

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

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор О.В. Столяров

Воронеж – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. АЗОТФИКСИРУЮЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН КОРМОВЫХ БОБОВ И ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	12
1.1. Влияние макро- и микроудобрений на азотфиксацию, урожайность и качество семян кормовых бобов.....	12
1.1.1. Значение и распространение кормовых бобов.....	12
1.1.2. Особенности симбиотической азотфиксации кормовых бобов.....	15
1.1.3. Влияние макроудобрений на урожайность и качество семян кормовых бобов.....	20
1.1.4. Влияние микроудобрений на урожайность и качество семян кормовых бобов.....	24
1.2. Влияние макро- и микроудобрений на азотфиксацию, урожайность и качество семян гороха	26
1.2.1. Народно-хозяйственное значение и распространение гороха.....	26
1.2.2. Азотфиксирующая деятельность гороха.....	30
1.2.3. Влияние макроудобрений на урожайность и качество семян гороха.....	34
1.2.4. Влияние микроудобрений на урожайность и качество семян гороха.....	37
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	40
2.1. Почвенно-климатические условия исследований	40
2.2. Метеорологические условия в годы исследований	43
2.3. Агротехника исследований и схема опытов.....	48
2.4. Методика исследований.....	51
3. ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ НА АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН КОРМОВЫХ БОБОВ.....	55

3.1. Характеристика вегетационного периода кормовых бобов.....	55
3.2. Содержание легкогидролизуемого азота в почве.....	58
3.3. Высота растений кормовых бобов.....	61
3.4. Фотосинтетическая деятельность кормовых бобов.....	65
3.5. Динамика накопления сухого вещества кормовых бобов.....	72
3.6. Число и масса активных клубеньков на корнях кормовых бобов.....	74
3.7. Содержание легоглобина в клубеньках кормовых бобов.....	77
3.8. Активный симбиотический потенциал кормовых бобов.....	80
3.9. Структура и величина урожайности кормовых бобов.....	82
3.10. Качество семян кормовых бобов.....	89
3.11. Корреляционные связи изучаемых признаков кормовых бобов.....	92
4. ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ НА АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ГОРОХА.....	96
4.1. Характеристика вегетационного периода гороха.....	96
4.2. Высота растений гороха.....	98
4.3. Динамика накопления сухого вещества гороха	102
4.4. Число и масса активных клубеньков на корнях гороха	104
4.5. Содержание легоглобина в клубеньках гороха.....	107
4.6. Активный симбиотический потенциал гороха.....	110
4.7. Структура и величина урожайности гороха.....	112
4.8. Качество семян гороха.....	117
4.9. Корреляционные связи изучаемых признаков гороха	120
5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ БОБОВ И ГОРОХА.....	124
5.1. Полевая всхожесть и выживаемость растений.....	124
5.2. Азотфиксирующая деятельность кормовых бобов и гороха.....	125
5.3. Урожайность и качество семян кормовых бобов и гороха	128

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗУЧЕННЫХ АГРОПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОРМОВЫХ БОБОВ И ГОРОХА.....	132
6.1. Экономическая эффективность изученных агроприемов.....	132
6.2. Биоэнергетическая оценка изученных агроприемов.....	136
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.....	141
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	143
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	144
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	168

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время весьма актуальной проблемой животноводства Российской Федерации является недостаток кормового белка. На сегодняшний день потребность в переваримом протеине составляет 11,5 млн т, а реально вырабатывается лишь 10,6 млн т, то есть 0,9 млн т – это недобор переваримого протеина. Несбалансированность рациона питания влечет за собой перерасход кормов (до 50%), что соответственно увеличивает дефицит фуражного зерна в стране.

Также актуальным является недостаточное обеспечение населения белоксодержащими продуктами питания. В рационе питания суточная недостаточность в белке в среднем на одного человека составляет около 35%. Вследствие этого кормовые бобы и горох, как и все бобовые культуры, могут служить источником получения пищевого белка и высокобелковых компонентов к комбикормам, так как зерновые культуры не способны обеспечить сбалансированность кормов по протеиновой питательности.

В Центральном Черноземье с экологической точки зрения целесообразно выращивать такие культуры, как кормовые бобы и горох. Однако у производителей зачастую они не пользуются особой популярностью. Тем не менее, разумное сочетание площадей возделывания данных культур позволит получить большой сбор белка с единицы площади.

Кормовые бобы являются важным объектом биологических наблюдений и повсеместно считаются ценной культурой севооборота. Кормовые бобы изменяют структуру почвы, обогащают её атмосферным азотом (до 100 кг/га) и органическим веществом, также они способны накапливать до 40 ц/га соломы и до 20 ц/га воздушно-сухой массы корней. Все это делает возможным сокращение применения минерального азота, что в целом улучшает экологическую обстановку.

Горох является уникальной сельскохозяйственной культурой, обладающей огромным количеством технических и пищевых приложений. Горох

используется в двух основных направлениях: в качестве белкового кормового ингредиента для сельскохозяйственных животных и птицы и в качестве пищевого продукта.

Решающим вариантом в качестве решения вышеупомянутых проблем может послужить активное использование азота из воздуха. Самостоятельно растения не в силах фиксировать атмосферный азот в достаточной степени, поэтому целесообразным могло бы стать вовлечение в данный процесс живых микроорганизмов, которые способны более активно потреблять биологический азот. Максимальное внимание в этом отношении привлекают организмы, обитающие в верхнем слое почвы, которые вступают в непосредственный контакт с растениями, и чаще всего именно с зернобобовыми культурами.

Симбиотическая азотфиксация является дешевым и достаточно простым способом снабжения посевов необходимым азотом в течение всего вегетационного периода. С этой точки зрения появляется обусловленный теоретический и практический интерес в обнаружении различных факторов, которые могли бы обеспечить максимальную активность фиксации атмосферного азота растениями в определенных регионах с различными почвенно-климатическими условиями. Весьма актуальной темой для исследований является нахождение наиболее значимых факторов для активизации симбиотической азотфиксации и выявление их оптимальных параметров, а именно, внедрение агротехнических мероприятий, обеспечивающих лучшую активность симбиотической фиксации азота из воздуха, увеличивающих как урожайность, так и сбор белка семенами кормовых бобов и гороха.

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:

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

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

Сравнить кормовые бобы и горох по изучаемым факторам.

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-ризобиального 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 и горохового ризоторфина и комплексного удобрения Агромастер, обеспечивающих большую урожайность и высокое качество семян кормовых бобов и гороха, позволяющих получать стабильные урожаи данных культур в условиях региона.

Доказано, что у сорта кормовых бобов Орлецкие и сорта гороха Фокор активное формирование и функционирование симбиотического аппарата обеспечивало использование такого технологического приема, как совместная обработка семян бактериальным препаратом – 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 леглобина.

Введенные в технологию возделывания агроприемы – инокуляция семян в сочетании с макро- и микроудобрениями обеспечили возможным получение в зоне неустойчивого увлажнения ЦЧР экономически и энергетически оправданного уровня урожайности сортов кормовых бобов и гороха. При этом была выявлена тесная корреляционная связь между урожайностью и ростом, развитием растений и показателями фотосинтетической и симбиотической деятельности кормовых бобов и гороха.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что доказана целесообразность возделывания в лесостепи ЦЧР кормовых бобов и гороха с применением минерального удобрения диаммофоски ($N_{20}P_{52}K_{52}$), комплексного удобрения Агромастер (3 кг/т) и бактериального препарата ризоторфина (300 г на гектарную норму семян), позволяющие получать на выщелоченном черноземе ЦЧР стабильные и высокие урожаи семян и наибольшие сборы белка и жира 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 бобово-ризобиального симбиоза, росту урожайности, улучшает качество растениеводческой продукции, в первую очередь за счет повышения содержания сырого белка в семенах.

Изложены особенности протекания межфазных периодов и нарастания надземной массы кормовых бобов и гороха, накопление ими сухого вещества, формирование симбиотического и ассимиляционного аппаратов, динамика изменения содержания леглобина в зависимости от изучаемых агроприемов и почвенно-климатических условий.

Раскрыты особенности формирования симбиотического аппарата 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 в условиях региона.

Проведена модернизация технологий возделывания кормовых бобов и гороха в условиях лесостепи ЦЧР, которая обеспечила повышение урожайности данных зернобобовых культур на 38,0 и 30,5%, при этом сбор белка с гектара увеличился соответственно в 1,6 и 1,3 раза. Полученные результаты исследований позволили рекомендовать экономически и энергетически эффективные технологии возделывания изучаемых культур.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные агроприемы возделывания кормовых бобов и гороха были продуктивно внедрены в сельскохозяйственном предприятии Бобровского района Воронежской области – ЗАО «Юдановские просторы». Первое внедрение – возделывание гороха на площади 40 га с внесением 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) определило получение чистого дохода с 1 га – 10510 руб., а уровень рентабельности при этом составил 123,2%. Второе – 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) определило получение чистого дохода с 1 га – 13796 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 ана-

логичных почвенно-климатических условиях страны. Представленные данные также могут найти применение при подготовке рекомендаций по технологии возделывания кормовых бобов и гороха, а также в учебных курсах и пособиях по растениеводству и кормопроизводству.

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

Апробация работы. Основные положения диссертации отражены в отчетах за 2011-2013 годы исследований, доложены и одобрены на заседаниях кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий Воронежского ГАУ, также на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов Воронежского ГАУ им. императора Петра I в 2012 и 2014 годах. По теме диссертации опубликовано 5 научных статей, в том числе три в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ.

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.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация изложена на 223 страницах, содержит 37 таблиц, 9 рисунков и 53 приложения, включает введение, 6 глав, выводы, предложения производству, список литературы, состоящий из 238 источников, в том числе 21 – иностранных.

Личный вклад соискателя. Исследования проведены соискателем в ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» при кафедре растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий в 2011-2013 гг. под руководством профессора О.В. Столярова. Совместно с научным руководителем спланированы и лично проведены полевые опыты и ряд лабораторных исследований, а также произведены анализ и обобщение результатов исследований, написаны 5 статей, диссертация и автореферат.

Соискатель выражает глубокую признательность и благодарность своему научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору Столярову Олегу Валерьевичу, всему коллективу кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий Воронежского ГАУ.

1. АЗОТФИКСИРУЮЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН КОРМОВЫХ БОБОВ И ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1. Влияние макро- и микроудобрений на азотфиксацию, урожайность и качество семян кормовых бобов

1.1.1. Значение и распространение кормовых бобов

Кормовые бобы, благодаря их широкому спектру использования, имеют большое народно-хозяйственное значение. Они являются ценной овощной, кормовой и сидеральной культурой, и считаются существенным резервом получения растительного белка; также синтез данного белка кормовыми бобами идет посредством энергии солнечного света и неисчерпаемых запасов атмосферного азота [193].

Кормовые бобы имеют широкое распространение в Мексике, Китае, Италии, Марокко, Эфиопии и других странах. В Российской Федерации площади возделывания кормовых бобов насчитывают около 20 тыс. га, тем не менее потребность в ценном зерне, богатом белком, является неудовлетворенной. Программой развития кормопроизводства в России предусматривалось к 2010 году площадь посевов кормовых бобов увеличить до 96 тыс. га [199].

Потенциал продуктивности кормовых бобов очень высок. Об этом свидетельствуют данные сортоиспытаний: урожайность зерна достигает 10 – 11 т/га [26, 27, 238]. Однако в производственных условиях урожай зерна значительно ниже. В Брянской и Калужской областях при оптимальных погодных условиях урожайность кормовых бобов достигала 8 т/га, а в условиях ЦЧР – до 6,5 т/га бобов, на зеленый корм – до 41 т/га. В 1 к.ед. зеленой массы содержится 130-140 г белка, что в 1,5-2 раза превышает данный показатель зеленой массы кукурузы [47, 71, 73, 74, 75, 76].

Кормовые бобы занимают первое место среди зернобобовых культур по сбору белка с гектара. Они позволяют получать 0,66 т/га сырого протеина с урожаем зерна, а с урожаем всей биомассы – 0,98 т/га [13].

Среди зернобобовых культур кормовые бобы содержат максимальное количество белка. По своему качественному составу и питательности он не уступает белку мяса. Семена бобов содержат 28-35% белка и все незаменимые аминокислоты. В семенах кормовых бобов по сравнению со злаковыми культурами содержится в 2, а в некоторых случаях и в 3 раза больше белковых веществ, и в то же время они имеют максимальные показатели по выходу переваримого протеина и незаменимых аминокислот с одного гектара. А это делает возделывание кормовых бобов выгодным с точки зрения удовлетворения возрастающих потребностей в пищевом и кормовом белке [13, 14, 35, 56].

Кормовые бобы используются также в кормах для лососевых рыб в мире уже на протяжении нескольких лет. Было замечено, что они являются хорошим источником протеина для рыб. В процессе производства они выступают в качестве связующего для всего сырья в единое целое. Также они оказывают улучшающий эффект на увеличение плотности (твердости) гранул в процессе. Возможности добавления кормовых бобов в рацион с точки зрения питательной ценности для рыб очень велики. В различных исследованиях по всему миру было установлено, что даже введение 20% бобов в рацион лососевых рыб произошло без побочного влияния [93].

В настоящее время кормовые бобы как сельскохозяйственная культура имеют немаловажное значение в экологическом земледелии. Так, за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями за вегетационный период они усваивают из воздуха более 300 кг фиксированного биологически ценного азота, а в почве оставляют после себя до 100 кг/га [36, 78, 128, 213, 219]. А это, в свою очередь, ведет к снижению потребления азотных удобрений и способствует охране окружающей среды [10, 205].

Кормовые бобы обладают редкой среди сельскохозяйственных культур способностью перевода труднорастворимых фосфатов в легкоусвояе-

мую для других культурных растений форму, путем их растворения корневыми выделениями.

Очень велика ценность кормовых бобов в качестве предшественника. Как показывают исследования ряда ученых, они являются наиболее оптимальным предшественником для озимой и яровой пшеницы, кукурузы, сахарной свеклы, хлопчатника и сорго. Урожайность озимой пшеницы, возделываемой после кормовых бобов, увеличивалась на 5-8 ц/га по сравнению с непаровыми предшественниками севооборота [86, 181, 182, 191].

Выращивание кормовых смесей с участием кормовых бобов значительно увеличивает продуктивность агроценозов. По данным И.Н. Николаева и В.В. Разумова, полученным в Чувашском НИИСХ, при возделывании смеси кормовых бобов с овсом урожай зеленой массы в фазе цветения и содержание протеина составили соответственно 58,0 т/га и 8,4%. При этом варианты с суданской травой несколько уступали аналогичным вариантам с кормовыми бобами [126].

В фазе технической спелости в бобах содержится 4,2% углеводов (из них 2,6% – сахара), большой процент минеральных солей, основные из которых – соли фосфора, магния, калия, кальция, серы. В незрелых бобах содержится много микроэлементов и ферментных систем.

Кормовые бобы имеют большое значение и часто применяются в качестве зеленого удобрения, особенно на почвах с дефицитом органического вещества. Применение растений кормовых бобов в качестве зеленого удобрения обогащает почву азотом, который накапливается в растениях в процессе симбиотической азотфиксации. Кормовые бобы в качестве зеленого удобрения хорошо конкурируют с однолетним люпином, в особенности на глинистых почвах, так как однолетний люпин в таких условиях плохо развивается и поражается болезнями. В качестве зеленого удобрения кормовые бобы позволяют повысить химические, физические и биологические показатели качества почвы [216, 230].

В настоящее время кормовые бобы успешно используют в защите почв от эрозии, чему способствует хорошо развитая вегетативная масса и мощная корневая система, благодаря этому активно протекает биологическое структурирование почвы, что, в свою очередь, приводит к облегчению ее предпосевной обработки под последующие культуры.

Кормовые бобы считаются хорошими медоносными растениями. Однолетняя культура доставляет пчелам достаточно много нектара. Цветут бобы в июне - июле. Однако нектароносность кормовых бобов во многом определяется состоянием погоды в период цветения и плодородием почвы. Медопродуктивность бобов составляет от 6 до 10 кг с гектара [83, 159].

Таким образом, как показал анализ литературных источников, кормовые бобы имеют ряд достоинств и преимуществ: они являются основным источником получения растительного белка; позволяют за счет симбиотической азотфиксации частично сократить, а иногда и совсем исключить внесение азотных удобрений; являются отличным предшественником для ряда зерновых и технических культур. Поэтому увеличение площадей возделывания в лесостепи ЦЧР такой важной зернобобовой культуры, как кормовые бобы, решит множество актуальных задач современного земледелия.

1.1.2. Особенности симбиотической азотфиксации кормовых бобов

В настоящее время, в связи с ухудшением экологической обстановки в стране и в мире, в целом, все чаще рассматривается вопрос освоения биологического земледелия, а именно применение альтернативных источников мобилизации азота. В мировом земледелии с этой целью в севооборот включают зернобобовые культуры, способные усваивать атмосферный азот. Кормовые бобы, как и многие другие бобовые, способны фиксировать азот воздуха. Эффективность этого процесса возрастает при создании благоприятных для симбиоза условий. Кормовые бобы способны фиксировать за период вегета-

ции значительно больше атмосферного азота (до 135 кг/га), чем другие зернобобовые культуры [138, 181, 219].

По данным ряда исследователей, количество фиксированного атмосферного азота кормовыми бобами при разных уровнях возделывания очень сильно изменяется. Это объясняется тем, что на этот важнейший процесс влияют эколого-географические, почвенно-климатические, генетические, агротехнические и другие факторы [65, 149, 157, 185, 234, 236].

ЦЧР располагается в зоне неустойчивого увлажнения, поэтому зачастую активность симбиотической азотфиксации определяется таким показателем, как влажность почвы. Оптимальной влажностью почвы для обеспечения активного симбиоза между растением и клубеньковыми бактериями является 60-70% полной влагоемкости почвы. А предельное значение полевой влагоемкости, как считает ряд исследователей, составляет 80-100% [86, 146, 187, 234, 237].

Результаты многолетних исследований А.Г. Васильчикова и Б.А. Вороничева, проведенных в ВНИИ зернобобовых культур, свидетельствуют о том, что нитрогеназная активность посевов кормовых бобов во время всей вегетации изменялась от 6,0 до 16,3 Мкг N/час, а это подтверждает способность кормовых бобов адаптироваться к меняющимся климатическим условиям. Посевы кормовых бобов имели хорошую активность азотфиксации вплоть до фазы налива семян, вика и фасоль показали более низкую активность нитрогеназы, а симбиотическая фиксация атмосферного азота прекращалась уже в фазе цветения [27].

Важным фактором, оказывающим влияние на активность бобово-ризобияльного симбиоза, является значение pH. По данным А.Т. Фарниева и Г.С. Посыпанова, по эффективности азотфиксации в условиях с разной кислотностью почвы выявлена четкая реакция симбионтов на различные изменения pH среды. Наиболее благоприятные значения кислотности для исследуемой культуры – кормовых бобов – pH 6,5-7,0 [187].

Аэрация почвы также имеет важное значение в процессе фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями. На 1 мл фиксированного азота затрачивается 3 мл кислорода. Основная масса клубеньков обычно формируется в слое почвы от 0 до 10 см, а в более глубоких слоях из-за уменьшения концентрации кислорода в клубеньках уменьшается содержание леоглобина, в результате чего активность симбиотической азотфиксации снижается [187].

Температура почвы и воздуха играет важную роль в симбиозе клубеньковых бактерий с бобовым растением. Более интенсивно процесс азотфиксации протекает при оптимальной температуре, а при ее понижении или повышении происходит замедление данного процесса. Причем более негативно сказывается на фиксации атмосферного азота повышение температуры, нежели ее понижение [38, 217].

Физиологические особенности клубеньковых бактерий кормовых бобов представляют практический интерес. К примеру, их отношение к различным зольным элементам такое же, как и у других микроорганизмов, так как они питаются различными минеральными солями. А вот о влиянии минерального азота на азотфиксирующую деятельность кормовых бобов существует много исследований, но не существует единого мнения, в силу некоторых различий их отношения к азоту. Изучение влияния вносимого азота на развитие и функционирование симбиотического аппарата показало, что малые дозы минерального азота считаются важными для стимулирования образования корневых клубеньков. Необходимость внесения незначительных доз азота для улучшения образования клубеньков отразили в своих исследованиях многие исследователи [81, 90, 192, 234].

Подавляющее большинство ученых – Л.М. Доросинский, П. Нутман, А.И. Коровина и др. сходятся во мнении, что необходимо давать «стартовую дозу» азота (до 30 кг/га) в рядки при посеве, когда растениям зернобобовых не хватает питательных веществ семян. Данные Л.П. Новиковой свидетель-

ствуют о том, что эффективным применение азотных удобрений будет только в годы с хорошей влагообеспеченностью в ранневесенний период [128].

Другие ученые считают, что внесение азотных удобрений в дозах до 60 кг/га на начальных этапах развития растений кормовых бобов, в отличие от других зернобобовых культур, не снижает активности симбиотической азотфиксации [213, 219]. А такие исследователи, как И.В. Козлов, Н.А. Колосова, пришли к выводу, что внесение завышенных доз минеральных удобрений также положительно сказывается на бобово-ризобийном симбиозе [40, 90, 91, 222].

Рядом авторов установлено, что минеральный азот угнетает процесс фиксации атмосферного азота. При этом растения, у которых питание преимущественно определяется минеральным азотом, не могут обеспечить получение такой урожайности, которая имеет место при активной азотфиксации [8, 58, 195, 218, 229,].

Немаловажную роль в формировании симбиотического аппарата выполняет такой макроэлемент, как фосфор. При его остром недостатке клубеньки на корнях кормовых бобов практически не образуются. Установлено, что внесение фосфорных удобрений повышает количество клубеньков и плотность их расположения на корневой системе, а его концентрация в клубеньках значительно больше, чем в самих корнях [4, 52, 152]. Исследования М.М. Гуковой в очередной раз свидетельствуют о том, что недостаток фосфора в почве при возделывании кормовых бобов ограничивал симбиотическую азотфиксацию клубеньковыми бактериями [37].

По данным В.Б. Хамукова и Б.И. Жерукова, обеспеченность почвы подвижным фосфором до 20 мг/кг способствовала увеличению количества фиксированного атмосферного азота в 1,4 раза в сравнении с обеспеченностью в 15 мг/кг [197].

В лабораторных условиях изучение влияния 30, 60, 80 кг/га фосфора на действие ферментов, участвующих в фиксации атмосферного азота, показав-

ло, что внесение 60 кг/га фосфора обеспечивало самую высокую активность нитратредуктазы [233].

Кормовые бобы, как и все бобовые растения, показывают высокий вынос калия урожаем семян в сравнении с другими сельскохозяйственными культурами. Поэтому внесение калийных удобрений, особенно комплексно с фосфорными, значительно повышает продуктивность азотонакопления [39, 43, 189].

Многие авторы придерживаются мнения, что положительное влияние на формирование и функционирование симбиотического аппарата оказывает обеспеченность растений кормовых бобов калием. Внесение калийных удобрений влекло за собой достоверное увеличение числа клубеньков [17, 42, 118, 150, 224].

Опытные данные В.И. Романова и других исследователей объясняют, что результативность деятельности азотфиксирующих бактерий снижается при дефиците калия из-за нарушения обеспеченности корней углеводами [117, 156].

Важным элементом для азотфиксации также является кальций, так как при его дефиците наблюдаются нарушения физиологических свойств клубеньковых бактерий, замедляется их размножение. При недостатке кальция в питательной среде снижается сопротивляемость деформирования оболочки бактериальной клетки, что приводит к изменению ее проницаемости [115].

Для оптимального функционирования азотфиксирующих клубеньков необходимы и такие элементы, как магний, железо и медь. Недостаток магния приводит к нарушению размножения бактерий, железо входит в состав ферментов и пегментов, отсутствие меди провоцирует нарушения в углеводном обмене кормовых бобов [158, 223, 232].

Большое значение для продуктивности бобово-ризобиального симбиоза у кормовых бобов имеет обеспеченность питательной среды различными микроэлементами. Наиболее важным из них для полноценного формирования и функционирования клубеньковых бактерий считается молибден (Mo).

Известно, что обработка семенного материала кормовых бобов молибденом активизирует популяции ризобий, а это, в свою очередь, приводит к увеличению доли симбиотического азота в урожае на 15% [188].

Для активизации процесса азотфиксации необходим кобальт, так как он содержится в субстрате легоглобина [60]. Для нормального развития растений кормовых бобов и клубеньковых бактерий на их корнях необходим бор. Его недостаток в клубеньках приводит к нарушению развития бактериоидной ткани из-за отсутствия сосудистых пучков, вследствие чего снижается азотфиксация. Дефицит марганца нарушает процесс углеводного обмена растений [220].

Потребность в элементах питания у каждого сорта кормовых бобов различная и определяется условиями их возделывания. Поэтому важно провести определение вносимых доз необходимого компонента в почвенно-климатических условиях центральной лесостепи ЦЧР. Несмотря на многочисленные исследования существуют противоречивые мнения о влиянии макро- и микроудобрений на симбиотическую азотфиксацию кормовых бобов. Все это послужило причиной включения в опыт четырех фонов – неудобренного и трех разнудобренных: $N_{10}P_{26}K_{26}$, $N_{20}P_{52}K_{52}$, $N_{30}P_{78}K_{78}$ и варианты с обработкой семян комплексным удобрением с микроэлементами в хелатной форме Агромастер.

1.1.3. Влияние макроудобрений на урожайность и качество семян кормовых бобов

При выращивании кормовых бобов по интенсивной технологии очень важно обеспечить для растений оптимальное минеральное питание в течение всего периода вегетации. Все зернобобовые культуры, в том числе и кормовые бобы, используют достаточно большое количество макро- и микроэлементов на создание 1 ц семян. Так, на формирование 0,1 т семян кормовых

бобов и соответствующего количества соломы из почвы выносятся 6-7 кг N, 1,6-2,1 кг P, 4,0-4,6 кг K, 2,2-2,7 кг Ca и 1,-2,1 кг Mg [162].

Наиболее интенсивное потребление питательных веществ кормовыми бобами наблюдается во второй половине вегетации растений [130, 139, 183, 205, 221]. Анализ данных многих ученых показал, что поступление макроэлементов в семена кормовых бобов идет непосредственно до фазы полной спелости бобов, так как питательные вещества (белки, жиры и др.) накапливаются как раз в этот период [183].

Определяющим качество сельскохозяйственной продукции показателем является накопление в ней азота, фосфора и калия.

Потребность кормовых бобов в азоте обеспечивается в большей степени за счет симбиотического азота – около 70%, но немаловажную роль выполняет и минеральный. Так, на темно-серой лесной почве среднего уровня окультуренности вынос азота с урожаем достигает 280 кг, а доля атмосферного азота при этом составляет 196 кг. Недостаток азота в количестве 84 кг растения должны компенсировать из почвы и вносимых минеральных удобрений [162].

Анализ опытных данных Т.С. Бражниковой и Б.А. Ягодина показал, что в начальные фазы роста содержание азота в растениях достигает максимального значения, а затем, по мере роста и развития растений, оно снижается [10, 213]. К концу вегетации растений, по мнению М. Черномырдиной, процентное содержание азота начинает опять увеличиваться, что связано с оттоком азота в семена кормовых бобов из клубеньков [183, 205]. Основная доля азота в течение всего периода вегетации локализуется в листьях кормовых бобов – 3,5-5,6%, а наименьшая доля содержится в стеблях – 0,5-3,4% [228].

В настоящее время существуют различные точки зрения о необходимости применения азотного удобрения под кормовые бобы. Большинство отечественных и зарубежных исследователей считают, что в оптимальных погодных условиях растения бобов способны полностью обеспечить свои потребности в азоте за счет симбиоза растений с клубеньковыми бактериями.

Применение фосфорно-калийного удобрения обеспечивало такую же прибавку урожая кормовых бобов, как и при использовании комплексного макроудобрения [9, 14, 21, 44, 125, 127, 144, 145, 167, 184].

Исследования немецких ученых показали, что азотные удобрения практически не способны увеличить урожайность кормовых бобов более чем на 10% [31].

Имеет место парадоксальное мнение, что внесение под кормовые бобы минерального азота оказывает отрицательный эффект, а именно, заметно снижает азотфиксирующую деятельность растений и, в конечном счете, несколько не увеличивает урожайность культуры. [32, 53, 61, 62, 102, 121, 134, 147]. Исследования Л.П. Новиковой свидетельствуют о том, что применение минерального азота при выращивании кормовых бобов целесообразно исключительно в годы с холодными и влажными веснами. И при достаточно теплой и влажной погоде минеральный азот способен даже снижать урожайность культуры и качество семян [128].

По данным А.Е. Сорокина, полученным в Брянской ГСХА, внесение (NPK)120 позволило увеличить урожайность кормовых бобов по сравнению с контрольным вариантом на 6,5 ц/га, что подтверждает необходимость внесения в основной прием комплексного макроудобрения [168].

Опыты, проведенные немецкими учеными, свидетельствуют о том, что азотные удобрения редко способствовали получению прибавки, превышающей 10% [141].

Данные О.В. Столярова показали, что внесение в основном приеме $N_{30}P_{90}K_{60}$ и $P_{90}K_{60}$ под кормовые бобы в условиях Центрального Черноземья влекло за собой увеличение урожайности соответственно на 6,2 и 4,8 ц/га. Это подтверждает необходимость применения небольших доз азота – до 30 кг/га д.в., которые многие авторы предпочитают называть «стартовыми». Данная точка зрения объясняется тем, что внесенный минеральный азот служит для более активного начального развития растений кормовых бобов, а именно для образования большей ассимиляционной поверхности, которая в

дальнейшем будет способствовать интенсивной фиксации атмосферного азота из воздуха клубеньковыми бактериями [170, 171, 206].

Благотворное влияние «стартовых» доз минерального азота на начальное развитие растений кормовых бобов отмечается в исследованиях и многих других авторов [11, 30, 119, 235]. Тем не менее, существует ряд исследователей, склоняющихся к использованию средних доз азотного удобрения под кормовые бобы в качестве оптимальных [6, 48, 129].

Фосфор считается важнейшим элементом питания растений кормовых бобов, так как входит в состав соединений, которые имеют большое значение в протекании процессов преобразования энергии при фотосинтезе и азотфиксирующей деятельности. Потребление фосфора растениями кормовых бобов протекает в течение всей вегетации сравнительно равномерно, только к фазе начала плодообразования наблюдается заметное увеличение содержания его в растениях. Наибольшая часть фосфора локализуется в листьях растений кормовых бобов [200].

Как и все зернобобовые культуры, кормовые бобы отличаются своей способностью после прорастания растений использовать для развития фосфор из запасов семядолей [41, 49]. Опытные данные Т.П. Пичугиной, полученные на полях опытной станции Воронежского ГАУ, свидетельствуют о том, что внесение только фосфорного удобрения в дозе P_{90} позволяет повысить урожайность культуры на 3,4 ц/га [138].

Калий также имеет немаловажное значение в жизнедеятельности растений кормовых бобов. Его недостаток влечет за собой нарушение метаболизма растений, понижает синтез и транспорт углеводов, нарушает белковый обмен и, как результат, снижает урожайность культуры. И.Н. Добровольский в своих исследованиях о влиянии удобрений на продуктивность кормовых бобов заметил увеличение урожайности культуры от одних калийных удобрений на 1,9%, а от фосфорно-калийных – на 27,7% [50]. Тем не менее, в Англии внесение исключительно калийного удобрения является более рентабельным, в сравнении с фосфорно-калийным [23].

Внесение макроудобрений под кормовые бобы сильно сказывается и на качественном составе семян кормовых бобов. Важно то, что каждый элемент питания как в отдельности, так и при совместном использовании по-разному влияет на обмен веществ в растениях кормовых бобов. Например, усиленное фосфорно-калийное питание способствует направлению биохимических процессов в сторону большего накопления глобулинов и уменьшения альбуминов. Азотные же удобрения увеличивают содержание водорастворимых белков в семенах кормовых бобов [163, 164].

Установлено, что внесение фосфорно-калийных удобрений результативнее, чем отдельно фосфорных и отдельно калийных. К примеру, в исследованиях И.Н. Добровольского, проведенных в Сибирском НИИ кормов, применение фосфорно-калийного удобрения под кормовые бобы повышало сбор сухого вещества на 27,7%, отдельно фосфорных – на 19,7%, калийных – на 1,9% [142].

Многолетние опытные данные М.П. Елсукова показали, что внесение фосфорно-калийных удобрений заметно увеличивало содержание сырого протеина в семенах [82, 101, 131, 206]. По данным А.Т. Воронова, внесение дозы удобрений $P_{90}K_{90}$ увеличивало содержание сырого протеина на 29,5-31,6%, а увеличение доз удобрений свыше 90 кг/га не давало дополнительного повышения урожая кормовых бобов [28, 98].

Таким образом, ввиду недостаточной изученности влияния разных уровней минерального питания на продуктивность изучаемого нами сорта кормовых бобов – Орлецкие и высокой разобщенности данных исследований на тему влияния удобрений на продуктивность и качество кормовых бобов в условиях лесостепи ЦЧР наши исследования являются весьма актуальными.

1.1.4. Влияние микроудобрений на урожайность и качество семян кормовых бобов

Микроэлементы играют немаловажную роль в питании кормовых бобов. Дефицит какого-либо одного или нескольких микроэлементов может

привести к заметному ослаблению роста и развития растения, различным заболеваниям и, в конечном счете, снижению урожайности и ухудшению качества семян [66, 172, 215]. Процесс фотосинтеза и симбиотическая азотфиксация у зернобобовых культур, а также метаболизм белков и углеводов проходят при участии микроэлементов [59]. Важно и то, что большинство микроэлементов можно применять совместно с макроудобрениями, при предпосевной обработке семенного материала и в виде подкормок в баковых смесях.

Кормовые бобы, как и большинство зернобобовых культур, способны выносить из почвы в 5-7 раз больше молибдена, бора, меди, чем злаковые культуры [59, 143]. Также многие исследователи отмечают потребность растений кормовых бобов в большей степени в таком микроэлементе, как кобальт [114, 135, 182, 214].

Наиболее важным из всех микроудобрений считается молибден, он участвует в фиксации молекулярного азота почвенными микроорганизмами и клубеньковыми бактериями в симбиозе с растениями кормовых бобов [59, 78, 136, 190, 209]. В ЦЧР почвы содержат недостаточное количество Мо для удовлетворения потребности растений кормовых бобов (от 0,06 до 0,33 мг/кг почвы). Поэтому использование молибденсодержащих препаратов при возделывании кормовых бобов будет достаточно эффективным агроприемом в технологии. Применение молибденовых удобрений позволяет получать хороший урожай кормовых бобов более высокого качества за счет повышения белковости семян [209].

Ряд ученых считают, что потребность в молибдене наиболее эффективно обеспечивается при предпосевной обработке семян, так как его недостаток выявляется зачастую в начальный период развития растений. При этом растения получают необходимые и недостающие микроэлементы в нужном количестве в самом начале роста, что приводит к активизации физиологических и биохимических процессов и в то же время позволяет экономить расход микроудобрений, снижая экологическое загрязнение почвы [135].

Подкормку микроудобрениями кормовых бобов на производстве чаще проводят во время вегетации растений, но не менее эффективным приемом является обработка семенного материала в комплексе с инокуляцией семян бобовым ризоторфином. Исследования Л.В. Круглова показали, что подкормка кормовых бобов молибденом позволяла увеличить в 1,5 раза использование фосфора из почвы и макроудобрений и в целом повышала урожайность семян культуры [97].

На почвах с недостаточным содержанием молибдена применение молибденового удобрения увеличивает не только урожайность, но и содержание в семенах белка на 1-3% [12, 137, 165, 174].

Таким образом, несмотря на важность использования микроэлементов в качестве микроудобрения, их применение на выщелоченном черноземе лесостепи ЦЧР на посевах кормовых бобов в сочетании с разными дозами макроудобрений недостаточно изучено. Отсюда следует, что освоение данного вопроса считается важной задачей в усовершенствовании технологии выращивания кормовых бобов.

1.2. Влияние макро- и микроудобрений на азотфиксацию, урожайность и качество семян гороха

1.2.1. Народно-хозяйственное значение и распространение гороха

Горох среди зернобобовых культур занимает в России первое место как по посевным площадям, так и по валовому сбору зерна. В современном сельском хозяйстве горох является очень перспективной зернобобовой культурой, которая имеет достаточно высокий потенциал урожайности в сочетании с содержанием белка в зерне – 26-28%. Использование гороха довольно разнообразно: продовольственное – в виде зрелых семян, свежего зеленого горошка и бобов сахарных сортов в фазе технической спелости; промышленное – консервы зеленого горошка и свежемороженый зеленый горошек; кор-

мовое – зернофураж, зеленый корм, силос, сенаж, сено, сенная мука и на зеленое удобрение. Возделывание гороха также положительно сказывается на плодородии почвы [2, 16, 46, 69, 99, 132, 173, 175, 229].

Горох имеет широкое использование в рационе питания человека и характеризуется высоким содержанием полноценного растительного белка; также в его семенах имеется ряд витаминов: С (20-290 мг/кг), А (7,1 мг/кг), В₁ (5,0 мг/кг), В₂ (0,8-7,4 мг/кг), В₆ (1,1 мг/кг) и множество микроэлементов – К, Са, Р, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Mo, Z [15, 210]. В недозрелых семенах гороха содержится большой спектр ферментов, витаминов (В₁, В₂, В₆, С, РР). Помимо этого, зерно гороха посевного содержит 2% жира, углеводов около 50,0-55,0% (в том числе крахмал до 48,0%, клетчатка, моносахариды и дисахариды [111, 133, 191].

В современном кормопроизводстве существует проблема дефицита кормового белка. Зоотехнической нормой является: на 1 кормовую единицу приходится переваримого протеина 100-110 г, по факту же получается – 75-80 г. Это в итоге приводит к излишнему расходу кормов. Так, 1 ц зерна гороха включает приблизительно 115,0 кормовых единиц и переваримого протеина – 19,7 кг. Поэтому эффективность кормления сельскохозяйственных животных существенно увеличивается при добавлении в рационы кормления зерна гороха [191, 225].

Максимум содержания белка в семенах гороха при его возделывании в Северо-Западном и Центральном районах достигает 30%, а в Поволжье, на Северном Кавказе, в Лесостепи и Степи Украины – 35% [161].

Кормовая ценность гороха определяется высоким содержанием различных аминокислот. Горох содержит все незаменимые аминокислоты: лизин, метионин, треонин, триптофан, валин, лейцин, фенилаланин, изолейцин, аргинин и гистидин. Данные лаборатории биохимии ВИР свидетельствуют о том, что в белке семян различных сортов гороха содержится (в % на сухой обеззоленный белок): тирозина 2,3-3,3, цистина 0,73-1,1, аспарагиновой и глутаминовой кислот 26-59, метионина 1,4-1,9, лизина 3,7-6, триптофана 0,99-1,3, гистидина 2-

2,6, аргинина 9,3-12,6. Наряду с этим в белке гороха имеется ряд сбалансированных незаменимых аминокислот [1, 70, 186, 207, 208].

Горох, благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, накапливает в 2-3 раза больше белка, чем хлебные злаки. По данным Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, в среднем по стране белок в семенах районированных сортов гороха составляет 24,3%, а в зерне ячменя, овса, кукурузы и сорго – только 12-13,5% [1, 3, 19, 80, 85, 133, 186, 211].

Горох является хорошим компонентом различных кормовых смесей (с зерновыми и рядом других культур). Выращивание кормовых смесей с горохом делает возможным получение наиболее питательного зернофуража для сельскохозяйственных животных [21, 25, 34, 46, 105]. Исследования С.Л. Елисеева, Ю.Н. Зубарева, Е.А. Ренева, В.А. Терентьева (Пермская ГСХА им. академика Д.Н. Прянишникова) показали, что в почвенных условиях Предуралья при внесении умеренных доз минерального азота выход фуражного зерна увеличивался на 15% благодаря возделыванию горохо-ячменной смеси в сравнении с чистыми посевами ячменя и гороха, вико-ячменной смесью [196].

Исследования А.А. Мушинского, проведенные в Оренбургском НИИ-ИСХ, показали, что на удобренном варианте опыта наибольший выход кормовых единиц с 1 га отмечался на посеве травосмеси суданской травы с горохом – 3,49 т/га. Также на удобренном варианте максимальный выход кормовых единиц и переваримого протеина отмечался на посеве данной травосмеси. Максимальная урожайность зеленой массы и сухого вещества наблюдалась на удобренном варианте травосмеси суданской травы с горохом – 32,6 и 6,96 т с 1 га. В данном опыте травосмеси суданской травы с соей, викой, донником, рапсом, сорго, кукурузой заметно уступали по питательным качествам травосмеси с горохом [122].

Кроме производства растительного белка, выращивание гороха положительно сказывается на плодородии почвы. Горох является хорошим предшественником для большинства культурных растений, и в особенности для

всех зерновых культур, что находит подтверждение в исследованиях целого ряда авторов. Так, в опытах Е.В. Хробостовой и Т.С. Айсанова в Ставропольском ГАУ урожайность озимой пшеницы, возделываемой после гороха, составила 52,5 ц/га, после кукурузы на силос – 29,8 ц/га, после занятого пара – 50,2 ц/га. На Целинском ГСУ урожайность озимой пшеницы, предшественником которой был черный пар, составляла 60,7 ц/га, а по гороху – 58,6 ц/га. Эффективность гороха в качестве предшественника, как показывают опытные данные, очень близка к паровому полю [2, 19, 106, 109, 140, 229, 231].

Горох как предшественник положительно влияет и на качество продукции следующих за ним сельскохозяйственных культур. А именно, увеличивается содержание белка, клейковины в зерне пшеницы, улучшается объем и пористость хлеба. По данным показателям качество зерна яровой пшеницы, выращенной после гороха, приближается к качеству зерна пшеницы по чистому пару в севообороте. Опытные данные, полученные в Татарском НИИСХ, выявили положительное действие гороха на качественные показатели зерна яровой пшеницы. Так, после черного пара белковость ее зерна определилась в 12,31%, а после гороха – 12,25%. В опытах, проведенных на темно-серой лесной почве, использование гороха в качестве предшественника увеличило среднегодовой сбор зерна на 2,7 ц/га, а на выщелоченном черноземе третья культура севооборота после гороха повысила урожайность на 0,11 т/га [57, 68].

Основные регионы выращивания гороха посевного в России – Центрально-Черноземный, Центральный, Поволжье, Северный Кавказ, Сибирь, Урал. Его возделыванием занимаются практически все регионы страны. Однако более пригодными для возделывания сортов гороха с высокой белковостью считаются южные зоны лесостепи и степи [64, 178, 191].

Горох посевной нашел свое применение и в научной медицине. Так, Сухарев Д.Н. в Московской медицинской академии имени И.М. Сеченова и ГУ РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН разработал метод выделения лектинов из семян гороха посевного. Опытные данные позволили выявить особенности биологического действия лектинов (цитотоксичность, противоопухолевое,

фитогемагглютинирующее и иммуномодулирующее действие). В экспериментальных условиях было установлено, что лектины гороха стимулируют продукцию основных регуляторных пептидов (противовоспалительных и регуляторных цитокинов), следствием чего является усиление противоопухолевой активности лимфоцитов крови [24, 154, 177].

Анализ литературных данных показал, что горох посевной удачно сочетает высокую урожайность и качество семян с экологической пластичностью, поэтому имеет право занять соответствующее своим возможностям место в условиях аграрного производства.

1.2.2. Азотфиксирующая деятельность гороха

В решении проблемы экологически чистого и дешевого биологического азота важная роль принадлежит бобово-ризобиальному симбиозу. В результате этого процесса от бобового растения клубеньковые бактерии получают нужные элементы питания, в особенности – необходимые для нормальной жизнедеятельности бактерий углеводы.

Горох имеет немалое агротехническое значение как азотфиксирующая культура. Его корневая система обладает высокой усвояющей способностью и достаточно глубоко проникает в почву. Это позволяет гороху использовать труднорастворимые и малодоступные для злаковых культур элементы питания как из пахотного слоя, так и из более глубоких слоев почвы. После возделывания гороха повышается эффективность усвоения органических удобрений последующими культурами, в частности зерновыми и техническими [2, 63, 210, 220].

Как и все зернобобовые культуры, горох характеризуется как симбиотрофным, так и автотрофным типами азотного питания, однако симбиотрофный тип питания наиболее приемлем с экологической точки зрения [33]. Практическая роль биологической фиксации азота воздуха растениями гороха определяется тем, что азот является основным биогенным элементом, за-

пасы которого в почве уменьшаются с каждым годом, а частичное пополнение их возможно в результате симбиотической деятельности. Частичная замена минерального азота биологическим вызывает интерес по нескольким актуальным причинам. Во-первых, производство азотного удобрения является энергоемким и не дешевым процессом, так как техническая фиксация его происходит только при высоких температурах, 400-500 °С, и давлении в несколько десятков мегапаскалей. А селитра в виде залежей встречается в природе крайне редко, и ее запасы невелики. Во-вторых, внесение высоких доз азотных удобрений, обеспечивающих получение достойных урожаев, является небезопасным с экологической точки зрения. Атмосфера на 78% состоит из азота, поэтому его природные запасы практически неисчерпаемы. Человеку и животным азот нужен в виде белков животного и растительного происхождения, растениям – в виде солей азотной кислоты или ионов аммония. Азот является первым из основных элементов питания растений. Источником азота для азотных минеральных удобрений служит азот воздуха [77, 116, 227].

При возделывании гороха очень важно обеспечить его питательными элементами в оптимальном соотношении [67]. На эффективность фиксации атмосферного азота растениями гороха оказывают влияние азот и фосфор. Так, незначительные дозы вносимого азота помогут избежать азотного голодания в начальный период вегетации растений, тем самым стимулируется процесс образования клубеньковых бактерий [103, 123, 188].

В литературе встречаются противоречивые данные об отзывчивости гороха на минеральный азот. Некоторые исследователи полагают, что даже высокие дозы минерального азота оказывают положительное действие на симбиотическую азотфиксацию [40, 90, 91].

Имеют место данные, подтверждающие отрицательное действие минерального азота на азотфиксацию. К примеру, в одних исследованиях отмечается, что внесение под горох 60 кг/га азотных удобрений в 2 раза снижает массу активных клубеньков, величину АСП и количество фиксированного азота из воздуха [96].

Полная обеспеченность растений гороха фосфором определяет развитие и активность клубеньков на корнях, так как при этом усиливается развитие корневой системы, на которой активно образуются клубеньки [103, 104]. Опытные данные М.В. Кашукоева, полученные в Кабардино-Балкарской государственной сельскохозяйственной академии имени В.М. Кокова, показали, что возрастание степени обеспеченности почвы подвижным фосфором с 11 (низкая) до 19 (средняя) мг/кг существенно увеличивало массу клубеньков на корнях гороха (в 1,87 раза). В результате улучшения обеспеченности почвы подвижными формами фосфора активизировалась симбиотическая азотфиксация в клубеньках, при этом концентрация азота в них возрастала в 1,2-1,4 раза [84].

Однако внесение какого-либо одного макроэлемента зачастую ведет к дисбалансу питательных элементов в растениях гороха и поэтому не проявляет положительного эффекта. Зачастую в литературе рекомендуют использовать при возделывании гороха полное минеральное удобрение [79, 82, 191, 200]. Исследования Х.А. Хамокова показали, что внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ существенно увеличивало количество азотфиксирующих клубеньков, в результате чего улучшалась азотфиксирующая деятельность растений. Количество усвоенного азота из воздуха растениями гороха на данном фоне макроудобрений увеличивалось в 2 раза относительно контроля [196].

Научные исследования ряда авторов указывают на то, что в процессе симбиотической азотфиксации важную роль играют такие микроэлементы, как молибден, железо, марганец, медь, бор, цинк и другие [87, 169, 216].

Положительное влияние молибдена на продуктивность агроценоза объясняется его непосредственным участием в усвоении азота воздуха. Так, молибден входит в состав фермента гидрогеназы, который отвечает за восстановление азота в растениях [89, 124, 153]. Молибден входит в состав леггемоглобина, принимает участие в азотном обмене и азотфиксации [176, 190, 195, 209]. Также своевременные подкормки молибденом снижают ингиби-

рующее действие нитратов на процесс азотфиксации [18]. Инокулированные растения, как правило, часто характеризуются большей потребностью в молибдене. Внесение данного элемента при возделывании гороха улучшает процесс азотфиксации, поэтому растения не требуют дополнительных азотных подкормок [42, 82, 196].

Опытные данные А.А. Кошукоева свидетельствуют о том, что применение борных удобрений и обработка семян молибденово-кислым аммонием повышают массу активных клубеньков на 52% и увеличивают количество фиксированного азота воздуха на 25% [96].

Кобальт оказывает положительное действие на размножение азотфиксирующих бактерий, поэтому он необходим для усиления симбиотической деятельности растений гороха. Кобальт модифицирует ультраструктуру азотфиксирующего аппарата, в результате чего бактериоиды активнее функционируют. Капсулы вокруг бактериоидов образуются быстрее и значительно дольше сохраняются. Также кобальт участвует в биосинтезе метгемоглобина [5, 180].

Медь положительно влияет на синтез леггемоглобина, а железо является его составной частью [59]. Недостаток бора приводит к тому, что сосудистые пучки в клубеньках гороха не формируются, в результате чего бактериальная ткань развивается ненормально. При возделывании гороха рекомендованная доза бора – 0,7-1,0 кг/га [22, 148].

Опытные данные В. Костина, В. Исаичева и Н.Андреева, полученные в Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, свидетельствуют о том, что в условиях Среднего Поволжья обработка семян гороха микроэлементами (молибден, марганец), ризоторфином, пектином и мелафеном положительно повлияла на процесс азотфиксации, а именно, на массу активных клубеньков, содержание в них леггемоглобина и в целом на продолжительность бобово-ризобиального симбиоза. Улучшение данных показателей способствовало увеличению урожайности исследуемой культуры и повышению плодородия почвы за счет накопления в ней биологического азота [77, 151].

Чем выше продуктивность гороха, тем больше он усваивает атмосферного азота. Опыты, проведенные Х.А. Хамоковым в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии в сельскохозяйственном производственном кооперативе «Новополтавский» Прохладненского района, показали, что азотфиксирующая способность гороха в основном зависит от физико-химического состава почвы, её температуры, влажности, реакции почвенного раствора, а также от степени обеспеченности макро- и микроэлементами [196].

Горох является чувствительной культурой к недостатку микроэлементов в почве, которые оказывают значимое влияние на различные процессы азотфиксирующей деятельности. Поэтому варианты с обработкой семян полностью растворимым комплексным удобрением с микроэлементами в хелатной форме Агромастер должны положительно повлиять на процесс фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями.

Обзор литературных данных показал, что, так как влияние минерального питания на работу симбиотического аппарата опосредовано через почву, то судить об эффективности такого фактора интенсификации, как удобрения, и давать рекомендации можно только с учетом характеристики почвенно-климатических условий конкретного региона. Поэтому для повышения роли биологического азота в питании растений гороха в условиях лесостепи ЦЧР, наряду с подбором вирулентных штаммов клубеньковых бактерий, важно выявить необходимый уровень внесения макро- и микроэлементов.

1.2.3. Влияние макроудобрений на урожайность и качество семян гороха

Потребность гороха в элементах питания обуславливается его специфическими биологическими особенностями. В системе агротехнических мероприятий по выращиванию гороха внесение макроудобрений имеет особо важное значение. Горох считается требовательной культурой к наличию в почве легкодоступных элементов питания и при недостатке их дает небольшой урожай. Для создания 1 центнера зерна гороху необходимо N – 4,6-

6,0 кг, Р – 1,5-2,0 кг, К – 3,5-4,0 кг, Са – 1,8-3,0 кг, Mg – 0,1-0,2 кг. В зависимости от содержания питательных элементов в почве по нормативам, разработанным агрохимической службой регионов и научно-исследовательскими учреждениями, следует проводить расчет потребности в удобрениях на запланированный урожай.

На почвах с содержанием гумуса менее 2%, при низком и очень низком (менее 10-5 мг на 100 г почвы) содержании подвижного фосфора и калия под горох необходимо вносить макроудобрения. Так, фосфорные и калийные удобрения применяют в полной потребности на планируемый урожай, а азотные – с учетом симбиотической фиксации азота из воздуха, составляющего 50-70% общей потребности [21, 46, 105, 191].

Например, для формирования урожая гороха 30-35 ц/га необходимо от 150 до 180 кг азота, но в результате симбиотической азотфиксации он использует 105-126 кг азота. Поэтому недостающие 45-54 кг гороху необходимо взять из почвенного плодородия или внесенных азотных удобрений [79, 191, 213].

Наиболее эффективным в большинстве случаев является осеннее внесение комплекса макроудобрений под вспашку. По сравнению с внесением удобрений под культивацию зяби оно обеспечивает прибавку урожая на 10-30%, а в засушливых условиях – на 40-50%. Весеннее внесение удобрений наиболее приемлемо только на песчаных небогатых перегноем почвах, где часто происходит вымывание питательных веществ талыми водами.

На всех типах почв обязательным приемом возделывания гороха является рядковое внесение гранулированного фосфорного или комплексного удобрения при посеве в дозе 10 кг д.в./га. Доза сложных удобрений при этом составляет по фосфору 10-20 кг д.в./га. Рядковое внесение макроудобрений является важным приемом повышения продуктивности гороха. Исследования Института кормов показали, что внесение $P_{60}K_{45}$ разбросным способом позволило получить 21,3 ц/га, а рядковое внесение $P_{60}K_{45}$ – 21,5 ц/га, в то время как без удобрений урожайность составила 18,2 ц/га. Это говорит о том, что наиболее экономиче-

ски выгодным и в то же время не менее эффективным является применении рядкового внесения удобрений под горох [21, 99, 191].

При возделывании гороха на бедных органическим веществом почвах в начальный период развития растений эффективно внесение небольших доз азотного удобрения – 30-40 кг/га [82, 206].

Горох, благодаря способности к симбиотической азотфиксации, способен удовлетворять значительную часть своей потребности в азоте. При благоприятных для азотфиксирующей деятельности растений условиях доля симбиотического азота в питании гороха достигает 75% общей потребности в нем, а при ухудшении условий азотфиксации падает до 45%, а иногда и ниже [46, 61, 82, 105].

Очень эффективным при возделывании гороха является применение известковых материалов, содержащих магний. Урожайность культуры при этом увеличивается на 15-20% [137, 193].

Горох из минеральных удобрений в большей степени отзывается на внесение фосфорных. Поэтому при выращивании гороха одинаково положительный эффект можно получить от внесения разных форм фосфорных удобрений. Также горох отличается способностью усваивать труднодоступные для других культурных растений питательные вещества [198]. В качестве примера под горох достаточно эффективным может быть внесение фосфоритной муки. По данным Института кормов, наиболее положительный эффект был получен при удобрении гороха диаммофосом и обесфторенным фосфатом [92].

В результате исследований установлено, что на фоне внесения только фосфорных удобрений в дозе P_{60} прибавка от инокуляции семян была максимальной и составила 0,26 т/га, при этом на неудобренном фоне и при внесении N_{30} – только соответственно 0,07 и 0,06 т/га [29].

Исследования Белорусской ГСХА показали, что на дерново-подзолистой почве применение фосфорно-калийных удобрений на фоне низких доз азота ($N_8P_{40}K_{60}$) увеличивало урожайность гороха на 5,2 ц/га, азотно-

калийных ($N_{30}K_{60}$) – на 6,0 ц/га, а комплексного минерального удобрения ($N_{30}P_{40}K_{60}$) – на 8,5 ц/га [203].

Данные Владимирской опытной станции в очередной раз доказывают эффективность внесения полного минерального удобрения под горох, так как использование дозы $N_{45}P_{60}K_{60}$ позволило увеличить урожайность культуры на 4,4 ц/га [196]. Опытные данные, полученные М.Т. Голопятовым и Н.О. Костиковой в ГНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур Россельхозакадемии также показали, что доза полного минерального удобрения $N_{42}P_{91}K_{91}$ под горох обеспечивала наибольшую прибавку урожая – от 0,3 до 0,4 т/га в зависимости от сорта [33].

Опытные данные, полученные Х.А. Хамоковым в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии в сельскохозяйственном производственном кооперативе «Новополтавский» Прохладненского района, также свидетельствуют о том, что наиболее эффективным было полное минеральное удобрение в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$. Оно давало ощутимую прибавку урожайности – выше на 66,7% по сравнению с контролем [196].

Таким образом, получить высокие урожаи гороха без применения удобрений практически невозможно, но и их избыток может резко снизить экономическую эффективность его возделывания. В лесостепи ЦЧР изучение разных уровней внесения минеральных удобрений при возделывании гороха сорта Фокор является достаточно актуальным, так как до настоящего времени данный вопрос не был освещен.

1.2.4. Влияние микроудобрений на урожайность и качество семян гороха

Большое влияние на урожайность и качественные показатели зерна гороха, кроме минеральных и органических, оказывает также применение микроудобрений, особенно с молибденом и бором. Недостаток этих элементов приводит к нарушению обмена веществ, что, в свою очередь, вызывает различные заболевания растений, снижению урожайности и качества зерна. Ис-

пользование повышенных доз основного удобрения и пренебрежение микроудобрениями приводит к нарушению соотношения между макро- и микроэлементами в питании растений [143]. Это в большей степени сказывается на культурах со значительным выносом микроэлементов из почвы, к которым относится горох [110, 181].

Почвенное внесение микроудобрений способствует созданию необходимого уровня питания растений в течение всего периода вегетации. И хотя часть их остается для использования последующими культурами севооборота [112], определенное их количество со временем вымывается в нижние горизонты (бор в большей степени), способствуя при этом экологическому загрязнению окружающей среды.

Многие авторы рекомендуют проводить обработку семян всех бобовых культур микроэлементами в комплексе с протравителем и инокулянтом, это позволит значительно снизить себестоимость возделывания культуры [20, 78, 88, 214].

Горох, как и другие зернобобовые культуры, выносит значительное количество бора и молибдена, которое превышает в 5-7 раз их вынос злаками [143, 200]. Молибден улучшает азотный обмен в растениях, принимает участие в образовании белка, активизирует фотосинтез и симбиотическую азотфиксацию. Особенно проявляется положительный эффект от внесения микроудобрений с содержанием молибдена на почвах с pH ниже 5,2 [20, 66, 132, 215].

Рядом исследований доказана положительная роль обработки семян молибденсодержащими препаратами. Так, опытные данные ГНУ ВНИИЗБК показали, что обработка семян молибдатом натрия или молибденовокислым аммонием на фоне $P_{30}K_{45}$ обеспечивала прибавку урожая, сопоставимую с увеличением урожая от внесения азотного удобрения в дозе 30 кг/га д.в. на таком же фоне фосфорно-калийного удобрения [36].

Положительное влияние на содержание белка в семенах гороха оказывают микроэлементы (бор, медь, кобальт и другие). Под влиянием бора, кобальта и молибдена выход сырого белка с одного гектара возрастал на 0,89;

0,94 и 1,03 ц/га [203]. Цинк положительно влияет на поступление калия, магния и фосфора в растения гороха. По обобщенным данным ряда опытов, медь и цинк повышают урожайность гороха на 3 ц/га, кобальт и молибден – на 2,7 ц/га, бор – на 2,8 ц/га [5, 59, 194].

Горох, как и все бобовые растения, нуждается в применении кобальтовых удобрений [200]. Кобальт принимает активное участие в реакциях окисления и восстановления, контролирует процесс дыхания, энергетический обмен и биосинтез белка [143]. Также Со повышает устойчивость хлорофилла от разрушения и участвует в азотном и углеводном обменах [45, 72, 204].

Использование борных удобрений эффективно в том случае, если в 1 кг почвы доступного бора содержится менее 0,3 мг. Исходя из данных многих исследований, проведенных в разных климатических зонах, можно утверждать, что обработка семян гороха перед посевом нитрагином из правильно подобранных штаммов клубеньковых бактерий позволяет получать существенные прибавки урожая лучшего качества [94, 210, 216, 226].

Опытные данные О.И. Вильдфлуш показали, что урожайность гороха после применения бора увеличивалась на 3,3 ц/га, молибдена – на 2,6 ц/га, кобальта – на 2,8 ц/га, а использование комплексного микроудобрения Миком обеспечивало прибавку 4,3 ц/га [203].

Несмотря на множество исследований о значении и влиянии микроудобрений, в литературе нет единого мнения как о преимуществе какого-либо способа их применения, так и об однозначной эффективности микроэлементов. Тем не менее было выявлено, что перспективным направлением для изучения микроудобрений является применение многокомпонентных удобрений, а также хелатов, в которых содержится в биологически активной форме ряд необходимых для растений гороха микроэлементов. Все это послужило основанием для выбора изучения влияния Агромастера – комплексного удобрения с микроэлементами на урожай и качество семян гороха посева.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Почвенно-климатические условия исследований

Исследования проводились на кафедре растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». Полевые опыты были заложены в 2011-2013 гг. на полях КФХ Михалев В.Н. Каширского района Воронежской области.

Центрально-Черноземный регион состоит из шести областей: Воронежской, Курской, Белгородской, Липецкой, Орловской и Тамбовской. Общая площадь региона составляет 14,9 млн га, из которых сельскохозяйственных угодий – 13,7 млн га, или 92%, однако фактически используется только 11,4 млн га, или 76%. Пашня составляет 79,2% сельхозугодий, пастбища – 10,3%, сенокосы – 3,5% [166].

ЦЧР располагается на пересеченной равнине с колебаниями высот над уровнем моря от 100 до 250 м.

Воронежская область располагается в центральной части ЦЧР. Она занимает южную часть Окско-Донской низменности, разделяющей Среднерусскую и Приволжскую возвышенности, а юго-восток Воронежской области находится на Среднерусской возвышенности.

Почвы ЦЧР образовались на лессе, глинах, суглинках, песке, известняке, меле. Поэтому они имеют существенные различия по физико-химическим свойствам, составу питательных веществ и содержанию гумуса, агрегатному составу.

Почвы ЦЧР преимущественно черноземы выщелоченные, типичные, обыкновенные и южные; при этом на северо-западе региона имеются серые лесные, а местами и дерново-подзолистые почвы.

Серые лесные почвы в основном представлены в северо-западной части Орловской и Курской и на севере Липецкой и Тамбовской областей. Успешное

выращивание бобовых на таких почвах доступно лишь после их известкования, так как они имеют кислую реакцию почвенного раствора и менее плодородны – в пахотном слое содержится около 3% гумуса.

В северной части лесостепи в большей степени доминирует выщелоченный чернозем. В ЦЧР такие почвы представлены примерно на трети пахотных земель. Эти почвы также имеются на больших площадях в Орловской, Курской и Липецкой областях и в северной части Воронежской области. Выщелоченные черноземы по агрегатному составу глинистые или тяжелосуглинистые, с содержанием гумуса 6-7%, а их запасы в метровом слое – до 600 т/га. Реакция почвенного раствора слабокислая, ближе к нейтральной. Несмотря на то, что почвы довольно плодородны, применение макро- и микроудобрений зачастую оказывается высокоэффективным агроприемом.

Чернозёмы типичные располагаются преимущественно в центральной части ЦЧР и занимают в Воронежской области около 40% пашни. Они имеют наиболее мощный гумусовый горизонт ($A+B = 120-130$ см), содержание гумуса в пахотном слое составляет 7-8%. Типичный чернозем имеет выраженную зернистую структуру, реакция почвенного раствора нейтральная. Гранулометрический состав – глинистый и тяжелосуглинистый. Эти почвы являются одними из лучших в ЦЧР, а наиболее эффективными макроэлементами в качестве удобрения являются азот и фосфор.

В южных областях ЦЧР (Воронежская и Белгородская) преобладают обыкновенные черноземы. Они имеют менее мощный гумусовый горизонт (до 70 см) и меньшую структурность, нежели типичные черноземы. Содержание гумуса – 5,0-7,0%. Черноземы обыкновенные характеризуются значительным числом обменных катионов, реакция почвенного раствора близка к нейтральной, содержит много микроэлементов, то есть располагает высоким потенциальным плодородием.

В южных районах Воронежской области встречается менее плодородный, чем вышеупомянутые подтипы почв, южный чернозем. Гумусовый горизонт составляет только 40-50 см, а содержание гумуса – 4-5% в пахотном

слое. Следовательно, на черноземе южном для получения стабильной урожайности исследуемых культур необходимо регулярно вносить органические и минеральные удобрения в сочетании с микроэлементами.

На полях КФХ Михалев В.Н. Каширского района Воронежской области, где преобладает чернозём выщелоченный, содержание гумуса – 5,0-7,0%, рН почвенного раствора – 6,5-6,9, с суммой поглощенных оснований 20,5-22,3 мг-экв/100 г почвы, подвижного фосфора – 7,0-8,3 мг на 100 г почвы, обменного калия – 9,2-10,4 мг на 100 г почвы (по Чирикову).

Климатические условия региона характеризуются как умеренно континентальные, преобладают континентальные воздушные массы из умеренных широт. Жаркое лето и холодная зима характеризуют климат ЦЧР, со средней годовой температурой – +5,4 °С. Средняя месячная температура наиболее холодного зимнего месяца (января) – 9,3 °С, самые низкие температуры в январе – феврале могут опускаться до – 42 °С. Среднемесячная температура июня +19,8 °С, а наибольшая температура летнего периода поднимается до +40 °С.

Среднемноголетняя сумма осадков в Воронежской области составляет 420-570 мм. В некоторые годы количество осадков достигает 800 мм, но отмечается также их снижение до 300 мм. Неровное распределение количества осадков по территории Воронежской области связано с неоднородностью рельефа, наличием водоемов, лесных массивов, а также ливневым характером выпадения осадков. Гидротермический коэффициент (ГТК) составляет от 1 до 1,25.

Исследования ВНИИЗБК показали, что урожайность современных безлисточковых сортов гороха сильно зависит от погодных условий. К примеру, если на время налива бобов попадали обильные дожди, то урожай снижался более чем на 50% по сравнению с оптимальными условиями. В засушливых условиях урожайность гороха снижалась на 72% [155].

Средняя продолжительность вегетационного периода с температурой выше +10 °С составляет 143-165 дней, а сумма среднесуточных температур при этом изменяется от 2150 до 2900 °С. Нередко проявляются засухи, при-

чём в северо-западных районах заметно реже, чем в юго-восточных. Однако основная масса осадков (250-300 мм) выпадает за вегетационный период.

Начало теплого периода приходится на I декаду апреля, но не исключено отклонение в любую сторону. Летний период начинается в среднем в I декаде мая, а заканчивается в III декаде августа – I декаде сентября. Среднесуточная температура воздуха при этом составляет +15 °С.

Почвенно-климатические условия Каширского района Воронежской области являются типичными для лесостепи ЦЧР и поэтому пригодными для выращивания и получения достаточно большого урожая кормовых бобов и гороха.

Следует отметить, что в ЦЧР традиционно возделывали сорта гороха и кормовых бобов с высокой белковостью семян. Почвенно-климатические условия региона в целом характеризуются как благоприятные для выращивания исследуемых культур. Но вместе с тем вероятность засухи делает рискованным возделывание в ЦЧР влаголюбивой культуры - кормовых бобов [100].

Анализ агроклиматической характеристики ЦЧР показал, что разработка элементов агротехнологии возделывания гороха и кормовых бобов должна учитывать все возможные различия погодных и почвенных условий района.

2.2. Метеорологические условия в годы исследований

Формирование высокой урожайности кормовых бобов и гороха находится в прямой зависимости от климатических условий вегетационного периода. Метеорологические условия опытных лет по-разному отразились как на отдельных показателях роста и развития растений, так и в целом на продуктивности исследуемых культур.

Во все годы исследований средняя температура воздуха весенне-летнего периода была больше среднемноголетней, причем наиболее теплым был 2012 год (отклонение +2,4 °С), а более приближенным к средним показателям температуры оказался 2011 год (отклонение +1,1) (табл. 1).

Таблица 1 – Подекадная и среднемесячная температура воздуха в годы проведения исследований (по данным Лискинской метеостанции)

Месяц	Декада	Температура, °С				Отклонение от средне-многолетней, °С		
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	средне-многолетняя	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Март	1	-9,4	-6,2	-2,1	-5	-4	-1	+3
	2	-1,2	-1,0	-1,7	-3	+2	+2	+1
	3	0,5	1,6	-2,4	3	-2	-1	-5
Апрель	1	4,4	7,5	7,8	6	-2	+2	+2
	2	6,2	12,2	11,2	8	-2	+4	+3
	3	13,0	17,4	13,4	11	+2	+6	+2
Май	1	15,7	18,1	17,3	14	+2	+4	+3
	2	16,9	22,2	23,0	16	+1	+6	+7
	3	20,1	17,2	20,9	17	+3	0	+4
Июнь	1	20,5	18,4	20,2	18	+3	0	+2
	2	21,5	24,0	21,8	18	+4	+6	+4
	3	20,0	20,6	22,8	20	0	+1	+3
Июль	1	21,6	22,9	23,7	21	+1	+2	+3
	2	24,7	22,8	22,0	21	+1	+2	+1
	3	26,1	22,9	17,7	21	+5	+2	-3
Август	1	20,5	26,5	20,3	20	+1	+7	0
	2	23,4	20,6	22,3	19	+4	+2	+3
	3	17,9	17,6	21,7	18	0	0	+1
За весь период		14,6	15,9	15,6	243	+1,1	+2,4	+1,9

На рисунке 1 наглядно показаны отклонения температуры воздуха от среднемноголетней нормы по годам исследований.

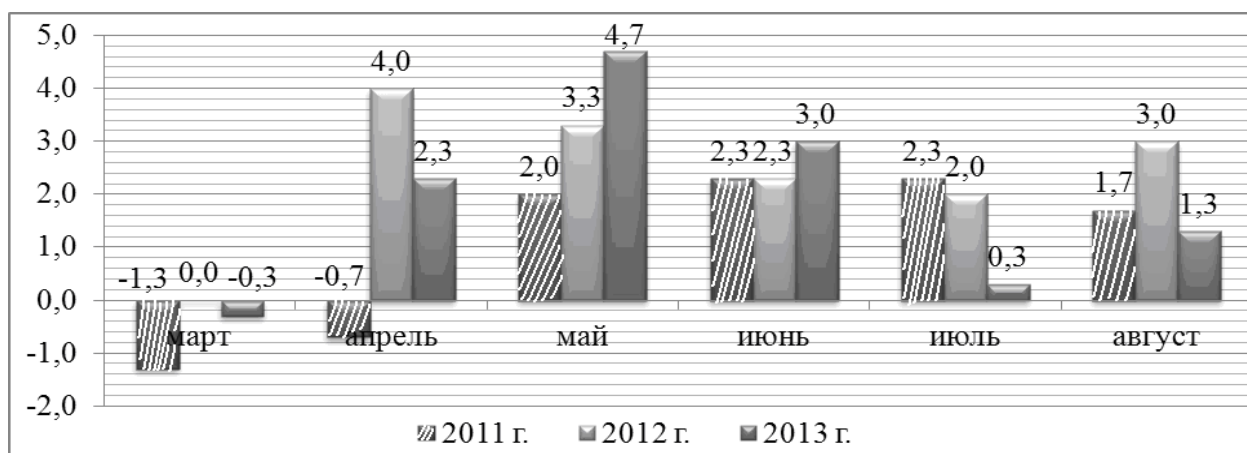


Рисунок 1 – Отклонение температур воздуха от среднемноголетних норм, °С (2011-2013 гг.)

Климатические условия весенне-летнего периода 2011 года. Весна в 2011 г. наступила довольно рано. В апреле сумма осадков составила 31,7% от месячной нормы, а температура воздуха была близкой к среднемноголетней. Кормовые бобы и горох высевали 10 апреля. Погодные условия начального периода вегетации были довольно сложными, так как температура превышала 2 °С, а количество осадков в мае составило 40,7% от нормы. Июнь и июль были на 2,3 °С теплее обычного, а осадков выпадало соответственно 69,3 и 22,3% от месячной нормы. Обильные осадки выпадали в третьей декаде июня – 80 мм, или 133%. В 3-ей декаде июля температура воздуха была выше нормы на 5 °С. В итоге неблагоприятные погодные условия в начале развития растений гороха и кормовых бобов негативно сказались на вегетации и продуктивности культур в целом.

Таблица 2 – Подекадная и среднемесячная сумма атмосферных осадков за годы проведения исследований (по данным Лискинской метеостанции)

Месяц	Декада	Сумма осадков, мм				Отклонение от среднемноголетней нормы, %		
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	средне-многолетняя	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Март	1	0,0	7,0	13,0	26,0	0	27	50
	2	7,0	4,0	21,0	25,9	27	15	81
	3	6,0	27,0	18,0	26,1	23	103	69
Апрель	1	19,0	18,0	4,0	33,3	57	54	12
	2	13,0	47,0	0,0	33,9	38	139	0
	3	0,0	6,0	0,7	35,0	0	17	2
Май	1	32,0	13,0	21,0	39,6	81	33	53
	2	11,0	24,0	0,4	40,0	28	60	1
	3	5,0	45,0	12,0	40,0	13	113	30
Июнь	1	0,3	14,0	10,0	58,9	1	24	17
	2	45,0	36,0	17,0	60,7	74	59	28
	3	80,0	10,0	3,0	60,0	133	17	5
Июль	1	31,0	32,0	81,0	59,1	53	54	137
	2	0,0	23,0	7,0	58,3	0	40	12
	3	8,0	8,0	33,0	58,9	14	14	56
Август	1	29,0	17,0	33,0	56,9	51	30	58
	2	36,0	12,0	10,0	55,6	65	22	18
	3	12,0	39,0	21,0	56,8	21	69	37
За весенне-летний период		334,3	382,0	305,1	825	38	49,4	37

Весенне-летний период 2012 г. В целом весна 2012 г. была теплая с достаточным количеством осадков. Среднемесячная температура воздуха в апреле и мае превышала среднемноголетние показатели на 4,0 и 3,3 °С. Осадков в апреле было 70% от месячной нормы, причем основная их часть (47 мм) выпала во второй декаде. Посев проводили 11 апреля. Полные всходы у кормовых бобов и гороха были зафиксированы уже к 23 апреля. В целом водный и температурный режимы послепосевого периода благоприятствовали первоначальному развитию растений изучаемых культур. В мае погодные условия характеризовались значительными перепадами температуры, а отклонение от нормы составило +3,3 °С.

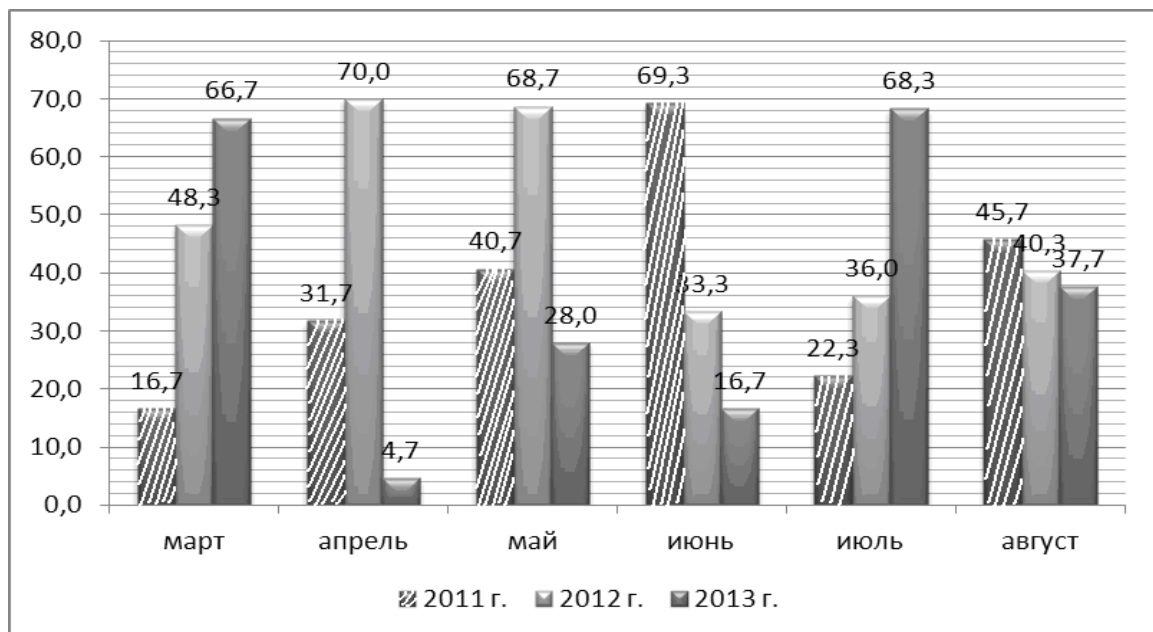


Рисунок 2 – Сумма осадков, % от месячной нормы (2011-2013 гг.)

Сумма осадков, выпавших в мае, составила 68,7% от месячной нормы. Цветение и плодообразование гороха и бобов приходились на третью декаду мая и первые две декады июня. Температура воздуха в июне составляла 21 °С, это превышает норму на 2,3 °С. Осадки носили ливневый характер, а наличие теплой погоды благоприятствовало достаточно неплохому наливу семян. Температура августа была выше среднемноголетних значений на 2,3 °С, количество осадков при этом составило 40,3% месячной нормы. Дан-

ные погодные условия месяца позволили провести уборку кормовых бобов в запланированное время.

Весенне-летний период 2013 года был относительно засушливым. Средняя температура апреля была выше среднемноголетней, отклонение составило $+2,3^{\circ}\text{C}$, количество осадков было малым (4,7% месячной нормы). Горох и кормовые бобы сеяли 16 апреля. Третья декада апреля была очень теплой, среднее значение температуры было на 2°C выше нормы, а осадки в этом месяце практически отсутствовали, что естественно отрицательно отразилось на полевой всхожести изучаемых культур. В мае превышение температуры составило $4,7^{\circ}\text{C}$ от месячной нормы, сумма осадков при этом составила 28% от многолетних значений. Тем не менее, накопившаяся за зимний период влага в сочетании с теплой погодой поспособствовали кормовым бобам и гороху в формировании полноценной вегетативной массы. Июнь оказался также теплее обычного. Средняя месячная температура превышала норму на $3,0^{\circ}\text{C}$, сумма осадков составила лишь 16,7% от месячной нормы. Засушливые условия, приходящиеся на первую половину вегетации культур, отрицательно сказались на продуктивности растений, в особенности кормовых бобов. Температура воздуха августа была близкой к многолетним данным и составляла $21,4^{\circ}\text{C}$, осадки выпадали в основном в первой декаде. Во второй декаде августа кормовые бобы были убраны.

Таким образом, наилучшие погодные условия для возделывания кормовых бобов и гороха сложились в 2012 году, так как в такие фазы роста, как цветение и плодообразование, стояла теплая погода с достаточным количеством осадков. Наиболее неблагоприятным для возделывания кормовых бобов оказался 2013 год, когда в фазе налива семян затруднялось формирование плодов из-за засухи. На продуктивности гороха данные засушливые условия не отразились, так как растения уже перешли в фазу созревания. Для выращивания гороха 2011 год оказался самым неблагоприятным, так как во время налива семян стояла жаркая погода с недостаточным количеством осадков (3-я декада мая – 1-я декада июня). 2013 год был менее бла-

гоприятным для возделывания кормовых бобов, что связано с высоким температурным режимом в мае и апреле. Так, вторая и третья декады мая были теплее обычного на 7,0 и 4,0 °С, а количество осадков было соответственно 1 и 30% от среднегодовой нормы.

Рассмотрев имеющиеся несущественные отклонения среднемесячных температур от среднегодовых данных, можно заключить, что климатические условия весенне-летних периодов трех лет исследований (2011-2013 гг.) в целом были удовлетворительными для возделывания кормовых бобов и гороха.

2.3. Агротехника исследований и схема опытов

Исследования проводили на кафедре растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». Полевые опыты были заложены в течение 2011-2013 гг. на полях ИП глава КФХ Михалев В.Н. Каширского района Воронежской области. В рамках программы исследований были проведены полевые опыты:

Опыт № 1. Влияние минерального питания и инокуляции семян на симбиотическую активность, фотосинтетическую деятельность, урожайность и качество семян гороха.

Изучали влияние макро-, микроудобрений и инокуляции семян, а также их совместное действие на рост и развитие, урожайность и качество семян гороха.

Опыт двухфакторный: фактор А – дозы полного минерального удобрения, фактор В – обработка семян ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер. Объект исследования – сорт гороха Фокор, выведенный в Воронежской области в НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева.

Фокор. Безлисточковый сорт, хорошо развиты прилистники, с большим количеством усиков. Количество междоузлий до 1 соцветия составляет 12-

16 шт. Цветки белого цвета, на одном узле их 2-3 шт. Бобы имеют луцильный тип, с хорошо развитым пергаментным слоем. Семена в бобе яйцевидные (4-8 шт.), масса 1000 семян – от 190 до 267 г. Сорт среднеспелый: 74-88 дней. Длина стебля от 44 до 88 см. Сорт устойчивый к засухе, обладает высокой устойчивостью к полеганию и осыпанию семян. Средняя степень поражения антракнозом, восприимчивость к ржавчине и аскохитозу. Урожайность составляет 2,11-2,32 т/га, может достигать 4,86 т/га (в 2003 г. в Орловской области). Белковость семян – 23,0-24,7% [56]. Изучаемый сорт гороха включен в государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию в ЦЧР.

Фактор А включал 4 варианта (схема опыта предусматривала три фона удобрений и контроль).

Без удобрений (контроль)

$N_{10}P_{26}K_{26}$ (1 ц/га диааммофоски)

$N_{20}P_{52}K_{52}$ (2 ц/га диааммофоски)

$N_{30}P_{78}K_{78}$ (3 ц/га диааммофоски)

Фактор В. На этих разноудобренных фонах и на контроле (без удобрений) изучались следующие 4 варианта:

Контроль. Без обработки семян и растений.

И. Инокуляция семян гороховым ризоторфином (штамм № 245) – 300 г на гектарную норму семян.

Ам. Обработка семян Агромастером (N – 18, P_2O_5 – 18, K_2O – 18, MgO – 3, B – 0,02, Fe – 0,07, Mn – 0,03, Zn – 0,01, Cu – 0,005, Mo – 0,001), 3 кг/т.

И+Ам. Совместная предпосевная обработка семян бактериальным препаратом – бобовым ризоторфином с полностью растворимым комплексным удобрением с микроэлементами в хелатной форме Агромастером.

В опыте в качестве абсолютного контроля использовали варианты без внесения удобрений и без обработки семян. Схема опыта состояла из 16 вариантов, повторность трехкратная. Площадь делянки – 49,5 м², размещение систематическое.

Схема опыта:

Без удобрений

Без удобрений + Инокуляция (И) (300 г на гектарную норму)

Без удобрений + Ам (3 кг/т)

Без удобрений + И+Ам

$N_{10}P_{26}K_{26}$

$N_{10}P_{26}K_{26}$ + И (300 г/га норму)

$N_{10}P_{26}K_{26}$ + Ам (3 кг/т)

$N_{10}P_{26}K_{26}$ + И+Ам

$N_{20}P_{52}K_{52}$

$N_{20}P_{52}K_{52}$ + И (300 г/га норму)

$N_{20}P_{52}K_{52}$ + Ам (3 кг/т)

$N_{20}P_{52}K_{52}$ + И+Ам

$N_{30}P_{78}K_{78}$

$N_{30}P_{78}K_{78}$ + И (300 г/га норму)

$N_{30}P_{78}K_{78}$ + М (3 кг/т)

$N_{30}P_{78}K_{78}$ + И+Ам

В качестве предшественника гороха в опыте использовали озимую пшеницу. Основная обработка почвы – обычная зябь (вспашка на 25–27 см). Под вспашку разбросным способом вносили сложное удобрение диаммофоску в предусмотренных схемой опыта дозах. Весной делали боронование, затем предпосевную перед культивацию на 6-8 см. Посев гороха проводили обычным рядовым способом. Глубина посева – 5-6 см. Норма высева гороха – 1,0 млн шт. всхожих семян на гектар. В день посева семена гороха обрабатывали ризоторфином и полностью растворимым комплексным удобрением с микроэлементами в хелатной форме Агромастер соответственно схеме опыта. После посева опытный участок прикатывали кольчато-шпоровыми катками 3 ККШ-6. Против сорной растительности применяли гербицид Пульсар, от вредителей – инсектицид Каратэ Зеон в рекомендованных нормах. При излишней засоренности посевов гороха к моменту уборки в отдельные годы

проводили десикацию, используя Реглон Супер, ВР (150 г/л диквата) – 2,0 л/га. Уборку проводили однофазным способом комбайном «Енисей - 1200», оборудованным для поделяночного учета урожая. Проводили пересчет полученного урожая на 14% влажность и 100% чистоту семян.

Опыт № 2. Влияние минерального питания и инокуляции семян на симбиотическую активность, фотосинтетическую деятельность, урожайность и качество семян кормовых бобов.

Изучалось действие удобрений (макро и микро) и инокуляции семян, а также их совместное влияние на развитие, урожайность и качество семян кормовых бобов.

Опыт двухфакторный: фактор А – дозы полного минерального удобрения, фактор В – обработка семян ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер. Объект исследования – сорт кормовых бобов Орлецкие, выведенный во ВНИИ зернобобовых и крупяных культур.

Орлецкие. Стебель высокий – 80-90 см. Листочки овальные, сизо-зеленые, с восковым налетом. Соцветие – кисть с 6-9 мелкими фиолетово-коричневыми цветками. Бобы 4-5-семенные. Семена светло-желтые с черным рубчиком. Масса 1000 семян – 414 г. Характеризуется раннеспелостью. Вегетационный период – 100-102 дня. Изучаемый сорт кормовых бобов включен в государственный реестр селекционных достижений и допущен к использованию в ЦЧР.

Схема опыта и технология возделывания во втором опыте такие же, как и в первом, только высевали кормовые бобы. Норма посева – 0,8 млн шт. всхожих семян на гектар.

2.4. Методика исследований

Исследования проводились на кафедре растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». Полевые опыты были заложены

жены в 2011-2013 гг. на полях КФХ Михалев В.Н. Каширского района Воронежской области.

В рамках проведения исследований использовали полевой и лабораторный методы. При закладке опытов руководствовались методическими рекомендациями для полевых опытов с зернобобовыми культурами. Закладывали опыты по методике полевого опыта [51].

Наблюдение фенологических фаз, биометрический анализ растений, густоту стояния растений, подсчет количества и определение массы активных клубеньков и расчет активного симбиотического потенциала (АСП) проводили согласно методике Г.С. Посыпанова [149].

Густоту посевов исследуемых культур определяли в трёхкратной повторности путём подсчёта растений в фазе всходов, затем непосредственно перед уборкой урожая.

Длину стебля, площадь листовой поверхности, величину фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза устанавливали по методикам Ничипоровича

$$\Phi\P = \frac{Л_1 + Л_2}{2} \times T,$$

где $Л_1$ и $Л_2$ – площадь листьев (начало и конец периода), $м^2$;

T – длительность периода, дн.

Чистую продуктивность фотосинтеза вычисляли по формуле:

$$\text{ЧПФ} = \frac{P_2 - P_1}{0,5 \times T \times (Л_1 + Л_2)},$$

где $P_2 - P_1$ – увеличение надземной воздушно-сухой массы за период учета;

$Л_1, Л_2$ – площадь листьев (на начало и конец периода), $м^2$;

T – длительность учитываемого периода, дн.

Число и массу активных клубеньков находили методом взятия монолита (размер $55 \times 45 \times 15$ см), затем отмывали клубеньки. Содержание леглобина находили пользуясь методикой Г.С. Посыпанова:

1. Приготовление 0,1 М (КФБ), pH = 7,2;
2. Клубеньки отделяли от корней непосредственно перед анализом; брали 2 г клубеньков и растирали их с помощью фарфоровой ступки в калийфосфатном буфере (2 мл);
3. Полученную массу переносили в охлаждённые центрифужные пробирки. Центрифугирование – 20 мин., число оборотов – 7-8 тыс. в минуту;
4. Полученный супернатант переносили в пробирки (10 мл);
5. Затем в пробирки добавляли 2,43 г сульфата аммония, чтобы степень насыщения составила 40% и перемешивали полученную навеску стеклянной палочкой. Ставили супернатант в холодильник для получения осадка на 3 ч;
6. Полученный осадок отделяли посредством центрифугирования, также в течение 20 мин., число оборотов: 7-8 тыс. в минуту; центрифугат переносили в градуированные пробирки и определяли полученный объём, затем фотоколориметрировали (длина волны – 525 нм, светофильтр зеленый, толщина кюветы должна быть 1 см).

Определяли концентрацию легоглобина в клубеньках по формуле:

$$C = \frac{0,5 \times A \times V \times M}{9,25 \times P \times 1000}, \text{ мг/г сырых клубеньков,}$$

где 0,5 – коэффициент, который компенсирует плотность раствора, увеличенную в два раза;

A – значение оптической плотности раствора (длина волны – 525 нм);

V – объём колориметрируемого раствора, мл;

M – молекулярная масса легоглобина – 16,7 тыс.;

P – масса анализируемых клубеньков, г;

9,25 – значение коэффициента миллимолярной экстинкции, при длине волны – 525 нм;

1000 – коэффициент перевода граммов в миллиграммы.

Химический анализ почвенных образцов делали в лаборатории биологических анализов. Гидролитическую кислотность определяли по Каппену, сумму активных оснований – по методике Каппена-Гильковича, степень на-

сыщенности оснований устанавливали методом расчета, подвижные формы Р и К – по методике Чирикова (модификация ЦИНАО).

Определение общего белкового азота осуществляли по методике Къельдаля (ГОСТ – 13496.4-84). Белковость семян устанавливали методом расчета (общий азот умножали на коэффициент 6,25).

Жир определяли по методике Сокслета (ГОСТ 13469.15-85), воздушно-сухую массу – весовым способом, массу 1000 семян по ГОСТ 10842-76. Структуру урожая определяли по отобраным перед уборкой снопам со всех делянок (с площадок по 0,25 м²).

Расчет экономической эффективности и энергетическую оценку изучаемых агроприемов проводили по технологической карте. Стоимость основной продукции устанавливали по средним закупочным ценам в Воронежской области. Себестоимость полученной продукции рассчитывали делением производственных затрат на полученную урожайность. Величину чистого дохода определяли путем вычитания из стоимости валовой продукции производственных затрат.

Математическую обработку полученных результатов выполняли согласно Б.А. Доспехову, по методу дисперсионного анализа на ПК.

3. ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ НА АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН КОРМОВЫХ БОБОВ

В формировании продуктивности изучаемых культур, как и всех зернобобовых, наибольшее значение имеют такие показатели, как длина стебля, площадь листовой поверхности и облиственность, воздушно-сухая масса растений, фотосинтетический потенциал и активный симбиотический потенциал. Исследования А.А. Ничипоровича (1963 г.) и Л.М. Дороховой (1959 г.) свидетельствуют о том, что с увеличением площади листьев посевов повышаются коэффициент использования солнечной радиации и сбор сухого вещества с гектара [127].

Положительного результата от внедрения какого-либо агротехнического приема в технологию возделывания культуры можно достичь в том случае, если при этом будет наблюдаться наиболее быстрый рост надземной массы и более эффективное использование растением продуктов фотосинтеза. Нами были изучены агроприемы возделывания кормовых бобов и гороха, оказывающие наибольшее влияние на рост и развитие растений, азотфиксирующую деятельность и фотосинтетическую активность, а также на составляющие элементы структуры урожайности и продуктивности культуры в целом.

Трехлетние исследования показали, что сложившиеся погодные условия опытных лет оказывали заметное влияние на продуктивность изучаемых культур. Тем не менее, изучаемые варианты опыта позволили выявить различные закономерности в ходе анализа результатов исследований.

3.1. Характеристика вегетационного периода кормовых бобов

Наши трехлетние исследования показали, что наступление основных фаз развития и продолжительность вегетации растений кормовых бобов в

большей степени зависят от сложившихся метеорологических условий, нежели чем от антропогенных факторов.

Рост и развитие растений являются очень сложными процессами, которые в большей степени отражают состояние растения. Поэтому наблюдение за данными показателями позволяет выявить действие изучаемых удобрений для более результативного дальнейшего использования культуры в определенных почвенных и климатических условиях.

По результатам наблюдений в условиях центральной лесостепи ЦЧР наступление и продолжительность основных фаз развития растений кормовых бобов менялись за годы исследований. Продолжительность периода от посева до полных всходов зависела от влажности почвы. В наиболее засушливых ранневесенних условиях 2011 года фаза полных всходов была зафиксирована на 3 суток позже (прилож. 1), по сравнению с 2012 и 2013 годами (прилож. 2 и 3). Также было отмечено, что продолжительность периода от посева до полных всходов практически не зависела от вариантов опыта, то есть от применения ризоторфина, макро- и микроудобрений. Основными факторами роста и развития растений на начальном этапе развития кормовых бобов были температура воздуха и наличие продуктивной влаги.

Во время вегетации культуры выделяют несколько основных фаз. Все они имеют определенную длительность, и условия протекания каждой из них влияют на урожай культуры и его качество по-разному. Мы определяли продолжительность межфазных периодов по следующим фазам развития кормовых бобов: полные всходы, 5-6 листьев, ветвление, цветение, образование бобов, налив семян и созревание. Период от всходов культуры до образования 5-6 листьев характеризовался последовательно происходящими процессами формирования стебля, листьев, прилистников и образования клубеньков на корнях растений. Более дружные и сильные всходы формируют высокий процент облиственности агроценоза и поэтому являются залогом последующего развития культуры. В наших исследованиях длительность периода от всходов до появления 5-6 листьев у культуры варьировала в течение трех лет

от 9 до 11 суток, причем увеличение данной стадии роста происходило за счет удовлетворения потребностей растения в элементах питания (табл. 3).

Таблица 3 – Длительность межфазных периодов развития растений кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Продолжительность межфазного периода, сут.						Продолжитель- ность периода вегетации, сут.
		всходы - 5-6 листьев	5-6 листьев - ветвление	ветвление - цветение	цветение - образова- ние бобов	образова- ние бобов - налив семян	налив семян - созрева- ние	
Без удобрений	Контроль	10	19	11	15	19	20	94
	И*	10	20	12	15	18	20	95
	Ам*	10	20	11	15	19	20	95
	И+Ам*	9	20	11	16	18	20	94
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	10	19	11	16	18	21	95
	И	10	21	12	16	18	20	97
	Ам	10	20	12	15	18	20	95
	И+Ам	10	20	12	15	19	20	96
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	10	20	12	16	18	21	97
	И	10	21	12	16	19	21	99
	Ам	10	20	11	16	19	21	97
	И+Ам	11	21	12	16	19	22	101
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	10	21	11	16	19	21	98
	И	11	21	12	16	19	22	101
	Ам	10	20	11	16	19	21	97
	И+Ам	11	21	13	16	19	21	101

Примечание. Здесь и далее в таблицах: И – вариант с инокуляцией семян; Ам – вариант с обработкой семян комплексным удобрением Агромастер; И+Ам – вариант с совместной обработкой семян ризоторфином и Агромастером.

Так, внесение в основном приеме макроудобрений в дозе N₃₀P₇₈K₇₈ позволило увеличить длительность данного периода вегетации культуры на 8,2% в среднем за три года.

В целом вегетационный период растений кормовых бобов значительно колебался по годам в зависимости от применения бобового ризоторфина и

разных доз диаммофоски, нежели чем от комплексного удобрения Агромастер. Большое влияние также оказывали погодные условия. Период вегетации заметно сокращался в условиях повышенных температур и при дефиците влаги в почве. Так, максимальная его продолжительность была зафиксирована в благоприятном 2012 году – 97-107 суток, а минимальная в 2011 – 90-96 суток (прилож. 1 и 2). 2011 год отличался наименьшим вегетационным периодом за счет сокращения фаз ветвления и цветения, что связано с дефицитом влаги в почве в данный период.

Таким образом, инокуляция семян, макро- и микроудобрения являются высокоэффективными агротехническими приемами, так как оказывают существенное влияние на ростовые процессы у растений кормовых бобов. Продолжительность вегетационного периода заметно увеличивалась при сочетании изучаемых факторов. Так, совместная обработка семян активным штаммом ризобий и комплексным удобрением Агромастер на фонах удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ способствовала увеличению периода вегетации на 6-10 суток по сравнению с контрольным вариантом.

3.2. Содержание легкогидролизуемого азота в почве

Минеральные соединения азота играют важную роль в симбиотических отношениях бобовой культуры с клубеньковыми бактериями. Вопрос азотного питания кормовых бобов – наиболее спорный и до настоящего времени дискуссионный.

Обзор литературных источников показал, что большинство исследователей склоняются к необходимости применения азотных удобрений при возделывании кормовых бобов, так как из-за недостатка азота ухудшаются условия для бобово-ризобияльного симбиоза. Это приводит к тому, что растениями фиксируется недостаточное количество атмосферного азота для их нормального развития и для повышения их продуктивности необходимо внесение минерального азота.

Основной целью сельскохозяйственного производства является создание благоприятных условий для максимального усвоения азота воздуха растениями кормовых бобов путем повышения продуктивности бобово-ризобиального симбиоза. В наших исследованиях мы применяли полное удобрение диаммофоску с относительно небольшим содержанием азота (N_{10}) относительно фосфора (P_{26}) и калия (K_{26}).

Исследования показали, что различные условия внешней среды при возделывании кормовых бобов оказали существенное влияние на содержание легкогидролизуемого азота. Засушливые условия весеннего периода 2011 года привели к снижению содержания легкогидролизуемого азота в почве в фазе полных всходов культуры на всех исследуемых вариантах. А в фазе налива семян было зафиксировано большее снижение его концентрации. 2012 год характеризовался как наиболее влажный, и, следовательно, содержание азота в пахотном слое почвы было значительно выше, чем в другие годы исследований, поэтому к фазе налива семян наблюдалось практически незаметное снижение его концентрации. Объясняется это, прежде всего, тем, что в условиях хорошего увлажнения значительно усиливается микробиологическая активность почвы, и содержание элементов питания в почве остается практически стабильным. Содержание легкогидролизуемого азота в слое почвы 0–30 см в 2013 году было средним по отношению к предыдущим годам. Но благоприятные погодные условия данного года в течение вегетации обеспечивали пополнение запасов азота за счет симбиотической азотфиксации растений, в результате чего к фазе налива семян существенного снижения его содержания в почве не было отмечено.

В среднем за три года исследований четко прослеживалось положительное влияние инокуляции семян и макроудобрений на содержание азота в пахотном слое почвы.

Максимальное содержание легкогидролизуемого азота наблюдалось на вариантах с внесением трех центнеров диаммофоски на гектар ($N_{30}P_{78}K_{78}$) в сочетании с инокуляцией семян, далее, по мере уменьшения доз удобрений,

замечалось снижение данного показателя, а на контрольном варианте концентрация легкогидролизуемого азота была минимальной (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание легкогидролизуемого азота в пахотном слое почвы в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011-2013 гг.

Вариант	Содержание азота, мг/кг почвы			
	всходы	налив семян	всходы	налив семян
	без инокуляции		инокуляция семян	
2011 год				
Контроль	79	70	80	89
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	85	81	84	90
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	90	83	94	97
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	102	96	101	102
2012 год				
Контроль	120	118	122	130
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	129	125	130	137
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	141	138	139	148
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	148	144	147	153
2013 год				
Контроль	94	91	96	107
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	103	97	101	108
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	110	101	107	112
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	119	112	119	124
Среднее				
Контроль	98	93	99	109
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	106	101	105	112
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	114	107	113	119
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	123	117	122	126

Содержание легкогидролизуемого азота в почве на неудобренных вариантах с обработкой семян бобовым ризоторфином в фазе всходов соответствовало контрольным вариантам. Однако к фазе налива семян явно прослеживалось увеличение его концентрации – на 8-9 мг/кг почвы, что связано с повышением активности фиксации атмосферного азота. Нельзя не отметить, что с увеличением дозы макроудобрений снижалась эффективность от применения ризоторфина. К примеру, в среднем за три года исследований концентрация азота в пахотном слое в фазе налива семян увеличивалась на не-

удобренном фоне на 10 мг/кг почвы, а на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ – только на 4 мг/кг почвы.

Проведенные исследования показали, что внесение комплексного удобрения способствует увеличению содержания азота в пахотном слое почвы в начальный период роста растений, однако уже в фазе налива семян его концентрация в почве заметно снижается, что происходит за счет выноса его на формирование урожая. Инокуляция семян кормовых бобов значительно активизировала симбиотическую активность растений, и за счет преимущественного потребления атмосферного происходила экономия минерального азота.

3.3. Высота растений кормовых бобов

Высота растений – важнейший морфологический признак, который определяет процессы роста культуры. Также высота растений кормовых бобов, как и любой сельскохозяйственной культуры, является одним из сортовых признаков. Изучаемый сорт бобов Орлецкие при нормальных условиях возделывания характеризуется высотой растений 80-90 см. Однако кроме сортовых качеств немаловажное значение имеют почвенно-климатические условия и агротехника выращивания, от которых напрямую зависит как высота растений, так и в целом продуктивность культуры.

Бобы являются влаголюбивой культурой, поэтому чаще всего именно влажность почвы является определяющим фактором интенсивности роста. Однако эффект от использования инокуляции семян, макро- и микроудобрений в наших опытах проявлялся уже в начальные фазы развития и сохранялся в течение всего вегетационного периода.

2012 год был наиболее благоприятным по влагообеспеченности для кормовых бобов, так как в критические периоды роста растения были снабжены необходимой влагой (прилож. 5). Длина стебля в зависимости от фона удобрений (фактор А) в этот год в фазу созревания составляла от 93,7 до

100,9 см, в зависимости от вариантов фактора В – от 93,7 до 100,6 см. Менее благоприятными по климатическим факторам были 2011 и 2013 годы, что отрицательно отразилось на ростовых процессах кормовых бобов. К примеру, в 2011 году высота растений в фазу созревания в зависимости от дозы диаммофоски изменялась от 86,7 до 92,5 см. В 2013 году значение этого показателя было минимальным за три года исследований и колебалось по вариантам опыта от 75,4 до 88,0 см (прилож. 4-6).

Таблица 5 – Высота растений кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, см (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созревание
Без удобрений	Контроль	20,3	42,1	61,8	76,0	82,0	82,3
	И	21,1	44,5	65,6	82,9	88,2	91,1
	Ам	20,7	43,3	62,5	80,6	87,2	90,5
	И+Ам	21,1	45,7	67,0	85,9	90,6	93,3
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	21,0	43,5	63,3	79,3	84,7	87,5
	И	21,8	45,0	67,1	84,8	89,0	92,7
	Ам	21,5	44,2	64,4	82,3	87,3	93,0
	И+Ам	22,1	46,1	68,6	84,7	90,9	95,9
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	21,8	44,6	64,7	80,9	86,5	90,3
	И	23,5	47,3	70,0	88,2	92,7	95,5
	Ам	23,1	47,1	67,1	85,8	90,7	93,7
	И+Ам	23,3	48,3	71,7	88,2	93,1	96,3
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	23,5	45,8	66,6	84,3	88,1	92,0
	И	24,4	48,8	71,4	89,8	94,6	97,6
	Ам	24,3	48,2	69,5	87,8	91,4	96,1
	И+Ам	24,5	49,0	73,7	91,3	95,6	98,3
HCP ₀₅ АВ		1,42-2,23	2,52-3,28	2,74-4,42	4,36-5,88	4,52-6,28	4,26-6,24
HCP ₀₅ А (NPK)		0,71-1,13	1,26-1,64	1,37-2,21	2,18-2,94	2,26-3,14	2,13-3,12
HCP ₀₅ В (И,Ам)		1,19-1,87	1,93-2,72	2,18-3,62	3,57-4,16	3,81-5,48	3,75-5,07

Макро- и микроудобрения в сочетании с инокуляцией семян существенно влияли на нарастание надземной массы растений от фазы ветвления, так как с этого момента начинается более интенсивное потребление элемен-

тов питания из почвы. Наиболее высокорослыми были растения кормовых бобов на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$, а самыми низкорослыми – на неудобренном фоне.

Высота растений кормовых бобов на вариантах с комплексным использованием минеральных и бактериальных удобрений была больше, чем при их применении по отдельности.. К примеру, влияние макро-, микроудобрений и ризоторфина на высоту посевов кормовых бобов в фазу цветения на опытных вариантах 2012 года показано на рисунке 3.



Рисунок 3 – Растения кормовых бобов в фазу цветения по вариантам опыта (слева направо): контроль, $N_{10}P_{26}K_{26}+И+Ам$, $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$, $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ (2012 г.)

В фазу ветвления высота растений кормовых бобов на фоновом варианте с ризоторфином составила 44,5 см, с обработкой семян Агромастером – 43,3 см, а сочетание этих вариантов способствовало увеличению высоты растений до 45,7 см. Для сравнения: на контрольном варианте высота рас-

тений составила 42,1 см. На фоне удобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$ данное сочетание вариантов позволило в фазу ветвления получить растения высотой 50,8 см, что на 20,7% больше, чем на контроле. В последующие фазы развития совместное действие исследуемых агроприемов усиливалось, и к фазе плодообразования разница по высоте растений достигла 21,3%. В период от фазы плодообразования до созревания более четко стал проявляться положительный эффект от инокуляции семян. Высота растений кормовых бобов в фазе созревания на данном варианте составила 91,1 см, тогда как на контроле – только 82,3 см.

Максимальная высота растений кормовых бобов наблюдалась в наших исследованиях в фазе созревания, при этом темпы роста в течение вегетации были различными. Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что интенсивный прирост надземной массы растений наблюдался до фазы плодообразования, а в дальнейшем происходило его заметное снижение. Объясняется это, прежде всего, тем, что большее количество пластических веществ перераспределилось в генеративные органы.

При инокуляции семян активным штаммом ризобий в сочетании с обработкой семян комплексом макро- и микроудобрений (Агромастер) высота растений бобов была максимальной в опыте и значительно превосходила контрольный вариант.

Корреляционная связь между высотой растений и урожайностью кормовых бобов в фазу 5-6 листьев была меньше, чем в другие фазы развития ($r = 0,894 \pm 105$), а в период от ветвления до созревания корреляция стала тесной и высокоположительной, что подтверждает коэффициент корреляции, находящийся в пределах 0,917–0,968. Таким образом, проведенный корреляционный анализ свидетельствует о высокой зависимости между рассматриваемыми признаками.

Исследования показали, что среднесуточный прирост растений кормовых бобов в зависимости от факторов опыта имел различия по межфазным периодам вегетации. Максимальный прирост высоты растений отмечен в

межфазный период ветвление – цветение (1,8 см в сутки), а в межфазные периоды 5-6 листьев – ветвление, цветение – плодообразование, плодообразование – налив семян прирост высоты был меньшим (соответственно 1,1 см, 0,9 см, 0,3 см). Максимальный прирост надземной массы растений кормовых бобов во все периоды вегетации был отмечен на вариантах с совместным использованием инокуляции семян, макро- и микроудобрений (И+Ам на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$). Так, в период ветвление – цветение культуры среднесуточный прирост на лучших вариантах составил 2,0 см, что больше, чем на контроле, на 11,1%.

3.4. Фотосинтетическая деятельность кормовых бобов

Существенная роль в формировании продуктивности всех сельскохозяйственных культур принадлежит фотосинтезу. Его интенсивность зависит в большей степени от сформированной площади листьев и продолжительности ее функционирования за вегетационный период. А это, в свою очередь, связано с погодными условиями и элементами технологии возделывания.

Площадь листьев растений кормовых бобов непосредственно влияет на их продуктивность. Важно создать такие условия для агроценоза, при которых посевы формировали бы оптимальную площадь листьев как можно раньше, чтобы солнечная энергия, которая максимальна в начале летнего периода, потреблялась растениями. Этого можно достичь, в частности, обеспечив оптимальную густоту стояния растений. Так, в изреженных посевах в недостаточной степени потребляется солнечная энергия, при этом загущенные посевы приводят к снижению интенсивности фотосинтеза из-за взаимной затененности листьев, в результате чего происходит увеличение расходов на дыхание.

Таким образом, густота стояния растений кормовых бобов должна способствовать лучшей освещенности ассимиляционного аппарата. Поэтому, целесообразно предположить, что применение предпосевной обработки

семенного материала изучаемыми препаратами на разных фонах макроудобрений будет способствовать улучшению выживаемости растений в течение вегетации.

Процесс формирования листовой поверхности определяется в большей степени светом, влажностью, минеральным питанием и фитосанитарной обстановкой. Наши исследования показали, что площадь ассимиляционной поверхности зависела как от погодных условий, так и от изучаемых агроприемов (табл. 6).

Таблица 6 – Площадь листьев кормовых бобов по фазам вегетации в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, тыс. м²/га (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений				
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	5,9	17,0	37,0	46,6	38,1
	И	6,2	17,7	40,0	49,2	41,3
	Ам	6,0	17,3	37,9	48,2	40,5
	И+Ам	6,0	17,8	40,0	50,8	41,8
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	5,9	17,2	38,3	48,1	39,5
	И	6,3	18,1	40,3	51,5	43,0
	Ам	6,1	17,9	39,1	50,0	41,7
	И+Ам	6,2	18,8	41,2	54,7	43,4
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	6,1	18,0	39,4	52,6	41,4
	И	6,5	19,6	42,1	57,3	44,0
	Ам	6,4	19,2	41,0	54,2	43,2
	И+Ам	6,7	20,2	42,9	57,2	45,1
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	6,4	18,9	40,1	50,8	43,1
	И	7,1	20,3	43,1	57,8	46,8
	Ам	6,7	19,4	41,3	54,9	44,8
	И+Ам	7,0	20,0	44,4	59,2	47,8

В фазе 5-6 листьев темпы увеличения площади листьев кормовых бобов по фонам удобрений прослеживались в малой степени. Это объясняется, прежде всего, тем, что в начальные фазы роста растения проявляют неболь-

шую потребность в элементах питания, и на их рост и развитие вполне хватает естественного почвенного плодородия. В наших исследованиях внесение $N_{30}P_{78}K_{78}$ в основной прием способствовало увеличению площади листьев растений в фазе 5-6 листьев только на 8,5%, а в фазе ветвления – уже на 11,2%, что связано с повышением потребности растений в питательных элементах.

В наиболее благоприятном по влаге 2012 году площадь листьев в посевах кормовых бобов в фазе цветения по вариантам опыта изменялась от 43,3 до 53,4 тыс. $m^2/га$, а в 2013 году, когда растения испытывали дефицит влаги в период цветения – плодообразования, она была значительно меньше и составила только от 31,6 до 37,8 тыс. $m^2/га$. Аналогичные закономерности по нарастанию ассимиляционной поверхности растений кормовых бобов прослеживались и в другие фазы роста (прилож. 7-9).

Опытные данные показали, что исследуемые агроприемы: инокуляция семян, обработка семян Агромастером, а также фоны макроудобрений оказывали значимое влияние на нарастание листовой поверхности. Но максимальное увеличение данного показателя у кормовых бобов по сравнению с контролем смогло обеспечить сочетание изучаемых вариантов. На вариантах с применением ризоторфина площадь листовой поверхности посевов в фазу плодообразования увеличивалась на 5,6% по сравнению с контролем, с обработкой семян Агромастером – на 3,4%, с внесением в основной 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%. Совместная обработка семян ризоторфином и Агромастером способствовала увеличению площади листьев кормовых бобов на 9,0%, а аналогичные варианты на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ позволили обеспечить посевы наибольшей ассимиляционной поверхностью – 59,2 тыс. $m^2/га$, что на 27% выше контроля.

Корреляционный анализ показал, что площадь листьев растений кормовых бобов находилась в тесной прямой связи с полученной урожайностью, так как коэффициент корреляции по фазам вегетации находился в пределах от 0,935 до 0,988.

В наших исследованиях мы обратили внимание на такой показатель агроценоза кормовых бобов, как облиственность растений, так как в питании генеративных органов растения большое участие принимают листья из ближайших узлов. Учет облиственности растений показал, что данный показатель менялся в течение вегетации и по опытным годам в зависимости от погодных условий и факторов опыта.

В течение вегетации у растений наблюдалось постепенное снижение облиственности, что объясняется увеличением массы стебля, корней, образованием бобов (табл. 7).

Таблица 7 – Облиственность растений кормовых бобов по фазам вегетации в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, % (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений				
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	50,3	48,0	45,9	38,6	34,0
	И	50,6	48,4	46,0	39,4	34,1
	Ам	50,3	48,5	45,4	39,2	34,2
	И+Ам	51,3	49,2	46,2	39,3	34,7
N ₁₀ P ₂₀ K ₂₆	Контроль	51,1	48,6	44,7	39,2	34,9
	И	50,7	48,7	46,1	39,4	34,5
	Ам	51,6	48,2	45,7	39,4	34,8
	И+Ам	51,6	49,3	46,0	39,8	35,3
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	50,8	49,4	46,2	39,2	33,8
	И	52,5	49,4	46,2	40,5	34,7
	Ам	51,3	48,7	46,8	39,5	34,8
	И+Ам	51,0	48,8	46,0	40,3	34,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	51,1	48,5	46,2	39,9	34,5
	И	51,8	49,8	46,5	40,0	34,6
	Ам	51,7	48,4	46,6	40,3	34,9
	И+Ам	50,9	48,8	46,5	40,1	35,6

Максимальная облиственность растений кормовых бобов была зафиксирована в 2012 году, когда растения не испытывали дефицита влаги практи-

чески в течение всего периода вегетации, а в фазе 5-6 листьев на варианте с инокуляцией семян на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ данный показатель достиг величины 55,2% (прилож. 11). 2011 год отличался неблагоприятными условиями для развития растений кормовых бобов на период цветение – налив семян, что сказалось и на облиственности посевов (прилож. 10).

В целом все три фона минеральных удобрений в наших исследованиях способствовали увеличению облиственности посевов. Если в фазе 5-6 листьев культуры различия между удобренными фонами и контрольным вариантом были несущественными, то с фазы ветвления эти различия проявлялись уже в большей степени. Применение Агромастера при обработке семян кормовых бобов не оказало значительного влияния на облиственность посевов. Однако сочетание данного варианта с инокуляцией семян повышало процент листьев на растении в среднем за три года на 2,3% в сравнении с применением одного только ризоторфина.

Корреляция между урожайностью и облиственностью посевов в фазы 5-6 листьев, ветвления и цветения была средней ($r=0,506$, $r=0,464$, $r=0,678$ соответственно). В фазе плодообразования она уже была наиболее выраженной ($r=0,885 \pm 0,110$), в фазе налива семян коэффициент корреляции значительно уменьшился, а его ошибка увеличилась ($r=0,569 \pm 0,194$), что, вероятно, связано с особенностью культуры сбрасывать листья в конце вегетации.

Продуктивность кормовых бобов определяется также временем функционирования листьев на растениях, которое определяется фотосинтетическим потенциалом (ФП). При анализе фотосинтетической деятельности агроценоза кормовых бобов важно учесть величину ФП, так как он более точно определяет интенсивность фотосинтеза и характеризует активность работы листового аппарата посевов в течение всего периода вегетации (табл. 8).

Таблица 8 – Фотосинтетический потенциал посевов кормовых бобов
в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
тыс. м² × дней/га (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образова- ние бобов	образование бобов – налив семян	
Без удобрений	Контроль	28,8	222,7	305,5	646,6	791,9	1995,5
	И	30,0	236,6	344,8	687,4	832,1	2130,7
	Ам	29,0	230,3	295,9	652,8	828,3	2073,3
	И+Ам	28,1	243,2	328,4	719,4	848,7	2167,8
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	28,5	224,0	314,0	681,0	774,6	2022,1
	И	31,6	253,1	339,5	728,7	868,8	2221,7
	Ам	29,5	236,9	333,1	689,0	842,8	2131,2
	И+Ам	31,1	255,0	359,7	743,2	947,2	2336,2
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	30,7	241,9	344,8	732,1	864,6	2214,1
	И	32,7	271,6	370,6	805,1	981,3	2461,3
	Ам	32,0	261,7	340,4	769,7	914,5	2318,3
	И+Ам	35,9	279,9	378,9	796,3	972,2	2463,2
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	31,9	262,4	336,6	748,7	877,6	2257,2
	И	37,6	283,8	380,8	830,3	977,2	2509,7
	Ам	33,6	261,6	334,6	797,2	962,2	2368,9
	И+Ам	38,3	279,6	408,7	855,5	1036,9	2606,8

В начальные фазы роста растений зависимость величины ФП от фона удобрений – фактора А проявлялась в меньшей степени, чем в период цветение – налив семян. Как показали результаты трехлетних исследований, внесение макроудобрений порядка N₃₀P₇₈K₇₈ влекло за собой увеличение величины ФП за вегетацию на 13,1% по сравнению с контрольным вариантом. ФП составило 2257,2 тыс. м² × дней/га.

Важным показателем фотосинтетической деятельности изучаемого агроценоза является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Она выражается количеством сухого вещества (в граммах), которое формируется на одном квадратном метре листовой поверхности за 24 часа. Изучение ЧПФ при разных условиях возделывания позволяет в течение вегетационного периода

выявить лимитирующие факторы в реализации потенциальной продуктивности культуры (табл. 9).

Таблица 9 – Чистая продуктивность фотосинтеза кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, г/м² в сутки (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений				
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян
Без удобрений	Контроль	39,6	13,8	10,4	6,8	7,6
	И	44,2	13,9	12,8	7,3	7,9
	Ам	41,8	13,5	11,4	7,0	7,9
	И+Ам	43,9	14,1	12,5	7,5	8,2
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	40,3	13,6	10,7	7,4	7,5
	И	44,4	13,4	11,9	7,6	7,7
	Ам	41,6	13,9	11,0	7,4	7,4
	И+Ам	44,9	14,3	12,6	7,7	7,9
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	40,3	13,7	11,5	7,4	7,7
	И	43,7	14,6	12,9	7,8	7,9
	Ам	45,1	14,3	12,4	7,5	7,6
	И+Ам	46,7	14,6	13,5	8,0	8,1
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	40,8	14,0	12,3	7,7	7,7
	И	45,7	14,9	13,1	8,1	7,9
	Ам	43,2	14,5	12,8	7,9	7,7
	И+Ам	48,3	15,4	13,6	8,2	8,0

Чистая продуктивность фотосинтеза растений кормовых бобов имела максимальное значение в фазе 5-6 листьев и составила по вариантам опыта от 39,6 до 48,3 г/м² в среднем за 3 года исследований. Фаза 5-6 листьев культуры, в отличие от последующих фаз развития, отличалась высокой облиственностью агроценоза, но относительно небольшой площадью листьев растений и очень высокими значениями ЧПФ. В период цветения – плодообразования, наоборот, у кормовых бобов выявлялось наименьшее значение ЧПФ из-за того, что площадь листьев к этому периоду существенно увеличивалась.

С фазы цветения ЧПФ хоть и незначительно, но начинала возрастать, что связано в первую очередь с уменьшением площади листьев посевов из-за сбрасывания нижних листьев. Помимо учитываемой листовой поверхности при расчете чистой продуктивности фотосинтеза в нем принимает участие также поверхность стебля и бобов, что в определенной степени отразилось на показателях ЧПФ.

ЧПФ кормовых бобов уменьшалась в течение вегетационного периода из-за нарастания листовой поверхности, в результате которого наблюдалось затенение растений. Тем не менее, на вариантах с инокуляцией семян отмечалось наибольшее превышение ЧПФ относительно контроля. Так, уже в фазе 5-6 листьев культуры данное превышение составило $4,6 \text{ г/м}^2$ в сутки, или 11,6%. Аналогичная тенденция прослеживалась в течение всей вегетации.

Таким образом, анализируя фотосинтетическую деятельность кормовых бобов в опыте, следует отметить, что площадь ассимиляционной поверхности, величины фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза увеличивались с ростом дозы удобрений и наибольшими были на фонах $\text{N}_{20}\text{P}_{56}\text{K}_{56}$ и $\text{N}_{30}\text{P}_{78}\text{K}_{78}$ с инокуляцией семян и применением комплексного удобрения Агромастер.

3.5. Динамика накопления сухого вещества кормовых бобов

В процессе фотосинтеза кормовых бобов увеличивается их рост и масса, и соответственно накапливается сухое вещество, от количества которого в целом зависит продуктивность культуры. Накопление сухого вещества растениями в наших исследованиях в большей степени зависело от погодных условий и фона удобрений, нежели чем от обработки семян изучаемыми препаратами.

Количество накопленного растениями сухого вещества увеличивалось по фазам развития, а к фазе созревания наблюдалось незначительное сниже-

ние данного показателя. Так, наибольшее количество сухого вещества растений кормовых бобов отмечалось в конце вегетации (табл. 10).

Таблица 10 – Динамика накопления кормовыми бобами сухого вещества по фазам развития в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, г/м² (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образование бобов	налив семян	созревание
Без удобрений	Контроль	55,3	114,7	336,0	695,0	1039,3	962,5
	И	56,6	118,2	351,3	706,9	1063,4	979,2
	Ам	55,2	114,7	345,3	704,6	1047,6	963,5
	И+Ам	56,0	119,5	358,2	718,8	1076,4	988,2
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	55,4	114,9	340,4	705,3	1051,3	970,5
	И	55,5	120,7	354,8	722,7	1065,7	986,3
	Ам	56,2	117,1	346,1	709,1	1054,4	972,4
	И+Ам	57,1	125,6	364,3	731,4	1075,1	996,1
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	56,8	118,8	351,2	713,2	1056,3	978,5
	И	56,4	124,8	366,6	731,8	1074,8	992,9
	Ам	55,7	120,0	352,7	719,5	1061,7	987,5
	И+Ам	57,0	125,5	370,1	737,4	1075,0	1008,2
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	56,2	121,6	357,2	718,3	1067,5	986,9
	И	57,2	127,1	370,0	737,1	1086,0	1006,8
	Ам	56,7	126,0	360,5	725,5	1080,4	991,8
	И+Ам	57,3	131,4	377,4	745,6	1102,0	1014,2
НСП ₀₅ АВ		2,0-3,6	3,6-7,0	7,0-14,4	13,4-26,4	22,6-43,0	21,4-30,8
НСП ₀₅ А (NPK)		1,0-1,8	1,8-3,5	3,5-7,2	6,7-13,2	11,3-21,5	10,7-15,4
НСП ₀₅ В (И,Ам)		1,6-2,7	2,6-5,8	5,7-12,5	11,2-20,5	19,4-28,9	17,9-23,8

Больше сухого вещества относительно контроля накапливали растения на изучаемых вариантах в фазе налива семян: с применением ризоторфина (И) – на 24,1 г/м², с обработкой семян Агромастером (Ам) – только на 8,3 г/м², при сочетании инокуляции с обработкой семян комплексным удобрением Агромастер (И+Ам) – на 37,1 г/м².

Фоны удобрений также оказывали положительное влияние на накопление сухого вещества кормовыми бобами. Заметное же увеличение данного

показателя агроценоза по сравнению с фоновым вариантом наблюдалось на фонах удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$, $N_{30}P_{78}K_{78}$ и составило соответственно 17 г/м^2 и $28,2 \text{ г/м}^2$. Максимальный сбор сухого вещества был зафиксирован на варианте И+Ам с фоном макроудобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$ и составил 1102 г/м^2 .

Трехлетний учет накопления растениями сухого вещества показал, что наиболее положительное влияние на процесс накопления воздушно-сухой массы наблюдалось от применения инокуляции семян и обработки семян удобрением Агромастер (И+Ам) на фонах макроудобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$, $N_{30}P_{78}K_{78}$.

Корреляционная связь между накоплением сухого вещества и урожайностью кормовых бобов в фазе 5-6 листьев была наименьшей ($r = 0,735 \pm 160$) в сравнении с другими фазами роста (значение коэффициента корреляции было от 0,930 до 0,982), но в целом корреляционный анализ выявил прямую положительную зависимость между рассматриваемыми признаками.

3.6. Число и масса азотфиксирующих клубеньков на корнях кормовых бобов

У растений кормовых бобов тип азотного питания меняется в зависимости от условий произрастания. С точки зрения биологизации земледелия выгоднее симбиотрофное питание, нежели автотрофное, потому что при этом улучшаются экологические условия в агроценозе и понижается техногенная нагрузка на почву, а также идет экономия производственных затрат. Для этого необходимо обеспечить оптимальные условия для бобово-ризобияльного симбиоза. Фиксация атмосферного азота клубеньковыми бактериями начинается примерно на 15-20-й день после появления всходов, но в начале вегетационного периода азотфиксация проходит медленно. Продолжается этот процесс до старения растений, а заметная активность его наблюдается в фазе цветения – образования бобов [63, 174].

Данные таблицы 11 свидетельствуют об изменении показателей симбиотического аппарата под влиянием изучаемых агроприемов.

Таблица 11 – Число и масса активных клубеньков на корнях кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Число активных клубеньков, шт. на 1 растении			Масса активных клубеньков, г на 1 растении		
		цветение	образование бобов	налив семян	цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	18,3	22,9	15,0	0,27	0,35	0,24
	И	23,7	28,9	22,3	0,40	0,53	0,41
	Ам	20,2	25,4	17,5	0,34	0,42	0,32
	И+Ам	24,3	30,1	23,0	0,43	0,54	0,44
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	18,6	23,7	15,9	0,26	0,38	0,27
	И	24,4	30,6	23,3	0,40	0,35	0,44
	Ам	20,5	26,6	19,3	0,31	0,46	0,36
	И+Ам	25,7	31,1	23,9	0,44	0,59	0,48
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	20,0	25,1	16,1	0,32	0,41	0,28
	И	25,6	32,0	24,0	0,47	0,63	0,47
	Ам	21,9	27,3	19,3	0,35	0,49	0,35
	И+Ам	26,8	32,9	25,0	0,49	0,65	0,49
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	21,0	25,5	17,1	0,35	0,43	0,31
	И	27,2	32,9	25,8	0,50	0,58	0,49
	Ам	23,9	29,0	20,8	0,39	0,51	0,37
	И+Ам	28,0	33,9	26,8	0,53	0,70	0,55
HCP ₀₅ АВ		0,74-1,14	0,86-1,56	0,58-1,20	0,02-0,04	0,03-0,06	0,02-0,06
HCP ₀₅ А (NPK)		0,37-0,57	0,43-0,78	0,29-0,60	0,01-0,02	0,013-0,03	0,01-0,028
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,55-0,93	0,68-1,14	0,45-1,02	0,02-0,03	0,02-0,05	0,02-0,03

Симбиотическая активность растений кормовых бобов в нашем опыте сильно зависела от климатических условий года. Так, наименее благоприятным для развития активных клубеньков был 2013 год (прилож. 21). Недостаток почвенной влаги губительно повлиял на число и массу клубеньков, что в значительной степени отразилось в целом на азотфиксирующей деятельности растений. В 2013 году наблюдалась минимальная численность клубеньков на одно растение по всем опытным вариантам, в фазе плодообразования – 18,8-24,3 шт. Для сравнения: в 2011 и 2012 годах величина данного показателя изменялась в пределах 24,7-39,6 шт. и 25,3-37,9 шт. (прилож. 19 и 20).

Нельзя не отметить, что во все фазы вегетации культуры влияние ризоторфина на формирование симбиотического аппарата было наиболее замет-

ным, причем данная закономерность прослеживалась на разных уровнях минерального питания. Как показал анализ продуктивности, это влекло за собой существенное увеличение продуктивности кормовых бобов. Инокуляция семян способствовала существенному увеличению числа и массы активных клубеньков на одном растении (рис. 4). В среднем за три года исследований обработка семян бобовым ризоторфином на неудобренном фоне увеличивала число клубеньков относительно контроля на 34,8%, а их массу – на 56,6%.



Рисунок 4 – Корневая система кормовых бобов в фазе плодообразования на контрольном варианте и на варианте с применением ризоторфина (слева направо), 2012 г.

Совместная обработка семян штаммом ризобий и комплексным удобрением Агромастер способствовала большей активности симбиотической деятельности, в особенности на первых этапах развития растений. Так, в фазе цветения количество клубеньков на одно растение на варианте И+Ам составило 24,3 шт., что на 2,5% больше, чем на варианте И. Это говорит о положительном действии комплекса макро- и микроэлементов на формирование симбиотического аппарата у растений кормовых бобов.

Влияние трех фонов макроудобрений благотворно сказалось на формировании активных клубеньков на корнях кормовых бобов. Так, в фазе плодообразования число и масса клубеньков на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$ и $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ составили 26,8 и 28,0 шт., или 0,65 и 0,70 г на одном растении, что на 9 и 13% выше числа, на 20 и 30% больше массы клубеньков в сравнении с неудобренными посевами. По-видимому, растения кормовых бобов на данных вариантах опыта активно использовали автотрофный тип питания азотом, так как доля внесенных азотных удобрений (10, 20 и 30 кг д.в. на га) планировалась как «стартовая». А это, в свою очередь, способствовало эффективному функционированию симбиотической деятельности растений.

Расчет коэффициента корреляции между числом и массой активных клубеньков и урожайностью показал, что корреляционная связь с фазы цветения до фазы налива семян была тесная положительная (соответственно $r=0,919 \pm 0,093$, $r=0,904 \pm 0,101$, $r=0,857 \pm 0,122$). Между массой клубеньков и урожайностью корреляционная связь в фазы плодообразования и налива семян составила $r=0,862 \pm 0,119$ и $r=0,859 \pm 0,121$.

Таким образом, совместная обработка семян ризоторфином (штамм 96) и комплексным удобрением Агромастер в сочетании с внесением полного минерального удобрения, особенно $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$, положительно влияет на формирование и функционирование симбиотического аппарата у растений кормовых бобов.

3.7. Содержание леглобина в клубеньках кормовых бобов

Одним из качественных показателей симбиотического аппарата является содержание леглобина в клубеньках.

Активность азотфиксации в большей степени зависит как раз от содержания и концентрации леглобина в клубеньках, чем от их количества и

массы. Поэтому изучение влияния инокуляции семян, макро- и микроудобрений на содержание леглобина имеет высокий практический интерес.

В наших исследованиях концентрация леглобина в клубеньках повышалась до фазы плодообразования. Затем, к фазе налива семян наблюдалось заметное снижение его содержания, так как к началу наступления лизиса клубеньков он переходил в холеглобин (табл. 12).

Таблица 12 – Содержание леглобина в клубеньках кормовых бобов по фазам развития в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, мг/г сырых клубеньков (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Содержание леглобина, мг/г сырых клубеньков		
		цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	9,1	11,2	9,4
	И	11,8	13,7	12,2
	Ам	10,0	12,0	9,5
	И+Ам	12,0	14,4	12,6
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	9,3	11,9	9,7
	И	12,2	13,8	12,4
	Ам	10,3	12,8	9,8
	И+Ам	12,8	14,1	12,7
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	9,7	12,2	9,8
	И	12,3	14,3	12,7
	Ам	10,5	13,0	10,3
	И+Ам	12,7	14,7	12,2
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	10,1	12,5	10,4
	И	13,0	14,7	12,8
	Ам	11,1	13,4	11,0
	И+Ам	13,1	15,2	13,2
НСР ₀₅ АВ		0,22-0,90	0,34-0,96	0,26-0,76
НСР ₀₅ А (NPK)		0,11-0,45	0,17-0,48	0,13-0,38
НСР ₀₅ В (И,Ам)		0,20-0,71	0,29-0,70	0,23-0,57

Результаты исследований показали, что содержание леглобина в клубеньках кормовых бобов значительно изменялось в зависимости от климатических особенностей каждого года.

Максимальное его количество было зафиксировано в благоприятном 2012 году и составляло в фазе плодообразования от 15,0 до 19,7 мг/г сырых клубеньков по вариантам опыта (прилож. 23). Наименьшим содержание леглобина было в 2013 году, что во многом объясняется засушливыми условиями. Недостаток влаги отрицательно сказался как в целом на формировании клубеньков, так и на их качественном составе, так как содержание леглобина в зависимости от исследуемых факторов варьировало от 7,2 до 10,3 мг/г сырых клубеньков (прилож. 24). В 2011 году содержание леглобина в клубеньках в фазе плодообразования было в пределах от 11,3 до 15,7 мг/г сырых клубеньков (прилож. 22).

Сочетание инокуляции с Агромастером (И+Ам) при обработке семян увеличивало значение исследуемого качественного показателя симбиотической азотфиксации на 28,6% относительно контроля (рис. 5).

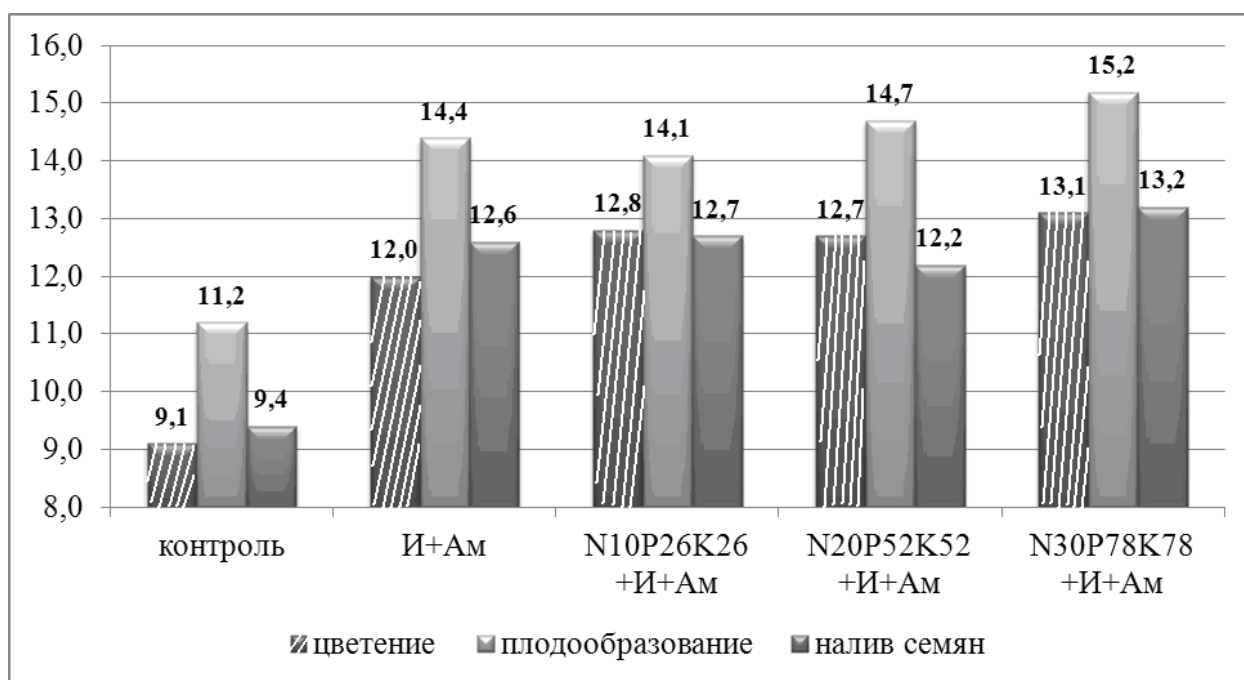


Рисунок 5 – Содержание леглобина в клубеньках кормовых бобов на лучших вариантах и на абсолютном контроле, мг/г сырых клубеньков (2011-2013 гг.)

Варианты фактора А (фоны макроудобрений) практически не повлияли на содержание леоглобина в клубеньках. Из вариантов фактора В наиболее ощутимая прибавка леоглобина в клубеньках была на опытных деланках с применением бобового ризоторфина, причем как отдельно, так и совместно с комплексным удобрением Агромастер. Так, на варианте И концентрация леоглобина в фазе налива семян составляла 13,7 мг/г сырых клубеньков, что на 21,4% больше, чем на контроле.

В ходе корреляционного анализа было установлено, что содержание леоглобина и урожайность имели тесную положительную связь. Так, коэффициент корреляции в фазе цветения составил $r=0,840\pm0,128$, в фазе плодообразования – $r=0,832\pm0,131$ и в фазе налива семян – $r=0,860\pm0,120$.

Таким образом, в наших исследованиях результативность функционирования симбиотического аппарата кормовых бобов, а именно концентрация леоглобина в клубеньках, помимо климатических условий, во многом определялась исследуемыми агроприемами. Так, наибольшая концентрация леоглобина в среднем за 3 года исследований была зафиксирована на вариантах И+Ам с фоном макроудобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ и составила в фазу плодообразования соответственно 14,7 и 15,2 мг/г сырых клубеньков.

3.8. Активный симбиотический потенциал кормовых бобов

Эффективность процесса симбиотической азотфиксации определяется главным образом величиной и активностью симбиотического аппарата, то есть числом и массой активных клубеньков на корнях одного растения. Для более точной характеристики эффективности бобово-ризобияльного симбиоза в течение вегетации необходимо рассматривать такой показатель, как активный симбиотический потенциал (АСП) (методика Г.С. Посыпанова) [149].

Величина АСП учитывает массу активных клубеньков, время их функционирования и выражается в кг×дней/га.

В наших исследованиях величина АСП во многом определялась погодными условиями. При недостаточном или избыточном увлажнении в течение вегетации значение АСП заметно снижалось. Максимальная величина данного показателя была зафиксирована в 2012 году и составляла от 9276 до 14698 кг×дней/га по вариантам опыта (прилож. 26). Наименьшим значение АСП было в 2013 году, и в зависимости от вариантов опыта изменялось от 6709 до 10273 кг×дней/га (прилож. 27).

Таблица 13 – Активный симбиотический потенциал кормовых бобов по фазам вегетации в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, кг×дней/га (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений						За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	155	1758	1175	1478	1612	1297	7475
	И	179	2113	1643	2226	1855	1525	9541
	Ам	163	1846	1309	1694	2784	1386	9182
	И+Ам	188	1999	1699	2375	1988	1576	9825
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	158	1833	1206	1497	1970	1272	7936
	И	191	2108	1700	2310	2407	1537	10253
	Ам	174	1862	1393	1784	2716	1332	9261
	И+Ам	196	2149	1903	2437	2350	1588	10623
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	182	1923	1332	1649	1134	1428	7648
	И	209	2255	1961	2543	1931	1629	10528
	Ам	196	2013	1427	1899	2480	1446	9461
	И+Ам	221	2368	2029	2628	2450	1729	11425
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	203	2000	1411	1685	2519	1619	9437
	И	229	2464	2008	2723	1713	1790	10927
	Ам	212	2089	1505	1892	3049	1596	10343
	И+Ам	234	2525	2107	2837	2213	1813	11729

Данные таблицы 13 свидетельствуют о том, что величина АСП различалась довольно значительно в зависимости от изучаемых агроприемов. При этом значение АСП определялось в большей степени массой активных клу-

беньков, чем продолжительностью вегетационного периода. Однако в некоторых случаях изменение времени протекания отдельной фазы роста растений значительно сказывалось на изучаемом показателе. В течение вегетационного периода значение активного симбиотического потенциала менялось в зависимости от погодных условий. К примеру, в первые два года исследований (2011 и 2012 годы) наибольшее значение АСП наблюдалось в период цветения – плодообразование, а в 2013 году – в период налив семян – созревание (прилож. 25-27).

Таким образом, максимальная величина АСП за вегетацию растений кормовых бобов достигалась, когда масса активных клубеньков была наибольшей.

АСП в зависимости от трех изучаемых фонов макроудобрений различался существенно. Так, максимальное его значение наблюдалось на фоне N30P78K78 (прибавка относительно контроля составила 1962 кг×дней/га или 26,2%). Инокуляция семян бобовым ризоторфином обеспечивала лучшую активность симбиотической азотфиксации, что подтверждается наибольшим значением АСП при его применении (9541 кг×дней/га). Обработка семян кормовых бобов активным штаммом ризобий № 96 позволяла повысить АСП на удобренном фоне на 27,6% относительно контроля. Большей величина АСП была только на вариантах И+Ам (9825кг×дней/га).

Таким образом, наибольшим активным симбиотическим потенциалом характеризовались посеvy кормовых бобов на вариантах с комплексным применением бактериальных и минеральных удобрений. Так, величина АСП за весь период вегетации на лучшем варианте N₃₀P₇₈K₇₈+И+Ам (11729 кг×дней/га) была на 56,9% больше, чем на контроле.

3.9. Структура и величина урожайности кормовых бобов

Фактором, определяющим урожайность любой сельскохозяйственной культуры, является густота стояния растений к уборке. Она в первую очередь

зависит от нормы высева семян, а также от всхожести семенного материала и выживаемости растений в течение вегетационного периода. В наших исследованиях число растений к уборке изменялось по годам в зависимости от погодных условий и от изучаемых агроприемов. Так, из-за засушливых условий ранневесеннего периода 2012 года этот показатель был наименьшим и составил по вариантам опыта от 42,4 до 46,9 шт./м² (прилож. 29). Наблюдалось пересыхание верхнего слоя почвы, вследствие чего затруднялось прорастание семян кормовых бобов. В дальнейшем метеорологические условия 2012 года благоприятствовали развитию кормовых бобов – период цветения был заметно длиннее (прилож. 2), в результате растения сформировали значительно большее количество продуктивных узлов, чем в другие годы исследований (прилож. 28-30).

В среднем за годы исследований выявлена четкая тенденция увеличения сохранности растений ко времени уборки при увеличении дозы удобрений и использовании подкормок, что, безусловно, объясняется оптимизацией условий их произрастания.

Число бобов на растении считается одним из предопределяющих количественных признаков кормовых бобов, отвечающих за их урожайность. В наших исследованиях число бобов на растении и семян в бобе было примерно одинаковым, за исключением только 2012 года, в условиях которого на одном растении формировалось до 8 бобов. Для сравнения: в 2011 и 2013 годах данный элемент структуры на лучших вариантах составлял соответственно до 6 и 4 бобов. Данный показатель был установлен на вариантах И+Ам на фонах удобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$ и $N_{20}P_{52}K_{52}$. На контроле при этом число бобов в 2012 году составляло 6,5 шт. на растении, а в 2011 и 2013 годах – соответственно 5 и 3 шт. (прилож. 28-30).

Число семян в бобе менее заметно изменялось за годы исследований. Среднее количество семян в бобе в большей степени зависело от фактора А – доз вносимых макроудобрений, чем от предпосевной и послеуборочной обработки изучаемыми препаратами. Фон $N_{20}P_{52}K_{52}$ обеспечил увеличение данно-

го элемента структуры урожайности в среднем за три года на 3,4% относительно фонового варианта (табл. 14).

Таблица 14 – Элементы структуры урожая кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Среднее число, шт.			Масса, г		Биологиче- ская урожай- ность, т/га
			бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	семян на растении	
Без удобрений	Контроль	47,4	4,8	3,0	14,5	379,9	5,6	2,54
	И	49,5	5,2	3,0	15,8	383,4	6,1	2,94
	Ам	48,6	5,1	3,0	15,4	377,8	5,9	2,76
	И+Ам	49,7	5,2	3,1	16,2	387,2	6,3	3,05
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	48,2	5,1	3,0	15,6	377,5	6,0	2,77
	И	50,1	5,5	3,1	17,0	383,4	6,6	3,18
	Ам	48,9	5,2	3,0	16,0	381,7	6,2	2,91
	И+Ам	50,8	5,5	3,1	17,2	391,5	6,8	3,33
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	48,7	5,3	3,1	16,5	381,0	6,4	3,00
	И	49,3	5,5	3,1	17,4	391,2	6,9	3,39
	Ам	49,7	5,5	3,0	16,6	389,4	6,6	3,17
	И+Ам	51,4	5,8	3,1	18,4	393,7	7,3	3,62
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	50,1	5,3	3,0	16,5	389,6	6,6	3,20
	И	52,2	5,8	3,1	18,5	397,0	7,4	3,71
	Ам	50,9	5,4	3,1	17,7	389,2	7,0	3,41
	И+Ам	52,1	6,0	3,2	19,1	397,5	7,7	3,84
HCP ₀₅ АВ		-	-	-	-	-	-	0,48-0,64
HCP ₀₅ А (NPK)		-	-	-	-	-	-	0,24-0,32
HCP ₀₅ В (И,Ам)		-	-	-	-	-	-	0,36-0,54

Совместная обработка семян ризоторфином и Агромастером, стимулируя рост и развитие культуры, способствовала формированию более озерненных бобов на растениях. Так, вариант И+Ам на неудобренном фоне показывал результаты по данному признаку на 3% выше относительно контроля. Наименьшее количество семян в бобе – 3,0 шт. за годы исследований формировали растения на контрольных вариантах и на вариантах с обработкой семян Агромастером.

Не менее важным показателем продуктивности агроценоза кормовых бобов является масса тысячи семян. В наших исследованиях семена кормовых бобов имели большие различия по своей массе в зависимости от условий года. Также прослеживалась закономерная тенденция, при которой в годы, когда на растении формировалось большее количество семян, они были более крупными, и, наоборот, при меньшем числе семян их масса, соответственно, значительно уменьшалась. Так, наиболее крупные семена формировались в 2012 году – масса тысячи семян составляла от 393,6 до 414,6 г, в зависимости от варианта опыта. Количество семян на растении при этом тоже было выше, чем в другие годы (19,5-24,8 шт.). В 2011 году растения кормовых бобов формировали до 20,4 семени при массе 1000 шт. – 396,4 г, а в 2013 году – до 12,0 семян при массе 1000 шт. – 381,4 г (прилож. 28-30).

За годы исследований наибольшая масса 1000 семян формировалась на вариантах И+Ам с фоном удобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$, превышение относительно контроля составило 4,6%. При внесении удобрений порядка $N_{10}P_{26}K_{26}$ и при обработке семян перед посевом Агромастером изменения крупности семян практически не замечалось. Контрольные варианты, варианты с фоном $N_{10}P_{26}K_{26}$ и с обработкой семян только препаратом Агромастер оказались менее продуктивными, так как из-за медленного развития растений посевы сильнее засорялись и изреживались. В таких условиях большое значение имеют густота и чистота агроценоза, которых можно добиться за счет дружности всходов и интенсивности дальнейшего развития растений.

Все элементы структуры урожайности кормовых бобов взаимосвязаны, а увеличение только одного из них может не обеспечить прибавки урожая в целом. Поэтому, как показали трехлетние данные, лишь оптимальное соотношение всех элементов структуры, при рациональном сочетании изучаемых агроприёмов, обеспечивало высокую продуктивность агроценоза кормовых бобов.

Особую роль в увеличении продуктивности посевов кормовых бобов сыграло внесение разных доз полного минерального удобрения. Опытные данные за три года исследований показали, что из вариантов фактора А наибольшую биологическую урожайность бобов обеспечивал фон удобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 3,2 т/га, что на 0,66 т больше, чем на неудобренном фоне. Немного уступал фон $N_{20}P_{52}K_{52}$ – биологическая урожайность составила 3,0 т/га.

Варианты фактора В также благотворно сказались на продуктивности культуры. Высокоэффективным было действие бактериального удобрения ризоторфина, обеспечившего получение урожайности 2,94 т/га, при этом на контрольном варианте она составила 2,54 т/га. Лучшими оказались варианты предпосевной обработки семян Агромастером и ризоторфином (И+Ам), урожайность на которых достигла 3,05 т/га.

В нашем опыте наибольшая биологическая урожайность кормовых бобов сорта Орleckие была получена при сочетании факторов А и В. Так, на вариантах $N_{20}P_{56}K_{56}+И+Ам$ и $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ она составила соответственно 3,62 и 3,84 т/га, что на 1,1 и 1,3 т больше, чем на абсолютном контроле.

Урожайность считается важнейшим хозяйственно ценным признаком, ради которого выращивается культура. Наши исследования показали, что урожайность кормовых бобов значительно изменялась по вариантам опыта и в зависимости от погодных условий года.

Хорошая урожайность кормовых бобов была получена в 2011 и 2012 годах. Этому способствовало преобладание умеренных температур в сочетании с достаточным количеством доступной влаги. Все это положительно отразилось на росте, развитии и формировании высокой урожайности бобов. По вариантам опыта она изменялась в 2011 г. в пределах от 1,62 до 2,15 т/га, а в 2012 г. – от 2,13 до 2,75 т/га. Самая низкая урожайность исследуемой культуры была в 2013 г. – в пределах 1,22-2,38 т/га.

Усредненные трехлетние данные показали, что урожайность бобов изменялась по вариантам опыта в пределах 1,66-2,43 т/га (табл. 15).

Таблица 15 – Урожайность кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, т/га

Фон удобрений	Вариант	Урожайность			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	средняя
Без удобрений	Контроль	1,62	2,13	1,22	1,66
	И	1,85	2,38	1,64	1,96
	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
	И	1,90	2,46	1,77	2,04
	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
	И	1,94	2,54	2,04	2,17
	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
	И	2,11	2,67	2,27	2,35
	Ам	1,94	2,59	2,03	2,19
	И+Ам	2,15	2,75	2,38	2,43
НСП ₀₅ АВ		0,06	0,10	0,08	-
НСП ₀₅ А (NPK)		0,03	0,05	0,04	-
НСП ₀₅ В (И,Ам)		0,05	0,07	0,06	-

В повышении продуктивности агроценоза кормовых бобов большое значение имели минеральные удобрения (фактор А). Уже при внесении N₁₀P₂₆K₂₆ урожайность культуры увеличивалась на 0,14 т/га при НСП_{05(А)} 2011-2013 = 0,03-0,05, а фон N₂₀P₅₂K₅₂ обеспечивал получение прибавки в размере 0,25 т/га. Наибольшая прибавка урожайности бобов от макроудобрений была на фоне N₃₀P₇₈K₇₈ – 0,38 т; урожайность при этом составила 2,04 т/га. Таким образом, все три фона удобрений обеспечивали получение достоверных прибавок урожайности относительно контроля.

Расчет влияния удобрений в прибавке урожайности показал, что доля первоначального внесения удобрений порядка N₁₀P₂₆K₂₆ без применения инокуляции и Агромастера составляла 36,8%, а доля двух последующих аналогичных доз – по 29,0 и 34,2%. На вариантах с ризоторфином на долю

$N_{10}P_{26}K_{26}$ приходилось только 11,6%, а на долю последующих доз – 62,3 и 26,1%. На вариантах с обработкой семян Агромастером данные процентные прибавки урожайности от минеральных удобрений составляли 31,8; 13,7 и 54,5; а на вариантах И+Ам доля каждого последующего внесения $N_{10}P_{26}K_{26}$ составляла соответственно 31,8; 36,4; 31,8.

Варианты фактора В также положительно сказались на урожайности культуры. Высокоэффективной оказалась обработка семян штаммом ризобий № 96, которая обеспечивала получение урожайности на неудобренном фоне 1,96 т/га, при этом на контрольном варианте она составила 1,66 т/га (прибавка от ризоторфина – 0,3 т). Эффективность инокуляции семян возрастала при оптимизации питательного режима растений. Так, прибавка урожайности от ризоторфина на фоне удобрений $N_{10}P_{26}K_{26}$ составила 0,24 т/га, на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ – 0,26 т/га и на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ – уже 0,31 т/га.

Действие от обработки семян комплексным удобрением Агромастер в дозе 3 кг/т было менее эффективным, тем не менее прибавка урожайности была достоверной и составляла от 0,08 до 0,16 т/га в зависимости от уровня удобренности, при $НСР_{05(В)} 2011-2013 = 0,05-0,07$. Наилучшими оказались варианты с обработкой семян ризоторфином и Агромастером, прибавка урожайности на которых составила 0,33 т/га на неудобренном фоне.

При расчете влияния вариантов фактора В в прибавке урожайности на неудобренном фоне доля инокуляции семян составляла 91,0%, доля обработки семян Агромастером – 9. При разных уровнях удобренности процентные доли влияния вариантов И и Ам составляли на фоне $N_{10}P_{26}K_{26}$ – 72,8 и 27,2; на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ – 68,4 и 31,6; на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 79,5 и 20,5.

Все варианты с использованием инокуляции семян, макро- и микроудобрений превосходили по урожайности контрольные варианты, а наибольшая урожайность кормовых бобов была отмечена именно на вариантах с хорошо развитым бобово-ризобиальным аппаратом. То есть самые высокие результаты были получены при сочетании факторов А и В. Трехлетние экспериментальные данные показали, что вариант с обработкой семян ризоторфином и Агромастером, на фонах минерального удобрения разных доз, превышал

контрольный вариант на 46,4% (на 0,77 т/га) с фоном $N_{30}P_{78}K_{78}$, на 38,0% (на 0,63 т/га) с фоном $N_{20}P_{52}K_{52}$, на 28,3% (на 0,47 т/га) с фоном $N_{10}P_{26}K_{26}$ и на 19,9% (на 0,33 т/га) на неудобренном фоне, при $НСП_{05(AB)} 2011-2013 = 0,06-0,10$.

Таким образом, наиболее эффективным и математически значимым было внесение в основной прием полного минерального удобрения в дозах $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ с совместной обработкой семян бактериальным препаратом ризоторфином и Агромастером.

3.10. Качество семян кормовых бобов

Получение биологически полноценной и в то же время экологически чистой продукции – основная функция современного сельскохозяйственного производства. При выращивании кормовых бобов на семена основным показателем их качества считается содержание белка и жира.

Сложившиеся погодные условия в годы проведения опытов и изучаемые варианты по-разному влияли на качественные показатели семян кормовых бобов. Основным показателем качества зерна кормовых бобов считается содержание сырого белка, а его величина, как известно, зависит от условий выращивания, особенностей сорта и агроприемов возделывания [175].

Содержание белка в семенах в зависимости от метеорологических условий периода вегетации культуры существенно изменялось. К примеру, наибольшее содержание сырого белка было отмечено в 2013 году. Тем не менее, по вариантам опыта были отмечены относительно небольшие различия – от 26,2 до 28,2%. Такие показатели обусловлены прежде всего тем, что период от фазы плодообразования до налива семян характеризовался высокими температурными условиями в сочетании с недостатком влаги в почве. В 2011 и 2012 годах содержание белка было примерно одинаковым: соответственно 21,7-27,8% и 23,2-28,4%; только в 2011 году оно изменялось по вариантам более выражено. Во все годы исследований увеличение содержания белка отмечалось на опытных вариантах И, И+Ам и при внесении высоких доз макроудобрений.

В среднем за три года исследований наибольшее содержание белка из вариантов фактора А было получено при внесении в основной прием $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$, белковость семян на данных вариантах составила соответственно 24,9 и 25,2% (табл. 16).

Таблица 16 – Содержание белка и жира в семенах кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений

Фон удобрений	Вариант	Содержание, %							
		белка				жира			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем	2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Без удобрений	Контроль	21,7	23,2	26,2	23,7	0,7	0,8	0,6	0,7
	И	24,1	24,8	27,4	25,4	0,9	0,9	0,8	0,9
	Ам	21,6	22,9	26,5	23,7	0,7	0,8	0,7	0,7
	И+Ам	25,8	25,0	26,4	25,7	1,0	0,9	0,9	0,9
$N_{10}P_{26}K_{26}$	Контроль	22,3	23,9	26,5	24,2	0,8	0,8	0,7	0,8
	И	25,0	25,6	26,8	25,8	1,0	1,0	0,7	0,9
	Ам	22,7	24,7	26,4	24,6	0,9	0,8	0,6	0,8
	И+Ам	26,4	26,3	26,2	26,3	1,0	0,9	0,7	0,9
$N_{20}P_{52}K_{52}$	Контроль	22,7	25,5	26,5	24,9	0,8	1,0	0,5	0,8
	И	25,5	27,2	27,7	26,8	1,0	1,2	0,7	1,0
	Ам	23,4	25,3	26,4	25,0	0,9	1,1	0,5	0,8
	И+Ам	26,7	27,9	27,5	27,4	1,1	1,1	0,6	0,9
$N_{30}P_{78}K_{78}$	Контроль	24,0	24,8	26,8	25,2	0,9	0,9	0,5	0,8
	И	27,1	27,8	27,9	27,6	1,1	1,2	0,6	1,0
	Ам	24,2	24,9	28,1	25,7	1,1	1,0	0,5	0,9
	И+Ам	27,8	28,4	28,2	28,1	1,2	1,2	0,7	1,0
HCP ₀₅ АВ		1,12	0,94	0,78	-	0,04	0,06	0,04	-
HCP ₀₅ А (NPK)		0,56	0,47	0,39	-	0,02	0,03	0,02	-
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,84	0,63	0,53	-	0,04	0,05	0,03	-

Из вариантов фактора В наибольшее содержание белка было на вариантах И и И+Ам – соответственно 25,4 и 25,7%. Максимальная белковость семян была зафиксирована на вариантах с комплексным применением бактериальных и минеральных удобрений. Так, вариант И+Ам на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ обеспечивал получение семян кормовых бобов с наибольшим содержанием белка – 28,1%, что превышало величину данного показателя качества семян

на абсолютном контроле на 18,6% Математический анализ полученных данных позволил выявить прямую положительную корреляцию между урожайностью и белковостью семян ($r=0,946 \pm 0,076$).

Жир в семенах кормовых бобов содержится в небольшом количестве. В 2011 г. содержание масла по вариантам опыта изменялось в пределах 0,7-1,2%, в 2012 г. – 0,8-1,2%, а в 2013 г. – 0,5-0,7%. Содержание жира в семенах кормовых бобов на вариантах с фоном макроудобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$ находилось в пределах 0,8-1,0%, а на неудобренных вариантах – 0,7-0,9%, то есть изучаемые факторы не оказали существенного влияния на его содержание.

Показатель содержания белка в семенах кормовых бобов отражает качество получаемой продукции, а для определения эффективности изучаемых агроприемов с точки зрения белковой продуктивности в большей степени подходит такой показатель, как сбор белка с единицы площади. Выход белка, как показывают данные таблицы 17, в большей степени определялся полученной урожайностью культуры, чем качеством семян.

В наших опытах наибольший сбор белка был получен в 2012 г. (до 781 кг/га), что обусловлено в первую очередь высокой урожайностью данного года исследований. В 2011 и 2013 годах выход белка с гектара оказался несколько меньшим (соответственно до 598 и 671 кг/га), несмотря на то, что его содержание в зерне кормовых бобов в эти годы было не меньшим.

В среднем за три года исследований наибольший сбор белка из вариантов фактора А был получен на фонах макроудобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$, превышение данного показателя над контрольным вариантом составило соответственно 22,5 и 32,2%. Из вариантов фактора В наибольшим сбор белка был на вариантах И+Ам – 509 кг/га. Максимальный выход белка с гектара был на вариантах с комплексным применением минеральных удобрений, ризоторфина и Агромастера. Так, варианты И+Ам на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ обеспечивали наивысшую белковую продуктивность агроценоза кормовых бобов – 628,0 и 683,3 кг/га, что превышало контроль соответственно на 61,4 и 75,7%.

Сбор жира также был наибольшим на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$ и $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ и составил 21,4 и 25,2 кг/га, что на 79,8 и 111,8% выше, чем на контрольном варианте (11,9 кг/га) (табл. 17).

Таблица 17 – Сбор белка и жира кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений

Фон удобрений	Вариант	Сбор, кг/га							
		белка				жира			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем	2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Без удобрений	Контроль	352	494	320	388,7	11,3	17,0	7,3	11,9
	И	446	590	449	495,0	18,7	21,4	13,1	17,7
	Ам	365	515	392	424,0	11,8	18,0	10,4	13,4
	И+Ам	482	596	449	509,0	18,7	21,5	15,3	18,5
$N_{10}P_{26}K_{26}$	Контроль	377	523	400	433,3	13,5	17,5	10,6	13,9
	И	475	630	474	526,3	19,0	24,6	12,4	18,7
	Ам	400	568	420	462,7	15,8	18,4	9,5	14,6
	И+Ам	496	681	506	561,0	18,8	23,3	13,5	18,5
$N_{20}P_{52}K_{52}$	Контроль	393	599	437	476,3	13,8	23,5	8,3	15,2
	И	495	691	565	583,7	19,4	30,5	14,3	21,4
	Ам	426	635	496	519,0	16,4	27,6	9,4	17,8
	И+Ам	537	725	622	628,0	22,1	28,6	13,6	21,4
$N_{30}P_{78}K_{78}$	Контроль	439	610	493	514,0	16,5	22,1	9,2	15,9
	И	572	742	633	649,0	23,2	32,0	13,6	22,9
	Ам	469	645	570	561,3	21,3	25,9	10,2	19,1
	И+Ам	598	781	671	683,3	25,8	33,0	16,7	25,2

Таким образом, наибольшее влияние на содержание в семенах белка и жира и на их сбор с единицы площади во все годы опытов оказывала обработка семян бобовым ризоторфином и удобрением Агромастер с основным внесением минеральных удобрений в дозах $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$.

3.11. Корреляционные связи изучаемых признаков кормовых бобов

Для определения связей и зависимости между морфологическими и физиолого-химическими показателями растений кормовых мы применяли метод корреляционного анализа (табл. 18).

Таблица 18 – Корреляционная матрица у растений кормовых бобов по признакам

Показатель	Урожай- жай- ность	Высота расте- ний	Пло- щадь листьев	ФП	Сбор сухого веще- ства	Число клу- беньков	Масса клу- беньков	Содер- жание лого- глобина	АСП	Бобов на рас- тении	Семян в бобе	Семян на рас- тении	Масса 1000 семян	Содер- жание белка	Содер- жание жира
Урожайность	1,0000														
Высота рас- тений	0,9839	1,0000													
Площадь листьев	0,9848	0,9729	1,0000												
ФП	0,9308	0,9053	0,9673	1,0000											
Сбор сухого вещества	0,6077	0,6225	0,5409	0,4876	1,0000										
Число клу- беньков	0,9087	0,9110	0,8700	0,7934	0,6738	1,0000									
Масса клу- беньков	0,9179	0,9165	0,8859	0,8197	0,6573	0,9714	1,0000								
Содержание логоглобина	0,8633	0,8604	0,8045	0,7173	0,6545	0,9817	0,9548	1,0000							
АСП	0,9242	0,9313	0,8820	0,8062	0,7655	0,9495	0,9378	0,9061	1,0000						
Бобов на растении	0,9587	0,9296	0,9588	0,9249	0,5227	0,8704	0,8719	0,8221	0,8639	1,0000					
Семян в бобе	0,7381	0,7332	0,7297	0,6568	0,2719	0,7280	0,7099	0,6887	0,6853	0,6692	1,0000				
Семян на растении	0,9847	0,9628	0,9810	0,9317	0,5254	0,8790	0,8803	0,8246	0,8877	0,9701	0,7701	1,0000			
Масса 1000 семян	0,9478	0,9387	0,9428	0,8913	0,6456	0,8655	0,8905	0,8252	0,8797	0,8805	0,6671	0,9057	1,0000		
Содержание белка	0,9565	0,9346	0,9286	0,8486	0,5925	0,9538	0,9556	0,9378	0,9101	0,9195	0,7714	0,9432	0,9229	1,0000	
Содержание жира	0,8667	0,8641	0,8377	0,7754	0,5729	0,9218	0,8955	0,9318	0,8248	0,8255	0,6568	0,8460	0,8137	0,9238	1,0000

Основной показатель линейной корреляции – коэффициент корреляции, определяющий форму и степень связи. В наших исследованиях у изучаемого сорта кормовых бобов Орлецкие урожайность имела тесную положительную корреляционную связь с высотой растений ($r=0,9839$), площадью листьев ($r=0,9848$), фотосинтетическим потенциалом (ФП) ($r=0,9308$), числом и массой активных клубеньков на корнях растений ($r=0,9087$ и $r=0,9179$ соответственно), величиной активного симбиотического потенциала (АСП) ($r=0,9242$), что говорит о возможности раннего прогнозирования урожайности при оценке растений по признакам первой группы. Высоко-положительная корреляционная связь была отмечена между урожайностью и признаками второй группы: числом бобов на растении ($r=0,9587$), количеством семян на растении ($r=0,9847$) и массой 1000 семян ($r=0,9478$). Корреляционная связь между урожайностью и сбором сухого вещества, числом семян в бобе была также положительной, но уже менее выраженной – $r=0,6077$ и $r=0,7388$ соответственно.

Сбор сухого вещества кормовыми бобами, в отличие от других признаков первой группы, был менее связан со всеми вегетативно-функциональными признаками ($r=0,2719-0,7655$), поэтому едва ли может использоваться в качестве индикаторного. Число семян в бобе также имело среднюю положительную связь с признаками первой и второй групп и поэтому не подходит для прогноза урожайности культуры ($r=0,2719-0,7614$).

Корреляция между урожаем и содержанием белка и жира была тесной и положительной ($r=0,9565$ и $r=0,8667$).

Для наглядности корреляционных связей нами была построена и проанализирована корреляционная плеяда. Создана она на основании размещения по окружности всех признаков, из которых признаки с высокими коэффициентами корреляции ($0,7 \leq r < 1,0$) соединены тонкой линией, со средними ($0,3 \leq r < 0,7$) – жирной линией, с низкими ($0 < r < 0,3$) – более жирной линией. Тесная положительная корреляция проявилась между показателями качества семян с продуктами фотосинтетической деятельности и количественными признаками симбиотической азотфиксации (рис. 6).

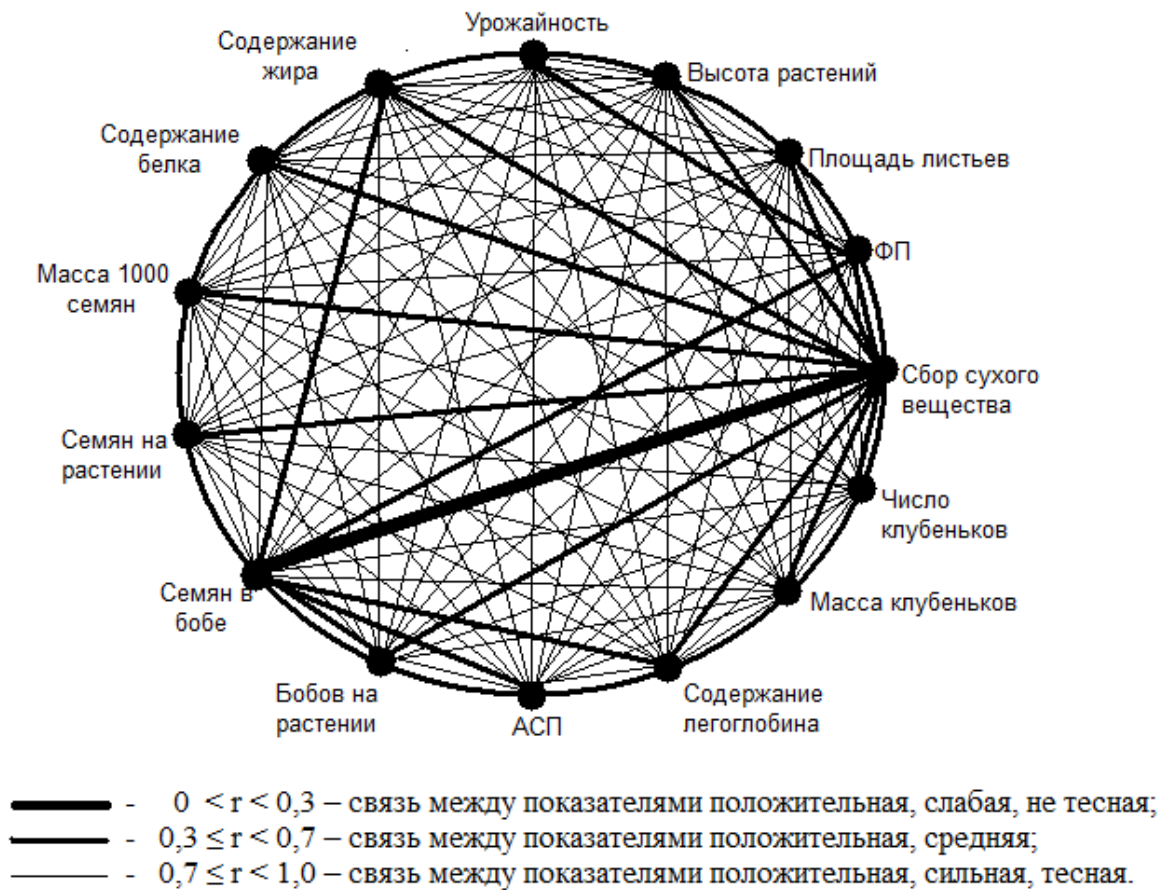


Рисунок 6 – Корреляционная плеяда вегетативно-функциональных признаков кормовых бобов

Коэффициенты корреляции между всеми возможными сочетаниями изучавшихся признаков свидетельствуют о различной силе положительных связей у одних признаков по сравнению с другими. В наших исследованиях наиболее слабая связь проявилась между сбором сухого вещества и числом бобов на растении, семян в бобе и семян на растении, массой 1000 семян. Урожайность кормовых бобов имела тесную положительную связь со всеми изучаемыми признаками, средняя положительная связь у данного признака была только с ФП. Посевы кормовых бобов на удобренных вариантах с применением обработки семян ризоторфином и Агромастером имели лучшие значения по показателям роста и развития, фотосинтетической деятельности и симбиотической активности, а они, в свою очередь, имеют прямую положительную корреляцию с урожайностью культуры.

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

4.1. Характеристика вегетационного периода гороха

В течение вегетационного периода растения гороха проходят несколько основных фенологических фаз развития, таких как всходы, фаза 5-6 листьев, бутонизация, цветение, образование бобов, налив семян и созревание. Продолжительность и характер протекания всех фаз развития определяются главным образом технологией возделывания и метеорологическими условиями.

Как правило, для характеристики вегетационного периода растений гороха обычно рассматривают два основных промежутка роста: первый – от всходов до цветения (рост вегетативных органов), второй – от цветения до полного созревания культуры (развитие генеративных органов). В наших опытах основным фактором, в большей степени влияющим на продолжительность фаз развития и в целом вегетационного периода, были метеорологические условия отдельного года.

Более детальные сведения о длительности отдельных фаз и вегетационного периода растений гороха в целом по годам исследований представлены в приложениях 31-33. Анализируя данные 2011 года, можно утверждать, что меньшая продолжительность вегетационного периода растений (до 80 суток) обуславливалась дефицитом влаги в почве на период роста генеративных органов. Данные неблагоприятные условия года во многом определили продуктивность гороха, потому что в это время происходило формирование и рост плодов. Следует отметить, что урожайность гороха в 2011 году была минимальной за годы исследований (до 2,36 т/га). В 2012 и 2013 годах продолжительность периода вегетации растений была несколько большей (до 86 и 83 суток соответственно).

Усредненные трехлетние данные о продолжительности вегетационного периода и отдельных фаз развития растений гороха в зависимости от вариантов опыта приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Продолжительность межфазных периодов развития растений гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, сут. (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Продолжительность межфазных периодов						Продолжительность периода вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	14	22	8	8	9	18	79
	И	14	23	8	8	9	18	80
	Ам	13	22	8	8	9	18	79
	И+Ам	14	23	8	8	9	18	80
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	13	22	8	8	9	17	78
	И	14	23	8	8	9	18	81
	Ам	14	22	8	8	9	18	79
	И+Ам	14	23	8	8	9	18	80
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	14	22	8	8	9	18	79
	И	14	23	8	8	9	18	80
	Ам	14	23	8	8	9	18	80
	И+Ам	14	23	8	9	9	18	81
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	14	23	8	8	9	18	81
	И	14	23	8	9	9	19	82
	Ам	14	23	8	9	9	18	81
	И+Ам	14	24	8	9	9	18	82

Растения гороха закономерно положительно отзывались на повышение содержания питательных элементов в почве, увеличивая при этом время вегетации. Это связано прежде всего с обострением экстремальности условий при уменьшении элементов питания в почве, что обуславливается повышающимся соперничеством растений гороха между собой. А в конкурентных условиях, как известно, ускоряется развитие репродуктивных органов растений, вследствие чего происходит сокращение продолжительности вегетаци-

онного периода. Трехлетние исследования показали, что из трех фонов минеральных удобрений (фактор А) наибольший период вегетации растений был зафиксирован на фоне удобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$ и составил 81 день, а на неудобренном варианте – только 78 суток.

Из вариантов фактора В заметное увеличение периода вегетации обеспечивало сочетание предпосевной обработки семян ризоторфином с комплексным удобрением Агромастер. Продолжительность вегетационного периода на данном варианте составила 80 суток, что на 2 суток больше в сравнении с контрольным вариантом.

Предпосевная обработка семян комплексом макро- и микроэлементов (Агромастер) на длительность фенологических фаз гороха влияния не оказывала, хотя в отдельных случаях замечались некоторые тенденции несущественного увеличения отдельных периодов роста растений.

Таким образом, изучаемые агроприемы положительно влияли на темпы роста растений гороха. Максимальная продолжительность вегетационного периода была зафиксирована при сочетании изучаемых факторов. Так, совместная обработка семян ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер на фонах удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ способствовала увеличению периода вегетации на 3-5 суток относительно контроля.

4.2. Высота растений гороха

Высота растений гороха, согласно сортовой характеристике, может изменяться от 44 до 88 см, в зависимости от условий произрастания. Опытные данные ряда исследований подтверждают, что длина стебля зависит главным образом от особенностей сорта и условий возделывания [176, 177]. От высоты растений гороха, как известно, в значительной степени зависит полегаемость растений и технологичность уборки.

На высоту растений гороха в нашем полевом опыте в большей степени влияли погодные условия. Метеорологические условия 2012 года были наи-

более благоприятными для роста растений гороха в сравнении с двумя другими годами исследований. Длина стебля в зависимости от фона удобрений (фактор А) в этот год в фазе налива семян составляла от 86,7 до 95,2 см, в зависимости от вариантов фактора В – от 86,7 до 91,4 см (прилож. 35). Менее благоприятными по климатическим условиям для гороха были 2011 и 2013 годы, что отрицательно сказалось на ростовых процессах культуры (прилож. 34 и 36). В 2011 г. высота растений в фазе налива семян изменялась прямо пропорционально увеличению дозы диаммофоски – от 77,6 до 82,4 см, а в зависимости от вариантов с обработкой семян и растений – от 77,6 до 82,7 см. В 2013 г. значение этого показателя было минимальным за три года исследований и колебалось по вариантам опыта от 69,4 до 77,9 см.

Влияние макро-, микроудобрений и ризоторфина на высоту посевов кормовых бобов в конце цветения – начале плодообразования на опытных вариантах 2011 г. показано на рисунке 7.



Рисунок 7 – Растения гороха в начале фазы плодообразования по вариантам опыта (слева направо): $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$, $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$, $N_{10}P_{26}K_{26}+И+Ам$, контроль (2011 г.)

В среднем за годы исследований высота растений гороха на неудобренном фоне была наименьшей и варьировала в зависимости от вариантов фактора В менее заметно, чем на удобренных фонах. Так, в фазе налива семян на варианте с инокуляцией высота растений составляла 80,9 см, на варианте с обработкой Агромастером – 79,2 см, при сочетании инокуляции с Агромастером при обработке семян (И+Ам) – 83,3 см, на контрольном варианте длина стебля была несколько меньше – 77,9 см. Аналогичная закономерность наблюдалась и в другие фенологические фазы роста растений (табл. 20).

Таблица 20 – Высота растений гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, см (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	бутониза- ция	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созревание
Без удобрений	Контроль	11,3	36,6	49,1	68,4	77,9	79,9
	И	11,5	39,0	52,2	71,4	80,9	82,9
	Ам	11,3	37,4	49,7	69,2	79,2	80,8
	И+Ам	11,6	39,7	53,1	69,7	83,3	86,2
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	11,4	37,1	50,1	69,0	78,9	80,9
	И	11,6	39,5	53,9	72,4	82,3	84,6
	Ам	11,5	38,5	50,0	69,8	80,2	81,4
	И+Ам	11,7	40,4	55,4	74,1	84,2	86,9
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	12,1	40,2	55,0	73,3	81,8	86,5
	И	12,3	41,1	55,3	73,8	82,6	87,2
	Ам	12,2	40,8	55,2	74,5	83,5	86,8
	И+Ам	12,4	42,3	56,8	75,0	84,9	87,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	12,9	41,4	56,6	74,5	85,0	90,0
	И	13,0	41,8	57,3	75,2	85,2	89,4
	Ам	13,0	41,3	58,1	75,1	86,3	90,8
	И+Ам	13,3	43,8	59,2	76,5	87,0	92,1
HCP ₀₅ АВ		0,24-0,46	1,26-1,84	2,04-2,96	2,70-3,04	2,68-2,98	2,84-3,24
HCP ₀₅ А (NPK)		0,12-0,23	0,63-0,89	1,02-1,48	1,35-1,41	1,34-1,49	1,42-1,62
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,19-0,38	0,98-1,57	1,76-2,53	2,39-2,86	2,26-2,75	2,38-2,96

В целом наибольшее влияние на высоту растений изучаемого сорта оказали фоны основного удобрения. Внесение в основной прием минераль-

ных удобрений значительно увеличивало высоту растений, причем чем выше доза удобрений, тем больше были растения гороха, то есть была выявлена четкая зависимость изучаемого показателя от величины вносимого удобрения. К примеру, если доза удобрений $N_{10}P_{26}K_{26}$ способствовала увеличению стебля растений по фазам роста на 1-3 см, то внесение в основной прием $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ – на 2-5 и 4-8 см.

Как показывают трехлетние данные (прилож. 34-36), наиболее интенсивный рост растений гороха зафиксирован в период от фазы 5-6 листьев до фазы плодообразования; в дальнейшем наблюдался меньший прирост стебля. С наступлением фазы налива семян растения гороха практически прекращали свой рост.

Заслуживает внимания закономерность изменения высоты растений гороха при обработке семян ризоторфином на разнородных фонах. Так, на вариантах с инокуляцией семян на неодобренном фоне достаточно четко прослеживалось увеличение высоты растений во все фенологические фазы роста – в фазу бутонизации культуры растения были выше на 2,4 см, или на 6,6%, относительно контрольного варианта. Однако данная закономерность прослеживалась все меньше при увеличении дозы макроудобрений. А на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ при обработке семян ризоторфином величина данного показателя агроценоза менялась уже незначимо.

Корреляционная связь между урожайностью и высотой растений только в фазу плодообразования была слабой ($r = 0,5421 \pm 0,197$), а в другие фазы роста она была тесной и высоко положительной (в фазу 4-6 листьев $r=0,7019 \pm 0,168$, в фазу бутонизации $r=0,9132 \pm 0,096$, в фазу цветения $r=0,8499 \pm 0,124$, в фазу налива семян $r=0,8682 \pm 0,117$, в фазу созревания $r=0,8177 \pm 0,136$).

Таким образом, наиболее высокорослыми растения гороха были на вариантах И+Ам на фонах минеральных удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$. А наиболее низкорослыми – на неодобренных и на вариантах с обработкой семян Агромастером.

4.3. Динамика накопления сухого вещества гороха

Существует мнение, что между массой сухого вещества надземной биомассы и урожайностью культуры преобладает положительная корреляция. Но создание максимального сбора сухого вещества не может гарантировать получение высокого урожая семян, так как особенности формирования биологического и хозяйственного урожаев имеют ряд различий, особенно ввиду непредсказуемости метеорологических условий, приходящихся на период образования генеративных органов растения. Сбор сухого вещества с единицы площади во многом зависит от эффективности фотосинтетической деятельности растений гороха.

Полученные опытные данные показали, что наибольший сбор сухого вещества достигался в фазу созревания растений гороха. Значение данного показателя агроценоза значительно различалось в годы исследований в зависимости от погодных условий. Из приложений 37-39 видно, что сбор сухого вещества гороха по годам изменялся в зависимости от метеорологических условий. Так, наибольший сбор сухого вещества был получен в 2012 г. – в фазу созревания культуры – до $398,8 \text{ г/м}^2$, а в 2011 г. наблюдалось его заметное снижение (до $238,1 \text{ г/м}^2$), причиной которому послужил дефицит влаги в течение вегетации растений.

Основным фактором, определяющим дифференциацию накопления сухого вещества посевами гороха, оказались три фона основного удобрения (фактор А). Минеральные удобрения существенно увеличивали темпы накопления сухого вещества и в значительной степени увеличивали сбор сухой биомассы на всех опытных вариантах; причем положительное действие от внесения диаммофоски было выявлено уже на ранних фазах развития растений, когда эффект от применения инокуляции и Агромастера был практически незаметен. Так, уже в фазе 5-6 листьев фон удобрений $\text{N}_{30}\text{P}_{78}\text{K}_{78}$ увеличивал сбор сухого вещества на 17,1% относительно неудобренного фона.

Воздушно-сухая масса существенно возрастала в следующие фазы развития и сильно зависела от применения ризоторфина и Агромастера.

Самая высокая эффективность от применения инокуляции семян активным штаммом ризобий № 245 была на неудобренном фоне, где прибавка сухого вещества растениями составила от 1,6 г/м² в фазе 4-6 листьев до 10,2 г/м² в фазе созревания культуры. При увеличении дозы основного удобрения эффективность от ризоторфина заметно снижалась, и на фоне N₃₀P₇₈K₇₈ его влияние было уже незначимо, а в отдельные фазы развития даже снижало сбор сухого вещества. Усредненные трехлетние данные о накоплении сухого вещества растениями гороха представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Динамика накопления горохом сухого вещества по фазам развития в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, г/м² (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	бутонизация	цветение	образование бобов	налив семян	созревание
Без удобрений	Контроль	43,5	115,9	158,0	207,6	247,0	274,5
	И	45,1	119,7	164,9	215,3	253,0	284,7
	Ам	43,2	113,9	160,2	209,0	247,2	276,7
	И+Ам	45,6	120,3	165,8	218,5	255,2	286,2
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	44,8	120,0	162,0	211,0	251,0	282,6
	И	46,3	123,5	165,5	213,7	254,6	286,8
	Ам	45,3	120,9	164,6	211,3	252,3	283,8
	И+Ам	46,6	124,0	166,9	214,8	258,6	287,6
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	48,4	124,4	172,1	221,7	258,0	289,9
	И	48,8	124,9	171,6	221,0	259,0	290,8
	Ам	49,2	128,1	175,1	223,4	257,7	291,4
	И+Ам	49,7	128,1	174,5	224,0	261,8	295,1
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	52,2	133,3	182,0	232,0	273,5	304,5
	И	52,8	133,3	181,6	233,1	273,2	305,7
	Ам	53,0	133,7	183,7	234,3	274,1	306,1
	И+Ам	54,5	137,0	184,2	235,0	277,0	307,6
НСП ₀₅ АВ		1,4-2,8	3,4-6,0	5,2-9,4	7,0-10,2	8,2-12,6	9,8-13,6
НСП ₀₅ А (NPK)		0,7-1,4	1,7-3,0	2,6-4,7	3,5-5,1	4,2-6,3	4,9-6,8
НСП ₀₅ В (И,Ам)		1,2-2,1	2,4-5,1	4,5-7,9	6,1-8,7	7,3-10,5	8,6-12,2

Корреляционная связь между накоплением сухого вещества и урожайностью гороха была средней, что подтверждает расчет коэффициента корреляции, который находился в пределах 0,7109 - 0,7698.

4.4. Число и масса активных клубеньков на корнях гороха

На сегодняшний день существует ряд исследований, подтверждающих то, что продуктивность гороха во многом определяется активностью клубеньковых бактерий и эффективностью их симбиоза с растением [178, 179].

На образование клубеньков на корнях растений гороха большое влияние оказывают различные факторы. Количество и масса клубеньков на корнях растений гороха могут изменяться в больших пределах, в зависимости от внешних условий. При благоприятных условиях образуется больше клубеньков, и растение развивается лучше. Засушливые условия 2011 года, приходившиеся на первую половину вегетации культуры, спровоцировали острый недостаток почвенной влаги. Это отразилось как на общем развитии растений, так и на их азотфиксирующей деятельности, так как была зафиксирована минимальная численность клубеньков на одном растении по всем изучаемым вариантам (прилож. 40).

Потребность клубеньковых бактерий в микроэлементах сравнительно невысокая, но при их отсутствии азотфиксация заметно снижается. У гороха период жизнедеятельности клубеньковых бактерий достаточно короткий, так как после фазы цветения они начинают разрушаться. А действие макро- и микроудобрений существенно влияет на образование и массу активных клубеньков за счет улучшения условий их жизнедеятельности.

Применение ризоторфина как отдельно, так и совместно с комплексным удобрением Агромастер стимулировало образование клубеньков на всех опытных вариантах. Наибольшее число активных азотфиксирующих клубеньков на корнях растений гороха отмечалось в фазе бутонизации.

Количество клубеньков на одном растении является важным показателем симбиотического аппарата растений гороха, однако множество мелких клу-

беньков иногда неверно характеризует эффективность бобово-ризобийного симбиоза. Следовательно, для более корректной визуальной характеристики симбиотического аппарата необходимо учитывать массу клубеньков. Масса активных клубеньков формировалась на корнях гороха в большей степени в фазе бутонизации, но была значительной и в фазе цветения, особенно на варианте И+Ам на фонах удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$. Превышение данного показателя по сравнению с контролем в фазу бутонизации растений составляло соответственно 0,051 и 0,048 г/раст. (табл. 22).

Таблица 22 – Показатели симбиотической деятельности гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Число активных клубеньков, шт./раст.			Масса активных клубеньков, г/раст.		
		5-6 листьев	бутонизация	цветение	5-6 листьев	бутонизация	цветение
Без удобрений	Контроль	12,5	17,8	13,2	0,061	0,092	0,073
	И	16,3	23,4	18,7	0,080	0,115	0,093
	Ам	11,7	16,6	13,3	0,065	0,097	0,075
	И+Ам	17,3	24,5	19,2	0,091	0,117	0,097
$N_{10}P_{26}K_{26}$	Контроль	13,7	18,9	13,6	0,080	0,095	0,084
	И	17,3	24,7	19,7	0,095	0,124	0,099
	Ам	13,3	17,6	15,1	0,096	0,105	0,091
	И+Ам	18,2	25,7	20,8	0,098	0,134	0,102
$N_{20}P_{52}K_{52}$	Контроль	15,0	19,6	14,2	0,077	0,100	0,085
	И	19,0	26,0	20,4	0,097	0,123	0,105
	Ам	15,3	19,2	16,0	0,097	0,110	0,096
	И+Ам	20,4	26,9	21,7	0,110	0,143	0,110
$N_{30}P_{78}K_{78}$	Контроль	15,7	20,2	15,1	0,092	0,098	0,094
	И	20,7	26,7	21,8	0,103	0,135	0,104
	Ам	15,9	21,0	17,2	0,097	0,119	0,097
	И+Ам	21,7	28,0	23,7	0,112	0,140	0,125
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
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
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

Варианты с применением инокуляции семян отличались значительным увеличением числа клубеньков на одном растении относительно контрольного варианта, причем внесение минеральных удобрений делало данную закономерность более выраженной. Исследования показали, что на вариантах с применением ризоторфина и удобрения Агромастер при предпосевной обработке семян с фоном удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ клубеньки на корнях растений были сосредоточены в большей степени на главном корне и имели розоватый цвет. На контрольном варианте и на фоне удобрений $N_{10}P_{26}K_{26}$ формировались клубеньки меньшего размера и располагались преимущественно на придаточных корнях и поодиночке, имели серый цвет. Наши трехлетние исследования показали, что внесение макроудобрений порядка $N_{30}P_{78}K_{78}$ в сочетании с инокуляцией семян и обработкой комплексным удобрением Агромастер повышало количество активных клубеньков на одном растении и составляло в фазу бутонизации растений 28,0 шт., что на 10,2 шт. больше, чем на контрольном варианте.

К фазе цветения на всех вариантах заметно снижалось количество клубеньков на растениях. Но по вариантам все закономерности по влиянию исследуемых агроприемов на количество и массу клубеньков сохранились. Снижение количества клубеньков связано прежде всего с отторжением их лишнего числа из-за увеличения затрат ассимилянтов на закладку репродуктивных органов. То есть в фазу цветения в растениях гороха происходят обменные процессы, конечная цель которых – создание максимального количества семян.

Корреляционный анализ выявил сильную положительную связь как между числом клубеньков и урожайностью, так и между массой клубеньков и урожайностью. Так, в фазу цветения коэффициент корреляции составил $r=0,9594 \pm 0,067$ и $r=0,9459 \pm 0,076$, в фазу плодообразования и налива семян – $r=0,9020 \pm 0,102$ и $r=0,9482 \pm 0,075$; $r=0,9411 \pm 0,08$ и $r=0,9366 \pm 0,083$.

4.5. Содержание леглоглобина в клубеньках гороха

В результате благоприятных внешних условий в цитоплазме размножающиеся бактериальные клетки укрупняются примерно в 10 раз и изменяют свою форму, образуя бактериоиды. Клубеньки, заполненные такими бактериоидами, приобретают розовую окраску, что свидетельствует о наличии в них пигмента леглоглобина. При этом активность симбиотической азотфиксации гороха зависит от интенсивности биохимических процессов, в которых важное участие принимает леглоглобин. По его концентрации в клубеньках можно довольно точно судить об интенсивности протекания фиксации атмосферного азота.

Как показали данные лабораторного анализа в наших исследованиях, больше леглоглобина в цитоплазме клубеньков гороха было в фазу бутонизации, то есть во время их наибольшей активности, так как число и масса активных клубеньков в данную фазу развития растений также были наибольшими.

Активность симбиотического аппарата зависит от питательного и водно-воздушного режимов, которые, в свою очередь, тесно связаны с погодными условиями. Результаты наших исследований показали, что концентрация леглоглобина в клубеньках гороха варьировала в зависимости от климатических особенностей. Наибольшее его содержание в клубеньках было зафиксировано в 2012 году. Нельзя не отметить тот факт, что, в отличие от других лет исследования, максимальная концентрация леглоглобина, как показывают данные приложения 44, была в фазе цветения культуры и составила от 1,95 до 2,44 мг/г сырых клубеньков по вариантам.

Наименьшим содержание леглоглобина было в 2013 году, что во многом объясняется дефицитом влаги в почве, приходящимся на период цветения гороха. Недостаток влаги отрицательно сказался как в целом на формировании клубеньков, так и на их качественном составе – содержание леглоглобина в фазе бутонизации растений в зависимости от исследуемых факторов варьировало от 0,89 до 1,34 мг/г сырых клубеньков (прилож. 45). В 2011 году со-

держание леоглобина в клубеньках в фазе бутонизации было в пределах от 1,77 до 2,26 мг/г сырых клубеньков, а к фазе цветения его концентрация заметно снижалась и составляла соответственно от 1,23 до 2,00 мг/г сырых клубеньков (прилож. 43).

Удобрения (фактор А) слабо влияли на содержание леоглобина в клубеньках (табл. 23).

Таблица 23 – Содержание леоглобина в клубеньках гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, мг/г сырых клубеньков (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Леоглобин, мг/г сырых клубеньков		
		5-6 листьев	бутонизация	цветение
Без удобрений	Контроль	1,10	1,52	1,33
	И	1,37	1,71	1,63
	Ам	1,11	1,55	1,37
	И+Ам	1,40	1,74	1,62
N ₁₀ P ₂₀ K ₂₆	Контроль	1,14	1,57	1,45
	И	1,48	1,82	1,75
	Ам	1,19	1,61	1,53
	И+Ам	1,52	1,92	1,78
N ₂₀ P ₃₂ K ₅₂	Контроль	1,18	1,68	1,54
	И	1,62	1,94	1,83
	Ам	1,24	1,81	1,62
	И+Ам	1,70	2,02	1,86
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	1,24	1,75	1,59
	И	1,71	2,01	2,41
	Ам	1,34	1,84	1,74
	И+Ам	1,83	2,03	1,91
НСР ₀₅ АВ		0,04-0,07	0,05-0,07	0,04-0,08
НСР ₀₅ А (NPK)		0,02-0,04	0,02-0,04	0,02-0,04
НСР ₀₅ В (И,Ам)		0,03-0,05	0,04-0,06	0,03-0,06

Из вариантов фактора В наиболее ощутимая прибавка леоглобина в клубеньках была на опытных делянках с применением бобового ризоторфина. Так, на варианте с инокуляцией концентрация леоглобина в фазе налива

семян была (в зависимости от фона удобрений) на 0,19-0,26 мг/г сырых клубеньков больше, чем на контроле. Причем как отдельно, так и совместно с комплексным удобрением Агромастер. Сочетание ризоторфина с Агромастером (И+Ам) при обработке семян увеличивало значение исследуемого качественного показателя симбиотической азотфиксации в фазе бутонизации на неудобренном фоне на 14,5% относительно контроля.

Таким образом, проведенный качественный анализ клубеньков гороха показал, что содержание в них легоглобина наиболее полно характеризует особенности формирования симбиотического аппарата в зависимости от изучаемых факторов. Так, при неблагоприятных погодных условиях содержание легоглобина увеличивалось лишь до фазы бутонизации, а в фазе цветения концентрация легоглобина начинала резко снижаться, когда легоглобин переходил в холеглобин. Тем не менее, на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ совместно с обработкой семян ризоторфином и Агромастером концентрация легоглобина в фазе бутонизации растений увеличивалась до 2,03 мг/г сырых клубеньков, что на 33,6% больше, чем на контрольном варианте (рис. 8).

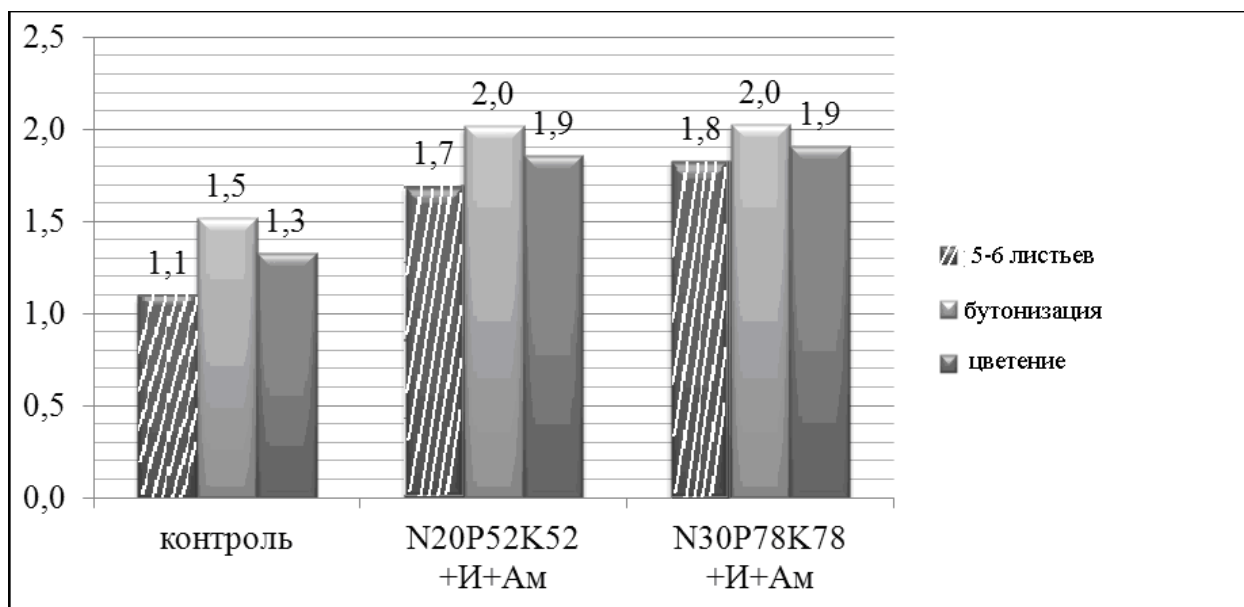


Рисунок 8 – Содержание легоглобина в клубеньках гороха на лучших вариантах и на абсолютном контроле, 2011-2013 гг.

Расчёт коэффициента корреляции между содержанием леглобина и урожайностью показал тесную положительную связь: в фазе цветения – $r=0,9053\pm0,100$, плодообразования – $r=0,8912\pm0,107$ и в фазе налива семян $r=0,9114\pm0,097$.

4.6. Активный симбиотический потенциал гороха

Количество фиксированного атмосферного азота зависит не только от числа, массы активных клубеньков и содержания в них леглобина, но и от продолжительности функционирования симбиотического аппарата. Активный симбиотический потенциал (АСП) объединяет эти критерии.

При избыточном или недостаточном увлажнении клубеньки на корнях гороха могут отмирать, но в дальнейшем могут вновь образоваться при оптимальной влажности. Поэтому рассмотрим величину АСП агроценоза, характеризующую общий процесс азотфиксации, а также сравним его эффективность по вариантам опыта.

Величина АСП в нашем опыте сильно зависела от погодных условий опытных лет. Так, во второй год исследований (2012 г.) АСП был больше, чем в другие годы. К примеру, на варианте с применением горохового ризоторфина (И) в 2012 году АСП за вегетацию составил $6055 \text{ кг}\times\text{дней/га}$, а в 2011 и 2013 годах – лишь 3947 и $4502 \text{ кг}\times\text{дней/га}$ соответственно (прилож. 46-48).

В 2011 и 2012 годах наибольшие значения АСП за вегетацию наблюдались на вариантах И+Ам с фоном полного удобрения $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 4808 и $7605 \text{ кг}\times\text{дней/га}$, а в 2013 году на варианте И+Ам на том же фоне – $5395 \text{ кг}\times\text{дней/га}$.

Три года исследований показали, что величина АСП увеличивалась по фазам роста, достигая максимума в период бутонизация – цветение (от 1451 до $2383 \text{ кг}\times\text{дней/га}$), затем наблюдалось его снижение.

Наиболее эффективным из вариантов фактора В оказался вариант с применением горохового ризоторфина (АСП за вегетацию –

4834 кг×дней/га). Инокуляция семян обеспечивала увеличение АСП на 35,8% относительно контроля (табл. 24).

Таблица 24 – Активный симбиотический потенциал гороха по фазам вегетации в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, кг×дней/га (2011-2013 гг.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений						За период вегетации
		всходы - 5-6 листьев	5-6 листьев - бутони- зация	бутони- зация - цветение	цветение - образо- вание бобов	образо- вание бобов - налив семян	налив семян - созрева- ние	
Без удобрений	Контроль	196	449	1451	760	414	289	3559
	И	212	608	1943	1077	660	334	4834
	Ам	193	478	1587	915	574	298	4045
	И+Ам	216	661	1972	1162	569	347	4927
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	198	489	1454	867	512	259	3779
	И	214	726	2087	1036	585	334	4982
	Ам	208	710	1777	1046	602	305	4648
	И+Ам	219	737	2071	1052	624	339	5042
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	209	522	1487	874	478	282	3852
	И	223	755	2185	1231	610	371	5375
	Ам	203	726	1859	1163	647	347	4945
	И+Ам	225	742	2322	1307	661	377	5634
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	213	591	1581	860	481	326	4052
	И	226	797	2405	1312	642	367	5749
	Ам	206	752	2123	1226	749	345	5401
	И+Ам	230	766	2383	1515	654	388	5936

Положительный эффект от предпосевной обработки семян Агромастером прослеживался на всех опытных вариантах. Наибольшую активность азотфиксации обеспечивало сочетание комплексного удобрения Агромастер с инокулянтом (И+Ам). Усредненные трехлетние данные показали, что величина АСП за вегетацию на контрольном варианте составила 3559 кг×дней/га, на варианте И+Ам она была больше на 38,4%, а на варианте Ам – только на 13,7%.

Внесение в основной прием полного удобрения также способствовало увеличению активного симбиотического потенциала. Значение АСП на вари-

анте $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ (5936 кг×дней/га) было выше этого показателя на том же варианте, но на неудобренном фоне (4927 кг×дней/га), на 20,5%.

Таким образом, максимальная величина АСП в среднем за три года исследований наблюдалась на опытных делянках с комплексным применением бактериальных и минеральных удобрений. Так, наибольшим АСП (5634 и 5936 кг×дней/га) характеризовались варианты И+Ам на фонах удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$.

4.7. Структура и величина урожайности гороха

Формирование урожая у гороха, как и всех зернобобовых культур, представляет более сложный процесс, чем у других культур. Это связано прежде всего с более сложным регулированием количества продуктивных стеблей и значительной зависимостью их развития от метеорологических факторов.

Продуктивность гороха в наших исследованиях определялась количеством сохранившихся к уборке растений на 1 м^2 , числом семян на растении и их массой.

Данные таблицы 25 показали, что выживаемость растений к уборке была одним из самых важных показателей. Число сохранившихся растений гороха ко времени уборки изменялось в годы исследований в большей степени в зависимости от метеорологических условий (прилож. 49-51). К примеру, в 2013 году число растений перед уборкой по вариантам было наименьшим (71-74 шт./м²), а в 2012 – наибольшим (87-91 шт./м²).

При этом изучаемые фоны полного удобрения хотя и незначительно, но влияли на данный элемент структуры. Средние данные за три года показали, что наибольшую выживаемость обеспечивал фон удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ в сочетании с инокуляцией семян – число семян перед уборкой составило

81 шт./м². Ризоторфин и Агромастер практически не влияли на данный элемент структуры урожайности.

Формирование бобов у гороха представляет собой процесс постепенного цветения плодоносящих междоузлий. Поэтому, в зависимости от факторов окружающей среды, число бобов на растении может изменяться в широких пределах. Однако в наших исследованиях число бобов на растениях гороха за годы проведения опытов изменялось незначительно, от 3,7-4,0 в 2012 г. до 5,1-5,4 в 2013 г.

Изучаемые агроприемы по-разному влияли на данный элемент структуры. Так, наилучший результат в среднем за три опытных года был получен на вариантах с ризоторфином на фоне макроудобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 4,6 боба на растении. Число семян в бобе также увеличивалось с повышением дозы полного удобрения и при использовании инокулянта. Важную роль в повышении индивидуальной продуктивности растений гороха сыграло внесение в основной прием разных доз диаммофоски. Опытные данные за три года исследований показали, что из вариантов фактора А наибольшую биологическую урожайность бобов обеспечивал фон удобрений $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 3,08 т/га, что на 0,35 т больше, чем на неудобренном фоне.

Инокулянт и Агромастер также положительно отразились на структуре урожайности культуры. Высокоэффективным оказалось действие горохового ризоторфина (штамм 245), обеспечившего получение прибавки урожайности 0,35 т/га, при этом на контрольном варианте она составила 2,73 т/га. Лучшими оказались варианты с применением Агромастера в сочетании с инокуляцией семян (И+Ам), прибавка урожайности на которых составила 0,39 т/га.

Наиболее продуктивным оказалось совместное применение макро-, микро- и бактериальных удобрений. Так, наибольшая прибавка биологической урожайности гороха к абсолютному контролю (без инокуляции и удобрений) была на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$ и $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ и составила соответственно 0,63 и 0,71 т/га (табл. 25).

Таблица 25 – Элементы структуры урожая гороха в зависимости от применения инокуляции семян, макро- и микроудобрений, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Среднее число, шт.			Масса, г		Биологическая урожайность, т/га
			бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	семян на растении	
Без удобрений	Контроль	78	4,3	3,5	14,7	239,3	3,5	2,73
	И	79	4,4	3,7	16,2	239,8	3,9	3,08
	Ам	79	4,3	3,6	15,2	239,9	3,6	2,84
	И+Ам	80	4,4	3,7	16,2	239,4	3,9	3,12
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	79	4,3	3,5	15,1	241,6	3,7	2,92
	И	80	4,5	3,7	16,5	239,3	4,0	3,20
	Ам	78	4,3	3,7	15,7	239,9	3,8	2,96
	И+Ам	81	4,4	3,8	16,5	242,4	4,0	3,24
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	80	4,3	3,6	15,6	240,1	3,8	3,04
	И	81	4,5	3,8	16,9	241,0	4,1	3,32
	Ам	79	4,4	3,8	16,4	239,9	4,0	3,16
	И+Ам	80	4,5	3,9	17,3	240,0	4,2	3,36
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	79	4,4	3,7	16,1	240,8	3,9	3,08
	И	80	4,6	3,9	17,4	240,2	4,2	3,36
	Ам	79	4,5	3,8	16,8	240,1	4,0	3,16
	И+Ам	80	4,6	3,9	17,8	241,3	4,3	3,44
НСП ₀₅ АВ		-	-	-	-	-	-	0,46-0,78
НСП ₀₅ А (НРК)		-	-	-	-	-	-	0,23-0,39
НСП ₀₅ В (И,Ам)		-	-	-	-	-	-	0,37-0,57

Таким образом, анализ структуры урожайности гороха сорта Фокор показал, что под действием изучаемых удобрений в разной степени увеличивалась масса семян на одном растении, тем самым обеспечивалась основная прибавка урожайности. При этом число растений перед уборкой на 1 м² в зависимости от вариантов факторов А и В практически не менялось.

На урожайность гороха, как и всех сельскохозяйственных культур, очень большое, а в некоторых случаях даже решающее, значение оказывают метеорологические условия, которые могут по-разному повлиять на действие изучаемых нами факторов опыта. В силу индивидуальных генетических особенностей, любой сорт по-своему реагирует на изменение внешних условий

среды и, как следствие, может проявлять противоречивые закономерности изменения тех или иных параметров. Для оценки урожайности культуры необходимо ее сравнивать за несколько лет.

Урожайность гороха за годы исследований колебалась в зависимости от погодных условий и действия макро- и микро- и бактериальных удобрений. Наибольшая урожайность гороха в опыте получена в 2012 году, чему способствовала достаточно теплая погода в сочетании с необходимым для данной культуры количеством осадков; по вариантам она изменялась в пределах от 2,68 до 3,61 т/га. Самая низкая урожайность гороха была зафиксирована в 2011 году на неудобренном фоне – от 1,87 до 2,36 т/га. Формирование продуктивности гороха в 2011 году зависело напрямую от сложных погодных условий: уже на первых этапах онтогенеза отмечался недостаток влаги в почве и повышенный температурный режим. Неблагоприятные метеоусловия позволили выявить четкую зависимость урожайности культуры от изучаемых агроприемов.

В наших исследованиях внесение в основной прием полного минерального удобрения диаммофоски обеспечивало повышение урожайности с увеличением их дозы, но незначительно. При внесении $N_{10}P_{26}K_{26}$ урожайность культуры увеличивалась на 0,12 т/га, или 5,4%, а фон $N_{20}P_{52}K_{52}$ обеспечивал получение прибавки в размере 0,18 т/га, или 8,1%. Наибольшая прибавка урожайности гороха от макроудобрений была на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 0,28 т/га, или 12,6%; урожайность при этом составила 2,51 т/га.

Из отдельно применяемых вариантов фактора В более значимые прибавки урожая были получены при использовании бактериального удобрения. На фоне без удобрений от ризоторфина урожайность увеличивалась на 0,28 т/га, или 12,6%, относительно контрольного варианта; на фоне $N_{10}P_{26}K_{26}$ – на 0,30 т/га, или 12,8%; на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ – на 0,37 т/га, или 15,4%; на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ – на 0,39 т/га, или 15,5% (табл. 26).

Таблица 26 – Урожайность гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, т/га

Фон удобрений	Вариант	Урожайность			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	средняя
Без удобрений	Контроль	1,87	2,68	2,14	2,23
	И	2,01	3,12	2,39	2,51
	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
	И	2,16	3,21	2,58	2,65
	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
	И	2,19	3,33	2,83	2,78
	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
	И	2,29	3,47	2,95	2,90
	Ам	2,06	3,31	2,60	2,66
	И+Ам	2,36	3,61	3,10	3,02
HCP ₀₅ АВ		0,04	0,08	0,06	-
HCP ₀₅ А (NPK)		0,02	0,04	0,03	-
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,04	0,04	0,05	-

В сравнении с основными минеральными удобрениями влияние на урожайность гороха предпосевной обработки семян комплексным удобрением Агромастер было меньше. Обработка семян данным препаратом на не-удобренном фоне давала прибавку урожайности 0,08 т/га, или 3,6%, относительно контроля; на фоне N₁₀P₂₆K₂₆ – на 0,16 т/га, или 6,8%; на фоне N₂₀P₅₂K₅₂ – на 0,18 т/га, или 7,5%; на фоне N₃₀P₇₈K₇₈ – на 0,15 т/га, или 6,0%.

Однако самые высокие прибавки урожайности были получены при совместном применении инокуляции и предпосевной обработки семян удобрением Агромастер. Прибавка урожайности на данном варианте на фоне без удобрений составила 0,34 т/га, или 15,2%, относительно контроля; на фоне

$N_{10}P_{26}K_{26} - 0,36$ т/га, или 15,3%; на фоне $N_{20}P_{52}K_{52} - 0,50$ т/га, или 20,7%; на фоне $N_{30}P_{78}K_{78} - 0,51$ т/га, или 20,3%.

Оценка частных различий (всех вариантов с общим контролем – вариантом без основного удобрения, инокуляции семян и применения Агромастера) показала, что наибольшая урожайность гороха была отмечена именно на удобренных вариантах с хорошо развитым бобово-ризобийным аппаратом, вследствие инокуляции семян и предпосевной обработки Агромастером, и с лучшим формированием ими клубеньков. Наиболее существенные прибавки в опыте были получены на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам - 0,68$ т/га, или 30,5%; и $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам - 0,79$ т/га, или 35,4%.

4.8. Качество семян гороха

Основными показателями качества семян гороха являются процентное содержание в них белка и жира. Пищевая ценность семян гороха определяется их белковостью. Наши исследования показали, что содержание белка в семенах определялось в большей степени метеорологическими условиями вегетационного периода культуры, чем действием бактериальных и минеральных удобрений.

В нашем опыте наибольшая белковость семян гороха была отмечена в 2013 году – 21,5-23,3%, что связано, прежде всего, с повышенным температурным режимом в фазе налива семян. Меньшее содержание белка в семенах было в 2011 году – 20,3-22,6%, в особенности во влагообеспеченном 2012 году – от 18,8 до 20,6%, когда в периоды с наибольшим водопотреблением посевы не ощущали недостатка влаги, увеличивая при этом урожай.

Внесение минеральных удобрений (фактор А) способствовало значительному увеличению урожайности гороха при увеличении их дозы, но содержание белка при этом имело тенденцию уменьшения, что объясняется эффектом «биологического разбавления» белка азота большей урожайностью. На неудоб-

ренном фоне процент белка в среднем за три года составил 20,8%, а внесение 3 ц диаммофоски ($N_{30}P_{78}K_{78}$) снижало белковость на 2,1% (табл. 27).

Таблица 27 – Содержание белка и жира в семенах гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений

Фон удобрений	Вариант	Содержание, %							
		белка				жира			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем	2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Без удобрений	Контроль	21,5	18,9	22,1	20,8	0,9	1,2	0,9	1,0
	И	21,9	20,1	23,1	21,7	0,9	1,0	0,8	0,9
	Ам	21,4	18,8	22,2	20,8	1,0	1,1	0,9	1,0
	И+Ам	22,4	20,4	23,3	22,0	0,8	1,1	0,9	0,9
$N_{10}P_{26}K_{26}$	Контроль	21,3	18,8	21,7	20,6	1,0	1,1	1,0	1,0
	И	22,6	20,2	22,8	21,9	0,9	1,0	0,9	0,9
	Ам	21,8	19,6	21,9	21,1	0,9	1,1	0,9	1,0
	И+Ам	22,0	20,0	22,6	21,5	1,0	0,9	0,8	0,9
$N_{20}P_{52}K_{52}$	Контроль	20,7	19,7	21,8	20,7	1,1	1,1	0,9	1,0
	И	21,6	20,6	22,4	21,5	0,9	1,0	0,9	0,9
	Ам	20,5	19,8	22,0	20,8	0,9	1,1	0,8	0,9
	И+Ам	22,3	19,3	22,7	21,4	1,0	1,1	0,9	1,0
$N_{30}P_{78}K_{78}$	Контроль	20,2	19,4	21,6	20,4	1,1	1,1	1,0	1,1
	И	20,8	19,7	21,9	20,8	0,9	1,1	0,9	1,0
	Ам	20,3	19,2	21,5	20,3	1,0	1,0	1,0	1,0
	И+Ам	20,7	19,5	22,6	20,9	1,0	1,1	1,0	1,0
HCP ₀₅ АВ		0,90	0,64	0,92	-	0,02	0,04	0,02	-
HCP ₀₅ А (NPK)		0,45	0,32	0,46	-	0,01	0,02	0,01	-
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,68	0,65	0,74	-	0,02	0,03	0,02	-

Большее накопление белка в семенах гороха обеспечивали варианты фактора В с применением бактериального препарата ризоторфина. Если на абсолютном контроле белковость семян составляла 20,8%, то уже на варианте И она повышалась до 21,7%. Максимальный процент белка в семенах гороха был на вариантах с обработкой семян ризоторфином и Агромастером (И+Ам) – 22,0%.

Как уже было отмечено, варианты с применением макроудобрений в целом снижали белковость семян гороха, тем не менее лучшие варианты фактора В – И+Ам на разных агрофонах способствовали некоторому повышению содержания белка, при этом урожайность также имела тенденцию повышения. Так, семена с высокой белковостью – 21,4% были получены на варианте И+Ам с фоном удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$.

Проведенный корреляционный анализ позволил выявить наличие слабой положительной корреляции урожайности с белковостью семян (коэффициент корреляции $r=0,2844$), связь урожайности и содержания жира была слабой отрицательной ($r=-0,1660$).

Такой показатель, как содержание белка в семенах гороха, характеризует качество продукции, а для оценки изучаемых агроприемов с точки зрения белковой продуктивности лучше рассматривать сбор белка с единицы площади, который во многом определяется полученной урожайностью культуры.

В наших исследованиях сбор белка с единицы площади значительно различался по годам. Так, максимальный сбор белка был получен в 2012 году, что прежде всего обусловлено получением самой высокой урожайности за три года исследований. В 2011 и 2013 годах, несмотря на больший процент белка в семенах, сбор его получился заметно меньшим. Нельзя не отметить, что изучаемый показатель за три опытных года был неоднозначным по опытным вариантам, в частности по обработкам семян ризоторфином и Агромастером. Этот факт определялся погодными условиями и агротехническими факторами, которые по-разному влияли на содержание белка, урожайность, а значит, и на выход белка по исследуемым вариантам.

Трехлетние исследования показали, что наиболее урожайные и масличные варианты опыта обеспечили самые большие сборы масла с единицы площади (табл. 28).

Таблица 28 – Сборы белка и жира гороха в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений

Фон удобрений	Вариант	Сбор, кг/га							
		белка				жира			
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем	2011 г.	2012 г.	2013 г.	В среднем
Без удобрений	Контроль	402,1	506,5	472,9	460,5	16,8	32,2	19,3	22,8
	И	440,2	627,1	552,1	539,8	18,1	31,2	19,1	22,8
	Ам	413,0	530,2	486,2	476,5	19,3	31,0	19,7	23,3
	И+Ам	459,2	650,8	573,2	561,1	16,4	35,1	22,1	24,5
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	411,1	537,7	488,3	479,0	19,3	31,5	22,5	24,4
	И	488,2	648,4	588,2	574,9	19,4	32,1	23,2	24,9
	Ам	431,6	607,6	536,6	525,3	17,8	34,1	22,1	24,7
	И+Ам	473,0	654,0	614,7	580,6	21,5	29,4	21,8	24,2
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	397,4	575,2	523,2	498,6	21,1	32,1	21,6	24,9
	И	473,0	686,0	633,9	597,6	19,7	33,3	25,5	26,2
	Ам	426,4	607,9	574,2	536,2	18,7	33,8	20,9	24,5
	И+Ам	501,8	679,4	671,9	617,7	22,5	38,7	26,6	29,3
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	397,9	597,5	533,5	509,6	21,7	33,9	24,7	26,8
	И	476,3	683,6	646,1	602,0	20,6	38,2	26,6	28,5
	Ам	418,2	635,5	559,0	537,6	20,6	33,1	26,0	26,6
	И+Ам	488,5	704,0	700,6	631,0	23,6	39,7	31,0	31,4

Таким образом, наибольшие сборы белка – 618 и 631 кг/га и жира – 29 и 31 кг/га с урожаем семян гороха были получены на вариантах N₂₀P₅₂K₅₂+И+Ам и N₃₀P₇₈K₇₈+И+Ам.

4.9. Корреляционные связи изучаемых признаков гороха

Результаты корреляционного анализа рассматриваемых признаков гороха представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Корреляционная матрица у растений гороха по признакам

Показатель	Урожайность	Высота растений	Сбор сухого вещества	Число клубеньков	Содержание легоглобина	АСП	Бобов на растении	Семян в бобе	Семян на растении	Масса 1000 семян	Содержание белка	Содержание жира
Урожайность	1,0000											
Высота растений	0,8667	1,0000										
Сбор сухого вещества	0,7458	0,9369	1,0000									
Число клубеньков	0,9401	0,7751	0,6057	1,0000								
Содержание легоглобина	0,9647	0,8323	0,7268	0,9419	1,0000							
АСП	0,9510	0,7913	0,6738	0,8929	0,9235	1,0000						
Число бобов на растении	0,9190	0,8430	0,7780	0,8824	0,9389	0,9034	1,0000					
Число семян в одном бобе	0,9355	0,8464	0,6980	0,8601	0,8984	0,9349	0,8512	1,0000				
Число семян на одном растении	0,9850	0,9037	0,7830	0,9295	0,9514	0,9549	0,9396	0,9529	1,0000			
Масса тысячи семян	0,3927	0,4161	0,3950	0,3682	0,3543	0,2546	0,2453	0,2541	0,3346	1,0000		
Содержание белка	0,2844	-0,0159	-0,2765	0,5016	0,2695	0,3446	0,1740	0,2947	0,2750	-0,1275	1,0000	
Содержание жира	-0,1660	0,0675	0,3283	-0,3240	-0,1708	-0,2952	-0,1015	-0,2405	-0,1834	0,1268	-0,6895	1,0000

Рисунок 9 – Корреляционная плеяда вегетативно-функциональных признаков гороха

Выявление корреляций между хозяйственно ценными признаками и показателями симбиотической азотфиксации у гороха показало, что на семенную продуктивность существенное влияние оказывают: количество бобов на одном растении ($r=0,9190$), число семян одного боба ($r=0,9355$); число семян с растения ($r=0,9850$). Установлено также, что корреляционная связь между показателями симбиотической азотфиксации (число клубеньков на растении, содержание в них леглобина и АСП) и признаками второй группы (количество бобов с растения, семян с одного боба, семян с растения) была сильной, положительной и тесной ($r=0,8601-0,9549$). Это говорит о том, что высокая активность бобово-ризобияльного симбиоза способствует лучшему формированию элементов структуры урожайности.

Масса 1000 семян гороха, в отличие от других признаков второй группы, имела слабую положительную связь со всеми вегетативно-функциональными признаками ($r=0,2453-0,4161$). Между массой 1000 семян и содержанием белка корреляция была слабой отрицательной ($r=-0,1275$).

При определении содержания белка в зерне выявлена слабая тенденция повышения его содержания при росте урожайности ($r=0,2844$). Содержание жира имело слабую отрицательную связь с урожайностью ($r=-0,1660$), а с содержанием белка – среднюю отрицательную ($r=-0,6895$), что вполне закономерно.

Таким образом, анализ корреляции между всеми возможными сочетаниями изучавшихся признаков выявил наличие положительных и отрицательных связей у одних признаков по сравнению с другими. Применение минеральных и бактериальных удобрений при возделывании гороха способствовало лучшему росту и развитию растений, активности бобово-ризобияльного симбиоза, а данные показатели находятся в тесной положительной связи с урожайностью культуры, что подтверждается проведенным корреляционным анализом.

5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ БОБОВ И ГОРОХА

5.1. Полевая всхожесть и выживаемость растений

В полевых опытах, проведенных с кормовыми бобами и горохом, было установлено, что высокую продуктивность могут обеспечить посевы с дружными всходами и высокой выживаемостью растений. Высокая всхожесть семян при этом играет решающую роль для обеспечения данных показателей. Полевая всхожесть семян является важным интегральным показателем качества семян и уровня агротехники. При этом процент всхожих семян определяется температурным режимом, влажностью почвы и качеством ее обработки. В таблице 30 представлена структура агроценоза кормовых бобов и гороха по годам исследований в зависимости от изучаемых агроприемов.

Таблица 30 – Полевая всхожесть и выживаемость растений кормовых бобов и гороха в зависимости от инокуляции семян и применения удобрений, %

Вариант		Полевая всхожесть		Выживаемость растений к уборке	
		кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох
2011 год					
Контроль		75,6	92,8	74,7	80,4
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	И	76,0	93,6	78,3	82,5
	И+Ам	76,6	94,7	78,1	82,3
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	И	74,1	92,6	79,8	82,8
	И+Ам	73,2	92,8	81,7	83,6
2012 год					
Контроль		67,4	91,9	78,6	94,4
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	И	71,1	94,7	81,3	96,5
	И+Ам	69,2	92,9	82,5	95,7
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	И	72,6	90,6	81,8	98,2
	И+Ам	70,1	91,5	83,6	98,5
2013 год					
Контроль		82,2	91,2	83,2	78,0
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	И	85,4	90,6	86,8	81,5
	И+Ам	88,9	87,8	85,4	83,1
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	И	88,4	88,9	87,4	82,9
	И+Ам	90,9	89,8	87,9	82,7
2011-2013 годы					
Контроль		75,1	92,0	78,8	84,3
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	И	77,5	93,0	82,1	86,8
	И+Ам	78,2	91,8	82,0	87,0
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	И	78,4	90,7	83,0	88,0
	И+Ам	78,1	91,4	84,4	88,3

Полевая всхожесть, как правило, зависит от взаимодействия агротехнических, почвенных, метеорологических условий и качества семян. В наших исследованиях она в большей степени изменялась в зависимости от климатических условий. Следует отметить, что у кормовых бобов она колебалась по годам исследований более выражено, чем у гороха. Всхожесть семян у бобов была наименьшей в 2012 г. – от 67,4 до 70,1% по вариантам опыта, а наибольшей – в 2013 г., и составила соответственно от 82,2 до 90,9%. У гороха данный показатель был более постоянный: минимальным он был в 2013 г. на варианте $N_{30}P_{78}K_{78}+И$ – 88,9%, а максимальным – в 2011 г. на варианте $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$ – 94,7%. Усредненные трехлетние данные показали, что полевая всхожесть у гороха была в пределах 90,7 – 93,0%, а у кормовых бобов – 75,1 – 78,4%.

Использование минеральных и бактериальных удобрений при возделывании изучаемых культур оказало положительное влияние на выживаемость растений к уборке. Так, на вариантах $N_{20}P_{52}K_{52}+И$, $N_{20}P_{52}K_{52}+И+Ам$, $N_{30}P_{78}K_{78}+И$, $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ выживаемость растений увеличилась на 4,2; 4,1; 5,3; 7,1% – у кормовых бобов, а у гороха – соответственно на 3,0; 3,2; 4,4; 4,7%. Повышение выживаемости растений у кормовых бобов при разных уровнях внесения удобрений связано, прежде всего, с оптимизацией питательного режима.

Таким образом, результаты трехлетних исследований позволяют утверждать, что внесение в основной прием полного минерального удобрения диаммофоски в сочетании с обработкой семян комплексным удобрением Агромастер и ризоторфином (штамм 245) способствовало повышению выживаемости растений, что положительно сказывалось в целом на продуктивности посевов.

5.2. Азотфиксирующая деятельность кормовых бобов и гороха

В центральной лесостепи ЦЧР изучаемые нами сельскохозяйственные культуры, способные активно фиксировать атмосферный азот и создавать

много кормового белка, должны занимать достойное место в севооборотах. Однако в нашей области наибольшее распространение из всех зернобобовых культур получил горох, но ограничиваться в современном аграрном производстве только одной бобовой культурой экономически нецелесообразно. Как показали результаты исследований, из разнообразия зернобобовых культур, помимо гороха, наиболее перспективными для выращивания на кормовые цели могли бы стать кормовые бобы. Это позволит более рационально применять минеральные удобрения и разумно использовать естественное плодородие почвы.

Сравним эффективность азотфиксирующей деятельности растений кормовых бобов и гороха, рассмотрев такие показатели, как число, массу активных клубеньков, наличие в них легоглобина и активный симбиотический потенциал.

В наших исследованиях наибольшее число активных клубеньков, их масса и содержание в них легоглобина у кормовых бобов было в фазу плодoобразования, а у гороха – в фазу бутонизации. Причем самые высокие показатели азотфиксирующей деятельности были получены на вариантах И+Ам на фонах удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$, $N_{30}P_{78}K_{78}$. Рассмотрим показатели бобово-ризобиального симбиоза кормовых бобов и гороха на лучших вариантах и на абсолютном контроле.

Растения кормовых бобов образовывали активных клубеньков на 23,1-28,7% больше, чем растения гороха. Также кормовые бобы сформировывали клубеньки большего размера, и соответственно их масса была выше в сравнении с клубеньками гороха. К примеру, на варианте $N_{30}P_{78}K_{78}$ +И+Ам масса клубеньков, находящихся на корнях бобов, была в 5 раз больше, чем на таком же варианте у гороха.

Аналогичная тенденция прослеживается и на других вариантах (табл. 31).

Таблица 31 – Показатели азотфиксирующей деятельности кормовых бобов и гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений (2011-2013 гг.)

Вариант	Число активных клубеньков на 1 растении, шт.		Масса активных клубеньков на 1 растении, г		Содержание леоглобина, мг/г сырых клубеньков		АСП за вегетацию, кг×дн./га	
	кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох
Контроль	22,9	17,8	0,35	0,092	11,2	1,52	7475	3559
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂ +И	32,0	26,0	0,63	0,123	14,3	1,94	10528	5375
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂ +И+Ам	32,9	26,9	0,65	0,143	14,7	2,02	11425	5634
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈ +И	32,9	26,7	0,58	0,135	14,7	2,01	10927	5749
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈ +И+Ам	33,9	28,0	0,70	0,140	15,2	2,03	11729	5936

По содержанию леоглобина в клубеньках горох, несомненно, уступал кормовым бобам. Данный качественный показатель клубеньков кормовых бобов составлял 11-15 мг/г сырых клубеньков, при этом у гороха – лишь 1,5-2,0 мг/г сырых клубеньков. Концентрация леоглобина у клубеньков кормовых бобов на контрольном варианте и на лучшем опытном варианте была выше по сравнению с его содержанием в клубеньках гороха на аналогичных вариантах в 7,4 и 7,6 раза.

Так как масса активных клубеньков у кормовых бобов на всех вариантах была значительно больше, чем у гороха, а продолжительность их функционирования различалась незначительно, то величина АСП у кормовых бобов также имела большие значения на всех опытных вариантах. Так, на варианте N₃₀P₇₈K₇₈+И+Ам значение активного симбиотического потенциала за период вегетации у кормовых бобов составляет 11729 кг×дн./га, а на аналогичном варианте у гороха – только 5936 кг×дн./га, что на 5793 кг×дн./га

меньше. На контрольных вариантах аналогичная разница между сравниваемыми культурами составила 3916 кг×дн./га.

Таким образом, сопоставив и проанализировав показатели симбиотической деятельности кормовых бобов и гороха, можно заключить, что создание благоприятных условий для бобово-ризобиального симбиоза у изучаемых культур, а именно удовлетворение их потребностей в макро- и микроэлементах и обработка семян активными штаммами ризобий, обеспечивают наиболее активную фиксацию растениями азота из воздуха. А так как последствие бобово-ризобиального симбиоза – это фиксация атмосферного азота, то кормовые бобы, благодаря наиболее развитому симбиотическому аппарату, способны более активно фиксировать атмосферный азот, чем горох.

5.3. Урожайность и качество семян кормовых бобов и гороха

Структура урожайности представляет собой качественное и количественное выражение участия всех элементов продуктивности, которые определяют величину урожая и отражают взаимодействие растения с окружающей средой.

Биологическая урожайность кормовых бобов и гороха, как и многих других сельскохозяйственных культур, во многом 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.

Из данных таблицы 32 видно, что кормовые бобы обладают большей потенциальной урожайностью, чем горох.

Таблица 32 – Элементы структуры урожайности кормовых бобов и гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011-2013 гг.

Элементы структуры урожайности															
Фон удобрений	Вариант	количество растений на момент уборки, шт. на 1 м ²		число, шт.						масса тысячи семян, г		масса семян на растении, г		биологическая урожайность, т/га	
				бобов на растении		семян в бобе		семян на растении							
		кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох	кормовые бобы	горох
F ₃ удобрений	Контроль	47	78	4,8	4,3	3,0	3,5	14,5	14,7	379,9	239,3	5,6	3,5	2,54	2,73
	И	50	79	5,2	4,4	3,0	3,7	15,8	16,2	383,4	239,8	6,1	3,9	2,94	3,08
	Ам	49	79	5,1	4,3	3,0	3,6	15,4	15,2	377,8	239,9	5,9	3,6	2,76	2,84
	И+Ам	50	80	5,2	4,4	3,1	3,7	16,2	16,2	387,2	239,4	6,3	3,9	3,05	3,12
N ₁₀ P ₂₀ K ₂₆	Контроль	48	79	5,1	4,3	3,0	3,5	15,6	15,1	377,5	241,6	6,0	3,7	2,77	2,92
	И	50	80	5,5	4,5	3,1	3,7	17,0	16,5	383,4	239,3	6,6	4,0	3,18	3,20
	Ам	49	78	5,2	4,3	3,0	3,7	16,0	15,7	381,7	239,9	6,2	3,8	2,91	2,96
	И+Ам	51	81	5,5	4,4	3,1	3,8	17,2	16,5	391,5	242,4	6,8	4,0	3,33	3,24
N ₂₀ P ₃₂ K ₃₂	Контроль	49	80	5,3	4,3	3,1	3,6	16,5	15,6	381,0	240,1	6,4	3,8	3,00	3,04
	И	49	81	5,5	4,5	3,1	3,8	17,4	16,9	391,2	241,0	6,9	4,1	3,39	3,32
	Ам	50	79	5,5	4,4	3,0	3,8	16,6	16,4	389,4	239,9	6,6	4,0	3,17	3,16
	И+Ам	51	80	5,8	4,5	3,1	3,9	18,4	17,3	393,7	240,0	7,3	4,2	3,62	3,36
N ₃₀ P ₃₈ K ₃₈	Контроль	50	79	5,3	4,4	3,0	3,7	16,5	16,1	389,6	240,8	6,6	3,9	3,20	3,08
	И	52	80	5,8	4,6	3,1	3,9	18,5	17,4	397,0	240,2	7,4	4,2	3,71	3,36
	Ам	51	79	5,4	4,5	3,1	3,8	17,7	16,8	389,2	240,1	7,0	4,0	3,41	3,16
	И+Ам	52	80	6,0	4,6	3,2	3,9	19,1	17,8	397,5	241,3	7,7	4,3	3,84	3,44

Биологическая урожайность кормовых бобов в среднем за три года исследований изменялась от 2,54 т/га на контрольном варианте до 3,84 т/га на варианте $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$. Биологическая урожайность гороха в нашем опыте по вариантам была несколько ниже, однако на контрольном варианте горох показал большую продуктивность – 2,73 т/га, в отличие от бобов – 2,54 т/га. На варианте $N_{30}P_{78}K_{78}+И+Ам$ биологическая урожайность гороха составила 3,44 т/га.

Биологическая урожайность изучаемых культур формируется из следующих показателей: число растений перед уборкой, количество бобов на растении, число семян в бобе, число семян на одном растении, масса 1000 семян и масса семян на растении.

Горох, несмотря на меньшую биологическую урожайность в наших опытах, имел большее число семян в бобе и лучшую выживаемость растений. Тем не менее кормовые бобы формировывали большее число семян на одном растении, благодаря чему у них обеспечивалось большее количество бобов на растении. Также большая масса 1000 семян и масса семян на растении обеспечивали кормовым бобам большую биологическую урожайность в сравнении с горохом. К примеру, на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ урожайность кормовых бобов была выше, чем у гороха, на 3,9-11,6% в зависимости от вариантов фактора В.

Практический интерес представляет сравнение сборов белка и жира изучаемыми культурами.

Общий сбор энергии мы определяли из расчета содержания в 1 г белка – 4,1 ккал, а в 1 г жира – 9,3 ккал. Суммарный сбор энергии с урожаем семян гороха на абсолютном контроле (2102 тыс. ккал) был явно больше, чем в урожае кормовых бобов (1706 тыс. ккал). Но с применением удобрений сбор энергии у кормовых бобов имел более выраженную тенденцию увеличения, и на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ на вариантах И+Ам суммарный сбор энергии урожаем гороха уже уступал кормовым бобам на 251 тыс. ккал (табл. 33).

Таблица 33 – Сбор белка и жира в урожае семян кормовых бобов и гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Сбор, кг/га				Сбор энергии, тыс. ккал				Общий сбор энергии, тыс. ккал	
		белка		жира		в белке		в масле			
		кормо- вые бобы	горох	кормо- вые бобы	горох	кормо- вые бобы	горох	кормо- вые бобы	горох	кормо- вые бобы	горох
Без удобрений	Контроль	389	461	11,9	22,8	1595	1890	111	212	1706	2102
	И	495	540	17,7	22,8	2030	2214	165	212	2194	2426
	Ам	424	477	13,4	23,3	1738	1956	125	217	1863	2173
	И+Ам	509	561	18,5	24,5	2087	2300	172	228	2259	2528
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	433	479	13,9	24,4	1775	1964	129	227	1905	2191
	И	526	575	18,7	24,9	2157	2358	174	232	2331	2590
	Ам	463	525	14,6	24,7	1898	2153	136	230	2034	2383
	И+Ам	561	581	18,5	24,2	2300	2382	172	225	2472	2607
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	476	499	15,2	24,9	1952	2046	141	232	2093	2278
	И	583	598	21,4	26,2	2390	2452	199	244	2589	2696
	Ам	519	536	17,8	24,5	2128	2198	166	228	2293	2426
	И+Ам	628	618	21,4	29,3	2575	2534	199	272	2774	2806
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	514	510	15,9	26,8	2107	2091	148	249	2255	2340
	И	649	602	22,9	28,5	2661	2468	213	265	2874	2733
	Ам	561	538	19,1	26,6	2300	2206	178	247	2478	2453
	И+Ам	683	631	25,2	31,4	2800	2587	234	292	3035	2879

Таким образом, при рациональном сочетании изучаемых агроприемов кормовые бобы и горох показывают практически одинаковый общий сбор энергии с единицы площади, горох при этом совсем незначительно уступает кормовым бобам. Однако на абсолютном контроле горох оказался предпочтительнее кормовых бобов с точки зрения получения больших запасов кормового белка с единицы площади.

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗУЧЕННЫХ АГРОПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КОРМОВЫХ БОБОВ И ГОРОХА

6.1. Экономическая эффективность изученных агроприемов

Расчет экономической эффективности применения изучаемых минеральных и бактериальных удобрений при возделывании сортов кормовых бобов и гороха является в наших исследованиях ключевым этапом. Так, экономическое обоснование изученных агроприемов позволит определить возможные резервы экономии производственных затрат, а также поможет выявить и, в дальнейшем, рекомендовать оптимальную технологию возделывания кормовых бобов и гороха в лесостепи ЦЧР.

Эффективность производства любого сельскохозяйственного предприятия в условиях сложившихся рыночных отношений зависит от уровня цен на полученную продукцию, материалы, ресурсы, ГСМ, электроэнергию и т.д. Технологии возделывания изучаемых культур будем оценивать с учетом производственных затрат, стоимости и себестоимости 1 ц продукции, условного чистого дохода и уровня рентабельности. Причем все указанные показатели экономической эффективности находятся в прямой зависимости от урожайности культур, исключая себестоимость, которая имеет обратную зависимость.

Точное экономическое обоснование изученных элементов технологии возделывания в настоящее время получить сложно ввиду нестабильности ценовых параметров. Тем не менее, расчет экономической эффективности, проведенный на основе технологических карт и сложившихся цен на сельскохозяйственную продукцию и материально-технические ресурсы, дает реальное представление о результативности применения конкретных агроприемов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Показатели экономической эффективности выращивания изучаемых культур во многом зависели от применения разных фонов макроудобре-

ний, комплексного удобрения Агромастер и бактериального удобрения – ризоторфина (табл. 34).

Таблица 34 – Экономическая эффективность возделывания кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Урожайность, ц/га	Затраты на 1 га, руб.	Себестоимость 1 ц, руб.	Стоимость продукции с 1 га, руб.	Условный чистый доход с 1 га, руб.	Уровень рентабельности, %
Без удобрений	Контроль	16,6	8668,0	522,2	16600,0	7932,0	91,5
	И	19,6	9004,0	459,4	19600,0	10596,0	117,7
	Ам	18,1	8967,0	495,4	18100,0	9133,0	101,9
	И+Ам	19,9	9292,0	466,9	19900,0	10608,0	114,2
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	18,0	10382,0	576,8	18000,0	7618,0	73,4
	И	20,4	10718,0	525,4	20400,0	9682,0	90,3
	Ам	18,8	10681,0	568,1	18800,0	8119,0	76,0
	И+Ам	21,3	11006,0	516,7	21300,0	10294,0	93,5
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	19,1	12096,0	633,3	19100,0	7004,0	57,9
	И	21,7	12432,0	572,9	21700,0	9268,0	74,5
	Ам	20,7	12395,0	598,8	20700,0	8305,0	67,0
	И+Ам	22,9	12720,0	555,5	22900,0	10180,0	80,0
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	20,4	13810,0	677,0	20400,0	6590,0	47,7
	И	23,5	14146,0	602,0	23500,0	9354,0	66,1
	Ам	21,9	14109,0	644,2	21900,0	7791,0	55,2
	И+Ам	24,3	14434,0	594,0	24300,0	9866,0	68,4

Себестоимость продукции кормовых бобов по вариантам опыта изменялась незначительно, что объясняется прежде всего тем, что с увеличением затрат на производство, урожайность кормовых бобов также повышалась. Тем не менее, явно прослеживалось увеличение себестоимости выращенной продукции с повышением дозы основного удобрения. К примеру, на контрольном варианте себестоимость 1 ц семян кормовых бобов была 522,2 руб., а при внесении минеральных удобрений порядка N₁₀P₂₆K₂₆, N₂₀P₅₂K₅₂ и N₃₀P₇₈K₇₈ она составила соответственно 576,8; 633,3 и 677,0 руб.

Варианты с обработкой семян ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер снижали себестоимость 1 ц продукции. На варианте И она снижалась относительно контроля на 13,7%, на варианте Ам – на 5,8%, на варианте И+Ам – на 11,8%.

Рентабельность при возделывании кормовых бобов на всех опытных вариантах была высокая. Применение основного удобрения оказалось в целом менее рентабельным в сравнении с неудобренным фоном. Увеличение дозы минеральных удобрений способствовало увеличению урожайности кормовых бобов, но уровень рентабельности имел явную тенденцию снижения. На абсолютном контроле уровень рентабельности составил 91,5%, а при внесении $N_{10}P_{26}K_{26}$, $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ – соответственно 73,4; 57,9 и 47,7%.

Варианты фактора В отличались большей рентабельностью, причем самый высокий процент был зафиксирован на неудобренном фоне. При повышении уровня минерального питания рентабельность при использовании ризоторфина и комплексного удобрения Агромастер имела тенденцию снижения. Так, наибольшей рентабельностью из неудобренных вариантов обладал вариант с применением бобового ризоторфина – 117,7%, а наименьшей – вариант с обработкой семян Агромастером – 101,9%.

Экономическое обоснование возделывания гороха показало, что внесение под горох полного минерального удобрения отрицательно отразилось на рентабельности его возделывания, несмотря на то, что урожайность при этом увеличивалась. Это объясняется тем, что при повышении дозы полного удобрения затраты на 1 га резко увеличивались, и величина чистого дохода с 1 га из-за низкой цены на полученную продукцию практически не изменялась.

Обработка семян штаммом ризобий как отдельно, так и в сочетании с комплексным удобрением Агромастер способствовала увеличению рентабельности производства. На варианте И она увеличивалась относительно контроля на 11,7%, на варианте И+Ам – на 8,3% (табл. 35).

Таблица 35 – Экономическая эффективность возделывания гороха
в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Урожай- ность, ц/га	Затраты на 1 га, руб.	Себестои- мость 1 ц, руб.	Стоимость продукции с 1 га, руб.	Условный чистый доход с 1 га, руб.	Уровень рента- бельности, %
Без удобрений	Контроль	22,3	6348	284,7	15610,0	9262,0	145,9
	И	25,1	6684	266,3	17570,0	10886,0	162,9
	Ам	23,1	6647	287,7	16170,0	9523,0	143,3
	И+Ам	25,7	6972	271,3	17990,0	11018,0	158,0
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	23,5	8062	343,1	16450,0	8388,0	104,0
	И	26,5	8398	316,9	18550,0	10152,0	120,9
	Ам	25,1	8361	333,1	17570,0	9209,0	110,1
	И+Ам	27,1	8686	320,5	18970,0	10284,0	118,4
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	24,1	9776	405,6	16870,0	7094,0	72,6
	И	27,8	10112	363,7	19460,0	9348,0	92,4
	Ам	25,9	10075	389,0	18130,0	8055,0	80,0
	И+Ам	29,1	10400	357,4	20370,0	9970,0	95,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	25,1	11490	457,8	17570,0	6080,0	52,9
	И	29,0	11826	407,8	20300,0	8474,0	71,7
	Ам	26,6	11789	443,2	18620,0	6831,0	57,9
	И+Ам	30,2	12114	401,1	21140,0	9026,0	74,5

Проведенный экономический анализ показал, что возделывать кормовые бобы и горох в условиях лесостепи ЦЧР было выгодно на всех опытных вариантах. В наших исследованиях значения показателей экономической эффективности по вариантам опытов были достаточно высокими, а уровень рентабельности возделывания кормовых бобов составил от 47,7 до 117,7%, а гороха – от 52,9 до 162,9%. Это связано прежде всего с относительно небольшими затратами на производство и получением неплохих показателей продуктивности культур.

Таким образом, опытные варианты с применением полного минерального удобрения разных доз оказались наиболее затратными, что связано с высокими расходами на их приобретение. Выращивание кормовых бобов и гороха на разнудобренных фонах было менее рентабельным в сравнении с

контрольными вариантами. Из вариантов фактора В наилучшими показателями экономической эффективности характеризовались варианты И, И+Ам.

6.2. Биоэнергетическая оценка изученных агроприемов

Экономического обоснования для объективной оценки применяемых удобрений под кормовые бобы и горох может быть недостаточно, так как в настоящее время оно большей частью определяется непостоянными ценовыми параметрами. Поэтому имеет смысл наряду с экономической эффективностью рассмотреть энергетическую оценку изучаемых агроприемов возделывания кормовых бобов и гороха. Это позволит выявить технологию возделывания с максимальным выходом обменной энергии с урожаем и наибольшим энергетическим доходом.

Энергетическую эффективность применяемых удобрений определяли по энергоотдаче или по биоэнергетическому КПД их применения [113, 202, 212].

Внесение в основной прием разных доз полного минерального удобрения (фактор А) способствовало значительному увеличению накопленной энергии с прибавкой урожая. Однако при этом увеличивались затраты на применение удобрений, уборку, доработку и реализацию прибавки урожая. Энергетическую эффективность минеральных удобрений в полной мере характеризует КПД их применения. В наших исследованиях из трех фонов удобрений лучшей энергетической эффективностью характеризовался фон $N_{30}P_{78}K_{78}$, КПД составил 2,6; при этом на фонах $N_{10}P_{26}K_{26}$ и $N_{20}P_{52}K_{52}$ он был соответственно 1,3 и 2,0. То есть повышение дозы макроудобрений с $N_{10}P_{26}K_{26}$ до $N_{30}P_{78}K_{78}$ ведет к увеличению биоэнергетического КПД в 2 раза.

Варианты И, Ам, И+Ам (фактор В) оказались наиболее энергетически эффективными, так как КПД при их использовании составлял соответственно 5,7; 4,5; 4,8. Энергетические затраты при этом были небольшими (соответственно 942, 595, 1230 мДж/га), а показатели дополнительной

энергии в прибавке урожая довольно высокие (соответственно 5335, 2668, 5869 мДж/га) (табл. 26).

Таблица 36 – Биоэнергетическая эффективность применяемых удобрений при возделывании кормовых бобов, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Прибавка урожайности, ц/га	Энергетическая ценность дополнительного урожая, мДж/га	Энергетические затраты на применение удобрений, уборку, доработку и реализацию прибавки урожая мДж/га	Биоэнергетический КПД
Без удобрений	И	3,0	5335	942	5,7
	Ам	1,5	2668	595	4,5
	И+Ам	3,3	5869	1230	4,8
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	1,4	2490	1947	1,3
	И	3,8	6758	2735	2,5
	Ам	2,2	3913	2363	1,7
	И+Ам	4,7	8359	3176	2,6
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	2,5	4446	2229	2,0
	И	5,1	9070	3069	3,0
	Ам	4,1	7292	2850	2,6
	И+Ам	6,3	11204	3587	3,1
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	3,8	6758	2562	2,6
	И	6,9	12272	3530	3,5
	Ам	5,3	9426	3157	3,0
	И+Ам	7,7	13694	3946	3,5

Наибольший выход энергии с одного гектара обеспечивало комплексное применение макро-, микро- и бактериальных удобрений. Так, на вариантах N₂₀P₅₂K₅₂+И+Ам и N₃₀P₇₈K₇₈+И+Ам разница между затраченной энергией и полученной с прибавкой урожая составляла соответственно 7617 и 9748 мДж/га.

Расчет энергетической эффективности изучаемых удобрений при возделывании гороха показал, что внесение в основной прием удобрений порядка N₁₀P₂₆K₂₆ является оправданным с энергетической точки зрения, поскольку биоэнергетический коэффициент получился больше единицы (1,1). Увеличение дозы полного минерального удобрения до N₂₀P₅₂K₅₂ и N₃₀P₇₈K₇₈ было

энергетически неэффективным, так как КПД при этом снижался соответственно до 0,9 и 1,0. Это связано в первую очередь с высокими энергетическими затратами на производство минеральных удобрений, а также на уборку, доработку и реализацию дополнительно полученного урожая (табл. 37).

Таблица 37 – Биоэнергетическая эффективность применяемых удобрений при возделывании гороха, 2011-2013 гг.

Фон удобрений	Вариант	Прибавка урожайности, ц/га	Энергетическая ценность дополнительного урожая, мДж/га	Энергетические затраты на применение удобрений, уборку, доработку и реализацию прибавки урожая, мДж/га	Биоэнергетический КПД
Без удобрений	И	2,8	4953	891	5,6
	Ам	0,8	1415	416	3,4
	И+Ам	3,4	6015	1256	4,8
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	1,2	2123	1896	1,1
	И	4,2	7430	2837	2,6
	Ам	2,8	4953	2414	2,1
	И+Ам	4,8	8491	3202	2,7
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	1,8	3184	3466	0,9
	И	5,5	9730	4587	2,1
	Ам	3,6	6368	4138	1,5
	И+Ам	6,8	12029	5131	2,3
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	2,8	4953	4765	1,0
	И	6,7	11852	5937	2,0
	Ам	4,3	7607	5360	1,4
	И+Ам	7,9	13975	6455	2,2

Наиболее энергетически эффективным оказалось применение горохового ризоторфина (КПД = 5,6) и сочетание инокуляции с обработкой семян Агромастером (КПД = 4,8) на неудобренном фоне. При повышении уровня внесения полного макроудобрения энергетическая эффективность данных вариантов снижалась.

Из всех изучаемых вариантов особого внимания заслуживает энергетическая эффективность применения ризоторфина при возделывании кормовых бобов и гороха. Ввиду небольших затрат на предпосевную обработку

семян активными штаммами ризобий энергетический коэффициент их применения имел высокие значения. Так, кормовые бобы и горох при использовании инокулянта при обработке семян имели энергетический КПД – 5,7 и 5,6; в сочетании с фоном $N_{10}P_{26}K_{26}$ – 2,5 и 2,6; с фоном $N_{20}P_{52}K_{52}$ – 3,0 и 2,1; с фоном $N_{30}P_{78}K_{78}$ – соответственно 3,5 и 2,0. Биоэнергетический коэффициент хотя и снижался при сочетании ризоторфина с фонами удобрённости, но на всех вариантах с инокулянтом было выявлено увеличение энергетической эффективности, что подчеркивает важность использования в технологии возделывания изучаемых культур соответствующего бактериального удобрения.

Усредненные трехлетние данные показали, что общие энергетические затраты на получение дополнительной урожайности у кормовых бобов составляли 595-4431 мДж/га, у гороха – 416-6838 мДж/га. При этом энергетическая ценность полученных прибавок урожая изменялась от 2668 до 15473 мДж/га у кормовых бобов и от 1415 до 15037 мДж/га у гороха.

Таким образом, анализ данных энергетической эффективности изучаемых агроприемов при возделывании кормовых бобов и гороха показал, что практически на всех опытных вариантах энергия, накопленная дополнительно полученным урожаем, превышает энергию, израсходованную на получение данной прибавки. Меньше единицы биоэнергетический КПД оказался только при внесении $N_{20}P_{52}K_{52}$ под горох (0,9). На остальных вариантах он изменялся от 1,3 до 5,7 у кормовых бобов и от 1,0 до 5,6 у гороха. Поэтому, с энергетической точки зрения рациональное применение минеральных и бактериальных удобрений при возделывании кормовых бобов и гороха считается эффективным, так как энергоотдача в несколько раз превышает единицу.

На основе полученных данных можно утверждать, что предпосевная обработка семян соответствующим для культуры штаммом ризобий дает лучшие результаты как с экономической, так и с энергетической точки зрения. Усредненные данные за три года исследований показали, что применение инокуляции семян кормовых бобов и гороха характеризовалось получением максимального уровня рентабельности – 117,7 и 162,9% и наибольшего

энергетического КПД – соответственно 5,7 и 5,6. Предпосевная обработка семенного материала бобов и гороха комплексным удобрением Агромастер совместно с ризоторфином также имела высокий уровень рентабельности (114,2% – у кормовых бобов и 158% – у гороха) и энергетический КПД (соответственно 4,8 и 4,8) за счет высокой окупаемости материальных и энергетических затрат.

Из трех доз полного минерального удобрения, вносимых под горох, лучшие экономические и энергетические показатели были выявлены на агрофоне $N_{10}P_{26}K_{26}$. Экономические расчеты выявили наибольший уровень рентабельности (104%), а энергетический КПД при этом составил 1,1. Затраты энергии от внесения 1 ц диаммофоски были относительно невелики при высокой дополнительной энергии в прибавке урожая.

Несмотря на то что увеличение уровня минерального питания при возделывании кормовых бобов снижало рентабельность производства в сравнении с контрольным вариантом, значение энергетического КПД при этом имело тенденцию повышения: на фоне $N_{10}P_{26}K_{26}$ – 1,3; на фоне $N_{20}P_{52}K_{52}$ – 2,0; на фоне $N_{30}P_{78}K_{78}$ – 2,6. Данные показатели энергетической эффективности свидетельствуют о хорошей энергетической окупаемости вносимых доз минеральных удобрений под кормовые бобы.

Проведение экономического анализа и биоэнергетической оценки изучаемых агроприемов при возделывании кормовых бобов и гороха показало, что рациональное применение минеральных и бактериальных удобрений в условиях лесостепи ЦЧР обеспечивало высокую окупаемость материальных и энергетических затрат.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Высота растений, их облиственность и площадь листьев кормовых бобов, а также величины фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза, накопления сухого вещества оказались наилучшими 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. Наиболее активное формирование и функционирование симбиотического аппарата у растений кормовых бобов наблюдалось на вариантах с обработкой семян активным штаммом ризобий № 96 и при сочетании ризоторфина с комплексным удобрением Агромастер. Причем данная закономерность наблюдалась на всех изучаемых фонах макроудобрений. Так, в фазу плодообразования количество клубеньков на вариантах И и И+М увеличивалось на 6 и 7,2 шт./раст., их масса повышалась на 0,18 и 0,19 г/раст., а содержание в них леглобина возрастало соответственно на 2,7 и 3,5 мг/г сырых клубеньков.

3. Возделывание кормовых бобов с применением обработки семян активным штаммом ризобий и комплексным удобрением Агромастер на фонах минеральных удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ способствовало лучшему формированию элементов продуктивности растений. Увеличивались число и масса семян на одном растении, а также масса 1000 семян, в результате повышались урожайность бобов до 2,29 и 2,43 т/га и сбор белка с единицы площади соответственно до 628 и 683,3 кг/га.

4. Улучшение режима питания растений гороха при комплексной обработке семян гороховым ризоторфином (штамм 245) и Агромастером в сочетании с полным минеральным удобрением в дозах $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ положительно сказалось на его ростовых и ассимиляционных процессах. Так, высота растений и воздушно-сухая масса одного растения увеличивались на варианте $N_{30}P_{78}K_{78}$ +И+М соответственно на 17,8 и 16,0% в сравнении с абсолютным контролем.

5. Лучшие показатели симбиотической деятельности у гороха: число активных азотфиксирующих клубеньков в фазу бутонизации (26,9-28 шт./раст.), их масса (143-140 мг/раст), содержание в них леглобина (2,02-2,03 мг/г сырых клубеньков), АСП (5634-5936 кг × дней/га) были на вариантах с совместной обработкой семян инокулянтom и Агромастером (И+Ам) на агрофонах $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$.

6. Оптимальное сочетание макро-, микро- и бактериальных удобрений при выращивании гороха обеспечивало получение наибольшего урожая семян, главным образом, за счет увеличения их массы и числа на растении. Наибольшая урожайность гороха была на вариантах И+Ам с фонами удобрений $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ – соответственно 2,91 и 3,02 т/га. При этом обеспечивался максимальный сбор белка с урожаем – соответственно 617,7 и 631 кг/га.

7. При обеспечении растений кормовых бобов и гороха необходимыми элементами питания и создании благоприятных условий для симбиотической азотфиксации сбор белка с урожаем семян данных культур достигает соответственно 720 и 652 кг/га на лучших вариантах.

8. Применение обработки семян кормовых бобов и гороха соответствующим штаммом ризобий обеспечивало максимальный уровень рентабельности их возделывания – 117,7 и 162,9% и выявило наибольший энергетический КПД – соответственно 5,7 и 5,6. На вариантах И+Ам также был получен высокий уровень рентабельности (114,2% – у кормовых бобов и 158% – у гороха) и энергетический КПД (соответственно 4,8 и 4,8).

9. Возделывание кормовых бобов и гороха с внесением в основной прием минерального удобрения в дозе $N_{20}P_{52}K_{52}$ в сочетании с обработкой семян бобовым ризоторфином и комплексным удобрением Агромастер (3 кг/т) является экономически (уровень рентабельности – соответственно 80,0 и 95,9%) и энергетически (биоэнергетический КПД – соответственно 3,1) эффективным.

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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдусь, П.Б. Определение качества зерна, муки и крупы [Текст] / П.Б. Авдусь, А.С. Сапожникова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1976. – 336 с.
2. Агротехнологии зерновых и технических культур в Центральном Черноземье: учебное пособие / В.А. Федотов, А.К. Свиридов, С.В. Федотов [и др.]: Под ред. В.А. Федотова. – Воронеж, 2006. – 180 с.
3. Андреев, Н.Н. Влияние пектина и микроэлементов на аминокислотный состав семян гороха [Текст] / Н.Н. Андреев // Вестник Ульяновской государственной академии. – 2000. – № 1. – С. 17-20.
4. Андреева, Т.Ф. Влияние продолжительности фосфорного голодания на интенсивность фотосинтеза и рост листьев в связи с продуктивностью конских бобов [Текст] / Т.Ф. Андреева, В.М. Персанов // Физиология растений. – 1970. – Вып. 3. – С. 478-484.
5. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд., 1990. – 279 с.
6. Атрашкова, Н.А. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зернобобовых культур [Текст] / Н.А. Атрашкова, З.К. Благовещенская // Сельское хозяйство за рубежом. – 1978. – № 3. – С. 9-12.
7. Базилинская, М.В. Биоудобрение [Текст] / М.В. Базилинская. – М.: Агропромиздат, 1989. – 128 с.
8. Батудаев, А.П. Влияние извести и различных норм удобрений на почвах различной степени окультуренности на урожай и качество озимой пшеницы и кормовых бобов: автореф. канд. ... биол. наук [Текст] // А.П. Батудаев. – М., 1981. – 22 с.
9. Бирюков, П.Н. Влияние удобрений на урожай и качество зерна кормовых бобов на серых лесных почвах [Текст] / П.Н. Бирюков // Тр. Горьковского СХИ. – 1970. – Т. 20. – С. 194-199.

10. Бражникова, Т.С. Питание бобовых растений азотом в ранние фазы развития: автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / Т.С. Бражникова. – М., 1973. – 16 с.
11. Будвитене, В.П. Кормовые бобы [Текст] / В.П. Будвитене, А.А. Будвитите. – М.: Агропромиздат, 1989. – 48 с.
12. Буркин, И.А. Физиологическая роль и сельскохозяйственное значение молибдена [Текст] / И.А. Буркин. – М.: Наука, 1968. – 112 с.
13. Вавилов, П.П. Бобовые культуры и проблема растительного белка [Текст] / П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов. – М.: Россельхозгиз, 1983. – 256 с.
14. Вавилов, П.П. Бобовые, азот и проблема белка / П.П. Вавилов, Г.С. Посыпанов [Текст] // Вестник с.-х. науки. – 1978. – № 9. – С. 44-56.
15. Валоубуева, В.Г. Парааминобензойная кислота (ПАБК) как фактор повышения урожайности растений гороха [Текст] / В.Г. Валоубуева // Тезисы 5-й Международной конференции «Регуляторы роста и развития растений». – М., 1999. – С. 164.
16. Васютин, А.С. Зернобобовые культуры – основной источник растительного белка [Текст] / А. С. Васютин // Кормопроизводство. – 1996. – № 4. – С. 26-29.
17. Ватагин, А.В. Влияние разных форм калийных удобрений на урожай и качество зелёной массы кормовых бобов [Текст] / А.В. Ватагин, Л.П. Исакова // Научные труды Ивановского СХИ. – 1967. – Вып. 23. – С. 104-110.
18. Вахания, Н.А. Микроэлементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве [Текст] / Н.А. Вахания, Н.Д. Абашидзе, Н.Н. Нуцубидзе // Сб. науч. тр. – Чебоксары, 1986. – Т. 4. – С. 21.
19. Вербицкий, Н. М. Горох – высокобелковая культура [Текст] / Н.М. Вербицкий, В. Г. Шурупов, А. В. Илюшечкин // Вестник РАСХН. – 2006. – № 5. – С. 11-13.

20. Вильдфлуш, И.Р. Рациональное применение удобрений [Текст]: учебное пособие / И.Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, В.В. Лапа [и др.] // Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – 2002. – 324 с.

21. Вильдфлуш, Р.Т. Влияние удобрений на азотонакопление зернобобовых культур [Текст] / Р.Т. Вильдфлуш, М.И. Игнатенко // Тр. Белорусской с.-х. академии. – 1966. – Т. 41. – С. 105-110.

22. Виноградов, Г.Х. Молибден и его биологическая роль [Текст] / Г.Х. Виноградов // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М., 1952. – С. 515-538.

23. Виноградова, Е.В. Возделывание кормовых бобов в зарубежных странах [Текст] / Е.В. Виноградова // Достижение науки и передового опыта в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. – 1973. – Сер. 1. – № 8. – С. 33-36.

24. Водянова, О.С. Некоторые вопросы биологии развития гороха: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. [Текст] / О.С. Водянова. – Алма-Ата, 1967. – 26 с.

25. Воевода, Б. И. Основные вопросы выращивания гороха в лесостепной зоне Львовской области / Б. И. Воевода: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. [Текст] / Б.И. Воевода. – Львов, 1967. – 24 с.

26. Вороничев, Б.А. Кормовые бобы – надежный резерв увеличения производства растительного белка [Текст] / Б.А. Вороничев, В.В. Коломейченко // Кормопроизводство. – 2003. – № 5. – С. 14-18.

27. Вороничев, Б.А. Селекционный аспект проблемы повышения устойчивости производства зерна кормовых бобов [Текст] / Вороничев Б.А. // Биологический и экономический потенциал зернобобовых, крупяных культур и пути его реализации: сб. науч. тр. / Орел, НИИ ЗБК). – Орел, 1999. – С. 130-134.

28. Воронов, А.Т. Вопросы агротехники возделывания кормовых бобов в условиях средней зоны Белоруссии: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук [Текст] / А.Т. Воронов – Минск, 1965. – 23 с.

29. Воронкова, Н.А. Агроэкологические аспекты применения бактериальных удобрений на черноземных почвах Западной Сибири [Текст] /

Н.А. Воронкова, А.И. Черемисин, О.Ф. Хамова // Сельскохозяйственные науки. – 2012. – № 6. – С. 3-7.

30. Гайдукевич, Л.И. Питание бобовых [Текст] / Л.И. Гайдукевич. – М.: Знание, 1965. – 32 с.

31. Глазова, З.И. Действие минеральных удобрений на урожай и качество гороха и кормовых бобов в Орловской области [Текст] / З.И. Глазова // Бюллетень научно-технической информации ВНИИ зернобобовых и крупяных культур. – 1974. – № 9. – С. 58-61.

32. Глазова, З.И. Удобрение кормовых бобов на серых лесных почвах [Текст] / З.И. Глазова // Химия в сельском хозяйстве. – 1977. – Т. 15. – № 7. – С. 25-26.

33. Голопятов, М.Т. Влияние техногенных и биологических факторов на урожай и качество морщинистых высокоамилозных сортов гороха [Текст] / М.Т. Голопятов, Н.О. Костикова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 2. – С. 61-66.

34. Гришин, И.А. Бобово-злаковые смеси на фураж [Текст] / И.А. Гришин // Земледелие. – 1998. – № 2. – С. 40.

35. Гришин, И.А. Роль зернобобовых в решении белковой проблемы [Текст] / И.А. Гришин, Л.Л. Котлярова // Кормопроизводство. – 1997. – № 6. – С. 19-21.

36. Грядунова, Н.В. Ресурсосберегающая технология производства гороха: метод. рек. [Текст] / Н.В. Грядунова. – Орел: ГНУ ВНИИЗБК, 2009. – 52 с.

37. Гукова, М.М. Биологическая фиксация атмосферного азота и фосфорное питание бобовых растений [Текст] / М.М. Гукова // Доклады ТСХА. – 1968. – Вып. 139. – С. 235-241.

38. Гукова, М.М. Влияние температуры почвы на фиксацию азота клубеньковыми бактериями [Текст] / М.М. Гукова // Труды ТСХА. – 1945. – Вып. 30. – С. 33-42.

39. Гукова, М.М. Влияние условий питания на рост и накопление азота кормовыми бобами в смешанном посеве с кукурузой [Текст] / М.М. Гукова, Р.И. Богомоллова // Докл. АН СССР. – 1963. – Вып. 149, № 3. – С. 725–727.

40. Гукова, М.М. О потребности бобовых растений в фосфоре при усвоении азота симбиотическим путем [Текст] / М.М. Гукова, И.Н. Арбузова // Известия ТСХА. – 1969. – Вып. 1. – С. 90–98.

41. Гулякин, И.В. Влияние азотного питания на усвоение фосфора бобовыми и небобовыми культурами [Текст] / И.В. Гулякин, М.М. Гукова, И.Н. Арбузова // Доклады ТСХА. – 1965. – Вып. 109. – Ч. 1. – С. 113–120.

42. Гулякин, И.В. Влияние фосфора и калия на урожай кормовых бобов и накопление ими азота [Текст] / И.В. Гулякин, М.М. Гукова, М.П. Моругина // Доклады ТСХА. – 1964. – Вып. 99. – С. 299–304.

43. Гулякин, И.В. О роли калия в усвоении азота бобовыми культурами [Текст] / И.В. Гулякин, М.М. Гукова, М.П. Моругина // Докл. ТСХА. – 1965. – Вып. 103. – С. 141–145.

44. Гулякин, И.В. Эффективность минеральных удобрений под кормовые бобы в условиях Ярославской области [Текст] / И.В. Гулякин, М.М. Гукова, М.П. Моругина // Доклады ТСХА. – 1963. – Вып. 94. – С. 37–42.

45. Двораковский, М.С. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1983. – 190 с.

46. Дебелый, Г. А. Зернобобовые культуры в Нечерноземье [Текст] / Г.А. Дебелый, Л. В. Калинина, А. И. Дупляк. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 125 с.

47. Дегунова, Н.Б. Однолетние бобовые культуры в Новгородской области [Текст] / Н.Б. Дегунова, Ю.Б. Данилова // Агро XXI. – 2000. – № 9. – С. 16–17.

48. Деревянский, В.П. По интенсивной технологии [Текст] / В.П. Деревянский // Технические культуры. – 1991. – № 5. – С. 32–34.

49. Дмитриенко, П.А. Особенности питания фосфором злаковых и бобовых культур в начале их роста [Текст] / П.А. Дмитриенко, Е.Г. Томашевская, В.С. Штурмова // Физиология растений. – 1963. – Т. 10, вып. 2. – С. 142-147.

50. Добровольский, И.Н. Некоторые приемы агротехники выращивания кормовых бобов на зерно и зеленую массу в условиях Черкасской области: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук [Текст] / И.Н. Добровольский. – Львов, 1972. – 19 с.

51. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

52. Дробышева, Н.И. Влияние удобрений на образование клубеньков и урожай сои [Текст] / Н.И. Дробышева // Агрохимия. – 2000. – № 2. – С. 59-61.

53. Дубовенко, Е.К. Биохимическая активность симбиотической азотфиксации [Текст] / Е.К. Дубовенко, С.М. Малинская, В.И. Кучеренко, Л.Н. Чечельницкая // Новое в изучении биологической фиксации азота: сб. науч. тр. – М.: Наука, 1971. – С. 84-100.

54. Дупляк, О.Т. Оценка и подбор исходного материала в селекции сортов гороха для смешанных посевов: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. [Текст] / О.Т. Дупляк. – Немчиновка, 1985. – 198 с.

55. Елисеев, С.Л. Выращивание кормового зерна на основе бобово-злаковых смесей [Текст] / С.Л. Елисеев, Ю.Н. Зубарев, Е.А. Ренев, В.А. Терентьев // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 12. – С. 44.

56. Елсуков, М.П. Бобы кормовые [Текст] / М.П. Елсуков. – М.: Знание, 1962. – 48 с.

57. Жбанов, Д.В. Разработка элементов сортовой агротехнологии гороха в южной лесостепи ЦЧР: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 [Текст] / Д.В. Жбанов. – Воронеж, 2011. – 165 с.

58. Женаукас, К. Влияние азота на продуктивность бобов [Текст] / К. Женаукас, И. Гатаускене // Сб. науч. тр. вузов Лит. ССР. – Вильнюс, 1981. – С. 35-38.

59. Жизневская, Г.Я. Медь, молибден и железо в азотном обмене бобовых растений / Г.Я. Жизневская. – М.: Наука, 1972. – 335 с.
60. Жизневская, Г.Я. Симбиотическая фиксация в неблагоприятных условиях [Текст] / Г.Я. Жизневская, Е.Э. Федорова // Биологический азот в сельском хозяйстве СССР: сб. науч. тр. – М.: Наука, 1989. – С. 52–59.
61. Жуков, М.С. Влияние азотных удобрений на урожай зернобобовых культур и фиксацию ими атмосферного азота [Текст] / М.С. Жуков // Научные тр. ВНИИ зернобобовых культур. – Орел, 1972. – Т. 4. – С. 312-320.
62. Жуков, М.С. Роль бобовых культур в азотном балансе почвы и очередные задачи этого вопроса [Текст] / М.С. Жуков // Научные тр. ВНИИ зернобобовых культур. – Орёл, 1972. – Т. 4. – С. 301-311.
63. Завалин, А.А. Роль бобового предшественника в питании зерновых культур и повышении плодородия Предкавказского выщелоченного чернозема [Текст] / А. А. Завалин, М. В. Кашуков // Агрохимия. – 1998. – № 12. – С. 20-23.
64. Задорин, А.Д. Научное обеспечение повышения биологического и экономического потенциала зернобобовых и крупяных культур [Текст] / А.Д. Задорин // Биологический и экономический потенциал зернобобовых и крупяных культур и пути его реализации. – Орел, 1999. – С. 3-15.
65. Захарченко, И.Г. Роль биологического азота в балансе питательных веществ в почве [Текст] / И.Г. Захарченко // Новое в изучении биологической фиксации азота: сб. науч. тр. – М.: Наука, 1971. – С. 139-145.
66. Захарьев, Н.И. Микроэлементы в животноводстве и растениеводстве [Текст] / Н.И. Захарьев, Л.В. Коверга. – Фрунзе: Илим, 1980. – С. 51.
67. Зиганшин, А.А. Азотные удобрения под зернобобовые повышают урожай [Текст] / А.А. Зиганшин // Зерновое хозяйство, – 1972. – № 12. – С. 27-31.
68. Зиганшин, А.А. К вопросу о роли гороха в севообороте [Текст] / А.А. Зиганшин // Роль зернобобовых культур в севооборотах. – Орел, 1974. – С. 86-91.

69. Зотиков, В.И. Перспективная ресурсосберегающая технология производства гороха: метод. рекомендации / В.И. Зотиков, М.Т. Голопатов, А.С. Акулов [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 60 с.

70. Зотиков, В.И. Регуляция продукционного процесса сельскохозяйственных растений – Часть 2 / В.И. Зотиков. – Орел: ВНИИЗБК, 2006. – 327с.

71. Зубрицкий, В.А. Кормовые бобы в уплотненных посевах [Текст] / В.А. Зубрицкий, В.В. Копуловский, Н.А. Варич // Кормопроизводство. – 1996. – № 2. – С. 25-28.

72. Иванов, Г.М. Микроэлементы в Сибири [Текст] / Г.М. Иванов, И.А. Боссерт. – Улан-Удэ: СО АН СССР, 1970. – 41 с.

73. Ившин, Г.И. Кормовые бобы – на поля России [Текст] / Г.И. Ившин // Аграрная наука. – 1998. – № 11. – С. 21-22.

74. Ившин, Г.И. Новые сорта кормовых бобов как результат экологической селекции [Текст] / Г.И. Ившин // Селекция и семеноводство. – 1999. – № 1. – С. 27.

75. Ившин, Г.И. Новые сорта кормовых бобов на этапе внедрения в производство [Текст] / Г.И. Ившин // Кормопроизводство. – 1999. – № 5. – С. 26-27.

76. Ившин, Г.И. Факторы стабилизации урожаев кормовых бобов [Текст] / Г.И. Ившин, В.В. Ившина // Кормопроизводство. – 2002. – № 6. – С. 22-24.

77. Исайчев, В. Симбиотическая активность гороха в зависимости от предпосевной обработки семян различными препаратами [Текст] / В. Исайчев, Н. Андреев, В. Костин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2004. – №5. – С. 48-50.

78. Кадыров, С.В. Соя в Центральном Черноземье [Текст] / С.В. Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж: ВГАУ, 1998. – 151с.

79. Кадыров, С.В. Технологии программированных урожаев в ЦЧР: справочник / С.В. Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж, 2005. – 544 с.

80. Казаков, Е.Д. Аминокислотный состав белка [Текст] / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович // Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М., 1989. – С. 26-30.

81. Калниньш, А.Д. Влияние минерального азота на эффективность симбиоза клубеньковых бактерий с бобовыми растениями [Текст] / А.Д. Калниньш // Тезисы докладов Всесоюзной конференции по сельскохозяйственной микробиологии. – Л.: Колос, 1963. – С. 26-28.

82. Капитонов, А.А. Влияние минеральных удобрений и некоторых микроэлементов на урожай гороха и бобов / А.А. Капитонов // Тр. Межвузовской научной конференции по районированию и возделыванию зернобобовых культур на Востоке Лесостепной полосы. – Казань, 1964. – С. 415-420.

83. Карташова, Н.Н. Медоносные растения Томской области. – Томск. – 1955. – Вып. 4. – 80 с.

84. Кашуков, М.В. Симбиотическая активность посевов гороха в зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором [Текст] / М.В. Кашуков, А.А. Кашуков, Ф.К. Кутежева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 3. – С. 25-26.

85. Кашуков, М.В. Содержание, сбор белка и жира с семян сои и гороха [Текст] / М. В. Кашуков, Х. А. Гажев // Зерновое хозяйство. – 2006. – № 7. – С. 24-26.

86. Кишиневский, Б.А. Эффективность инокуляции гороха в зависимости от влажности почвы [Текст] / Б.А. Кишиневский // Использование микроорганизмов для повышения урожая сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. – М.: Колос, 1966. – С. 141-146.

87. Клинкаре, А.Я. Влияние микроэлементов Cu, Mo, B и Mn на эффективность симбиоза клубеньковых бактерий и кормовых бобов [Текст] / А.Я. Клинкаре // Микроорганизмы и растения. – Рига, 1964. – С. 32-35.

88. Ковшик, И.Г. Применение удобрений под сою [Текст] / И.Г. Ковшик, В.В. Русанов // Масличные культуры. – 1987. – № 5. – С. 14-15.

89. Ковшик, И.Г. Роль молибдена в повышении урожайности сои в Приамурье [Текст] / И.Г. Ковшик, Ю.Н. Казачков, В.И. Голов // Сб. науч. тр. – Новосибирск, 1983. – С. 41-46.

90. Козлов, И.В. О влиянии связанных соединений азота на азотфиксирующую активность клубеньковых бактерий [Текст] / И.В. Козлов // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1962. – № 2. – С 49.

91. Колосова, Н.А. К вопросу об азотфиксирующей способности люпина [Текст] / Н.А. Колосова // Агрохимия. – 1965. – № 6. – С. 61-66.

92. Комаров, М.И. Сохранение плодородия почвы на склонах ЦЧЗ / М.И. Комаров. – Воронеж: Центр-Чернозем. кн. изд-во, 1984. – С. 55-58.

93. Контола, Т. Отечественные конские бобы – новое сырье в наших кормах [Текст] / Т. Контола // Вести рыбовода. – 2011. – № 1. – С. 15.

94. Корсаков, М.П. Взаимоотношения клубеньковых бактерий с бобовыми растениями [Текст] / М.П. Корсаков, Г.В. Лопатина // Микробиология. – 1934. – Т. 3 – вып. 2.

95. Косякин, М.К. Эффективность микроудобрений на черноземах [Текст] / М.К. Косякин // Земледелие. – 1965. – № 4. – С. 41.

96. Кошукоев, А.А. Повышение продуктивности посева гороха в условиях Предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. [Текст] / А.А. Кошукоев. – Астрахань, 2011. – 136 с.

97. Круглов, Л.В. Питание кормовых бобов фосфором из удобрений и почвы: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук [Текст] / Л.В. Круглов. – Минск, 1966. – 26 с.

98. Кузнецова, Г.С. Зависимость азотфиксирующей способности кормовых бобов от фона минеральных удобрений [Текст] / Г.С. Кузнецова // Тр. Свердловского СХИ. – 1973. – Т. 29. – С. 34-41.

99. Кукреш, Л.В. Зернобобовые культуры в интенсивном земледелии [Текст] / Л.В. Кукреш, Р.А. Кулаева, Н.П. Лукашевич, И.Р. Ходорцов. – Мн.: Ураджай, 1989. – 169 с.

100. Куркина, Ю.Н. Показатели засухоустойчивости кормовых бобов в условиях Черноземья [Текст] / Ю.Н. Куркина // Кормопроизводство. – 2005. – № 5. – С. 24-26.
101. Ламбрехт, Х. Кормовые бобы как предшественник зерновых культур [Текст] / Х. Ламбрехт // Сельское хозяйство за рубежом. – 1971. – № 5. – С. 16.
102. Лапинскас, Э.Б. Влияние минерального азота и известкования почвы на эффективность клубеньковых бактерий кормовых бобов [Текст] / Э.Б. Лапинскас // Информативный бюллетень Литовского НИИ земледелия. – 1969. – № 19. – С. 42-50.
103. Листопадов, И.Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии / И.Н. Листопадов, Н.М. Шапошникова. – М.: Россельхозиздат, 1984. – С. 205.
104. Литвак, Ш.И. Фосфор на службе урожая: кн. для учащихся / Ш.И. Литвак. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1984. – С. 205.
105. Лукашевич, Н.П. Влияние способов возделывания на урожайность и технологичность посевов гороха [Текст] / Н.П. Лукашевич, И.М. Коваль // Кормопроизводство. – 2000. – № 5. – С. 22-23.
106. Лукина, Л.П. Адаптация озимой пшеницы к условиям ее выращивания в севообороте / Л.П. Лукина, В.Н. Квартин // Технология, селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур. – зерноград, 2003. – С. 89-91.
107. Макарова, В.Я. Влияние микроудобрений бора и меди на урожай и посевные качества семян сои / В.Я. Макарова // Факторы повышения продуктивности сои: сб. науч. тр. – Новосибирск, 1983. – С. 131-138.
108. Макашева, Р.Х. Горох / Р.Х. Макашева. – Л.: Колос, 1973. – С. 312.
109. Максютков, Н.А. Эффективность беспаровых севооборотов и бес-
сменных посевов [Текст] / Н.А. Максютков // Земледелие. – 1996. – № 6. – С. 20-22.
110. Малахов, Г.Н. Некоторые приемы возделывания гороха в степи и южной лесостепи Омской области: автореф. дисс. ... канд. с-х. наук [Текст] / Г.Н. Малахов. – Казань, 1970. – 20 с.

111. Мартянова, А.И. Зерновые культуры [Текст] / А.И. Мартянова // Зерновые культуры. – 2001. – № 1. – С. 24-25.

112. Маслова, Н.Ф. Влияние борных удобрений на урожай и качество сои [Текст] / Н.Ф. Маслова // Селекция, семеноводство и технология возделывания с.-х. культур в Приморье: сб. науч. тр., ВАСХНИЛ СО Примор. НИИСХ. – Новосибирск, 1990. – С. 49-55.

113. Мастеров, А.С. Методика энергетического анализа при применении пестицидов и удобрений / А.С. Мастеров, В.П. Дуктов, Т.И. Валькевич // Методические указания. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. – 48 с.

114. Меркушина, А.С. Влияние микроэлементов на продуктивность и качество зерна гороха / А.С. Меркушина, А.К. Ольховская // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений: сб. науч. тр. – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 130.

115. Мишустин, Е.Н. Биологическая фиксация атмосферного азота / Е.Н. Мишустин, В.К. Шильникова. – М.: Наука, 1968. – 117 с.

116. Мищенко, Т.М. Симбионгенетика и селекция макросимбионта на повышение азотфиксации на примере гороха (*pisum sativum* L.) [Текст] / Т.М. Мищенко, Г.Г. Майстренко // Вестник ВОГиС. – 2010. – Т. 14. – С. 357-358.

117. Морнауза, А.А. Влияние азотного и калийного питания кормовых бобов на эффективность их симбиоза с клубеньковыми бактериями: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / А.А. Марнауза. – Елгава, 1966. – 26 с.

118. Морнауза, А.А. Влияние калия и нитратного азота на содержание и динамику углеводов в кормовых бобах, люпине и на эффективность симбиоза / А.А. Морнауза // Учёные записи Ленинградского университета. – Л., 1969. – Т. 109. – С. 77-87.

119. Мороз, Н.А. Приёмы ускоренного созревания кормовых бобов: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Н.А. Мороз. – Минск, 1965. – 23 с.

120. Морозов, В.И. Бобовые фитоценозы и оптимизация плодородия почвы [Текст] / В. И. Морозов, А. Л. Тойгильдин // Земледелие. – 2008. – № 1. – С. 16-17.

121. Москалёв, А.И. Влияние минеральных и органических удобрений на урожай кормовых бобов / А.И. Москалёв // Зернобобовые культуры. – Минск, 1963. – С. 174-178.

122. Мушинский, А.А. Продуктивность однолетних кормовых культур в степной зоне Оренбургской области [Текст] / А.А. Мушинский // Кормопроизводство. – 2011. – № 2. – С. 40-42.

123. Нагорный, В.Д. Соя: особенности минерального питания и удобрения. – М.: Изд-во РУДН, 1993. – 149 с.

124. Неклюдов, Б.М. Молибденовые удобрения / Б.М. Неклюдов. – М.: Изд-во МСХ РСФСР, 1962. – С. 62.

125. Неклюдов, Б.М. Некоторые вопросы агротехники кормовых бобов в Горьковской области / Б.М. Неклюдов // Тр. Межвузовской научной конференции по районированию и возделыванию зернобобовых культур на Востоке Лесостепной полосы. – Казань, 1964. – С. 286-299.

126. Николаев, И.Н. Продуктивность смешанных посевов кормовых бобов [Текст] / И.Н. Николаев, В.В. Разумова // Кормопроизводство. – 2011. – № 11. – С. 26-27.

127. Ничипорович, А.А. Сравнительная оценка взаимосвязи между фотосинтезом и некоторыми особенностями метаболизма у кукурузы и бобов / А.А. Ничипорович, Н. Тхыок, Т.Ф. Андреева // Физиология растений. – 1972. – Т. 19, вып. 5. – С. 1066-1073.

128. Новикова, Л.П. Влияние удобрений на урожай и качество кормовых бобов / Л.П. Новикова // Вопросы корневого питания растений: сб. науч. тр. – Л.: ЛГУ, 1968. – С. 54-61.

129. Носахильский, В.В. Высокие урожаи – ежедневно [Текст] / В.В. Носахильский // Масличные культуры. – 1986. – № 4. – С. 29-30.

130. Окнина, Р.М. Влияние уровня минерального питания и водоснабжения на урожай кормовых бобов: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук [Текст] / Р.М. Окнина. – М., 1969. – 15 с.

131. Окнина, Р.М. Изменение содержания хлорофилла в листьях кормовых бобов при внесении расчетных доз удобрений [Текст] / Р.М. Окнина // Доклады ТСХА. – 1972. – Вып. 182. – С. 33-37.

132. Орлов, В.П. Зернобобовые культуры в интенсивном земледелии / В.П. Орлов, А.П. Исаев, С.И. Лосев [и др.] // Сост. В.П. Орлов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 206 с.

133. Павловская, Н.Е. Изменения содержания белка и крахмала в семенах гороха [Текст] / Н.Е. Павловская, М.А. Яроватая // Аграрная наука. – 2004. – № 5. – С. 8-9.

134. Пальчевский, В.И. Рост, развитие и урожай кормовых бобов в зависимости от внесенных удобрений [Текст] / В.И. Пальчевский, П.М. Попов // Плодородие почвы и эффективность удобрений на Полесье УССР: сб. науч. тр. – К.: Урожай, 1968. – С. 159-161.

135. Панасин, В.Н. Влияние микроудобрений на белковый обмен и содержание микроэлементов в урожае некоторых сельскохозяйственных культур [Текст] / В.Н. Панасин, В.В. Широков // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений: сб. науч. тр. – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 85.

136. Пейве, Я.В. Биохимическая роль молибдена и применение его в сельском хозяйстве / Я.В. Пейве // Микроэлементы и урожай: сб. науч. тр. – Рига: Изд-во АН Латвийской ССР, 1961. – С. 7.

137. Пейве, Я.В. Влияние кальция, железа и алюминия на поступление микроэлементов в растения [Текст] / Я.В. Пейве // Изв. АН Латв. ССР. – 1962. – № 8. – С. 17-19.

138. Пичугина, Т.П. Урожайность, качество кормовых бобов и сои в зависимости от норм высева и обработки семян молибденом на разнородных фонах: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 [Текст] / Т.П. Пичугина. – Воронеж, 2004. – 328 с.

139. Плаксина, Г.Ф. Особенности формирования урожая кормовых бобов и сроки их уборки на зелёную массу и семена в условиях Кировской области: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук [Текст] // Г.Ф. Плаксина. – Киров, 1970. – 27 с.

140. Платонов, А.М. Энергосберегающая роль гороха в звене севооборота / А. М. Платонов, А. П. Исаев // Современному земледелию - адаптивные технологии: тр. науч.-произв. конф. – Ижевск, 2001. – С. 96-98.

141. Платонова, Л.Г. Использование азотных удобрений и регуляторов роста на возделывание бобов [Текст] / Л.Г. Платонова // Сельское хозяйство за рубежом. – 1971. – № 5. – С. 16-17.

142. Полищук, А.А Влияние минеральных удобрений на урожай кормовых бобов [Текст] / А.А. Полищук, Н.Н. Кашеварова, Н.В. Давыдова // Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 18-19.

143. Попов, Г.Н. Микроудобрения на орошаемых землях / Г.Н. Попов, Б.В. Егоров. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 48 с.

144. Попов, П.М. Влияние отдельных приёмов агротехники кормовых бобов на урожай и качество семян в условиях Лесостепи Житомирской области: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук [Текст] / Попов П.М. – Белая Церковь, 1967. – 20 с.

145. Попов, П.М. Некоторые вопросы возделывания кормовых бобов на семена [Текст] / П.М. Попов // Увеличение производства в центральном Полесье УССР: сб. науч. тр. – Львов: Каменяр, 1970. – С. 108-112.

146. Посыпанов, Г.С. Белковая продукция бобовых культур при симбиотрофном и автотрофном типах питания азотом [Текст] / Г.С. Посыпанов: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук. – Л., 1983. – 50 с.

147. Посыпанов, Г.С. Влияние азотных удобрений на урожай кормовых бобов [Текст] / Г.С. Посыпанов // Доклады ТСХА. – 1968. – Вып. 142. – С. 151-157.

148. Посыпанов, Г.С. Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях [Текст] / Известия ТСХА. – 1983. – № 5. – С. 17-26.

149. Посыпанов, Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие / Г.С. Посыпанов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 300 с.

150. Правдин, В.В. Влияние минерального питания на состав продуктов фотосинтеза у бобов [Текст] / В.В. Правдин // Учёные записи Пермского университета. – 1967. – № 175. – С. 143-146.

151. Путинцев, А.Ф. Эффективность применения биопрепарата Эль-1 на зернобобовых культурах / А.Ф. Путинцев, М.А. Платонова, Ю.Н. Кирсанов, А.И. Ерохин, З.Н. Правлюк // Тезисы 5 Международной конференции «Регуляторы роста и развития растений». – М., 1999. – С. 236.

152. Ратнер, Е.И. Молибден и урожай / Е.И. Ратнер, И.А. Буркин. – М., 1959. – 40 с.

153. Ратнер, Е.И. Питание растений и применение удобрений / Е.И. Ратнер. – М.: Наука, 1965. – С. 45-47.

154. Ржанова, Е.И. Биологический контроль за развитием и ростом гороха посевного / Е.И. Ржанова // Сборник «Наука и техника – сельскому хозяйству». – М.: Изд-во МГУ, 1971. – С. 2-7.

155. Роль сорта в формировании урожая [Текст] / А.В. Амелин, Н.И. Куликов, Л.И. Ларинова [и др.] // Земледелие. – 2002. – № 1. – С. 42.

156. Романов, В.И. Азотфиксация и метаболизм фотоассимилянтов в клубеньках бобовых растений: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук [Текст] / В.И. Романов. – М., 1987. – 46 с.

157. Романов, Г.Г. Устройство для измерения интенсивности биологической азотфиксации в тундре [Текст] / Г.Г. Романов, В.Я. Костяев, Г.С. Посыпанов // Биологический азот: тез. докл. I всесоюзн. научн. конф. СО-ИСАФ. – Калуга, 1990. – С. 86-87.

158. Руссель, С. Микроорганизмы и жизнь почвы / С. Руссель. – М.: Колос, 1977. – 223 с.
159. Садырин, М.М. Пчелы, мед и урожай [Текст] / М.М. Садырин. – Омск, 1963. – 90 с.
160. Сассон, А. Биотехнология: свершения и надежды. Пер. с англ. / Под ред. Б.Г. Дебабова. – М.: Мир, 1987. – 411 с.
161. Сидоров, М.И. Плодородие и обработка почвы / М.И. Сидоров. – Воронеж: Центр-Чернозем. кн. изд-во, 1981. – С. 96.
162. Сеницын, Е.М. Кормовые бобы: Интенсивная технология / Гос. агропром. ком. СССР; Сост.: Е.М.Сеницын [и др.] – М.: Агропромиздат, 1988. – 32 с.
163. Смирнова-Иконникова, М.И. Характеристика растительных ресурсов зерновых бобовых культур по количественному составу белка / М.И. Смирнова-Иконникова // Белки в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 334.
164. Смирнова-Иконникова, М.И. Химический состав зерновых культур [Текст] / М.И. Смирнова-Иконникова // Зерновые бобовые культуры. – М.: Сельхозгиз, 1960. – С. 32-33.
165. Собачкин, А.А. Влияние молибдена на урожайность кормовых бобов / А.А. Собачкин // Доклады ТСХА. – 1963. – Вып. 34. – С. 45-48.
166. Соколин, В.Л. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года: Земельные ресурсы и их использование [Текст] / В. Л. Соколин [и др.] // Федеральная служба гос. статистики. – М.: НИЦ «Статистика России», 2008. – 312 с.
167. Сопер, М.Х. Прогресс в возделывании кормовых бобов в Англии / М.Х. Сопер // Сб. переводов: Кормовые бобы за рубежом. – М., 1962. – С. 24-28.
168. Сорокин, А.Е. Урожайность ячменя и кормовых бобов в зависимости от обработки почвы при разных уровнях химизации [Текст] / А.Е. Сорокин // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 7. – С. 68-69.

169. Столяров, О.В. Агроэкологическое изучение сортов, влияния удобрений и регуляторов роста на развитие, урожайность и качество семян сои в лесостепи ЦЧР: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09. [Текст] / О.В. Столяров. – Воронеж, 1999. – 200 с.

170. Столяров, О.В. Азотфиксирующая деятельность и продуктивность зернобобовых культур в Центральном Черноземье [Текст] / О.В. Столяров, В.А. Федотов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2004. – № 5. – С. 50-52.

171. Столяров, О.В. Влияние макро- и микроудобрений на симбиотическую активность и урожайность кормовых бобов [Текст] / О.В. Столяров // Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 5. – С. 33-34.

172. Столяров, О.В. Влияние предпосевной обработки семян на ассимилирующую активность, величину и качество урожая сои [Текст] / О.В. Столяров, С.В. Кадыров, В.А. Федотов // Соя и другие бобовые культуры в Центральном Черноземье: сб. науч. тр. – Воронеж, 2001. – С. 117-123.

173. Столяров, О.В. Нут, соя и кормовые бобы в Центральном Черноземье: дисс. ... д-ра с.-х. наук [Текст] / О.В. Столяров. – Воронеж, 2005. – 542 с.

174. Столяров, О.В. Продолжительность вегетации, урожайность и качество различных по скороспелости сортов сои в лесостепи ЦЧЗ [Текст] / О.В. Столяров, В.А. Федотов, С.В. Кадыров // Вестник ВГАУ. – 1988. – № 1. – С. 68-74.

175. Столяров, О.В. Сортовая агротехнология гороха [Текст] / О.В. Столяров, Д.В. Жбанов // Аграрная наука. – 2010. – № 10. – С. 16-17.

176. Стоянов, И. Физиология растений [Текст] / И. Стоянов, П. Чичев, Г. Тулгаров. – 1978. – вып. 4. – №1. – С. 84.

177. Сухарев, Д.Н. Ботанико-фармакогностическое изучение различных сортов гороха посевного: автореф. дисс. ... канд. биол. наук [Текст] / Д.Н.Сухарев. – М., 2005. – 26 с.

178. Терехов, А.И. Научно-концептуальные основы совершенствования организации производства высокобелкового зерна и особо ценного крупяного зерна в России [Текст] / А. И. Терехов // Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур: сб. науч. тр. ВНИИЗБК. – Орел, 2004. – С. 164-181.

179. Тильба, В.Т. Сравнительная динамика образования клубеньков у некоторых амурских сортов сои / В.Т. Тильба, С.А. Бегун, Н.Г. Дуденко // Биология, селекция и генетика сои: сб. науч. тр. – М.: ВАСХНИЛ, 1986. – С. 83-91.

180. Толстоусов, В.П. Удобрения и качество урожая. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 81.

181. Тома, С.И. Микроэлементы как фактор оптимизации питания растений / С.И. Тома // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений: сб. науч. тр. – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 5.

182. Торшин, С.П. Микроэлементы в растениях Центрально-Черноземного региона России / С.П. Торшин, Б.Л. Ягодин, И.Ю. Забродина [и др.] // Агрохимия. – 1996. – № 1. – С. 20.

183. Трейман, А.А. Потребление макро- и микроэлементов конскими бобами [Текст] / А.А. Трейман // Агрохимия. – 1990. – № 10. – С. 59-69.

184. Трепачёв, Е.П. Минеральный азот и бобовое растение [Текст] / Е.П. Трепачев, А.А. Атрашкова, А.И. Хабарова [и др.] // Агрохимия. – 1973. – № 6. – С. 3-12.

185. Трепачев, Е.П. О методах определения и размерах фиксации атмосферного азота бобовыми растениями / Е.П. Трепачев, Н.А. Атрашкова, А.И. Хабарова // Биологический азот в земледелии нечерноземной зоны СССР: сб. науч. тр. – М.: Колос, 1970. – С. 27-74.

186. Трисвятский, Л.А. Товароведение зерна и продуктов его переработки / Л.А. Трисвятский, И.С. Шатилов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1978. – 496 с.

187. Фарниев, А.Т. Биологическая фиксация азота воздуха, урожайность и белковая продуктивность бобовых культур в Алании // А.Т. Фарниев, Г.С. Посыпанов. – Владикавказ: Иростон, 1997. – 210 с.

188. Федоров, М.В. Биологическая фиксация азота атмосферы / М.В. Федоров. – М.: Наука, 1952. – С. 671.

189. Федоров, М.В. Влияние условий выращивания бобовых растений на образование клубеньков и урожай растений [Текст] / М.В. Федоров, В.П. Подъяпольская // Докл. ТСХА. – 1951. – Вып. 77, № 1. – С. 121-124.

190. Федорова, Е.Э. Роль микроэлементов в жизни бобовых / Е.Э. Федорова, Г.Я. Жизневская // Тез. докладов X Всесоюзной конференции: Микроэлементы в биологии и их применение в медицине и сельском хозяйстве. – Чебоксары. – 1986. – Т. 1. – С. 110.

191. Федотов, В.А. Растениеводство Центрально-Черноземного региона / В.А. Федотов, В.В. Коломейченко, Г.В. Коренев [и др.]; под ред. В. А. Федотова, В. В. Коломейченко. – Воронеж, 1998. – 464 с.

192. Федотов, В.А. Число и масса клубеньков на корнях растений разных по скороспелости сортов сои при внесении минеральных удобрений / В.А. Федотов, О.В. Столяров, С.В. Кадыров // Соя и другие бобовые культуры Центрального Черноземья: сборник научных трудов – Воронеж, 2001. – С. 87-90.

193. Федотов, В.С. Агротехнические приемы повышения урожайности зернобобовых / В.С. Федотов // Культура зернобобовых растений. Вопросы биологии, селекции, семеноводства, агротехники и механизации: науч. тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1967. – С. 171-179.

194. Федюшкин, Б.Ф. Минеральные удобрения с микроэлементами: Технологии и применение. – Л., 1989. – 272 с.

195. Хайлова, Г.Ф. Симбиотическая азотфиксирующая система бобовых растений [Текст] / Г.Ф. Хайлова, Г.Я. Жизневская // Агрохимия. – 1980. – № 12. – С. 118-133.

196. Хамоков, Х.А. Влияние различных агроприемов на азотфиксирующую способность и урожайность гороха [Текст] / Х.А. Хамоков // Зерновые культуры. – 1999. – №6. – С. 26-28.

197. Хамуков, В.Б. Оптимальная обеспеченность подвижным фосфором для максимальной симбиотической азотфиксации бобовых культур [Текст] / В.Б. Хамуков, Б.И. Жеруков // Химия в сельском хозяйстве. – 1997. – № 1. – С. 35-37.

198. Ханиева, И.М. Эффективность микро- и макроудобрений при выращивании гороха [Текст] / И.М. Ханиева, А.Л. Бозиев // Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 22-23.

199. Хузина, Г.К. Влияние площади питания на водопотребление растений и урожайность зерна кормовых бобов [Текст] / Г.К. Хузина // Фундаментальные исследования (или сельскохозяйственные науки). – 2012. – № 9. – С. 126-129.

200. Церлинг, В.В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг. – М.: Наука, 1978. – 215 с.

201. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

202. Цимбалист, Н.И. Энергетическая оценка применения средств химизации / Н.И. Цимбалист, З.К. Благовещенская // Обзорная информ. ВНИИТЭИ агропром. – М., 1993. – 44 с.

203. Цыганов, А.Р. Эффективность применения микроудобрений при возделывании гороха [Текст] / А.Р. Цыганов, О.И. Вильдфлуш // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2004. – № 3. – С. 28-31.

204. Черкавский, О.Ф. Микроэлементы в окружающей среде / О.Ф. Черкавский, Н.Г. Жмурко, В.Х. Русакевич // Киев: Наукова думка, 1980. – С. 182.

205. Черномырдина, М. Рост, развитие и химический состав кормовых бобов при их выращивании в Западных районах Украины: автореф. дисс. ... канд. биол. наук [Текст] / М. Черномырдина – Львов, 1972. – 32 с.
206. Шевчук, В.Е. Удобрение бобовых культур в Восточной Сибири / В.Е. Шевчук. – Иркутск, 1977. – 244 с.
207. Шелепина, Н.В. Оценка зерна современных морфотипов гороха как сырья для промышленной переработки / Н.В. Шелепина // Орл. гос. инт-т экон. и торг. – Орел, 2007. – 44 с.
208. Шелепина, Н.В. Потенциал гороха в расширении ресурсной базы перерабатывающей промышленности / Н.В. Шелепина // Инновационные технологии в товароведении и пищевой инженерии; Под общ. ред. проф. А.И. Шилова. – СПб.: ИНФО-ДА, 2007. – С. 129-143.
209. Школьник, М.Я. Микроэлементы в жизни растений / М.Я. Школьник. – М.: Наука, 1970. – 343 с.
210. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар, Ф. Элмер, А. Постников, Г. Тарануха [и др.] – Минск: «ФАУинформ», 2000. – 264 с.
211. Щедрина, Д.И. Кормопроизводство в Центральном Черноземье: учебное пособие / Д.И. Щедрина, В.А. Федотов, А.Ф. Попов, Л.И. Саратовский; под ред. В.А. Федотова. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2010. – 230 с.
212. Эрмохин, Ю.И. Экономическая и биоэнергетическая оценка применения удобрений: методические рекомендации / Ю.И. Эрмохин, А.Ф. Неклюдов. – Омск, 1994. – 44 с.
213. Ягодин, Б.А. Влияние минерального азота на формирование урожая и азотфиксацию гороха и кормовых бобов / Б.А. Ягодин // Изв. ТСХА. – 1980. – Вып. 1. – С. 62-70.
214. Ягодин, Б.А. Кобальт в жизни растений / Б.А. Ягодин. – М.: Наука, 1970. – 350 с.
215. Ягодин, Б.А. Сера, магний и микроэлементы в питании растений / Б.А. Ягодин [Текст] // Агрохимия. – 1988. – № 11. – С. 117.

216. Яковлева, В.В. О роли бора в углеводном балансе растений / В.В. Яковлева // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М., 1952. – С. 137-149.

217. Яковлева, З.М. Бактероиды клубеньковых бактерий / З.М. Яковлева. – Новосибирск, 1975. – С. 172.

218. Allen, O.N. Rhizobial inoculants in United States Agriculture / O.N. Allen // In: Sympos. IX Internat. Microbiol. Congr., Moscow. – 1966. – P. 24–30.

219. Bergareche, C. Effect of nitrogen nutrition on the production and duality of cultivars of *Vicia faba* in Mediter ranean area (Spain) [Text] / C. Bergareche, D. Vidal // Intern. Center-Agr. Res. In Dry Areas. Faba bean Inform. Serv. – Aleppo, 1988. – V. 20. – P. 30-33.

220. Brenchley, W.E. The relation between the development, structure and functioning of the nodules on *Vicia faba* as influenced by the or boron in the nutrient medium / W.E. Brenchley, H.G. Thornton // Proc. Roy. Soc. – 1925. – Vol. 98.

221. Coale, F.J. Potassium utilization bu no-tile full season and double – crop soybean [Text] / F.J. Coale, J.H. Grawe // Agrau J. – 1991. – № 1. – P. 190-194.

222. Dordas, C. Class-1 hemoglobins, nitrate and NO levels in anoxis maize cell-suspension cultures [Text] / C. Dordas, B. Hasinoff, J. Rivool, R. Hill // Planta, 2004. V. 219. – № 1. P. 66-72.

223. Fiegenbaum, A. Zur Problematik der stickstoffurckst aende von Ackerbohnen [Text] / A. Fiegenbaum, W. Aufhammer, E. Kubler // Bodenkultur. – 1994. – 45. – № 4. – S. 318-331.

224. Franco, A.A. Plant assimilation and nitrogen cycling [Text] / Plant and Soil. – 1982. – № 1. P. 2-13.

225. Gabriel, I. Variation in seed protein digestion of different pea (*Pisum Sativum* L.) genotypes by cecectomized broiler chickens [Text] / I. Gabriel, L. Quillien, F. Cassecuelle, P. Marget, H. Juin, M. Lessire, B. Seve, G. Duc // Live-stock Science, 2008. – V. 113. – P. 262-274.

226. Harker, K. N. Timing weed removal in field pea (*Pisum sativum*) [Text] / K. N. Harker, R. E. Blackshaw, G. W. Clayton // Weed Technol. – 2001. – № 2. – C. 277-283.

227. Hartwig, U.A. Ecophysiology of symbiotic N₂ fixation in grassland legumes / U.A. Hartwig, J.F. Soussana // Grassland Sci. Europe. – 2001. – V. 6. P. 2-10.
228. Hein, W. Ganzpflanzensilage mit Ackerbohne F. 1. erfahrungen mit dem anbau [Text] / W. Hein, E. Solatarev // Forderungsdienst. – 1989. – V. 37. – № 5. – S. 125-130.
229. Heyland, K., Puht T. Ubur die Bedeutung der Art der Stickstoff Ernährung der Ackerbohne [Text] / T. Puht // Bodenkultur. – 1986. – V. 37. – № 3. – P. 231-243.
230. Klein, W. Fichwerpunte eines ertragneichen Ackerbohnenanbaues [Text] / W. Klein // Feldwirtschaft. – 1990. – vol. 31. – № 6. – S. 279-281.
231. Lauten, H. Empfehlungen zur Ackerbohnen und Erbsenussaat 1988 [Text] // Landwirt. Z. rheinland. – 1988. – № 5. – P. 245-247.
232. Makowski, N. Empfehlungen zum Anbau von Kornerfuttererbsen in DDR [Text] / N. Makowski, H. Peters, C. Ericsen // Feldwirtschaft, 1990. – № 4. S. 171-173.
233. Pandey, M. Activity of NR, GDH and GS in relation to phosphorus fertilization and growth stages in chickpea [Text] / M. Pandey, P. Venu Babu // Indian J. Plant Physiol. – 1988. – Vol. 31. – № 3. – P. 276-280.
234. Pate, J.S. Nodulation studies in legumes. 1V. The influence of inoculums strain and of application of ammonium nitrate on symbiotic response [Text] / J.S. Pate, P.J. Dart // Plant and Soil. – 1961. – № 4. – S. 329.
235. Petersen, U. Erweis aus eigenem Anbau futtern. Ackerbohnen und Lupinen in Schweinnemast und Rindviehfutterung [Text] / U. Petersen, R. Deinicke // Deutsche Landwirtschaftliche Presse. – 1984. – 16. Marz. – № 5. – S. 9-10.
236. Singh, G. Effect of herbicides on weeds, nodulations, biological nitrogen fixation and yields of peas / G. Singh, D. Wright // Brighton Crop Prot. Conf. "Weeds". – 1997. – C. 673-674.
237. Streeter, J.G. Effekts of drought on nitrogen fixation in soybean root nodules // Plant Cell Environ, 2003. – V. 26. – P. 1199-1202.

238. Wulfgang, S. Ergebnisse der EU-Sortenversuche mit Ackerbohnen und Futtererbsen [Text] // Raps. – 2001. – V 19. – №1. – P. 44-47.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Продолжительность межфазных периодов развития растений
кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, дн. (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Продолжительность межфазного периода						Период вегетации, дн.
		всходы - 5-6 листьев	5-6 листьев – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	9	17	12	14	18	20	90
	И	9	17	13	14	18	20	91
	Ам	9	17	12	14	18	20	90
	И+Ам	9	18	12	14	18	20	91
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	9	17	12	14	18	20	90
	И	9	18	13	14	18	20	92
	Ам	9	17	12	14	18	20	90
	И+Ам	9	18	13	15	19	19	93
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	9	18	12	14	18	20	93
	И	9	18	12	15	19	21	94
	Ам	9	18	12	14	18	21	92
	И+Ам	10	18	13	15	19	21	95
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	9	18	12	15	18	20	91
	И	10	18	13	15	18	21	94
	Ам	9	18	12	15	19	20	92
	И+Ам	10	18	13	16	19	21	96

Продолжительность межфазных периодов развития растений кормовых
бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, дн. (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Продолжительность межфазного периода						Период вегетации, дн.
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	10	21	11	17	19	19	97
	И	10	21	12	17	19	19	98
	Ам	10	21	11	17	19	20	98
	И+Ам	10	22	12	18	18	19	99
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	10	21	11	17	19	19	101
	И	11	22	11	18	19	18	103
	Ам	10	21	12	17	19	19	102
	И+Ам	11	22	12	17	19	19	104
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	11	22	12	18	19	21	102
	И	11	22	12	18	20	21	103
	Ам	11	21	11	18	20	21	101
	И+Ам	11	22	12	18	19	22	105
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	11	22	12	18	19	21	104
	И	12	22	12	18	19	21	105
	Ам	11	22	11	19	19	21	104
	И+Ам	12	23	13	18	20	20	107

Продолжительность межфазных периодов развития растений кормовых
бобов в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, дн. (2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Продолжительность межфазного периода						Период вегетации, дн.
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	10	20	11	15	19	21	96
	И	10	21	11	15	18	22	98
	Ам	10	21	9	14	19	21	98
	И+Ам	9	21	10	15	19	22	100
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	10	20	11	16	17	23	100
	И	10	22	11	15	18	22	101
	Ам	10	21	11	15	18	22	102
	И+Ам	10	21	11	14	20	22	101
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	10	20	12	15	18	22	100
	И	10	22	12	15	19	22	103
	Ам	10	22	11	16	18	21	101
	И+Ам	11	22	11	14	19	22	102
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	10	22	10	16	19	22	102
	И	10	22	11	16	19	23	104
	Ам	10	20	10	15	20	23	101
	И+Ам	11	21	12	15	19	23	104

Высота растений кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян,
применения макро- и микроудобрений, см (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	21,5	41,2	61,6	78,3	81,3	86,7
	И	21,9	43,4	65,9	82,0	89,5	93,8
	Ам	22,0	42,8	63,9	80,5	89,2	92,6
	И+Ам	22,0	44,1	66,3	86,3	93,1	96,3
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	21,3	42,8	63,8	81,1	83,0	86,9
	И	22,2	43,8	70,1	84,9	89,3	94,0
	Ам	21,8	43,2	65,8	83,2	88,7	93,6
	И+Ам	22,8	44,5	71,0	84,8	92,2	96,5
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	22,1	43,3	65,3	82,4	86,2	90,3
	И	23,6	45,8	74,9	90,1	93,5	95,0
	Ам	23,2	44,9	68,2	86,7	92,1	94,5
	И+Ам	23,2	46,1	75,3	89,6	95,0	95,8
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	23,4	43,9	67,2	84,1	89,4	92,5
	И	24,1	46,4	76,5	90,4	96,4	98,3
	Ам	23,5	45,3	72,6	88,3	94,2	96,2
	И+Ам	24,7	46,9	78,1	92,8	96,8	98,7
HCP ₀₅ АВ		1,42	3,28	4,24	4,62	4,52	4,74
HCP ₀₅ А (NPK)		0,71	1,64	2,12	2,31	2,26	2,37
HCP ₀₅ В (И,Ам)		1,24	2,38	3,62	4,03	3,96	4,25

Высота растений кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян,
применения макро- и микроудобрений, см (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	23,6	47,3	70,5	80,3	92,1	93,7
	И	24,7	49,9	74,2	91,8	97,2	98,2
	Ам	23,9	47,5	71,2	86,2	96,8	97,3
	И+Ам	24,6	50,3	76,3	93,9	99,4	100,6
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	25,0	48,5	72,5	83,7	95,8	97,3
	И	26,1	50,8	74,9	93,5	98,4	99,8
	Ам	26,0	47,1	72,7	89,8	96,4	100,3
	И+Ам	26,7	51,2	78,3	92,9	101,5	104,2
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	26,4	49,2	75,8	86,2	97,4	100,0
	И	28,8	53,6	78,2	96,1	104,4	106,3
	Ам	28,9	52,1	77,5	94,2	101,5	102,8
	И+Ам	29,1	53,9	82,4	95,7	103,9	105,8
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	29,2	51,7	76,6	92,1	97,6	100,9
	И	31,1	54,9	80,5	98,4	104,9	107,8
	Ам	30,7	55,8	79,3	97,2	99,4	106,5
	И+Ам	31,0	54,8	85,2	100,8	106,3	108,1
HCP ₀₅ АВ		2,23	3,08	4,42	5,88	6,28	6,24
HCP ₀₅ А (NPK)		1,13	1,54	2,21	2,94	3,14	3,12
HCP ₀₅ В (И,Ам)		1,87	2,72	3,49	4,16	5,48	5,07

Высота растений кормовых бобов в зависимости от инокуляции семян,
применения макро- и микроудобрений, см (2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	15,9	37,8	53,2	69,5	72,5	75,4
	И	16,8	40,2	56,8	74,9	77,8	81,3
	Ам	16,3	39,5	52,4	75,2	75,7	81,6
	И+Ам	16,7	42,3	58,4	77,4	79,2	83,0
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	16,7	39,2	53,7	73,1	75,3	78,4
	И	17,2	40,3	56,2	75,9	79,3	84,2
	Ам	16,8	42,4	54,7	74,0	76,7	85,2
	И+Ам	16,9	42,5	56,4	76,5	78,9	86,9
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	16,9	41,2	53,0	74,2	75,9	80,7
	И	18,2	42,6	56,9	78,5	80,3	85,2
	Ам	17,3	44,3	55,5	76,4	78,6	83,9
	И+Ам	17,6	44,9	57,3	79,2	80,4	87,4
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	17,8	41,8	55,9	76,8	77,3	82,5
	И	18,0	45,0	57,2	80,5	82,4	86,8
	Ам	18,6	43,4	56,6	78,0	80,7	85,7
	И+Ам	17,9	45,4	57,9	80,2	83,8	88,0
HCP ₀₅ АВ		1,52	2,52	2,74	4,36	4,68	4,26
HCP ₀₅ А (NPK)		0,76	1,26	1,37	2,18	2,34	2,13
HCP ₀₅ В (И,Ам)		1,19	1,93	2,18	3,57	3,81	3,75

Площадь листьев кормовых бобов по фазам вегетации в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, тыс. м²/га
(2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений				
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	5,0	15,8	36,0	44,8	35,5
	И	5,3	16,3	37,9	47,5	36,1
	Ам	5,1	16,0	37,1	46,0	36,3
	И+Ам	5,1	16,6	38,4	49,1	35,9
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	4,8	16,1	36,5	45,7	33,5
	И	5,5	16,9	38,5	50,3	36,8
	Ам	5,1	16,5	37,4	48,2	34,4
	И+Ам	5,2	17,1	38,9	54,8	36,0
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	5,4	17,2	38,1	48,5	35,8
	И	5,9	18,4	40,9	56,7	37,1
	Ам	5,7	18,2	38,8	51,7	37,3
	И+Ам	5,8	18,8	41,4	57,4	38,2
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	5,6	18,2	39,1	49,1	37,5
	И	6,1	19,2	41,1	58,8	40,4
	Ам	5,8	18,5	40,8	53,6	38,2
	И+Ам	5,8	18,9	42,0	59,4	38,9

Площадь листьев кормовых бобов по фазам вегетации в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, тыс. м²/га
(2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений				
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	5,6	16,9	43,3	55,8	42,1
	И	5,8	17,1	46,9	57,6	45,9
	Ам	5,6	17,1	44,1	56,5	43,4
	И+Ам	5,7	16,9	46,8	59,2	45,8
N ₁₀ P ₂₀ K ₂₆	Контроль	5,5	16,8	45,2	56,4	44,2
	И	6,0	17,2	47,5	62,4	47,3
	Ам	5,8	17,1	46,3	57,9	47,0
	И+Ам	5,8	17,9	49,3	63,6	48,2
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	5,3	17,9	46,4	65,7	45,8
	И	5,8	19,2	49,9	69,2	48,5
	Ам	5,6	18,4	49,1	67,3	48,1
	И+Ам	6,3	19,4	50,3	68,4	49,2
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	5,7	19,1	47,4	59,5	47,6
	И	6,8	19,8	52,1	67,2	52,3
	Ам	6,4	18,6	48,2	65,3	49,9
	И+Ам	6,9	18,3	53,4	70,2	54,2

Площадь листьев кормовых бобов по фазам вегетации в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, тыс. м²/га
(2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений				
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	7,2	18,3	31,6	39,3	36,8
	И	7,4	19,8	34,2	42,6	41,9
	Ам	7,2	18,8	32,5	42,0	41,7
	И+Ам	7,3	19,9	34,7	44,2	43,8
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	7,3	18,7	33,2	42,3	40,7
	И	7,4	20,1	34,9	41,8	44,9
	Ам	7,3	20,0	33,7	43,9	43,7
	И+Ам	7,6	21,3	35,4	45,6	46,1
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	7,7	19,0	33,8	43,7	42,5
	И	7,9	21,3	35,6	45,9	46,3
	Ам	7,9	21,0	35,0	43,5	44,1
	И+Ам	8,0	22,5	37,0	45,8	48,0
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	7,8	19,5	33,9	43,9	44,1
	И	8,3	21,8	36,2	47,3	47,8
	Ам	7,9	21,2	34,9	45,8	46,2
	И+Ам	8,2	22,9	37,8	47,9	50,3

Облиственность растений кормовых бобов по фазам вегетации
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, тыс. м²/га (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений				
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	48,2	47,4	41,9	31,5	30,1
	И	50,1	48,1	42,6	31,8	29,9
	Ам	48,5	47,2	42,4	31,2	29,5
	И+Ам	50,3	48,3	42,8	32,7	30,2
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	50,5	48,2	41,4	31,3	31,4
	И	50,4	48,7	43,1	32,5	30,0
	Ам	51,4	48,1	41,5	32,3	30,2
	И+Ам	50,5	49,1	42,2	31,8	30,7
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	50,1	49,4	42,7	32,6	28,9
	И	51,2	48,6	43,2	33,2	31,0
	Ам	50,5	48,1	43,0	32,5	29,8
	И+Ам	50,9	49,5	42,7	33,7	31,2
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	50,6	48,2	42,8	33,9	29,8
	И	51,5	49,9	43,5	34,1	31,7
	Ам	51,4	48,5	43,4	34,5	29,5
	И+Ам	50,9	50,0	42,6	33,3	32,0

Облиственность растений кормовых бобов по фазам вегетации
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, тыс. м²/га (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений				
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	54,6	50,2	52,5	45,1	39,4
	И	53,8	49,5	52,8	46,7	38,5
	Ам	53,4	50,5	51,4	46,3	39,6
	И+Ам	54,8	51,8	52,9	45,7	40,1
N ₁₀ P ₂₀ K ₂₆	Контроль	53,9	49,7	50,4	45,6	39,5
	И	54,2	49,8	52,4	45,1	39,1
	Ам	54,9	50,2	53,1	46,3	40,8
	И+Ам	55,0	51,2	52,3	46,9	40,5
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	53,8	51,4	51,8	44,6	39,6
	И	55,4	51,7	52,3	47,0	39,5
	Ам	54,6	50,5	52,8	45,8	40,3
	И+Ам	53,8	49,6	51,2	46,3	38,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	54,9	50,7	52,9	46,2	39,7
	И	55,2	51,7	52,5	44,7	38,5
	Ам	54,8	51,3	51,8	45,9	40,6
	И+Ам	53,9	49,6	52,7	46,3	40,2

Облиственность растений кормовых бобов по фазам в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, тыс. м²/га
(2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений				
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	48,1	46,3	43,4	39,2	32,6
	И	47,9	47,5	42,7	39,8	34,0
	Ам	49,1	46,6	42,3	40,2	33,4
	И+Ам	48,8	47,6	43,0	39,6	33,8
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	48,9	47,8	42,4	40,1	33,9
	И	47,5	47,5	42,8	40,5	34,5
	Ам	48,5	46,3	42,6	39,7	33,4
	И+Ам	49,2	47,5	43,6	40,6	34,8
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	48,6	47,4	44,1	40,5	32,9
	И	47,8	47,8	43,1	41,3	33,5
	Ам	48,7	47,6	44,6	40,2	34,2
	И+Ам	48,3	47,2	44,2	40,8	34,7
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	47,9	46,7	42,9	39,6	34,0
	И	48,6	47,8	43,5	41,3	33,5
	Ам	48,8	45,5	44,7	40,5	34,7
	И+Ам	47,8	46,7	44,3	40,7	34,5

Фотосинтетический потенциал посевов кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
тыс. м²×дней/га (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	
Без удобрений	Контроль	22,5	176,8	310,8	565,6	722,7	1798,4
	И	23,9	183,6	353,3	597,8	752,4	1911,0
	Ам	23,0	179,4	318,6	581,7	740,7	1843,4
	И+Ам	23,0	195,3	330,0	612,5	765,0	1925,8
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	21,6	177,7	315,6	575,4	712,8	1803,1
	И	24,8	201,6	360,1	621,6	783,9	1992,0
	Ам	23,0	183,6	323,4	599,2	743,3	1872,5
	И+Ам	23,4	200,7	364,0	702,8	862,6	2153,5
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	24,3	203,4	331,8	606,2	758,7	1924,4
	И	26,6	218,7	355,8	732,0	891,1	2224,2
	Ам	25,7	215,1	342,0	633,5	801,0	2017,3
	И+Ам	29,0	221,4	391,3	741,0	908,2	2290,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	25,2	214,2	343,8	661,5	779,4	20241
	И	30,5	227,7	392,0	749,3	892,8	2292,3
	Ам	26,1	218,7	355,8	708,0	872,1	2180,7
	И+Ам	29,0	222,3	395,9	811,2	933,9	2392,3

Фотосинтетический потенциал посевов кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
тыс. м²×дней/га (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образова- ние бобов	образова- ние бобов – налив семян	
Без удобрений	Контроль	28,0	236,3	331,1	842,4	930,1	2367,9
	И	29,0	240,5	384,0	888,3	983,3	2525,1
	Ам	28,0	238,4	338,3	855,1	949,1	2408,9
	И+Ам	28,5	248,6	382,2	954,0	945,0	2558,3
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	27,5	234,2	341,0	863,6	905,4	2371,7
	И	33,0	255,2	355,9	989,1	1042,2	2675,4
	Ам	29,0	240,5	380,4	885,7	996,6	2532,2
	И+Ам	31,9	260,7	403,2	959,7	1062,1	2717,6
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	29,2	255,2	385,8	1008,9	1059,3	2738,4
	И	31,9	275,0	414,6	1071,9	1177,0	2970,4
	Ам	30,8	252,0	371,3	1047,6	1154,0	2855,7
	И+Ам	34,7	282,7	418,2	1068,3	1117,2	2921,1
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	31,4	272,8	399,0	962,1	1017,5	26828
	И	40,8	292,6	431,4	1073,7	1135,3	2973,8
	Ам	35,2	275,0	367,4	1078,3	1094,4	2823,5
	И+Ам	41,4	289,8	466,1	1112,4	1244,0	3116,4

Фотосинтетический потенциал посевов кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
тыс. м²×дней/га (2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образова- ние бобов	образование бобов – налив семян	
Без удобрений	Контроль	36,0	255,0	274,5	531,8	723,0	1820,3
	И	37,0	285,6	297,0	576,0	760,5	1956,1
	Ам	36,0	273,0	230,9	521,5	795,2	1967,7
	И+Ам	32,9	285,6	273,0	591,8	836,0	2019,3
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	36,5	260,0	285,5	604,0	705,5	1891,5
	И	37,0	302,5	302,5	575,3	780,3	1997,6
	Ам	36,5	286,7	295,4	582,0	788,4	1989,0
	И+Ам	38,0	303,5	311,9	567,0	917,0	2137,4
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	38,5	267,0	316,8	581,3	775,8	1979,4
	И	39,5	321,2	341,4	611,3	875,9	2189,3
	Ам	39,5	317,9	308,0	628,0	788,4	2081,8
	И+Ам	44,0	335,5	327,3	579,6	891,1	2177,5
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	39,0	300,3	267,0	622,4	836,0	2064,7
	И	41,5	331,1	319,0	668,0	903,5	2263,1
	Ам	39,5	291,0	280,5	605,3	920,0	2102,5
	И+Ам	45,1	326,6	364,2	642,8	932,9	2311,6

Накопление кормовыми бобами сухого вещества по фазам развития
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, г/м² (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	ветвление	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	49,3	115,8	374,0	774,3	1032,5	954,8
	И	51,7	120,6	391,2	792,9	1058,1	969,4
	Ам	49,6	117,3	379,4	779,8	1039,8	952,1
	И+Ам	51,4	124,0	394,1	808,1	1073,0	976,5
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	49,4	114,7	369,5	790,2	1048,4	959,3
	И	52,1	123,5	398,4	815,9	1061,7	983,5
	Ам	50,3	117,8	376,2	796,5	1048,9	967,2
	И+Ам	52,5	128,4	403,7	834,7	1069,2	992,7
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	50,7	121,4	395,3	813,0	1049,2	970,4
	И	51,5	124,0	412,8	830,5	1085,3	993,8
	Ам	49,9	119,8	387,5	821,6	1062,0	968,5
	И+Ам	52,7	127,5	413,2	839,2	1089,4	1003,6
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	50,4	123,7	397,2	818,4	1069,3	973,1
	И	52,8	131,5	416,4	842,3	1094,1	1008,6
	Ам	50,9	127,6	402,1	825,7	1083,2	987,3
	И+Ам	52,6	129,4	429,5	858,4	1114,3	1017,3
HCP ₀₅ АВ		2,8	5,8	13,8	25,2	31,6	30,2
HCP ₀₅ А (NPK)		1,4	2,9	6,9	12,6	15,8	15,1
HCP ₀₅ В (И,Ам)		2,2	5,1	11,7	20,5	25,3	23,8

Накопление кормовыми бобами сухого вещества по фазам развития
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, г/м² (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	ветвле- ние	цветение	образо- вание бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	65,3	134,6	402,4	853,5	1302,8	1214,2
	И	66,4	138,9	415,9	858,7	1335,6	1240,8
	Ам	65,8	132,8	418,3	872,1	1317,8	1221,6
	И+Ам	64,7	139,4	426,3	880,0	1349,5	1254,1
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	65,5	134,9	411,4	861,5	1324,8	1228,9
	И	64,2	142,8	417,2	881,6	1340,2	1249,5
	Ам	66,3	137,4	414,5	866,2	1329,8	1223,4
	И+Ам	66,7	152,5	425,7	884,4	1352,5	1263,9
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	67,3	139,2	410,5	860,9	1332,6	1230,3
	И	65,9	152,0	431,6	891,4	1345,8	1247,6
	Ам	65,4	143,1	424,0	870,5	1331,7	1251,5
	И+Ам	66,8	149,9	430,8	890,6	1348,2	1278,2
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	65,8	142,5	418,3	872,8	1348,6	1247,0
	И	67,2	149,4	429,7	892,6	1367,1	1263,6
	Ам	66,4	152,1	419,4	885,1	1354,5	1249,5
	И+Ам	66,8	162,4	433,6	897,6	1375,3	1273,1
HCP ₀₅ АВ		3,6	7,0	14,4	26,4	43,0	30,8
HCP ₀₅ А (NPK)		1,8	3,5	7,2	13,2	21,5	15,4
HCP ₀₅ В (И,Ам)		2,7	5,8	12,5	17,6	28,9	22,8

Накопление кормовыми бобами сухого вещества по фазам развития

в зависимости от инокуляции семян, применения макро-

и микроудобрений, г/м² (2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	ветвле- ние	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	51,2	93,6	231,5	457,3	782,5	718,6
	И	51,7	95,2	246,8	469,1	796,4	727,5
	Ам	50,3	93,9	238,3	462,0	785,3	716,9
	И+Ам	51,9	95,1	254,2	468,4	806,6	734,1
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	51,4	95,2	240,3	464,2	780,6	723,2
	И	50,3	95,8	248,7	470,6	795,2	725,9
	Ам	51,9	96,2	247,5	464,7	784,6	726,7
	И+Ам	52,1	95,9	263,4	475,1	803,5	731,8
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	52,5	95,7	247,9	465,8	787,1	734,7
	И	51,8	98,5	255,3	473,6	793,2	737,2
	Ам	51,7	97,2	246,5	466,4	791,4	742,6
	И+Ам	51,5	99,2	266,3	482,3	787,4	742,8
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	52,4	98,5	256,1	463,8	784,5	740,6
	И	51,6	100,4	263,8	476,5	796,8	748,3
	Ам	52,7	98,4	260,0	465,6	803,5	738,5
	И+Ам	52,4	102,3	269,2	480,7	816,4	752,3
HCP ₀₅ АВ		2,0	3,6	7,0	13,4	22,6	21,4
HCP ₀₅ А (NPK)		1,0	1,8	3,5	6,7	11,3	10,7
HCP ₀₅ В (И,Ам)		1,6	2,6	5,7	11,2	19,4	17,9

Число и масса активных клубеньков на корнях кормовых бобов
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, 2011 г.

Фон удобрений	Вариант	Число активных клубеньков, шт. на 1 растении			Масса активных клубеньков, г на 1 растении		
		цветение	образо- вание бобов	налив семян	цветение	образо- вание бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	18,3	24,7	15,9	0,31	0,43	0,26
	И	25,4	35,1	27,9	0,52	0,74	0,54
	Ам	21,5	28,6	19,7	0,43	0,51	0,39
	И+Ам	26,8	35,8	28,3	0,55	0,75	0,58
N ₁₀ P ₂₀ K ₂₆	Контроль	19,6	26,3	16,2	0,35	0,47	0,27
	И	26,8	36,8	28,4	0,55	0,79	0,58
	Ам	22,1	29,7	23,7	0,42	0,64	0,48
	И+Ам	28,4	37,1	29,4	0,59	0,80	0,64
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	21,4	27,6	17,1	0,43	0,48	0,27
	И	29,6	38,3	29,8	0,65	0,86	0,63
	Ам	23,7	30,9	24,1	0,49	0,57	0,42
	И+Ам	31,6	38,9	30,6	0,66	0,87	0,65
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	22,4	28,1	18,2	0,44	0,47	0,28
	И	31,5	38,9	31,0	0,65	0,89	0,65
	Ам	26,8	32,1	23,8	0,52	0,59	0,41
	И+Ам	32,1	39,6	32,7	0,68	0,91	0,71
HCP ₀₅ АВ		1,14	1,56	1,2	0,04	0,06	0,04
HCP ₀₅ А (NPK)		0,57	0,78	0,60	0,02	0,03	0,02
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,93	1,14	1,02	0,02	0,04	0,03

Число и масса активных клубеньков на корнях кормовых бобов
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, 2012 г.

Фон удобрений	Вариант	Число активных клубеньков, шт. на 1 растении			Масса активных клубеньков, г на 1 растении		
		цветение	образо- вание бобов	налив семян	цветение	образо- вание бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	23,1	25,3	17,8	0,35	0,39	0,34
	И	29,4	30,4	24,5	0,48	0,58	0,51
	Ам	24,4	27,3	20,7	0,43	0,51	0,42
	И+Ам	29,6	32,6	25,0	0,54	0,63	0,56
N ₁₀ P ₂₀ K ₂₆	Контроль	22,6	25,9	18,4	0,26	0,42	0,37
	И	29,8	33,0	26,1	0,46	0,62	0,56
	Ам	24,1	29,7	21,3	0,33	0,49	0,45
	И+Ам	30,4	34,5	26,5	0,51	0,69	0,61
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	23,9	26,8	18,6	0,35	0,49	0,41
	И	29,9	35,2	26,8	0,55	0,73	0,59
	Ам	25,8	28,9	19,2	0,38	0,63	0,47
	И+Ам	31,2	35,8	28,0	0,60	0,75	0,61
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	24,4	27,7	19,4	0,41	0,55	0,47
	И	31,4	36,6	30,0	0,62	0,80	0,61
	Ам	27,3	32,7	23,6	0,44	0,67	0,52
	И+Ам	31,8	37,9	30,5	0,67	0,85	0,66
HCP ₀₅ АВ		1,02	1,16	0,90	0,04	0,06	0,06
HCP ₀₅ А (NPK)		0,51	0,58	0,45	0,02	0,03	0,028
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,79	0,90	0,73	0,03	0,04	0,04

Число и масса активных клубеньков на корнях кормовых бобов
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, 2013 г.

Фон удобрений	Вариант	Число активных клубеньков, шт. на 1 растении			Масса активных клубеньков, г на 1 растении		
		цветение	образо- вание бобов	налив семян	цветение	образо- вание бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	13,6	18,8	11,3	0,16	0,23	0,11
	И	16,2	21,2	14,6	0,19	0,26	0,17
	Ам	14,7	20,4	12,1	0,17	0,24	0,15
	И+Ам	16,4	21,8	15,8	0,19	0,25	0,19
N ₁₀ P ₂₀ K ₂₆	Контроль	13,5	19,0	13,2	0,17	0,24	0,16
	И	16,7	21,9	15,5	0,20	0,27	0,18
	Ам	15,3	20,3	12,9	0,18	0,25	0,16
	И+Ам	18,4	21,8	15,8	0,23	0,27	0,20
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	14,6	21,0	12,7	0,18	0,26	0,16
	И	17,4	22,6	15,3	0,21	0,29	0,19
	Ам	16,1	22,2	14,7	0,19	0,27	0,17
	И+Ам	17,5	24,1	16,3	0,22	0,32	0,21
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	16,3	20,6	13,8	0,20	0,26	0,17
	И	18,8	23,1	16,4	0,22	0,29	0,20
	Ам	17,6	22,2	15,1	0,21	0,27	0,19
	И+Ам	20,1	24,3	17,3	0,24	0,33	0,27
HCP ₀₅ АВ		0,74	0,86	0,58	0,02	0,03	0,02
HCP ₀₅ А (NPK)		0,37	0,43	0,29	0,01	0,013	0,01
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,55	0,68	0,45	0,02	0,02	0,02

Содержание леоглобина в клубеньках кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
мг/г сырых клубеньков, (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Содержание леоглобина		
		цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	8,1	11,3	9,3
	И	11,7	14,4	13,2
	Ам	10,8	12,6	8,8
	И+Ам	12,0	14,7	13,7
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	8,0	12,1	10,1
	И	12,2	14,3	13,6
	Ам	10,5	13,7	9,2
	И+Ам	13,6	14,7	14,0
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	8,5	12,3	9,4
	И	12,5	14,9	13,8
	Ам	10,1	14,0	10,3
	И+Ам	13,0	15,4	12,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	9,3	12,0	10,2
	И	13,5	15,3	13,5
	Ам	10,3	13,7	11,1
	И+Ам	13,2	15,7	14,0
НСП ₀₅ АВ		0,64	0,76	0,70
НСП ₀₅ А (NPK)		0,32	0,38	0,35
НСП ₀₅ В (И,Ам)		0,50	0,60	0,57

Содержание леглобина в клубеньках кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
мг/г сырых клубеньков (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Содержание леглобина		
		цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	13,6	15,0	12,5
	И	16,8	18,1	15,7
	Ам	13,7	15,6	12,8
	И+Ам	16,8	19,1	15,9
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	14,2	15,4	12,7
	И	17,4	18,0	16,2
	Ам	14,9	16,3	14,1
	И+Ам	17,6	18,7	15,9
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	14,5	16,1	14,0
	И	17,4	18,5	16,7
	Ам	14,8	16,0	14,2
	И+Ам	17,7	19,3	16,4
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	15,1	17,3	14,4
	И	18,0	19,1	16,8
	Ам	16,4	17,9	14,9
	И+Ам	18,5	19,7	17,0
HCP ₀₅ АВ		0,90	0,96	0,76
HCP ₀₅ А (NPK)		0,45	0,48	0,38
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,71	0,70	0,56

Содержание леглобина в клубеньках кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
мг/г сырых клубеньков (2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Содержание леглобина		
		цветение	образование бобов	налив семян
Без удобрений	Контроль	5,5	7,2	6,4
	И	6,8	8,7	7,8
	Ам	5,5	7,8	6,9
	И+Ам	7,2	9,4	8,2
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	5,7	8,3	6,4
	И	7,1	9,1	7,5
	Ам	5,6	8,4	6,2
	И+Ам	7,3	8,9	8,3
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	6,2	8,2	6,1
	И	7,0	9,6	7,7
	Ам	6,6	9,0	6,5
	И+Ам	7,5	9,4	7,3
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	6,0	8,1	6,7
	И	7,4	9,8	8,2
	Ам	6,6	8,6	6,9
	И+Ам	7,5	10,3	8,5
НСП ₀₅ АВ		0,22	0,34	0,26
НСП ₀₅ А (NPK)		0,11	0,17	0,13
НСП ₀₅ В (И,Ам)		0,20	0,29	0,23

Активный симбиотический потенциал кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, кг×дней/га
(2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений						За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	146	1838	1208	1454	1682	864	7192
	И	173	1904	2100	2741	2451	1005	10374
	Ам	147	1792	1533	1890	1740	849	7951
	И+Ам	169	1893	2153	2831	2559	1073	10678
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	142	1883	1313	1521	1736	874	7469
	И	179	2001	2202	2894	2642	1048	10966
	Ам	172	1874	1645	2237	1885	927	8740
	И+Ам	187	1979	2331	3105	2820	1153	11575
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	159	1949	1453	1539	1853	973	7926
	И	174	1994	2513	3191	2638	1132	11642
	Ам	186	1937	1684	2025	1892	921	8645
	И+Ам	184	2016	2559	3272	2759	1248	12038
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	163	1928	1477	1566	1982	939	8055
	И	192	2023	2548	3276	2874	1214	12127
	Ам	175	1885	1740	2016	2053	985	8854
	И+Ам	184	2018	2660	3483	3106	1319	12770

Активный симбиотический потенциал кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, кг×дней/га
(2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений						За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутони- зация	бутони- зация – цветение	цветение – образова- ние бобов	образова- ние бобов – налив семян	налив семян – созрева- ние	
Без удобрений	Контроль	256	1974	1783	2236	2174	853	9276
	И	293	2692	2205	2984	2850	1028	12052
	Ам	268	2174	1830	2439	2325	889	9925
	И+Ам	324	2305	2325	3426	2976	1072	12428
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	269	2032	1733	2190	2305	859	9388
	И	319	2421	2210	3116	2969	1126	12161
	Ам	285	2163	1920	2292	2267	911	9838
	И+Ам	327	2496	2644	3376	2971	1194	13008
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	321	2217	1918	2572	2510	954	10492
	И	385	2738	2478	3440	3106	1107	13254
	Ам	333	2356	1936	2785	2713	1065	11188
	И+Ам	402	2939	2543	3488	2863	1219	13454
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	379	2327	2073	2596	2413	1075	10863
	И	418	2965	2688	3680	3281	1251	14283
	Ам	397	2461	2046	2683	2464	1038	11089
	И+Ам	442	3184	2783	3736	3371	1182	14698

Активный симбиотический потенциал кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, кг×дней/га
(2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений						За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	64	1461	535	744	1732	2173	6709
	И	72	1744	623	952	2391	2542	8324
	Ам	74	1572	565	753	1925	2419	7308
	И+Ам	70	1799	620	868	2463	2583	8403
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	63	1584	573	781	1764	2082	6847
	И	74	1901	688	921	2501	2437	8522
	Ам	66	1549	615	823	1942	2159	7154
	И+Ам	74	1972	735	831	2623	2418	8653
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	67	1603	625	837	1952	2357	7441
	И	69	2032	891	998	2543	2649	9182
	Ам	70	1745	660	886	1862	2351	7574
	И+Ам	78	2149	984	1124	2613	2719	9667
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	67	1746	683	893	1981	2843	8213
	И	76	2185	788	1212	2743	2905	9909
	Ам	65	1921	728	977	2054	2765	8510
	И+Ам	75	2374	878	1292	2715	2939	10273

Элементы структуры урожая кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011 г.

Фон удобрений	Вариант	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Среднее число, шт.			Масса, г		Биологическая урожайность, ц/га
			бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	семян на растении	
Без удобрений	Контроль	45,2	5	3,2	16,0	380,3	6,1	27,6
	И	47,6	5	3,3	16,5	383,9	6,3	30,0
	Ам	46,6	5	3,2	16,0	384,8	6,2	28,9
	И+Ам	47,3	5	3,3	16,5	385,7	6,4	30,3
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	45,7	5	3,3	16,5	383,1	6,3	28,8
	И	46,9	5	3,4	17,0	385,2	6,5	30,5
	Ам	44,4	5	3,3	17,1	383,7	6,6	29,3
	И+Ам	47,9	5	3,5	17,5	388,6	6,8	32,6
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	45,6	5	3,4	17,0	385,7	6,6	30,1
	И	47,6	5	3,5	17,5	389,1	6,8	32,4
	Ам	45,4	5,5	3,3	17,4	390,2	6,8	30,9
	И+Ам	47,8	5,5	3,4	18,7	394,5	7,4	35,4
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	46,3	5,5	3,3	18,2	390,1	7,1	32,9
	И	47,3	6	3,4	20,4	393,8	8,0	37,8
	Ам	44,8	5,5	3,3	19,7	391,2	7,7	34,5
	И+Ам	47,8	6	3,4	20,4	396,4	8,1	38,7
НСП ₀₅ АВ		-	-	-	-	-	-	0,54
НСП ₀₅ А (NPK)		-	-	-	-	-	-	0,27
НСП ₀₅ В (И,Ам)		-	-	-	-	-	-	0,41

Элементы структуры урожая кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2012 г.

Фон удобрений	Вариант	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Среднее число, шт.			Масса, г		Биологическая урожайность, ц/га
			бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	семян на растении	
Без удобрений	Контроль	42,4	6,5	3,0	19,5	393,6	7,6	32,2
	И	45,5	7,0	3,0	21,0	399,3	8,4	38,2
	Ам	44,2	7,0	3,0	21,0	385,7	8,1	35,6
	И+Ам	45,3	7,0	3,2	22,4	398,2	8,9	40,3
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	43,1	7,0	3,0	21,0	394,8	8,3	35,8
	И	44,8	7,5	3,1	23,3	402,5	9,4	42,1
	Ам	44,9	7,0	3,0	21,0	401,3	8,4	37,9
	И+Ам	45,7	7,5	3,1	23,3	413,4	9,6	43,8
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	43,6	7,0	3,1	21,7	405,3	8,8	38,3
	И	46,2	7,5	3,1	23,4	410,3	9,6	44,4
	Ам	46,3	7,0	3,1	21,7	409,1	8,9	41,2
	И+Ам	45,7	8,0	3,1	24,8	411,2	10,2	46,6
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	44,7	7,0	3,1	21,7	405,3	8,8	39,3
	И	47,5	7,5	3,1	23,4	409,2	9,6	45,6
	Ам	47,1	7,0	3,2	22,4	407,9	9,1	42,9
	И+Ам	46,9	8,0	3,1	24,8	414,6	10,3	48,3
НСП ₀₅ АВ		-	-	-	-	-	-	0,64
НСП ₀₅ А (NPK)		-	-	-	-	-	-	0,32
НСП ₀₅ В (И,Ам)		-	-	-	-	-	-	0,54

Элементы структуры урожая кормовых бобов в зависимости
от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2013 г.

Фон удобрений	Вариант	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Среднее число, шт.			Масса, г		Биологическая урожайность, ц/га
			бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	семян на растении	
Без удобрений	Контроль	54,7	3	2,7	8,1	365,7	3,0	16,4
	И	55,3	3,5	2,8	9,8	367,0	3,6	20,0
	Ам	55,0	3,4	2,7	9,2	362,8	3,3	18,2
	И+Ам	56,5	3,5	2,8	9,8	377,6	3,7	20,9
N ₁₀ P ₂₀ K ₂₆	Контроль	55,8	3,4	2,7	9,2	354,5	3,3	18,4
	И	58,5	4	2,7	10,8	362,6	3,9	22,8
	Ам	57,3	3,5	2,8	9,8	360,1	3,5	20,1
	И+Ам	58,8	4	2,7	10,8	372,5	4,0	23,5
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	56,8	4	2,7	10,8	351,9	3,8	21,6
	И	59,3	4	2,8	11,2	374,3	4,2	24,9
	Ам	57,5	4	2,7	10,8	368,9	4,0	23,0
	И+Ам	60,7	4	2,9	11,6	375,4	4,4	26,7
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	59,3	3,5	2,7	9,5	373,4	4,0	23,7
	И	61,8	4	2,9	11,6	387,9	4,5	27,8
	Ам	60,7	3,8	2,9	11,0	368,5	4,1	24,9
	И+Ам	61,5	4	3,0	12,0	381,4	4,6	28,3
HCP ₀₅ АВ		-	-	-	-	-	-	0,48
HCP ₀₅ А (NPK)		-	-	-	-	-	-	0,24
HCP ₀₅ В (И,Ам)		-	-	-	-	-	-	0,36

Продолжительность межфазных периодов развития растений гороха
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, 2011 г.

Фон удобрений	Вариант	Продолжительность межфазного периода, дн.						период вегетации, дн.
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутони- зация	бутони- зация – цветение	цветение – образова- ние бобов	образование бобов – налив се- мян	налив семян – созрева- ние	
Без удобрений	Контроль	13	21	7	8	9	18	76
	И	13	22	8	8	9	18	78
	Ам	13	21	7	8	9	18	76
	И+Ам	14	22	8	8	9	18	79
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	13	21	7	8	9	17	75
	И	13	22	8	8	9	18	78
	Ам	13	21	8	8	9	17	76
	И+Ам	13	21	8	8	9	18	77
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	13	21	8	8	9	18	77
	И	13	22	8	8	9	18	78
	Ам	13	21	8	8	9	18	77
	И+Ам	14	22	8	8	9	17	78
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	13	21	8	8	9	18	77
	И	13	22	8	8	9	19	79
	Ам	13	22	8	8	9	18	78
	И+Ам	14	22	8	9	9	18	80

Продолжительность межфазных периодов развития растений гороха
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, 2012 г.

Фон удобрений	Вариант	Продолжительность межфазного периода, дн.						период вегетации, дн.
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	14	24	8	9	9	17	81
	И	14	25	8	9	9	17	82
	Ам	14	24	8	9	9	17	81
	И+Ам	14	24	8	9	9	17	81
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	14	24	8	9	9	17	81
	И	14	25	8	9	9	18	83
	Ам	14	24	8	9	9	17	81
	И+Ам	14	25	8	10	9	17	83
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	14	24	8	9	9	17	81
	И	14	24	9	9	9	17	82
	Ам	14	24	8	9	9	18	82
	И+Ам	14	24	9	10	9	18	84
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	14	24	9	10	9	18	84
	И	14	25	9	10	9	18	85
	Ам	14	25	9	10	9	18	85
	И+Ам	15	25	9	10	10	17	86

Продолжительность межфазных периодов развития растений гороха
в зависимости от инокуляции семян, применения макро-
и микроудобрений, 2013 г.

Фон удобрений	Вариант	Продолжительность межфазного периода, дн.						период вегетации, дн.
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутони- зация	бутони- зация – цветение	цветение – образова- ние бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созрева- ние	
Без удобрений	Контроль	14	22	8	7	8	19	78
	И	14	22	8	7	9	19	79
	Ам	13	22	8	8	8	18	79
	И+Ам	14	22	8	8	8	18	80
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	13	22	8	7	8	18	78
	И	14	23	8	7	8	19	81
	Ам	14	22	8	7	8	19	80
	И+Ам	14	22	8	7	8	18	79
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	14	22	8	7	8	18	79
	И	14	23	8	7	8	19	81
	Ам	14	23	8	8	8	18	81
	И+Ам	14	23	8	8	9	18	82
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	14	23	8	7	8	19	81
	И	14	23	8	8	9	19	83
	Ам	14	23	8	8	8	18	81
	И+Ам	14	24	8	8	8	19	83

Высота растений гороха в зависимости от инокуляции семян,
применения макро- и микроудобрений, см (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	бутониза- ция	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	9,5	36,5	47,6	71,3	77,6	80,7
	И	9,7	39,4	51,9	75,0	80,5	82,2
	Ам	9,5	37,9	49,0	70,6	78,3	79,8
	И+Ам	9,9	40,2	53,3	75,8	82,7	85,3
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	9,5	36,9	48,1	71,9	77,9	80,6
	И	9,6	40,1	53,0	76,3	81,3	83,8
	Ам	9,6	38,7	48,9	72,4	80,2	79,9
	И+Ам	9,9	40,8	54,0	77,3	83,7	86,4
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	10,7	39,4	50,6	76,0	79,4	85,8
	И	10,8	41,5	51,3	76,2	80,9	86,2
	Ам	10,9	40,7	51,7	76,8	81,5	85,6
	И+Ам	11,1	42,5	52,9	77,2	82,6	86,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	11,7	41,9	54,1	77,8	82,4	87,3
	И	11,7	41,7	54,9	78,9	82,7	87,5
	Ам	11,8	42,6	55,5	78,4	83,9	88,7
	И+Ам	12,2	44,3	56,3	78,7	85,2	89,5
HCP ₀₅ АВ		0,36	1,78	2,36	2,70	2,68	2,84
HCP ₀₅ А (NPK)		0,18	0,89	1,18	1,35	1,34	1,42
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,33	1,40	1,96	2,39	2,26	2,51

Высота растений гороха в зависимости от инокуляции семян,
применения макро- и микроудобрений, см (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	бутониза- ция	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	13,8	44,8	64,0	82,1	86,7	87,5
	И	14,0	46,7	67,6	84,2	88,2	90,5
	Ам	13,8	45,3	64,3	83,5	86,8	88,3
	И+Ам	14,1	47,5	68,4	86,7	91,4	95,4
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	14,1	44,9	65,2	82,6	86,5	89,2
	И	14,4	47,3	69,7	86,2	89,2	93,2
	Ам	14,3	45,3	64,8	84,0	86,8	90,8
	И+Ам	14,3	47,2	72,5	88,7	91,5	95,8
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	14,8	47,3	72,8	87,2	90,4	95,0
	И	15,0	47,7	72,9	87,8	90,3	95,8
	Ам	15,0	46,7	73,6	89,3	91,6	95,5
	И+Ам	15,1	49,8	74,7	89,8	93,8	96,4
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	16,2	48,3	72,5	87,4	95,2	99,5
	И	16,3	48,9	73,2	89,5	94,8	98,2
	Ам	16,3	46,9	73,8	88,2	96,8	98,9
	И+Ам	16,5	50,4	75,4	90,8	98,0	100,9
HCP ₀₅ АВ		0,46	1,84	2,96	3,04	2,98	3,24
HCP ₀₅ А (NPK)		0,23	0,92	1,48	1,52	1,49	1,62
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,38	1,57	2,53	2,86	2,75	2,96

Высота растений гороха в зависимости от инокуляции семян,
применения макро- и микроудобрений, см (2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	бутониза- ция	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	10,5	28,5	35,8	51,8	69,4	71,6
	И	10,7	30,8	37,1	55,1	74,1	75,9
	Ам	10,5	28,9	35,7	53,4	72,6	74,2
	И+Ам	10,8	31,4	37,6	56,2	75,7	77,8
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	10,7	29,4	37,1	52,6	72,2	72,8
	И	10,8	31,2	38,9	54,8	76,4	76,9
	Ам	10,6	31,6	36,3	52,9	73,5	73,6
	И+Ам	10,8	33,1	39,7	56,4	77,5	78,5
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	10,7	33,9	41,5	56,8	75,6	78,6
	И	11,0	34,2	41,4	57,3	76,7	79,6
	Ам	10,8	35,1	40,2	57,5	77,5	79,3
	И+Ам	10,9	34,7	42,8	57,9	78,4	80,5
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	10,8	34,1	43,2	58,3	77,4	83,3
	И	11,0	34,9	43,7	57,3	78,0	82,5
	Ам	10,8	34,5	45,0	58,7	78,3	84,7
	И+Ам	11,1	36,8	46,0	60,1	77,9	86,0
HCP ₀₅ АВ		0,24	1,26	2,04	2,82	2,70	3,16
HCP ₀₅ А (NPK)		0,12	0,63	1,02	1,41	1,35	1,58
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,19	0,98	1,76	2,64	2,41	2,38

Накопление горохом сухого вещества по фазам развития в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, г/м² (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	бутонизация	цветение	образование бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	23,8	85,9	104,0	169,3	184,9	201,5
	И	24,6	87,4	109,5	178,4	189,5	210,3
	Ам	23,6	85,3	105,3	171,8	186,8	204,8
	И+Ам	25,0	88,3	109,9	181,9	191,7	213,9
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	24,1	86,4	108,4	172,7	186,8	213,5
	И	24,8	89,5	110,2	175,6	189,6	217,3
	Ам	24,4	87,4	108,7	173,2	187,0	216,8
	И+Ам	25,3	89,5	112,7	175,9	188,2	217,9
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	26,2	88,7	116,3	181,3	193,0	224,1
	И	26,2	88,9	117,7	180,6	192,4	225,7
	Ам	27,3	90,3	120,6	185,3	195,2	223,2
	И+Ам	26,7	90,7	119,9	184,6	195,3	226,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	27,8	93,9	126,7	190,7	208,2	235,0
	И	28,0	92,5	126,9	192,3	209,8	237,6
	Ам	28,5	94,7	127,8	193,5	206,6	238,1
	И+Ам	28,9	94,9	129,4	193,7	210,3	237,6
HCP ₀₅ АВ		1,4	3,4	5,2	7,0	8,2	9,8
HCP ₀₅ А (NPK)		0,7	1,7	2,6	3,5	4,2	4,9
HCP ₀₅ В (И,Ам)		1,2	2,4	4,5	6,1	7,3	8,6

Накопление горохом сухого вещества по фазам развития в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, г/м² (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	бутони- зация	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	62,1	149,2	194,0	259,5	327,8	368,4
	И	63,4	156,8	203,9	268,2	336,9	385,2
	Ам	61,7	146,3	196,8	260,7	325,6	374,8
	И+Ам	64,3	157,3	206,3	271,4	338,4	384,6
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	62,7	154,2	198,3	262,8	330,7	372,5
	И	64,5	159,0	203,7	265,7	336,8	376,8
	Ам	64,0	154,7	202,1	261,2	335,3	373,1
	И+Ам	65,1	163,8	205,3	264,9	349,7	377,4
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	64,8	156,1	212,5	268,5	338,5	379,6
	И	65,3	157,9	210,3	268,9	340,7	380,4
	Ам	65,8	162,5	215,4	267,1	337,8	384,2
	И+Ам	67,3	160,3	213,8	273,0	345,4	386,2
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	70,5	167,4	225,7	283,8	355,3	394,2
	И	70,7	169,8	227,4	286,5	353,9	395,4
	Ам	71,3	167,4	228,1	285,1	360,3	397,5
	И+Ам	73,2	173,8	230,1	289,6	363,7	398,8
HCP ₀₅ АВ		2,8	6,0	9,4	10,2	12,6	13,6
HCP ₀₅ А (NPK)		1,4	3,0	4,7	5,1	6,3	6,8
HCP ₀₅ В (И,Ам)		2,1	5,1	7,9	8,7	10,5	12,2

Накопление горохом сухого вещества по фазам развития в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, г/м² (2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений					
		5-6 листьев	бутони- зация	цветение	образова- ние бобов	налив семян	созре- вание
Без удобрений	Контроль	44,7	112,5	175,9	194,0	228,4	253,7
	И	47,2	114,8	181,3	199,3	232,5	258,5
	Ам	44,3	110,2	178,5	194,5	229,1	250,4
	И+Ам	47,4	115,3	181,2	202,1	235,4	260,2
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	47,6	119,4	179,4	197,5	235,6	261,8
	И	49,7	122,1	182,6	199,9	237,4	266,3
	Ам	47,5	120,6	183,1	199,4	234,6	261,6
	И+Ам	49,5	118,7	182,8	203,6	237,8	267,4
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	54,2	128,5	187,5	215,3	242,6	265,9
	И	54,9	127,9	186,9	213,5	243,8	266,4
	Ам	53,6	131,5	189,2	217,7	240,1	266,8
	И+Ам	55,2	133,2	189,7	214,3	244,6	272,1
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	58,3	138,6	193,6	221,5	257,1	284,3
	И	59,7	137,5	190,4	220,6	255,9	284,1
	Ам	58,9	138,9	195,2	224,4	255,4	282,7
	И+Ам	61,3	142,3	193,2	221,8	256,9	286,4
HCP ₀₅ АВ		2,4	5,2	7,0	9,4	10,0	10,4
HCP ₀₅ А (NPK)		1,2	2,6	3,5	4,7	5,0	5,2
HCP ₀₅ В (И,Ам)		1,9	4,6	6,0	7,5	8,8	9,0

Число и масса активных клубеньков на корнях гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2011 г.

Фон удобрений	Вариант	Число активных клубеньков, шт. на 1 растении			Масса активных клубеньков, г на 1 растении		
		5-6 листьев	бутонизация	цветение	5-6 листьев	бутонизация	цветение
Без удобрений	Контроль	7,6	11,9	10,1	0,040	0,075	0,058
	И	9,8	15,3	13,2	0,056	0,086	0,091
	Ам	7,3	12,6	10,0	0,038	0,077	0,062
	И+Ам	10,6	16,2	13,8	0,077	0,084	0,096
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	8,2	12,8	10,9	0,047	0,074	0,079
	И	10,4	15,9	14,0	0,080	0,092	0,086
	Ам	10,6	12,5	12,3	0,083	0,073	0,082
	И+Ам	11,3	17,4	15,7	0,078	0,108	0,085
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	8,8	12,9	10,7	0,054	0,077	0,075
	И	11,6	16,3	14,6	0,089	0,096	0,082
	Ам	11,0	12,8	11,8	0,081	0,075	0,076
	И+Ам	12,2	17,9	16,2	0,096	0,132	0,088
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	9,3	13,5	10,9	0,063	0,079	0,078
	И	11,6	16,4	15,2	0,092	0,112	0,085
	Ам	11,0	17,1	14,5	0,087	0,117	0,086
	И+Ам	13,2	18,8	16,9	0,097	0,108	0,116
HCP ₀₅ АВ		0,60	0,84	0,70	0,006	0,008	0,007
HCP ₀₅ А (NPK)		0,30	0,42	0,35	0,003	0,004	0,0037
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,51	0,68	0,57	0,004	0,006	0,005

Число и масса активных клубеньков на корнях гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2012 г.

Фон удобрений	Вариант	Число активных клубеньков, шт. 1 растении			Масса активных клубеньков, г на 1 растении		
		5-6 листьев	бутонизация	цветение	5-6 листьев	бутонизация	цветение
Без удобрений	Контроль	12,7	17,9	13,5	0,073	0,109	0,095
	И	16,7	23,6	18,3	0,088	0,143	0,105
	Ам	14,7	20,5	17,4	0,084	0,119	0,098
	И+Ам	18,2	25,3	21,4	0,102	0,149	0,108
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	13,6	18,9	14,7	0,099	0,109	0,089
	И	17,5	25,5	20,2	0,113	0,147	0,114
	Ам	16,3	19,6	18,1	0,109	0,116	0,101
	И+Ам	17,9	26,2	20,5	0,118	0,153	0,123
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	15,4	20,3	16,9	0,095	0,115	0,093
	И	18,4	26,1	21,7	0,109	0,15	0,135
	Ам	19,2	24,6	20,5	0,111	0,139	0,121
	И+Ам	20,8	27,9	23,4	0,119	0,159	0,135
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	17,2	21,6	19,8	0,128	0,124	0,118
	И	20,3	28,2	22,9	0,121	0,163	0,118
	Ам	19,4	26,3	20,3	0,114	0,142	0,110
	И+Ам	22,9	29,8	25,8	0,132	0,168	0,135
HCP ₀₅ АВ		0,94	1,14	1,04	0,009	0,010	0,008
HCP ₀₅ А (NPK)		0,47	0,57	0,52	0,0045	0,005	0,004
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,81	0,95	0,76	0,007	0,008	0,006

Число и масса активных клубеньков на корнях гороха в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений, 2013 г.

Фон удобрений	Вариант	Число активных клубеньков, шт. на 1 растении			Масса активных клубеньков, г на 1 растении		
		5-6 листьев	бутонизация	цветение	5-6 листьев	бутонизация	цветение
Без удобрений	Контроль	11,6	16,7	12,5	0,069	0,092	0,066
	И	13,8	19,7	14,9	0,096	0,116	0,083
	Ам	13,2	16,8	12,6	0,072	0,095	0,065
	И+Ам	14,4	21,5	15,6	0,093	0,117	0,087
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	12,2	17,5	13,8	0,093	0,102	0,085
	И	14,7	21,3	16,8	0,092	0,132	0,096
	Ам	12,9	20,7	14,9	0,095	0,127	0,089
	И+Ам	14,9	22,7	17,3	0,097	0,142	0,098
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	14,7	18,3	14,7	0,083	0,107	0,086
	И	15,9	23,1	16,9	0,098	0,123	0,097
	Ам	15,8	20,1	15,6	0,098	0,116	0,09
	И+Ам	17,4	23,9	18,3	0,115	0,138	0,108
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	15,3	18,9	16,2	0,086	0,098	0,085
	И	18,7	24,1	19,2	0,096	0,131	0,109
	Ам	17,2	19,7	16,8	0,091	0,099	0,096
	И+Ам	19,7	25,9	21,4	0,106	0,143	0,124
НСП ₀₅ АВ		0,98	1,12	1,02	0,008	0,010	0,008
НСП ₀₅ А (NPK)		0,49	0,56	0,51	0,004	0,005	0,004
НСП ₀₅ В (И,Ам)		0,71	0,78	0,73	0,006	0,008	0,007

Содержание леглобина в клубеньках гороха по фазам развития
в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
мг/г сырых клубеньков (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Содержание леглобина		
		5-6 листьев	бутонизация	цветение
Без удобрений	Контроль	1,13	1,77	1,23
	И	1,66	1,94	1,76
	Ам	1,14	1,82	1,35
	И+Ам	1,71	1,93	1,67
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	1,19	1,81	1,49
	И	1,72	2,01	1,78
	Ам	1,23	1,80	1,61
	И+Ам	1,70	2,13	1,66
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	1,15	1,94	1,62
	И	1,88	2,09	1,82
	Ам	1,25	2,12	1,59
	И+Ам	1,92	2,19	1,81
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	1,21	1,98	1,55
	И	1,91	2,22	2,03
	Ам	1,32	2,13	1,95
	И+Ам	2,13	2,26	2,00
HCP ₀₅ АВ		0,04	0,06	0,05
HCP ₀₅ А (NPK)		0,02	0,03	0,026
HCP ₀₅ В (И,Ам)		0,03	0,04	0,04

Содержание леглобина в клубеньках гороха по фазам развития
в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
мг/г сырых клубеньков (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Содержание леглобина		
		5-6 листьев	бутонизация	цветение
Без удобрений	Контроль	1,42	1,91	1,95
	И	1,62	2,13	2,24
	Ам	1,43	1,90	1,94
	И+Ам	1,65	2,21	2,27
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	1,40	1,96	1,97
	И	1,75	2,34	2,39
	Ам	1,51	2,09	2,08
	И+Ам	1,87	2,46	2,51
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	1,48	2,00	1,97
	И	1,89	2,45	2,47
	Ам	1,54	2,18	2,20
	И+Ам	2,03	2,56	2,54
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	1,47	2,11	2,05
	И	2,04	2,48	2,47
	Ам	1,61	2,18	2,10
	И+Ам	2,13	2,50	2,44
НСП ₀₅ АВ		0,07	0,07	0,08
НСП ₀₅ А (NPK)		0,034	0,037	0,04
НСП ₀₅ В (И,Ам)		0,05	0,06	0,06

Содержание леглобина в клубеньках гороха по фазам развития
в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
мг/г сырых клубеньков (2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Содержание леглобина		
		5-6 листьев	бутонизация	цветение
Без удобрений	Контроль	0,76	0,89	0,82
	И	0,84	1,05	0,90
	Ам	0,77	0,92	0,82
	И+Ам	0,84	1,09	0,92
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	0,83	0,94	0,89
	И	0,98	1,12	1,08
	Ам	0,84	0,93	0,90
	И+Ам	0,99	1,18	1,17
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	0,90	1,10	1,03
	И	1,09	1,27	1,20
	Ам	0,93	1,13	1,07
	И+Ам	1,14	1,32	1,23
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	1,03	1,17	1,17
	И	1,17	1,33	1,35
	Ам	1,08	1,22	1,17
	И+Ам	1,22	1,34	1,29
НСП ₀₅ АВ		0,04	0,05	0,04
НСП ₀₅ А (NPK)		0,02	0,023	0,02
НСП ₀₅ В (И,Ам)		0,03	0,04	0,03

Активный симбиотический потенциал гороха по фазам вегетации
в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
кг×дней/га (2011 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений						За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутони- зация	бутони- зация – цветение	цветение – образова- ние бобов	образова- ние бобов – налив семян	налив семян – созрева- ние	
Без удобрений	Контроль	104	309	936	509	316	401	2575
	И	121	454	1484	956	482	450	3947
	Ам	101	295	1171	651	418	427	3063
	И+Ам	119	561	1452	1008	426	436	4002
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	103	327	1025	730	322	368	2875
	И	117	648	1583	782	392	436	3958
	Ам	107	641	1262	861	401	432	3704
	И+Ам	113	607	1870	693	391	428	4102
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	116	375	1139	686	301	393	3010
	И	123	722	1657	861	420	465	4248
	Ам	113	620	1301	798	438	438	3708
	И+Ам	118	678	1649	824	443	469	4181
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	112	387	1154	619	311	432	3015
	И	119	742	1935	893	425	472	4586
	Ам	110	698	2018	904	581	447	4758
	И+Ам	123	687	1775	1221	529	473	4808

Активный симбиотический потенциал гороха по фазам вегетации
в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
кг×дней/га (2012 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений						За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	236	526	2100	1230	539	312	4943
	И	249	660	2431	1470	891	354	6055
	Ам	231	605	2023	1372	824	317	5372
	И+Ам	248	734	2533	1512	814	374	6215
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	232	613	1753	1146	771	288	4803
	И	249	848	2499	1496	811	372	6275
	Ам	254	785	1972	1414	839	321	5585
	И+Ам	261	885	2601	1713	895	369	6724
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	255	634	1755	1202	742	297	4885
	И	261	785	2869	1890	868	396	7069
	Ам	243	799	2363	1694	923	371	6393
	И+Ам	268	757	3041	2000	925	414	7405
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	251	822	2172	1336	731	341	5653
	И	275	907	3117	1836	971	389	7495
	Ам	241	855	2716	1711	1062	362	6947
	И+Ам	263	890	3113	2050	861	428	7605

Активный симбиотический потенциал гороха по фазам вегетации
в зависимости от инокуляции семян, применения макро- и микроудобрений,
кг×дней/га (2013 г.)

Фон удобрений	Вариант	Фазы развития растений						За период вегетации
		всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив семян	налив семян – созревание	
Без удобрений	Контроль	248	511	1318	540	387	153	3157
	И	267	710	1914	805	607	199	4502
	Ам	247	533	1568	721	481	150	3700
	И+Ам	280	688	1931	965	467	231	4562
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	259	527	1583	725	442	122	3658
	И	275	681	2178	831	551	194	4710
	Ам	264	703	2096	863	567	161	4654
	И+Ам	282	718	2343	751	585	219	4898
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	257	557	1566	734	390	156	3660
	И	286	758	2030	941	542	252	4809
	Ам	254	758	1914	998	579	232	4735
	И+Ам	290	790	2277	1098	615	249	5319
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	275	565	1417	625	401	206	3489
	И	284	742	2162	1208	530	240	5166
	Ам	266	704	1634	1064	604	226	4498
	И+Ам	305	720	2260	1275	572	263	5395

Элементы структуры урожая гороха в зависимости от инокуляции семян,
применения макро- и микроудобрений, 2011 г.

Фон удобрений	Вариант	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Среднее число, шт.			Масса, г		Биологическая урожайность, ц/га
			бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	семян на растении	
Без удобрений	Контроль	75	4,0	3,0	12,0	234,6	2,8	21,0
	И	77	4,1	3,1	12,7	235,9	3,0	23,1
	Ам	76	4,0	3,1	12,4	231,4	2,9	22,0
	И+Ам	77	4,1	3,2	13,1	236,3	3,1	23,9
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	76	4,1	3,0	12,3	237,6	2,9	22,0
	И	77	4,2	3,3	13,9	234,3	3,3	25,4
	Ам	75	4,0	3,2	12,8	233,7	3,0	22,5
	И+Ам	78	4,1	3,3	13,5	237,4	3,2	25,0
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	76	4,0	3,1	12,4	234,5	2,9	22,0
	И	77	4,2	3,4	14,3	236,1	3,4	26,2
	Ам	76	4,1	3,3	13,5	233,5	3,2	24,3
	И+Ам	78	4,2	3,4	14,3	237,6	3,4	26,5
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	76	4,2	3,1	13,0	235,7	3,1	23,6
	И	77	4,3	3,4	14,6	231,5	3,4	26,2
	Ам	75	4,3	3,3	14,2	235,3	3,3	24,8
	И+Ам	77	4,3	3,5	15,1	237,6	3,6	27,7
HCP ₀₅ АВ		-	-	-	-	-	-	0,46
HCP ₀₅ А (NPK)		-	-	-	-	-	-	0,23
HCP ₀₅ В (И,Ам)		-	-	-	-	-	-	0,37

Элементы структуры урожая гороха в зависимости от инокуляции семян,
применения макро- и микроудобрений, 2012 г.

Фон удобрений	Вариант	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Среднее число, шт.			Масса, г		Биологическая урожайность, ц/га
			бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	семян на растении	
Без удобрений	Контроль	87	3,7	4,3	15,9	243,7	3,9	33,9
	И	89	3,9	4,6	17,9	245,2	4,4	39,2
	Ам	88	3,7	4,4	16,3	247,5	4,0	35,2
	И+Ам	90	3,8	4,6	17,5	243,4	4,3	38,7
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	88	3,8	4,3	16,3	246,1	4,0	35,2
	И	90	3,9	4,5	17,6	243,9	4,3	38,7
	Ам	87	3,8	4,4	16,7	245,7	4,1	35,7
	И+Ам	91	3,9	4,6	17,9	248,0	4,4	40,0
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	90	3,8	4,4	16,7	243,8	4,1	36,9
	И	91	3,9	4,6	17,9	246,4	4,4	40,0
	Ам	88	3,9	4,5	17,6	246,5	4,3	37,8
	И+Ам	89	4,0	4,7	18,8	243,7	4,6	40,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	90	3,8	4,4	16,7	247,7	4,1	36,9
	И	89	4,0	4,7	18,8	248,2	4,7	41,8
	Ам	88	3,9	4,5	17,6	244,5	4,3	37,8
	И+Ам	90	4,0	4,7	18,8	243,8	4,6	41,4
НСП ₀₅ АВ		-	-	-	-	-	-	0,78
НСП ₀₅ А (NPK)		-	-	-	-	-	-	0,39
НСП ₀₅ В (И,Ам)		-	-	-	-	-	-	0,61

Элементы структуры урожая гороха в зависимости от инокуляции семян,
применения макро- и микроудобрений, 2013 г.

Фон удобрений	Вариант	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Среднее число, шт.			Масса, г		Биологическая урожайность, ц/га
			бобов на растении	семян в бобе	семян на растении	1000 семян	семян на растении	
Без удобрений	Контроль	71	5,1	3,2	16,3	239,5	3,9	27,7
	И	72	5,3	3,4	18,0	238,4	4,3	31,0
	Ам	73	5,1	3,3	16,8	240,8	4,0	29,2
	И+Ам	72	5,3	3,4	18,0	238,6	4,3	31,0
N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆	Контроль	72	5,1	3,3	16,8	241,2	4,1	29,5
	И	73	5,3	3,4	18,0	239,7	4,3	31,4
	Ам	71	5,2	3,4	17,7	240,2	4,3	30,5
	И+Ам	73	5,3	3,4	18,0	241,9	4,4	32,1
N ₂₀ P ₅₂ K ₅₂	Контроль	73	5,2	3,4	17,7	241,9	4,3	31,4
	И	74	5,3	3,5	18,6	240,5	4,5	33,3
	Ам	73	5,2	3,5	18,2	239,7	4,4	32,1
	И+Ам	73	5,4	3,5	18,9	238,6	4,5	32,9
N ₃₀ P ₇₈ K ₇₈	Контроль	72	5,3	3,5	18,6	238,9	4,4	31,7
	И	74	5,4	3,5	18,9	241,0	4,6	34,0
	Ам	73	5,3	3,5	18,6	240,5	4,5	32,9
	И+Ам	74	5,4	3,6	19,4	242,4	4,7	34,8
НСП ₀₅ АВ		-	-	-	-	-	-	0,64
НСП ₀₅ А (NPK)		-	-	-	-	-	-	0,32
НСП ₀₅ В (И,Ам)		-	-	-	-	-	-	0,54

АКТ**внедрения в производство научно-технических разработок и передового опыта**

1. **Наименование внедренного мероприятия:** Возделывание кормовых бобов с внесением основного удобрения в дозе $N_{20}P_{52}K_{52}$ и обработкой семян бобовым ризоторфином - штаммом 96 (300 г на гектарную норму семян), комплексным удобрением АгроМастер (3 кг/т)

2. **Разработка внедрена при выполнении НИР по** хоздоговору
(хоздоговору или госбюджету, № темы и ее наименование)
Азотфиксирующая деятельность, урожайность и качество семян сортов кормовых бобов и гороха в зависимости от макро- и микроудобрений в лесостепи ЦЧР

3. **Каким научным учреждением мероприятие предложено к внедрению**
Кафедрой растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий ВГАУ

4. **Наименование хозяйства (организации), его адрес** ЗАО «Юдановские просторы», с. Юдановка, Бобровского р-на, Воронежской обл.

5. **Календарные сроки внедрения (начало – окончание)** 15 марта – 15 августа 2013 г.

6. **Объем внедрения мероприятий (по плану и фактически)** 15 га

7. **Экономический эффект от внедрения на единицу (га, голов, машину и т.д.) и на весь объем внедрения в рублях**
Производственные затраты на 1 га 12394 руб.
Стоимость продукции с 1 га 26190 руб.
Чистый доход с 1 га 13796 руб.
Уровень рентабельности 111,3 %
Чистый доход с площади внедрения (15 га) 206940 руб.

8. **Долевое участие университета в полученном экономическом эффекте составляет**
—
(сумма цифрами и прописью)

9. **Фамилия, и.о. и должность работников, ответственных за внедрение научной разработки от университета и хозяйства**
доктор с.-х. наук, профессор Столяров О. В., аспирант Михалев И. В.,
главный агроном Безотосных А.И.

Председатель комиссии:



Директор

Карташов В.А.

Главный бухгалтер

Лихачева В.В.

ответственный за внедрение

Михалев И.В.

Акт составлен « 15 » августа 2013 г.

АКТ**внедрения в производство научно-технических разработок и передового опыта**

1. **Наименование внедренного мероприятия** Возделывание гороха с внесением основного удобрения в дозе $N_{20}P_{52}K_{52}$ и обработкой семян гороховым ризоторфином - штаммом 245 (300 г на гектарную норму семян), комплексным удобрением АгроМастер (3 кг/т)
2. **Разработка внедрена при выполнении НИР по** хоздоговору
(хоздоговору или госбюджету, № темы и ее наименование)
Азотфиксирующая деятельность, урожайность и качество семян сортов кормовых бобов и гороха в зависимости от макро- и микроудобрений в лесостепи ЦЧР
3. **Каким научным учреждением мероприятие предложено к внедрению**
Кафедрой растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий ВГАУ
4. **Наименование хозяйства (организации), его адрес** ЗАО «Юдановские просторы», с. Юдановка, Бобровского р-на, Воронежской обл.
5. **Календарные сроки внедрения (начало – окончание)** 15 марта – 15 августа 2013 г.
6. **Объем внедрения мероприятий (по плану и фактически)** 40 га
7. **Экономический эффект от внедрения на единицу (га, голов, машину и т.д.) и на весь объем внедрения в рублях**
Производственные затраты на 1 га 8530 руб.
Стоимость продукции с 1 га 19040 руб.
Чистый доход с 1 га 10510 руб.
Уровень рентабельности 123,2 %
Чистый доход с площади внедрения (40 га) 420400 руб.
8. **Долевое участие университета в полученном экономическом эффекте составляет** _____
(сумма цифрами и прописью)
9. **Фамилия, и.о. и должность работников, ответственных за внедрение научной разработки от университета и хозяйства**
доктор с.-х. наук, профессор Столяров О. В., аспирант Михалев И. В.,
главный агроном Безотосных А.И.

Председатель комиссии:



Директор

Главный бухгалтер

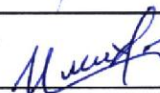
ответственный за внедрение



Карташов В.А.



Лихачева В.В.



Михалев И.В.

Акт составлен « 15 » августа 2013 г.