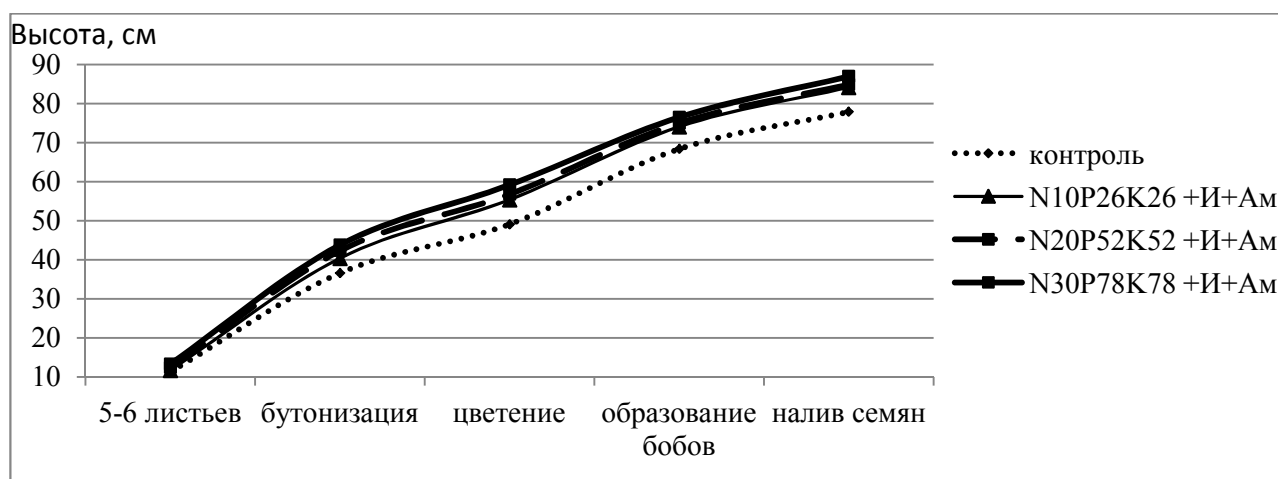


Рисунок 3 – Динамика высоты растений гороха на контрольном и на лучших вариантах

Установлено, что основным фактором, определяющим *накопление сухого вещества* растениями гороха, оказалось основное удобрение. Так, уже в фазе 5-6 листьев фон удобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$ увеличивал сбор сухого вещества на 17,1-22,7%, фон $N_{20}P_{52}K_{52}$ – на 11,3-14,9% по вариантам опыта. Наибольшая масса сухого вещества в растениях гороха (277 г/м^2 и 262 г/м^2) была в фазе налива семян при комплексном применении ризоторфина, Агромастера и минеральных удобрений ($N_{30}P_{78}K_{78} + И+Ам$ и $N_{20}P_{52}K_{52} + И+Ам$).

Симбиотический аппарат лучше был развит на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52} + И+Ам$ и $N_{30}P_{78}K_{78} + И+Ам$, где *число клубеньков* на корнях гороха в фазе бутонизации достигало 26,9 и 28,0 шт., а их *масса* составляла 0,143 и 0,140 г.

Содержание левоглобина при неблагоприятных погодных условиях увеличивалось лишь до фазы бутонизации, а в фазе цветения концентрация левоглобина начала уменьшаться, когда левоглобин стал превращаться в холеглобин (при отмирании клубеньков). Тем не менее, на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$ и $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ концентрация левоглобина в фазе бутонизации растений увеличивалась соответственно до 2,02 и 2,03 мг/г сырых клубеньков, что на 32,3 и 33,6% больше, чем на контрольном варианте (табл. 3).

Таблица 3 – Число и масса активных клубеньков на корнях гороха и содержание в них левоглобина в зависимости от инокуляции семян и применения удобрений, 2011-2013 гг.

Фон	Вариант	Число активных клубеньков, шт. на 1 растении			Масса активных клубеньков, г на 1 растении			Содержание левоглобина, мг/г сырых клубеньков		
		5-6 листь- ев	будо- низа- ция	цвете- ние	5-6 листь- ев	будо- низа- ция	цвете- ние	5-6 листь- ев	будо- низа- ция	цвете- ние
Без удобрений	Контроль	12,5	17,8	13,2	0,061	0,092	0,073	1,10	1,52	1,33
	Инокуляция (И)	16,3	23,4	18,7	0,080	0,115	0,093	1,37	1,71	1,63
	Агромастер (Ам)	11,7	16,6	13,3	0,065	0,097	0,075	1,11	1,55	1,37
	И+Ам	17,3	24,5	19,2	0,091	0,117	0,097	1,40	1,74	1,62
$N_{10}P_{26}K_{26}$	Контроль	13,7	18,9	13,6	0,080	0,095	0,084	1,14	1,57	1,45
	Инокуляция (И)	17,3	24,7	19,7	0,095	0,124	0,099	1,48	1,82	1,75
	Агромастер (Ам)	13,3	17,6	15,1	0,096	0,105	0,091	1,19	1,61	1,53
	И+Ам	18,2	25,7	20,8	0,098	0,134	0,102	1,52	1,92	1,78
$N_{20}P_{52}K_{52}$	Контроль	15,0	19,6	14,2	0,077	0,100	0,085	1,18	1,68	1,54
	Инокуляция (И)	19,0	26,0	20,4	0,097	0,123	0,105	1,62	1,94	1,83
	Агромастер (Ам)	15,3	19,2	16,0	0,097	0,110	0,096	1,24	1,81	1,62
	И+Ам	20,4	26,9	21,7	0,110	0,143	0,110	1,70	2,02	1,86
$N_{30}P_{78}K_{78}$	Контроль	15,7	20,2	15,1	0,092	0,098	0,094	1,24	1,75	1,59
	Инокуляция (И)	20,7	26,7	21,8	0,103	0,135	0,104	1,71	2,01	2,41
	Агромастер (Ам)	15,9	21,0	17,2	0,097	0,119	0,097	1,34	1,84	1,74
	И+Ам	21,7	28,0	23,7	0,112	0,140	0,125	1,83	2,03	1,91
НСР ₀₅ АВ		0,60- 0,98	0,84- 1,14	0,70- 1,04	0,006- 0,009	0,008- 0,010	0,007- 0,008	0,04- 0,07	0,05- 0,07	0,04- 0,08
НСР ₀₅ А (NPK)		0,30- 0,49	0,42- 0,57	0,35- 0,52	0,003- 0,0045	0,004- 0,005	0,0037- 0,004	0,02- 0,04	0,02- 0,04	0,02- 0,04
НСР ₀₅ В (И,Ам)		0,51- 0,81	0,68- 0,95	0,57- 0,76	0,004- 0,007	0,006- 0,008	0,005- 0,007	0,03- 0,05	0,04- 0,06	0,03- 0,06

В повышении урожайности гороха наибольшее влияние имело основное минеральное удобрение. При внесении $N_{10}P_{26}K_{26}$ урожайность гороха увеличивалась на 0,12 т/га, двойная доза удобрений ($N_{20}P_{52}K_{52}$) обеспечивала прибавку

урожайности в размере 0,18 т/га, а тройная ($N_{30}P_{78}K_{78}$) – обусловила прибавку 0,28 т/га.

Значительные прибавки урожая также были получены при использовании ризоторфина, урожайность увеличивалась на 0,28 т/га, или на 12,6% относительно контрольного варианта; на фоне $N_{10}P_{26}K_{26}$ – на 0,3 т/га, или на 12,8%; на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ – на 0,37 т/га, или на 15,4%; на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ – на 0,39 т/га, или на 15,5%. При обработке семян только Агромастером урожайность повышалась на 0,08 т/га относительно контроля, а Агромастером и ризоторфином – она увеличивалась на 0,34 т/га. Ризоторфин в сравнении с Агромастером был более эффективным, он повышал урожай на 0,20 т/га на неодобренном фоне, на 0,14; 0,19; 0,24 т/га – на разноудобренных фонах (табл. 4).

Таблица 4 – Урожайность гороха в зависимости от инокуляции семян и применения удобрений, т/га

Фон	Вариант	Урожайность, т/га			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	средняя
Без удобрений	Контроль	1,87	2,68	2,14	2,23
	Инокуляция (И)	2,01	3,12	2,39	2,51
	Агромастер (Ам)	1,93	2,82	2,19	2,31
	И+Ам	2,05	3,19	2,46	2,57
$N_{10}P_{26}K_{26}$	Контроль	1,93	2,86	2,25	2,35
	Инокуляция (И)	2,16	3,21	2,58	2,65
	Агромастер (Ам)	1,98	3,10	2,45	2,51
	И+Ам	2,15	3,27	2,72	2,71
$N_{20}P_{52}K_{52}$	Контроль	1,92	2,92	2,40	2,41
	Инокуляция (И)	2,19	3,33	2,83	2,78
	Агромастер (Ам)	2,08	3,07	2,61	2,59
	И+Ам	2,25	3,52	2,96	2,91
$N_{30}P_{78}K_{78}$	Контроль	1,97	3,08	2,47	2,51
	Инокуляция (И)	2,29	3,47	2,95	2,90
	Агромастер (Ам)	2,06	3,31	2,60	2,66
	И+Ам	2,36	3,61	3,10	3,02
НСР ₀₅ АВ		0,04	0,08	0,06	-
НСР ₀₅ А (NPK)		0,02	0,04	0,03	-
НСР ₀₅ В (И,Ам)		0,04	0,04	0,05	-

Самая высокая урожайность была получена на вариантах с хорошо развитым бобово-ризобиальным аппаратом. Так, в среднем за 3 года варианты с обработкой семян ризоторфином и Агромастером на разноудобренных фонах пре-

вышли абсолютный контроль соответственно: по фону $N_{30}P_{78}K_{78}$ – на 0,79 т/га (35,4%); $N_{20}P_{52}K_{52}$ – на 0,68 т/га (30,5%); $N_{10}P_{26}K_{26}$ – на 0,48 т/га (21,5%) и по неудобренному фону – на 0,34 т/га (15,2%). Проявилась четкая закономерность – эффективность обработки семян ризоторфином и Агромастером увеличивалась по мере возрастания доз удобрений.

При внесении минеральных удобрений *содержание белка* незначительно снижалось, но урожайность гороха при этом увеличивалась (от 5,3 до 12,6%). На неудобренном фоне белка в семенах содержалось 20,8%, а на фонах $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 20,7 и 20,4%. Больше накопление белка в семенах гороха обеспечивали варианты с применением ризоторфина – белковость повышалась до 21,7%. Наибольший процент белка в семенах гороха был на варианте «ризоторфин + Агромастер» – 22,3% (на 4,3% больше в сравнении с контролем).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ БОБОВ И ГОРОХА

Показатели бобово-ризобиального симбиоза кормовых бобов и гороха на лучших вариантах и на абсолютном контроле различались существенно: кормовые бобы образовывали *активных клубеньков* больше на 23,1-28,7%.

Кормовые бобы формировали клубеньки большего размера, и соответственно большей массы (рис. 4).

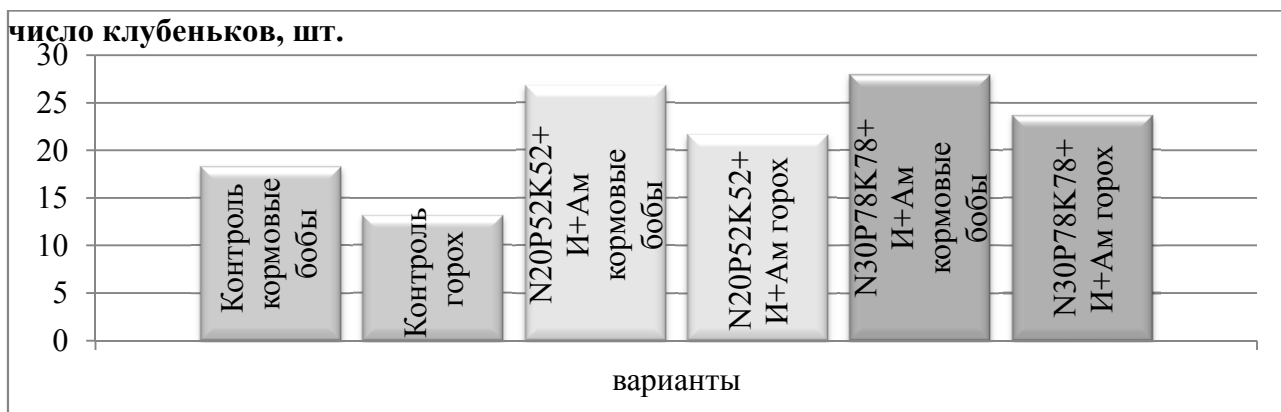


Рисунок 4 – Число активных клубеньков на корнях кормовых бобов и гороха на контрольном и лучших вариантах

Например, на варианте $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$ масса активных клубеньков на корнях кормовых бобов была в 4,5 раза больше, чем на таком же варианте у го-

роха. По содержанию левоглобина в клубеньках горох также уступал кормовым бобам: у кормовых бобов его было от 11,3 до 15,7 мг/г сырых клубеньков, а у гороха – лишь от 1,52 до 2,05 мг/г сырых клубеньков. Горох, несмотря на менее продуктивную азотфиксацию, чем кормовые бобы, за годы исследований показал сопоставимый с ними уровень биологической урожайности. Однако замечено, что кормовые бобы отличались несколько лучшей отзывчивостью на макро-, микро- и бактериальные удобрения. Так, на контрольном варианте биологическая урожайность гороха в среднем за три года составила 2,73 т/га, на лучших вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$ и $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ – соответственно 3,36 и 3,44 т/га; а у кормовых бобов – соответственно 2,54 т/га, 3,62 т/га и 3,84 т/га (рис. 5).

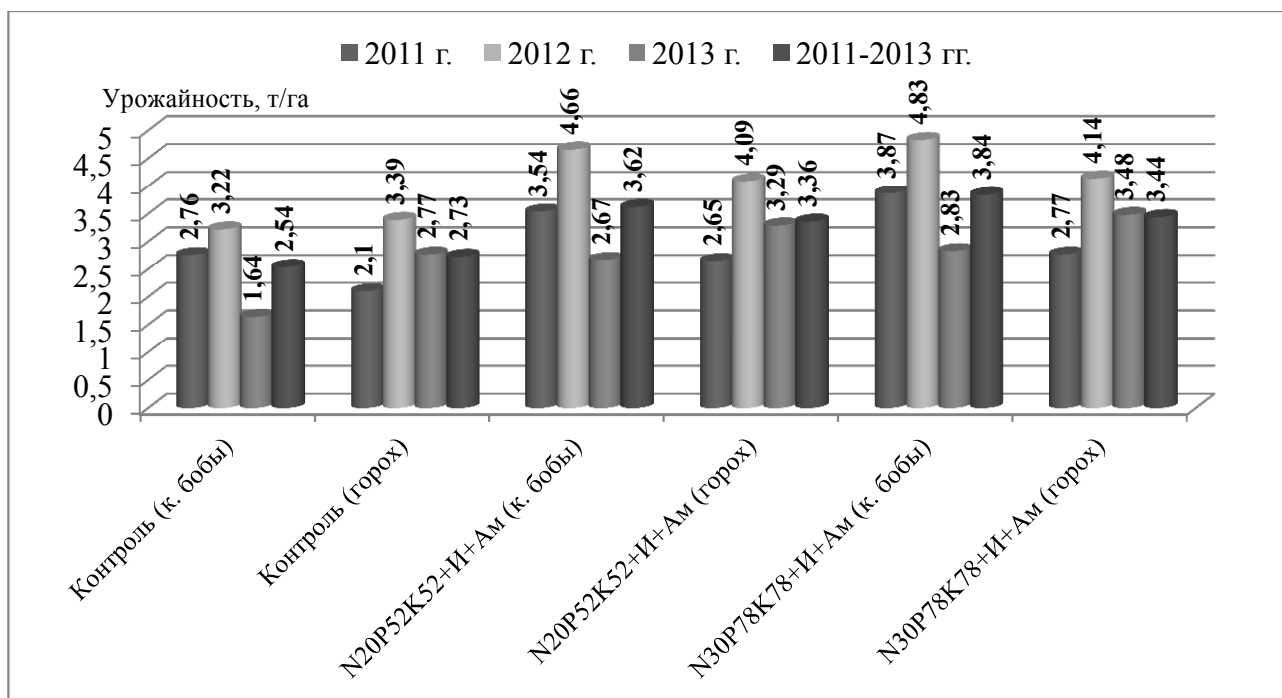


Рисунок 5 – Биологическая урожайность кормовых бобов и гороха по годам исследований на контрольном и лучших вариантах

Горох на варианте И+Ам имел большее число семян в бобе (на 0,6 шт.) и лучшую выживаемость растений (на 17,5%). Кормовые бобы сформировали большее число бобов на одном растении (на 0,8 шт.), с большей массой 1000 шт. семян (на 147,8 г), но их биологическая урожайность в сравнении с горохом была практически одинаковой из-за меньшего числа сохранившихся ко времени уборки растений. Так, на вариантах И+Ам биологическая урожайность кормовых бобов и гороха составила соответственно 3,05 и 3,12 т/га (табл. 5).

Таблица 5 – Элементы структуры урожайности кормовых бобов и гороха на вариантах с обработкой семян ризоторфином и Агромастером, 2011-2013 гг.

Элементы структуры урожайности	Кормовые бобы	Горох
Число бобов на растении, шт.	5,2	4,4
Число семян в бобе, шт.	3,1	3,7
Число семян на растении, шт.	16,2	16,2
Масса 1000 семян, г	387,2	239,4
Масса семян на растении, г	6,3	3,9
Биологическая урожайность, т/га	3,05	3,12

Практический интерес представляет сравнение белковой продуктивности изучаемых культур (табл. 6).

Таблица 6 – Сбор белка в урожае семян кормовых бобов и гороха в зависимости от инокуляции семян и применения удобрений, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Содержание белка, %		Сбор белка, кг/га	
		кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох
Без удобрений	Контроль	23,7	20,8	388,7	460,5
	Инокуляция (И)	25,4	21,7	495,0	539,8
	Агромастер (Ам)	23,7	20,8	424,0	476,5
	И+Ам	25,7	22,0	509,0	561,1
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	24,2	20,6	433,3	479,0
	Инокуляция (И)	25,8	21,9	526,3	574,9
	Агромастер (Ам)	24,6	21,1	462,7	525,3
	И+Ам	26,3	21,5	561,0	580,6
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	24,9	20,7	476,3	498,6
	Инокуляция (И)	26,8	21,5	583,7	597,6
	Агромастер (Ам)	25,0	20,8	519,0	536,2
	И+Ам	27,4	21,4	628,0	617,7
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	25,2	20,4	514,0	509,6
	Инокуляция (И)	27,6	20,8	649,0	602,0
	Агромастер (Ам)	25,7	20,3	561,3	537,6
	И+Ам	28,1	20,9	683,3	631,0

Сбор белка в урожае семян гороха на абсолютном контроле был несколько больше, чем у кормовых бобов (соответственно 460,5 и 388,7 кг/га). Однако, на хорошо удобренных вариантах кормовые бобы обеспечивали больший сбор белка, чем горох. Так, у кормовых бобов на вариантах N₂₀P₅₂K₅₂+И+Ам и N₃₀P₇₈K₇₈+И+Ам он был больше на 239 и 294 т/га в сравнении с контрольным вариантом, а у гороха на аналогичных вариантах – на 157 и 170 кг/га. Сбор белка с урожаем семян кормовых бобов и гороха на варианте N₂₀P₅₂K₅₂+И+Ам составил соответственно 628 и 617,7 кг/га, а на варианте N₃₀P₇₈K₇₈+И+Ам больше соответственно на 55,3 и 13,3 кг/га.

Кормовые бобы и горох в опыте показали практически равный уровень биологической урожайности, также они имели близкий выход белка с единицы площади. Поэтому в целях диверсификации рисков недобора белка в урожае продовольственных и кормовых культур необходимо иметь в посевах как горох, так и кормовые бобы.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗУЧАЕМЫХ АГРОПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОРМОВЫХ БОБОВ И ГОРОХА

Получение высокого урожая кормовых бобов и гороха с эффективными экономическими и энергетическими показателями в наших исследованиях обеспечивали варианты с применением полного минерального удобрения ($N_{20}P_{52}K_{52}$) совместно с обработкой семян ризоторфином (300 г на гектарную норму семян) и комплексным удобрением Агромастер (3 кг/т семян).

Высокий уровень рентабельности (80%) и биоэнергетический КПД (3,1) отмечены в посевах кормовых бобов при использовании ризоторфина и Агромастера на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$. Условный чистый доход при этом увеличился на 2248 руб./га относительно контроля, а энергетические затраты были относительно невелики (3587 мДж/га) при значительно большей дополнительно полученной энергии в прибавке урожая (11204 мДж/га).

В посевах гороха высокие уровень рентабельности (95,9%) и биоэнергетический КПД (2,3) тоже были получены при обработке семян ризоторфином и Агромастером на том же фоне минеральных удобрений. При этом величина условного чистого дохода увеличивалась на 708 руб./га относительно контроля, энергетические затраты были сравнительно небольшими (5131 мДж/га) при значительной величине дополнительной энергии в прибавке урожая гороха (12029 мДж/га).

Проведение экономического анализа и биоэнергетической оценки изучаемых агроприемов при возделывании кормовых бобов и гороха показало, что рациональное применение в лесостепи ЦЧР бактериальных и минеральных удобрений – основного в дозе $N_{20}P_{52}K_{52}$ и Агромастера (3 кг/т) при обработке семян обеспечивало высокую окупаемость материальных и энергетических затрат.

ВЫВОДЫ

1. Высота растений кормовых бобов, площадь листьев, фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза, а также накопление сухого вещества были лучшими на фонах удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ в комплексе с обработкой семян бобовым ризоторфином и удобрением Агромастер.

2. Лучшее формирование и функционирование симбиотического аппарата у кормовых бобов наблюдалось на вариантах с инокуляцией семян ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер (И+Ам) на фонах удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$. Так, в фазе образования бобов число клубеньков на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$ и $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ увеличивалось относительно контроля на 10 и 11 шт./раст., а их масса – на 0,3 и 0,35 г/раст., содержание в них леглобина возрастало соответственно на 3,5 и 4,0 мг/г сырых клубеньков.

3. Обработка семян кормовых бобов активным штаммом ризобий и комплексным удобрением Агромастер при возделывании их на фонах минеральных удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ обуславливала лучшее формирование элементов продуктивности растений. В результате повышались урожайность бобов соответственно до 2,29 и 2,43 т/га (на 38 и 46,4%) и сбор белка с единицы площади – до 628 и 683,3 кг/га (на 61,4 и 75,6%).

4. Улучшение режима питания гороха при обработке семян гороховым ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер в сочетании с основным удобрением в дозах $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ положительно сказалось на его ростовых и ассимиляционных процессах. Высота растений и воздушно-сухая масса каждого растения к фазе созревания увеличивались на варианте $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ на 15,3 и 12,1%, незначительно уступал вариант $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$, на котором данные показатели составили соответственно 10,0 и 7,5%.

5. Лучшие показатели симбиотической деятельности у гороха: число активных клубеньков в фазе бутонизации (26,9-28 шт./раст.), их масса (143-140 мг/раст.), содержание в них леглобина (2,02-2,03 мг/г сырых клубеньков) были на вариантах с совместной обработкой семян инокулянтном и Агромастером (И+Ам) на агрофонах $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$.

6. Посевы гороха на фонах $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ с применением инокулянта и Агромастера лучше формировали элементы продуктивности растений: большее число бобов, число и массу семян с одного растения, массу 1000 семян и формировали большую биологическую урожайность.

7. Оптимальное сочетание минеральных и бактериальных удобрений при выращивании гороха обеспечивало достоверное повышение его урожайности. Наибольшая урожайность гороха (2,91 и 3,02 т/га) была получена на вариантах И+Ам на фонах удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ – соответственно. При этом обеспечивался максимальный сбор белка с урожаем – соответственно 617,7 и 631 кг/га.

8. Кормовые бобы и горох в опыте показали почти равный уровень биологической урожайности, и сбор белка с единицы площади. Поэтому в целях уменьшения рисков недобора белка в урожае продовольственных и кормовых культур необходимо иметь в посевах, как горох, так и кормовые бобы.

9. Получение высокого урожая кормовых бобов (2,29 т/га) и гороха (2,91 т/га) с хорошими экономическими (уровень рентабельности – 80 и 95,9%) и энергетическими (биоэнергетический КПД 3,1 и 2,3) показателями обеспечивает применение полного минерального удобрения ($N_{20}P_{52}K_{52}$) совместно с обработкой семян ризоторфином (300 г на гектарную норму семян) и комплексным удобрением Агромастер (3 кг/т семян).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Кормовые бобы в лесостепи ЦЧР целесообразно возделывать с применением обработки семян бобовым ризоторфином и Агромастером (3 кг/т) на фоне удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$.

2. Для получения высоких урожаев семян гороха необходимо семена перед посевом обрабатывать гороховым ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер (3 кг/т) с внесением минеральных удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$.

3. Для получения более устойчивых урожаев зернобобовых культур в лесостепи ЦЧР необходимо высевать и кормовые бобы, и горох, имеющие сопоставимый уровень урожайности.

**СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ
ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

В ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК

1. Михалев, И.В. Интенсивность азотфиксации и урожайность кормовых бобов при разных вариантах питания растений [текст] / И.В. Михалев, О.В. Столяров // Кормопроизводство. – 2014. – № 1. – С. 23-26.

2. Столяров, О.В. Влияние инокуляции семян, макро- и микроудобрений на азотфиксирующую деятельность и урожайность гороха [текст] / О.В. Столяров, И.В. Михалев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3. – С. 22-25.

3. Столяров, О.В. Отзывчивость гороха на применение удобрений и инокуляцию семян [текст] / О.В. Столяров, И.В. Михалев // Аграрная наука. – 2014. – № 1. – С. 21-23.

В аналитических сборниках и материалах конференций

4. Столяров, О.В. Симбиотическая активность и урожайность кормовых бобов в зависимости от минерального питания [текст] / О.В. Столяров, Т.П. Шмойлова, И.В. Михалев // Совершенствование технологий производства зерновых, кормовых и технических культур в ЦЧР: сборник научных трудов, посвященных 75-летию профессора В.А. Федотова. – Воронеж, 2011. – 241 с.

5. Михалев, И.В. Отзывчивость кормовых бобов на разный уровень внесения макро- и микроудобрений в лесостепи ЦЧР [текст] / И.В. Михалев, О.В. Столяров // Глинковские чтения: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии. – Часть 1. – Воронеж, 2013. – 257 с.

Подписано в печать 4.08.2014. Формат 60x84 ¹/₁₆
Бумага кн.-журн. Печать офсетная. П.л. 1,0.
Тираж 100 экз. Заказ №10373

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный
университет имени императора Петра I»
Типография ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ
394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1