

ФЕРЕДАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ В.С. ПУСТОВОЙТА»

На правах рукописи

ЩЕГОЛЬКОВ АЛЬБЕРТ ВАЛЕРЬЕВИЧ

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК СОИ СЕРНЫМ,
МОЛИБДЕНОВЫМ И БОРНЫМ УДОБРЕНИЯМИ
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

06.01.04 – агрохимия

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

доктор сельскохозяйственных наук,

старший научный сотрудник

Николай Михайлович Тишков

Краснодар – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СОЕ И ДИАГНОСТИКА ЕЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЭЛЕМЕНТАХ ПИТАНИЯ (обзор литературы)	10
1.1. Особенности применения минеральных удобрений на посевах сои	10
1.2. Некорневые подкормки удобрениями как агроприем, повышающий урожайность сои	17
1.3. Диагностика потребности растений сои в элементах питания ...	23
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	36
2.1. Почвенно-климатические условия	36
2.2. Погодные условия в годы проведения исследований	38
2.3. Схема опытов и методика проведения исследований	43
2.4. Характеристика объекта исследований и удобрений	46
3. РОСТ, РАЗВИТИЕ, ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УДОБРЕНИЯМИ	48
3.1. Высота растений	48
3.2. Накопление надземной биомассы растениями	53
3.3. Химический состав растений	68
3.4. Структура урожая и урожайность семян	80
3.5. Биохимические показатели семян, сбор белка и масла с гектара	92
4. ПОЧВЕННАЯ И РАСТИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБ- НОСТИ РАСТЕНИЙ СОИ В СЕРЕ, МОЛИБДЕНЕ И БОРЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК ПО ЕЕ РЕЗУЛЬТАТАМ	101
4.1. Почвенная диагностика	101
4.2. Растительная химическая диагностика	106

4.3. Функциональная растительная диагностика	111
4.4. Эффективность некорневых подкормок удобрениями сои по результатам почвенной и растительной диагностики	114
5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УДОБРЕНИЯМИ НА СОЕ	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	120
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	122
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	123
ПРИЛОЖЕНИЯ	149

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Соя – уникальная белково-масличная культура. За последние 15 лет объёмы её производства в мире удвоились. Таких темпов увеличения производства не было в истории земледелия ни по какой-либо другой культуре (Устюжанин А.П., 2010). Соя по мировому сбору занимает 4-е место после пшеницы, риса и кукурузы. Она является ведущей полевой культурой, играющей стратегическую роль в развитии агропромышленного комплекса (Тур Н.С., Загорулько А.В., 1994). С её помощью успешно решается проблема восполнения ресурсов полноценных растительных белка и масла. Соя, являясь источником дешевого белкового питания, ценнейшим ингредиентом кормов, важнейшим компонентом многих фармацевтических препаратов и косметических средств, с успехом демонстрирует свою возрастающую социальную значимость (Бабич А.А., 1997; Давыденко О.Г. и др., 2004; Адамень Ф.Ф. и др., 2006; Трухачев В.И., Ключин П.В., 2007; Федотов В.А. и др., 2013).

Южный Федеральный округ занимает третье место по производству сои в Российской Федерации. В Краснодарском крае, на долю которого приходится 80-85 % в ЮФО, за последние годы значительно возросло производство сои. Так, в 2005-2010 гг. этот показатель в среднем за год по сравнению с 1995-2000 гг. увеличился в 4 раза (с 43,4 тыс. т до 177,1 тыс. т), а в 2015 году валовой сбор сои превысил 200 тыс. т. В Ростовской области Среднегодовой объем валового сбора сои за двенадцатилетний период (2003-2014 гг.) составил 8,4 тыс. т. Средняя посевная площадь сои была 12,3 тыс. га. В 2014 году валовой сбор сои в крае составил 5,9 тыс. т (Пимонов К.И., Ионов Д.Ф., 2015). Наиболее распространенным, высокопродуктивным и адаптивным сортом сои, районированным с 1999 года, является среднеспелый Вилана, возделываемый примерно на 50 % посевов этой культуры в Краснодарском крае (Лукомец В.М. и др., 2013).

Сера, молибден и бор являются важнейшими элементами питания для растений и некорневая подкормка серными, молибденовыми и борными удобрениями может способствовать увеличению продуктивности сои.

В список разрешенных агрохимикатов включено свыше 300 наименований удобрений для некорневых подкормок, которые применяются на разных сельскохозяйственных культурах, в том числе и на сое. Однако, из-за особенностей питания сои некорневые подкормки удобрениями эффективны только элементами питания, дефицит которых установлен диагностикой. Этому вопросу и посвящена данная работа.

Степень разработанности темы. Некорневым подкормкам сои серными, молибденовыми и борными удобрениями в условиях Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном посвящены работы таких авторов, как А.Н. Ригер, В.В. Пшеницын (1978), В.Ф. Баранов, И.Н. Терентьева, Н.Ф. Чайка (1990), Н.М. Тишков, Н.Г. Михайлюченко, А.А. Дряхлов (2007), С.В. Костевич, О.И. Асокин (2008) и других. В их работах получены достоверные прибавки урожайности сои от применения минеральных удобрений.

Наиболее эффективны некорневые подкормки сои удобрениями по результатам диагностики. Диагностикой обеспеченности растений сои элементами питания занимались такие ученые как В.Т. Куркаев (1968), М.Д. Салтанов (1976), В.Д. Нагорный (1989), В.В. Церлинг (1990), В.И. Голов (2004) и некоторые другие. Также в последнее время получила широкое распространение функциональная растительная диагностика, разработанная Б.А. Ягодиным и А.С. Плешковым (1982). В настоящей диссертационной работе предложенные методы получили дальнейшее развитие.

Цели и задачи исследований. Цель исследований заключалась в определении эффективности некорневых подкормок сои сульфатом калия, калием молибденом и солюбором ДФ с учётом результатов диагностики обеспеченности серой, молибденом и бором на черноземе выщелоченном

Западного Предкавказья. В связи с этим были поставлены следующие задачи исследований:

1. Изучить влияние некорневых подкормок сои серным, молибденовым и борным удобрениями на высоту, накопление надземной биомассы растениями, их химический состав в течение вегетации, структуру урожая, урожайность и сбор белка и масла с гектара.

2. Определить наиболее эффективное удобрение и его оптимальную дозу для некорневых подкормок, обеспечивающее повышение урожайности сои.

3. Установить эффективность некорневых подкормок сои серным, молибденовым и борным удобрениями по результатам почвенной и растительной диагностики.

4. Дать экономическую оценку эффективности некорневых подкормок сои сульфатом калия, келик молибденом и солюбором ДФ.

Научная новизна исследований. Впервые установлено влияние некорневых подкормок сои разными дозами сульфата калия, келик молибдена и солюбора ДФ на высоту, накопление надземной биомассы растениями, их химический состав в течение вегетации, структуру урожая, урожайность и сбор белка и масла с гектара на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. На сое проведен сравнительный анализ разных видов диагностики потребности растений сои в сере, молибдене и боре.

Практическая значимость результатов исследований. На основании проведенных исследований определено эффективное удобрение для некорневых подкормок сои в условиях Западного Предкавказья как при благоприятных условиях, так и при засушливых условиях в репродуктивный период развития растений. Предложен высокоэффективный способ устранения дефицита серы, молибдена и бора у растений сои посредством некорневых подкормок на основании диагностики потребности в них.

Результаты исследований по применению серного, молибденового и борного удобрений прошли производственное испытание в ФГУП «Урупское» Новокубанского района Краснодарского края на общей площади

0,5 га в 2014 году, где некорневая подкормка борным удобрением способствовала увеличению урожайности сои на 0,22 т/га, что позволило получить на 2500 руб./га больше по сравнению с контрольным вариантом без обработки.

Методология и методы исследований. Исследования проводили полевым и лабораторным методами. Наблюдения и измерения осуществляли по общепринятым для сои методикам. Результаты учетов и анализов обработаны методами математической статистики в изложении Б. А. Доспехова (1985).

На защиту выносятся следующие положения:

1. Некорневые подкормки сои разными дозами серного удобрения оказывают влияние на высоту, накопление надземной биомассы растениями и их химический состав в течение вегетации, на структуру урожая и продуктивность.

2. Некорневые подкормки сои разными дозами молибденового удобрения оказывают влияние на высоту, накопление надземной биомассы растениями и их химический состав в течение вегетации, однако практически не влияли на структуру урожая и продуктивность.

3. Некорневые подкормки сои разными дозами борного удобрения влияют на структуру урожая, однако на высоту, накопление надземной биомассы растениями и их химический состав в течение вегетации, а также на продуктивность борное удобрение оказывает слабое влияние.

4. Эффективность некорневых подкормок сои серным и молибденовым удобрениями на черноземе выщелоченном подтверждаются результатами почвенной и растительной диагностики обеспеченности сои серой и молибденом. Эффективность борного удобрения в большей степени зависит от складывающихся погодных условий в репродуктивный период развития растений.

Степень достоверности и апробация работы. Подтверждается достаточным объемом и результатами проведенных исследований, точностью измерения количественных признаков анализируемых почвенных

и растительных образцов. Результаты были получены в процессе проведения полевых и лабораторных опытов, на основе использования большого массива экспериментальных данных, наблюдений и анализов.

Основные результаты исследований доложены в 2013-2015 гг. на заседаниях методического совета ВНИИМК им. В.С. Пустовойта; на VII и VIII международных конференциях молодых ученых и специалистов "Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных культур" (г. Краснодар, 2013 и 2015 гг.); на 46-48 международных научных конференциях молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Агроэкологические основы применения удобрений в современной земледелии» (г. Москва, 2012-2014 гг.); на Всероссийской юбилейной научно-практической конференции в Поволжском регионе (г. Самара, 2013 г.).

Работа выполнена при финансовой поддержке программы У.М.Н.И.К. Министерства образования и науки Российской Федерации Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, № договора 1811ГУ/2014.

Публикация результатов исследований Результаты, вошедшие в диссертационную работу, опубликованы в 7 научных статьях, в том числе 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём диссертационной работы. Диссертационная работа написана на 148 страницах, включает 44 таблицы, 5 рисунка, 29 приложений, состоит из введения, 5 глав, заключения и предложений производству. Список использованной литературы насчитывает 238 наименований, из которых 29 источников иностранных авторов.

Личный вклад автора. Разработка программы исследований, составление схемы опыта, подбор удобрений и их доз, проведение лабораторных анализов и полевых опытов, камеральная обработка полученных данных и научный анализ, составление годовых отчетов и написание диссертационной работы сделаны лично соискателем. Автор

выражает благодарность докторам сельскохозяйственных наук Н.М. Тишкову и В.Ф. Баранову, доктору биологических наук, академику РАН В.А. Тильбе, кандидатам сельскохозяйственных наук В.Л. Махонину и А.С. Бушневу, сотрудникам ФГБУ Российского сельскохозяйственного центра и ФГБУ Центра лабораторного анализа и технических измерений за содействие при закладке и проведении полевых опытов, производственных испытаний, лабораторных анализов, а также помощь при написании и оформлении диссертации.

1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СОЕ И ДИАГНОСТИКА ЕЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЭЛЕМЕНТАХ ПИТАНИЯ (обзор литературы)

1.1. Особенности применения минеральных удобрений на посевах сои

Ведущее место в повышении плодородия почв, урожайности и качества продукции растениеводства занимают удобрения. Они обеспечивают растения всеми необходимыми и незаменимыми биогенными элементами, улучшают физические и химические свойства почвы, повышают её биологическую активность, ингибируют или предотвращают поступление в растения тяжёлых металлов и радионуклидов, повышают устойчивость посевов к неблагоприятным погодным условиям, болезням и вредителям (Шеуджен А.Х., 2003).

У сои существует ряд особенностей, определяющих специфичность её питания, которые необходимо учитывать при применении удобрений. Поступление питательных веществ в растения сои на протяжении вегетационного периода отличается крайней неравномерностью. В период всходы-цветение поступление азота составляет 14-17 %, фосфора - 8-12 и калия - 22-26 % от общей потребности за вегетацию. Но начиная с фазы цветения и до полного налива бобов, эти показатели резко возрастают – до 72-79, 79-82 и 47-51% соответственно. Наиболее интенсивное суточное поступление азота в растения наблюдается в фазы цветения и формирования бобов – 4-6 кг/га, фосфора – при формировании бобов – 0,4-0,6 кг/га, калия – через 87-95 дней после всходов – 1,0-1,3, кальция – через 70-80 дней после всходов – 3,1-3,4, магния – через 73-80 дней после всходов – 1,5-1,7, серы в период формирования бобов – 1,7-1,8 кг/га (Hanway J.J., 1971; Ильин В.Б., 1985; Пищейко Л.Н., 1986; Нагорный В.Д., 1993).

Вместе с тем, вопрос применения удобрений на посевах сои является сложным и во многом дискуссионным. Это объясняется способностью сои

удовлетворять за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями (*Bradyrhizobium j.*) до 60-70 % своей потребности в азоте (Тильба В.А., Бегун С.А., 1978; Русаков В.В., Синеговская В.Т., 1988; Патыка В.Ф., 1989; Проворов Н.А., 1996; Федотов В.А. и др., 2004; Тихонович И.А., 2009; Jong-Tag Youn at. all, 2009), а также обладает повышенной способностью усваивать почвенные запасы фосфора, калия и других элементов питания (Harrer J.E., 1974; Shukla K.C., 1997; Тишков Н.М., 2005).

В агрономической литературе имеются многочисленные сведения по изучению эффективности удобрений под сою в разных почвенно-климатических зонах. Можно выделить две основные точки зрения по этому вопросу. Согласно первой, применение под сою удобрений, вносимых в почву, не целесообразно, поскольку «... полученные в опытах прибавки (урожайности – прим. авт.) настолько незначительные, что не представляют практического интереса» (цит. по А.К. Лещенко, В.В. Касаткину, М.И. Хотулеву, 1948. – С. 123). Сторонники второй точки зрения придерживаются мнения, что применение на сое минеральных удобрений оправданно даже при образовании на корнях растений клубеньков.

О неэффективном применении удобрений на сое в условиях Новосибирской области отмечала Н.И. Дробышева (2000). По результатам проведенных опытов автор делает вывод, что на черноземе выщелоченном можно обходиться без фосфорных и калийных удобрений, так как растения обеспечивают себя этими элементами за счет их запасов в почве.

По данным А.В. Кондратовой (2004), на лугово-черноземных почвах Приамурья в среднем за три года по фону фосфорных и азотно-фосфорных удобрений урожайность сои даже снижалась на 0,19-0,28 т/га (13,4-21,1 %).

По результатам длительного стационарного опыта в Приамурье на лугово-черноземной почве Е.Т. Наумченко и др. (2004) также приходят к выводу, что внесение минеральных азотно-фосфорных и органо-минеральных удобрений непосредственно под сою неэффективно, и

применять минеральные удобрения необходимо только под предшественники.

На черноземе выщелоченном Новосибирской области А.В. Бейч (2005), изучив эффективность разных доз и способов внесения азотных удобрений, пришел к выводу, что семенная продуктивность сои при внесении «стартовых» доз азотных удобрений была близкой к контролю (1,56 т/га). Лишь внесение вразброс 120-180 кг д.в. азота обеспечило прибавку 0,14-0,22 т/га, которая не оправдывает затрат на применяемые удобрения, поэтому использование азотных удобрений под сою нецелесообразно.

Зарубежные авторы (Hu Shui-xiu, 2001; Li Ming, Gu Jie, Gao Hua, Qin Qin-jun, 2007) отмечают, что органо-минеральные удобрения не влияют на урожай и качество семян сои, но способствуют увеличению надземной массы растений.

Hungria Mariangela, Franchini Julio, Campo Rubens и др. (2006) установили, что припосевное внесение N_{200} способствует резкому снижению биологической азотфиксации и ослабляет формирование клубеньков на корнях сои, а последствие на следующий год практически не проявляется. Применение стартовой дозы N_{30} не приводит к достоверной прибавке урожая. Подкормка азотными удобрениями в другие фазы ингибировала симбиотическую азотфиксацию и приводила к снижению урожайности.

Аналогичные результаты и выводы о неэффективности применения удобрений под сою при активной работе симбиотического аппарата на корнях приведены и в других работах (Губанов П.Е., 1989; Гукова М.М., Боканхель Р.Э., 1989; Баранов В.Ф., 1990; Бозиев А.Л. и др., 2004; Гамзиков Г.П. и др., 2007; Зотиков В.И., 2011).

Тем не менее, многие исследователи получили данные о высокой эффективности минеральных удобрений под сою.

Так, по данным С.Г. Смирнова (2014), в условиях Лесостепи Поволжья на черноземе выщелоченном при внесении фосфорно-калийных удобрений ($P_{40}K_{70}$) прибавка урожая составила 0,31-0,35 т/га, а при добавлении к этой дозе

N_{30} , N_{60} и N_{90} урожайность возрастала по сравнению с контролем на 0,51-0,53; 0,81-0,82 и 0,65-0,68 т/га соответственно. Автор объясняет возрастающие прибавки от внесения азотных удобрений высокой потребностью сои в этом элементе питания, даже несмотря на активную работу симбиотического аппарата.

В условиях Среднего Приамурья Т.А. Асеева (2009) отмечает, что при возделывании сои необходимо применять на высоком уровне плодородия почвы и благоприятной кислотно-щелочной среде азотные удобрения в дозе N_{30} , а при низком уровне плодородия нужно вносить полное минеральное удобрение.

На черноземе выщелоченном Западного Предкавказья, по мнению Л.М. Онищенко (2005), для получения прибавки урожая сои свыше 0,6 т/га необходимо вносить удобрения из расчета $N_{60}P_{120}K_{60}$ на 1 га.

В условиях юга Западной Сибири на черноземных почвах П.Р. Шотт, В.П. Старостенко и П.А. Литвинцев (2003) отмечают, что в острозасушливые годы применение минеральных и бактериальных удобрений было неэффективным, при умеренной влагообеспеченности соя положительно реагировала на предпосевную обработку семян инокулянтами и внесение фосфорных удобрений, а при достаточной – на дополнительное внесение азотных удобрений.

С.С. Барсуков и А.С. Барсуков (2005) отмечают, что в Республике Беларусь на дерново-подзолистой почве наиболее эффективным оказалось применение удобрений в дозе $N_{30}P_{40}K_{80}$, обеспечивающее прибавку урожайности сои 0,41 т/га. При этом авторы отмечают, что эффективность применения удобрений была выше в оптимальные по влагообеспеченности годы, а органические удобрения в сочетании с минеральными оказались менее эффективными.

В опытах Академии сельскохозяйственных наук провинции Хубэй (Китай) под сою на красноземах вносили азотные удобрения в дозах N_{25} и N_{50}

и фосфорные – P_{45} и P_{90} . Азотные удобрения повышали урожайность сои на 15-20 %, а фосфорные – на 13-14 % (Gan Yunbo и др., 2002).

В условиях орошения, где вода не является лимитирующим фактором, некоторые авторы также отмечают высокую эффективность применения удобрений на сое (Гуцаленко А.П., 1991; Заверюхин В.И и др., 1991; Ревенков Г.О., 2002; Гутриц Л.С., 2006).

В Ростовской области на черноземе обыкновенном при орошении соя хорошо отзывается на совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений. Внесение $N_{60}P_{90}K_{60}$ способствовало существенному увеличению урожайности на 0,85 т/га (56,1 %), а $N_{60}P_{45}K_{30}$ – на 0,91 т/га (60,3 %). Такие высокие прибавки авторы объясняют высокой потребностью растений сои в элементах питания при благоприятных гидротермических условиях, а также использованием сорта сои интенсивного типа. Тем не менее, одностороннее применение азотного удобрения было не эффективным (Гужвин С.А., 2004; Агафонов Е.В. и др., 2005). В этих же условиях по данным С.А. Гужвина, Н.Ф. Климашевской, Н.П. Каменского и других (2012) эффективность удобрения в дозе $N_{30}P_{45}K_{60}$ была сопоставима с предпосевной инокуляцией семян сои Ризоторфином (штамм 626а). Прибавка урожайности в этих вариантах составила 18 % (0,32 и 0,33 т/га соответственно). Авторы считают наиболее эффективным сочетание предпосевной обработки семян Ризоторфином (штамм 626а) с внесением оптимальной дозы $N_{60}P_{45}K_{60}$, которая обеспечила прибавку урожайности сои по сравнению с контролем на 34 % (0,62 т/га).

По данным О.Г. Шабалдас, Ю.А. Панкова, И.А. Жигальцова (2008), в Ставропольском крае на орошаемых землях установлена высокая эффективность предпосевного внесения азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{60}P_{45}$, где урожайность превосходила контроль на 0,43-0,55 т/га (24,1-30,2 %).

В условиях Волго-Донского Междуречья Волгоградской области при орошении и применении удобрений в дозе $N_{55}P_{60}K_{50}$ и $N_{95}P_{90}K_{50}$ была получена урожайность в среднем за три года исследований 2,26-2,52 и 2,58-

2,97 т/га соответственно, а в контрольном варианте без применения удобрений этот показатель оказался значительно ниже - 1,20-1,35 т/га (Жихарев А.Г., 2009).

При использовании удобрений на сое следует учитывать сортовые особенности (Ермошкин Ю.В., 2007; Посыпанов Г.С., 2007; Сулимов В.В., 2009).

Так, в Приморском крае на дерново-подзолистых почвах применение удобрений на разных сортах сои позволило установить, что наиболее экономически целесообразным является припосевное внесение $N_{10}P_{25}K_{25}$ в рядок по всем сортам, но при этом проявилась закономерность – чем длиннее вегетационный период сорта, тем прибавка от внесения удобрений выше. Применение удобрений в дозе $N_{30}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{120}K_{120}$ обеспечивало достоверную прибавку урожайности (0,60-0,80 т/га), однако из-за высокой стоимости удобрений этот вариант представлялся экономически нецелесообразным (Брагина В.В., Кочева Н.С., 2011).

Данные о положительном влиянии удобрений на урожайность сои получены и в других исследованиях (Баранов В.Ф., Лебедевский А.И., 1980; Лытов М.Н., 2005; Абаев А. А., 2006; Агафонов Е.В., 2008; Адиньяев Э.Д. и др., 2008; Василько В.П., Шаповалев Д.В., 2009).

Таким образом, в отечественной и зарубежной литературе встречается много довольно разноречивых сведений о влиянии удобрений на продуктивность сои. Это обусловлено тем, что действие удобрений зависит от плодородия почвы, её структурного и гранулометрического состава, водно-воздушного режима, содержания в почве подвижных форм элементов питания, активности биологической азотфиксации, отзывчивости сортов сои на удобрение, сроки и способы внесения, их видов и форм, гидротермических условий и других факторов (Посыпанов Г.С., 1985; Островчук П.П., Ищенко В.А., 1989; Пенчуков В. М. и др., 1996; Храмов И.Ф. и др., 2001; Моисеев А.А., 2008; Осин А.А., 2009).

На высокоплодородных чернозёмах выщелоченных Западного Предкавказья при активной работе симбиотического аппарата на корнях применение макроудобрений под вспашку осенью или при посеве весной на сое не рационально.

Это подтверждают данные, полученные на ЦЭБ ВНИИМК (г. Краснодар), где проводился многолетний стационарный опыт по изучению удобрений в зернопропашном севообороте с масличными культурами. Было установлено, что урожайность сои при внесении удобрений не превышала контроль (1,76-1,81 т/га) по всем испытываемым дозам (Тишков Н.М., 2005).

В опытах, проводимых лабораторией технологии возделывания сои ВНИИМК, были получены аналогичные результаты. В среднем за 4 года в лучшем варианте $N_{30}P_{60}$ при посеве и N_{30} в подкормку при активной азотфиксации в течение вегетации урожайность сои повысилась только на 0,13 т/га. При этом прибавка урожайности сои была очень нестабильна по годам – в благоприятные по влагообеспеченности годы применение удобрений было оправданно, а при резком недостатке влаги в период вегетации в вариантах с удобрениями урожайность была на уровне контроля (Баранов В.Ф. и др., 2009).

Низкая эффективность удобрений в условиях Западного Предкавказья без орошения также объясняется не только участвовавшими в последние годы недостатком влаги в вегетационный период сои (Зеленцов С.В., Бушнев А.С., 2006), но и тем, что при селекции наиболее распространенных в Краснодарском крае сортов сои минеральные удобрения не применяются. Современные сорта сои адаптированы к местным условиям выращивания и реализуют свой генетический потенциал при естественном плодородии почвы.

Однако, оптимизацией условий питания урожайность сои можно повысить, если применять такой малозатратный агроприем как некорневые подкормки удобрениями (Стрюк М.В., Стрюк С.Г., 1994; Тишков Н.М. и др., 2007).

1.2. Некорневые подкормки удобрениями как агроприем, повышающий урожайность сои

Некорневая подкормка, как элемент технологии возделывания, в настоящее время широко применяется в сельскохозяйственной практике. С этой целью используются азотные, фосфорные, калийные и кальциевые удобрения, а также многие мезо- и микроэлементы – сера, бор, медь, молибден, марганец, цинк и другие. Подкармливаются посевы зерновых, овощных, плодово-ягодных, технических, масличных и других культур. В список разрешенных агрохимикатов включено свыше 300 наименований удобрений для некорневых подкормок на разных сельскохозяйственных культурах (Государственный каталог, 2016).

Отмечено, что некорневые подкормки могут положительно влиять на урожай и его качество, стимулируют фотосинтез, дыхание, обменные реакции и повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды (Стоянов Д.В., 1984; Федоров В.Ф., 1986; Фомин И.С., 2003). Сущность некорневой подкормки в том, что удобрения наносятся на надземные органы растения, большей частью на листья, в виде раствора или порошка. Чаще всего это осуществляется наземными широкозахватными опрыскивателями или с помощью авиации.

Изучением некорневых подкормок удобрениями на сое занимались многие исследователи.

В республике Чувашия на темно-серой лесной почве изучали влияние некорневых подкормок хелатными формами микроудобрений марки ЖУСС на развитие симбиотического аппарата корней и урожайность семян сои (Казанцев В.П., Кузнецов А.И., 2010). Обработка вегетирующих растений в фазу цветения обеспечила наибольшую прибавку урожая – комплексное микроудобрение марки ЖУСС-1 в дозе 1,5 л/га (0,50 т/га к контролю) и ЖУСС-2 также в дозе 1,5 л/га (0,47 т/га к контролю). В вариантах с некорневыми подкормками в фазу ветвления и совмещенные обработки в фазу ветвления и цветения количество клубеньков на корнях сои существенно

увеличилось (на 16-85 % к контролю), однако прибавка урожая была невысокой (0,14-0,45 т/га).

На дерново-подзолистой почве в Центральном Нечерноземье применение борного и молибденового удобрений на сое показало высокую эффективность (Сихарулидзе Т.Д., Храмой В.К., 2012). Изучаемые микроэлементы способствовали увеличению количества бобов и семян на 1 растение на 28,8 и 40,0 % соответственно, а массы семян – на 17,3 %. Однако масса 1000 семян была ниже на 19,4 %, что связано с недостатком фотоассимилятов для полноценного налива семян при усилении формирования генеративных органов под действием бора.

О.В. Столяров (1998) приводит данные по действию некорневых подкормок микроэлементами на урожайность сои в Воронежской области. На черноземе выщелоченном среднесуглинистом борные, молибденовые и кобальтовые удобрения показали высокую эффективность, где прибавка урожая при их применении составила 0,24, 0,28 и 0,17 т/га соответственно.

По данным В.Ю. Сыромятникова (2011), в условиях юго-востока Центрального Черноземья эффективность некорневых подкормок комплексными удобрениями на сое практически не уступает вариантам с применением удобрений в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ под вспашку.

По данным М.Л. Таова (2001), в Кабардино-Балкарской республике на предкавказском карбонатном черноземе применение борного удобрения и совместное действие борного и молибденового удобрений повышали семенную продуктивность сои на 0,23 и 0,31 т/га, содержание белка в семенах возрастало на 2 %.

А.А. Абаевым (2005) в условиях предгорной зоны Северного Кавказа разработан высокоэффективный способ некорневой подкормки сои. При трехкратной обработке растворами удобрений Ирлит 1 и Ирлит 7 в дозе 15 кг/га каждого урожай сои возрастал на 0,28 т/га, а от совместного действия ЖКУ (10 кг/га), сульфата калия (11 кг/га), мочевины (27 кг/га) и Ирлита 7 (20 кг/га) прибавка урожая достигла 0,44 т/га.

На юге Ростовской области на черноземе обыкновенном по данным С.А. Васильченко (2011) некорневая подкормка молибденовым и борным удобрениями способствовала увеличению урожайности сои на 0,21-0,31 т/га в зависимости от сорта.

В исследованиях А.Ю. Хадикова, А.И. Басиева и других (2012) на черноземе выщелоченном Республики Северная Осетия – Алания некорневая подкормка молибденовым, кобальтовым и цинковым удобрениями на фоне предпосевного внесения удобрений оказывала положительное влияние на урожайность сои. Наибольший эффект был получен от применения молибденового удобрения (прибавка 0,16-0,32 т/га). Также высокую эффективность показало кобальтовое удобрение (прибавка 0,13-0,29 т/га), а цинковое удобрение было менее эффективным (прибавка 0,03-0,20 т/га).

В провинции Синьцзян (Китай) на серо-бурых почвах изучали влияние подкормки гуминовыми веществами на рост и продуктивность сои (Miyachi Y., Isoda A., Li Z., Wang P., 2012). Урожайность сои превышала контрольный вариант в зависимости от дозы внесения агрохимиката на 7,8-13,4 %.

Польские авторы Z. Jasinska, A. Kotecki, M. Kozak (1996) также отмечают, что соя на черноземах хорошо отзывается на некорневую подкормку борным и особенно молибденовым удобрением. Прибавка урожая составила 0,18 и 0,29 т/га соответственно. Предпосевное внесение азотных удобрений оказалось неэффективным.

В аналогичных условиях, по данным К. Вујак и др. (2004), некорневая подкормка сои микроудобрениями на фоне минимальной обработки почвы не уступала по эффективности применению макроудобрений. При внесении удобрений в течение вегетации происходило более активное нарастание надземной биомассы. Увеличение семенной продуктивности обеспечивали молибденовое, цинковое и марганцевое удобрения (на 16,7, 12,4 и 10,9 % соответственно).

В США на темно-бурых почвах изучали влияние некорневых подкормок удобрениями на ранних стадиях роста сои (Haq M.U., Mallarino A.P., 1998).

Цинковое и молибденовое удобрения активизировали нарастание большей биомассы растений сои, а также увеличивали урожайность на 0,20 и 0,24 т/га соответственно. Действие молибденового удобрения проявилось и в увеличении содержания белка в семенах сои на 1,7 %.

На глинистых почвах США при нулевой обработке почвы растения сои хорошо отзываются на некорневые подкормки калийными удобрениями (Nelson К.А. и др., 2005). Применение калийного удобрения в начале фазы цветения по эффективности сопоставимо с его внесением под предпосевную культивацию (прибавка к контрольному варианту 0,23 и 0,27 т/га соответственно), а затраты на некорневую подкормку в несколько раз ниже.

В Бразилии на красноземах проводили опыты по изучению реакции разных сортов сои на инокуляцию семян клубеньковыми бактериями и некорневую подкормку кобальтом и молибденом (Barbaro I.M. и др., 2009). Сорта сои, которые значительно отличались по фенотипу растений, на фоне инокуляции по-разному реагировали на некорневую подкормку вегетирующих растений, однако только один скороспелый сорт слабо отзывался на изучаемые элементы технологии возделывания сои. В среднем по сортам прибавка от некорневых подкормок на фоне применения инокулянта составила 0,13-0,32 т/га, причем молибденовое удобрение было более эффективным. В целом авторы делают вывод о необходимости проведения этих агроприемов на сое.

В исследованиях Pereira Santos Lucio и др. (2000) на черноземных почвах некорневая подкормка молибденовым удобрением (NaMoO_4) в дозах 40, 80 и 120 г/га в фазе ветвления сои показала высокую эффективность, особенно при одновременном внесении азота. Прибавка урожайности достигала в лучшем варианте 69 %. Также молибден способствовал большему накоплению белка в семенах сои.

В условиях Западного Предкавказья также проводилась работа по изучению некорневых подкормок удобрениями на сое.

Так, на ЦЭБ ВНИИМК две некорневые подкормки в фазы бобообразования и налива семян комплексным удобрением из смеси ЖКУ-10-34, мочевины и сульфата калия в дозе $N_{20}P_4K_7S_3$ повысили урожайность семян сои в среднем за 4 года на 0,15 т/га (Баранов В.Ф. и др., 1990).

Во ВНИИМК (г. Краснодар) на черноземе выщелоченном разными дозами молибденового и борного удобрений обрабатывали посеы сои (Костевич С.В., Асокин О.И., 2008). В целом за два года исследований семенная продуктивность сои повысилась в вариантах с применением борного удобрения (солюбор ДФ) в дозе 900 г/га на 15 %, молибденового удобрения (гептамолибдат аммония) в дозе 300 г/га – на 7 %. При неблагоприятных погодных условиях в течение вегетации сои эффективность изучаемых микроудобрений была выше, чем в годы с благоприятным температурным режимом и достаточной влагообеспеченностью.

В условиях центральной зоны Краснодарского края на черноземе выщелоченном подкормка вегетирующих растений сои микроудобрениями в начале фазы цветения, по данным Н.М. Тишкова и А.А. Дряхлова (2014), способствовала увеличению урожайности сои и содержания белка в семенах. Прибавка урожая семян от применения комплексных удобрений Аквамикс и Келик микс составила 0,23 и 0,21 т/га соответственно. Высококонцентрированное молибденовое удобрение молибденово-кислый аммоний повысило урожайность сои на 0,22 т/га и содержание белка в семенах на 1,4 %.

Аналогичные результаты были получены С.В. Костевичем и Н.Г. Михайлюченко (2008). Некорневая подкормка хелатными соединениями комплекса микроэлементов, состоящего из цинка, меди, кобальта, марганца, бора и молибдена, обеспечила в среднем за 3 года прибавку урожая сои на 0,30 т/га.

Однако некорневая подкормка комплексными удобрениями не всегда способствует увеличению урожайности сои.

По данным Ю.А. Исуповой (2013), на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья некорневая подкормка растений сои комплексным

удобрением Нутривант плюс на разноудобренных фонах в среднем за 3 года незначительно (на 0,03-0,10 т/га) повышала урожайность сои.

Обработка вегетирующих растений сои в фазы бобообразования и налива семян комплексным удобрением Мастер также не способствовала увеличению урожайности сои (Баранов В.Ф. и др., 2013).

Низкая эффективность некорневых подкормок комплексными удобрениями в данных исследованиях может быть связана с отсутствием потребности растений сои в элементах питания.

Сведения об эффективном использовании некорневых подкормок удобрениями и агрохимикатами на сое встречаются и у других отечественных и иностранных авторов (Беликов И.Ф., 1971; Бабич А.А. и др., 1994; Шавша Н.А., Пушкин Н.А., 1995; Долгинова В.А., 2009; Кадыров С.В., 2001; Васильченко С.А., 2010).

Таким образом, в нашей стране и за рубежом накоплен обширный экспериментальный материал по проведению некорневых подкормок на сое. В нашей работе продолжено изучение разных доз новых, хорошо растворимых в воде удобрений, используемых для некорневых подкормок, на современном высокопродуктивном сорте сои Вилана. Однако, как отмечал профессор Харьковского сельскохозяйственного института Ф.Ф. Мацков (1941), который одним из первых применил в практических целях некорневую подкормку на ряде культур еще в 1941 году, « ... этот новый агроприем ... невозможно понять, применяя лишь методы опытничества, голого эмпиризма и слепого искания наиболее удачных нормативов. Очевидно, настала необходимость усиления теоретических исследований отдельных сторон заинтересовавшего нас вопроса». Это высказывание не потеряло своей актуальности и в настоящее время. Правильно оценить нуждаемость растений в удобрениях можно лишь при выявлении потребности растения в тех или иных элементах питания и их наличии в период вегетации в почве (Исайкин И.И., 2002; Сычев В.Г. и др., 2012; Агафонов Е. В. и др., 2015).

1.3. Диагностика потребности растений сои в элементах питания

Диагностика потребности растений в элементах питания делится на почвенную и растительную (Агафонов Е.В. и др., 2014). Почвенная диагностика основана на определении подвижных, доступных для растений форм элементов питания в почве. После их определения некоторые авторы предлагают устранять дефицит элементов питания внесением удобрений в почву. Этот прием позволяет увеличить урожайность сои.

На плодородных черноземных и темно-каштановых почвах Северного Кавказа чаще преобладает автотрофный тип азотного питания сои, здесь при наличии в почве достаточного количества (30-40 мг/кг почвы) общего азота, допосевное внесение азотных удобрений не только неэффективно, но и вредно из-за ингибирования симбиотической азотфиксации. Оптимальное содержание суммы нитратного и аммонийного азота в пахотном слое перед посевом сои составляет 12,8-13,0 мг/кг почвы, а в фазе ветвления – в пределах 22,7-25,7 мг/кг почвы (Ширинян О.М., 2005).

В.Д. Нагорным (1989) в полевых опытах было установлено, что фосфорные удобрения целесообразно применять под сою на черноземах обыкновенных при содержании в пахотном слое подвижного фосфора менее 25 мг/кг (по Мачигину), а на черноземах выщелоченных – менее 160 мг/кг по Чернову.

Помимо внесения удобрений непосредственно в почву для повышения содержания в ней подвижных форм элементов питания (Игнатенко Ю.Г., 1968; Кружилин И.П., 2001; Пичугина Т.П., 2004; Кашеваров Н.И. и др., 2005; Кашбулгаянов Р.А., 2006), ряд авторов предлагает использовать некорневые подкормки растений сои для устранения дефицита элементов питания (Smith G. и др., 2000; Дзанагов С.Х. и др., 2004; Литвинцев П.А., 2005; Казанцев В.П., 2010).

Так, в условиях Центрального Черноземья по данным С.В. Кадырова (2001), эффективной была обработка вегетирующих растений борным и молибденовым удобрениями. Прибавка урожайности составила 19,6 %.

Содержание в почве бора и молибдена на экспериментальных участках было низким.

С.Х. Дзанагов и др. (2013) установили, что при низком содержании в почве подвижного молибдена (0,12-0,13 мг/кг) и цинка (0,02-0,21 мг/кг) прибавка от некорневой подкормки молибденовым и цинковым удобрениями достигает 0,20-0,32 т/га.

При низком содержании подвижных форм марганца в почве некорневая подкормка марганцевым удобрением в начале цветения сои показала высокую эффективность (La Barge Greg, 2001).

Также связь результатов почвенной диагностики с эффективностью применения удобрений на сое отмечалась и в других работах (Голов В.И., 1961, 2004; Куркаев В.Т., 1968; Куликов Н.Р., Слабко Ю.И., 1989; Слюсарев В.Н. и др., 2014).

Таким образом, на основании результатов почвенной диагностики можно своевременно выявлять и устранять дефицит элементов питания у сои. К недостатку этого метода относится разница в усвоении из почвы элементов питания корнями растений разных видов, тогда как для извлечения подвижных форм элементов используются универсальные экстрагирующие растворы. Эта проблема была частично решена разработкой группировок почв по содержанию подвижных форм элементов питания для отдельных культур (Ермохин Ю.И., 1995), однако доступность элементов зависит не только от растения, но и от таких показателей почвы как кислотность, плотность, гранулометрический состав и т.д.

Другим методом является растительная диагностика, которая позволяет определять обеспеченность элементами питания по самим растениям. Существуют различные методы растительной диагностики – визуальная, морфо-биометрическая, субмикрорегиональная, химическая и функциональная.

Визуальная диагностика – наиболее простой метод выявления нарушения в питании растений, основанный на оценке внешнего вида растений. Так как физиологическая роль элементов питания неодинакова,

внешние признаки голодания растений при недостатке отдельных элементов различны.

Место проявления физиологических изменений в растительном организме из-за несбалансированности потребления элементов питания обусловлено в первую очередь их подвижностью в растениях. При недостатке реутилизируемых элементов (N, P, K, Mg) они перемещаются из ранее образовавшихся частей растения в молодые, активно поглощающие питательные вещества. Их дефицит в первую очередь проявляется на полностью сформировавшихся листьях. Недостаток слабореутилизируемых элементов питания сказывается, наоборот, на самых молодых, растущих частях растения (Лукомец В.М. и др., 2010).

При визуальной диагностике надо убедиться, что растения не поражены болезнями и не повреждены вредителями, которые также изменяют внешний вид растения. Необходимо учитывать условия внешней среды (засуха, реакция почвенного раствора, плотность и увлажнение почвы, погодные условия и технология возделывания культуры) в отдельные периоды роста и развития растений, т.к. это может повлиять на поступление отдельных питательных элементов. При их достаточном содержании в почве также может происходить голодание растений соответствующего элемента питания из-за слабого его усвоения растениями.

Ниже кратко описаны внешние признаки недостатка элементов питания растений сои.

Многочисленными исследованиями установлено, что дефицит азота приводит к осветлению окраски листьев и замедлению роста растений. Основным признаком недостатка фосфора является замедленный рост и «вытягивание» растений, листья становятся темно- или сине-зелеными, цветение и бобообразование задерживается, а при его остром дефиците стебли сои приобретают красную окраску. При дефиците калия сначала по краям листьев сои появляются хлоротичные пятна, которые затем сливаются. Из-за отмершей ткани листья приобретают «рваный вид» (Петербургский

А.В., 1964; Куркаев В.Т., 1968; Магницкий К.П., 1972; Городний М.М., 2006; Нагорный В.Д., Ляшко М.У., 2015).

Внешнее проявление дефицита других элементов питания у растений сои также имеет свои характерные особенности. Недостаток кальция проявляется на всей поверхности полностью сформировавшихся листьев в виде мелких белых пятен, а образующиеся листья мелкие и неправильной формы из-за слабого развития черешков. При недостатке магния листья между главными жилками становятся бледно-зелеными, а потом, за исключением основания листа, желтеют. Внешнее проявление дефицита серы сначала проявляется на молодых листьях. Вся их поверхность, включая и жилки листа, приобретают светло-зеленую или желтую окраску (Салтанов М.Д., Целковский Г.А., 1976; Шеуджен А.Х. и др., 2009). При недостатке бора верхние листья желтеют, появляется интенсивно красная или пурпурная окраска, а нижние остаются зелеными. Пожелтение растений при дефиците бора у сои очень часто относят к действию засухи. При дефиците меди листья сои становятся светло-зелеными и часто складываются вдоль черешков. Затем они быстро увядают и опадают, при этом прекращается рост стебля. Недостаток железа сначала проявляется в пожелтении и некоторой «курчавости» листьев, а жилки листа сохраняют зеленую окраску. Затем желтеют молодые формирующиеся листья, а жилки листьев могут становиться почти белыми. Симптомами при дефиците марганца являются светлеющие или желтеющие листья при сохранении зеленой окраски жилок сначала на молодых листьях, а затем на листьях нижнего яруса. На ранних фазах развития сои отличить симптомы дефицита железа и марганца довольно сложно, так как в обоих случаях жилки листа остаются зелеными. При недостатке молибдена листья становятся светло-зелеными, а затем бледно-желтыми. Полностью сформировавшиеся листья увядают, их края закручиваются и приобретают красно-коричневый цвет. При дефиците цинка на нижних листьях выделяются бурые пятна, сами листья между жилками желтеют, а вдоль них остается зеленая окраска.

Основными симптомами дефицита кобальта является слабый рост растений, межжилковый хлороз листьев, низкая завязываемость бобов (Соколов А.В., 1947; Куркаев В.Т., 1968; Шеуджен А.Х., 2003).

При избытке некоторых элементов питания у растений сои также наблюдаются характерные признаки. Избыток азота проявляется в нижнем ярусе – листья становятся буровато-зелеными, их края буреют и погибают книзу. При избытке фосфора на нижних листьях образуются пятна, которые потом превращаются в некрозы. Избыток бора угнетает рост растений сои, при сохранении окраски, листья закручиваются, а потом начинают отмирать, начиная с краев. При избытке марганца листья верхнего яруса становятся морщинистыми, их края закручиваются книзу, а между жилками желтеют. Избыток цинка замедляет рост растений сои и проявляется в виде желтых пятен между жилками молодых листьев, при этом сами жилки остаются зелеными (Куркаев В.Т., 1968; Шеуджен А.Х. и др., 2009).

Таким образом, визуальная диагностика позволяет оперативно, без каких-либо специальных анализов и дорогостоящего оборудования определить дефицит или избыток того или иного элемента питания по характерным для каждого из них признакам. Однако у этого метода имеются существенные недостатки и ограничения. Прежде всего, признаки дефицита разных элементов питания часто имеют одни и те же внешние проявления (например, дефицит серы и азота или марганца и железа). Растения могут испытывать своеобразный «скрытый голод», когда при отсутствии внешних признаков голодания небольшой дефицит элементов питания может снижать продуктивность растений. Также этот вид диагностики может быть затруднен из-за значительных генетических и морфологических различий между сортами.

Морфо-биометрическая диагностика позволяет определять дефицит или недостаток элементов питания растений в различные фазы вегетации: по числу, форме и площади листьев, по приросту биомассы, по динамике развития клубеньков на корнях и т.д. Многие исследователи (Нагорный В.Д.,

1993; Кадыров С.В., 2001; Лихачев А.Н., 2002; Бородычев В.В., Лытов М.Н., 2005; Абаев А.А., Адиньяев Э.Д., 2010), которые занимались разработкой и совершенствованием системы применения удобрений на сое, увязывали обеспеченность элементами питания растений сои с морфо-биометрическими показателями. Однако этот метод диагностирования не является корректным, так как не учитывает многие другие факторы, которые могли бы повлиять на эти показатели, такие как реакция растений на длину дня, густота стояния и способ посева, характер распределения осадков за вегетационный период, сортовые особенности и некоторые другие.

Субмикроролевая диагностика - выявление реакции растений в течение вегетации на поступающие элементы питания. Поле с визуальными признаками дефицита (или избытка) элементов питания разбивается на участки, на которых осуществляются либо некорневые подкормки, либо инъекции с питательным раствором в проводящую систему растения, а затем по состоянию растений делается заключение об избытке или недостатке того или иного элемента. Этот вид диагностики дополняет визуальную и позволяет более точно определять дефицит того или иного элемента питания. Однако данная методика трудоемка и не всегда возможно своевременно выявить и устранить дефицит элементов питания (Церлинг В.В., 1990).

Химическая диагностика – это анализы по фазам вегетации индикаторных органов растений для определения обеспеченности макро- и микроэлементами в процессе формирования урожая. Анализируют содержание в растениях соединений в отдельности и общее их количество. В связи с этим химическая диагностика подразделяется на листовую и тканевую (Церлинг В.В., 1990; Шеуджен А.Х. и др., 2009).

При листовой диагностике определяют общее содержание элементов питания после озоления проб листьев или других частей растения, а при тканевой диагностике проводят анализ свежих проб растений без озоления на содержание в них неорганических форм соединений элементов.

Химическая растительная диагностика впервые была предложена французскими учеными Г. Лагатю и Л. Момом в 1926 году (Церлинг В.В., 1990). С тех пор это направление агрохимической науки активно развивалось в нашей стране и за рубежом (Белоусов М.А., 1937; Wallece T., 1951; Сабинин Д.А., 1955; Петербургский А.В., 1964; Соколов А.В., 1967; Болдырев Н.К., 1976). Были разработаны различные методы определения элементов питания для большинства выращиваемых сельскохозяйственных культур, в том числе и для сои (Prevo P., Ollanger M., 1956; Магницкий К.П., 1965; Kaspar T.C. и др., 1984; Thalooth A.T. и др., 1989; Vujak K. и др., 2004).

Теоретические основы и практическое применение химической растительной диагностики у сои освещались в работах многих авторов (Салтанов М.Д., Целковский Г.А., 1976; Sumner M.E., 1977; Co Deiro D.S. и др., 1980; Hallmark W.B. и др., 1988; Церлинг В.В., 1990; Голов В.И., Асеева Т.А., 2014). Существуют некоторые различия в методике отбора растительных образцов, способе определения и интерпретации полученных результатов (Куркаев В.Т., 1968; Казачков Ю.Н., 1987; Нагорный В.Д., 1993; Захарова И.Г., Дементьев В.А., 1994; Agrawal A.P. и др., 2001; Агафонов Е.В., Гужвин С.А., 2011).

Так, В.Д. Нагорный (1993) и W.B. Hallmark (1988) отмечают, что индикаторным органом для сои может служить третий-четвертый лист сверху на главном стебле, отобранный в фазу цветения.

Согласно данным В.В. Церлинг (1990), оптимальной для диагностики сои также является фаза цветения, но для анализа используются все надземные органы.

Первоначально предполагалось, что содержание элементов питания в растении необходимо сравнивать с установленными границами их обеспеченности, соответствующими определенному уровню урожайности. Однако в дальнейшем было установлено, что варьирование содержания элементов питания в растениях может значительно различаться в зависимости от почвенно-климатических условий. Поэтому химическая

растительная диагностика дополнилась еще одним критерием оценки – соотношениями между содержанием различных элементов питания (Маркова А.В., 1996; Reinbott Т.М. и др., 1997).

После накопления значительного банка данных по содержанию различных элементов питания в растениях были разработаны математические модели, которые позволяют выявлять нуждаемость растений в том или ином элементе.

Так, профессор Ю.И. Ермохин с учениками (1995) разработали интеграционную систему почвенно-растительной диагностики («ИС-ПРОД»). Она позволяет эффективно применять удобрения, своевременно и точно корректировать условия питания сельскохозяйственных культур, определять величину урожая и его качество задолго до уборки. Основной задачей этой системы является установление уравновешенного баланса в почве элементов питания (почвенная диагностика) и оптимальных уровней в листьях растений, в тканях листьев и клеточном соке черешков листьев (химическая растительная диагностика).

На сое и некоторых других культурах (озимая пшеница, кукуруза, люцерна, цитрусовые и т.д.) получила распространение Интегрированная система диагностики и рекомендации (сокращенно DRIS). В основе этой модели лежит анализ соотношений концентраций элементов питания в растениях при сопоставлении их фактических значений с «нормируемыми», характеризующими оптимальные условия минерального питания культуры. Разработкой DRIS нормативов для сои занимались такие исследователи как М.Е. Sumner (1977) и Hallmark (1988).

Во ВНИИМК (г. Краснодар), с учетом региональных особенностей, также были установлены нормативы на сое, позволяющие более точно диагностировать дефицит или избыток того или иного элемента питания (Ширинян О.М., 2005).

Помимо разработки нормативов-соотношений между основными элементами питания (азот, фосфор и калий), целым рядом исследований были изучены соотношения между таким элементом как сера.

Количество общей и неорганической серы в биомассе, а также отношение содержания в ней азота к сере являются диагностическими признаками условий серного питания растений. Растительные протеины обычно содержат 1 % серы и 17 % азота. Если отношение азота к сере выше 17, то образование белка задерживается, так как аккумулируются протеиновые соединения и растение испытывает недостаток серы (Пайкова И.В., 1968; Хоменко А.Д., 1983; Маслова И.Я., Якушева Т.Г., 2004). Как показано в ряде исследований (Салтанов М.Д., Целковский Г.А., 1976; Аристархов А.Н., 2007; Голов В.И., 2012), соотношение в растениях между серой и фосфором близко к единице. Из этого следует, что, имея данные по фосфору, можно получать представление о количестве серы.

Таким образом, благодаря листовой диагностике можно достаточно точно установить потребность растений в том или ином элементе питания, однако химический анализ занимает продолжительное время, из-за чего не всегда удается оперативно устранить потребность в дефицитном элементе.

На практике большее распространение получила тканевая диагностика (Нагорный В.Д., 1993; Ширинян О.М., 2005), с помощью которой в сжатые сроки возможно определить обеспеченность элементами питания растений. Однако этот вид диагностики требует большого банка данных по соотношениям элементов питания между собой, а также необходима корректировка по почвенно-климатическим особенностям, сортовым различиям и другим косвенным факторам.

В последнее десятилетие получила широкое развитие и активно применяется в сельскохозяйственном производстве растительная функциональная диагностика. Она основана на учете косвенных показателей жизнедеятельности растений, с помощью которых можно проследить в лабораторных условиях реакцию растения на внесение того или иного

элемента питания. Этот метод растительной диагностики позволяет на ранних этапах выявить нуждаемость растений в элементах питания.

Впервые в нашей стране этот метод был запатентован в 1982 году А.С. Плешковым и Б.А. Ягодиным (1982). Потребность растений в элементах питания оценивается по фотохимической активности хлоропластов. В случае повышения активности по сравнению с контролем (без добавления элементов) делается вывод о недостатке данного элемента; при снижении – об избытке; при одинаковой активности – об оптимальной концентрации в растении.

Для ускорения и упрощения проведения растительной диагностики стали использоваться специальные приборы.

Одним из первых портативных приборов, благодаря которому можно определять обеспеченность азотом растений в полевых условиях, был «N-тестер» (Осипов Ю.Ф. и др., 2003; Хорошкин А.Б., 2008; Шеуджен А.Х. и др., 2009; Лабынцев А.В., Пасько С.В., 2012). Эта диагностика основана на определении фактического уровня содержания хлорофилла в листьях и расчетного с учетом поправочного коэффициента. По табличным данным принимается решение о необходимости внесения азотных удобрений.

М.Т. Александровым и др. (2010) предложен способ диагностики азотного питания растений, в основе которого лежит определение концентрации хлорофилла в листьях растений. Диагностика проводится в полевых условиях портативным устройством «Спектролюкс», который по интенсивности флуоресценции хлорофилла в листьях и светопроницаемости листовых пластинок определяет потребность культуры в азотном питании. При соотношении флуоресценции хлорофилла листа и его светопроницаемости менее $1 \pm 0,01$ подкормка необходима, при пропуске равном $1 \pm 0,01$ и более, подкормка не требуется.

В агрохимических лабораториях стали активно применяться портативные приборы (такие как Экотест 2020 и «Аквэдонис»), которые определяют оптическую плотность суспензии хлоропластов до

проникновения светового луча и после при добавлении различных элементов питания (Будаговская О.Н. и др., 2003; Будаговский А.В. и др., 2009; Гуреев И.И., 2011; Поздеев А.В. и др., 2014).

Однако, согласно литературным данным, не существует четких количественных соотношений между интенсивностью фотосинтеза, который характеризуется фотохимической активностью хлоропластов, и конечным урожаем. Более того, между фотосинтезом, происходящим в хлоропластах, и различными потребляющими органами существует масса прямых и обратных связей, и активность фотосинтетических процессов на “низком” уровне организации, может оказаться не реализованной на более высоких уровнях (лист, растение) организации фотосинтетического аппарата (Ничипорович А.А., 1972; Мокронос А.Г., Гавриленко В.Ф., 1992; Чиков В.И., 1997; Кершанская О.И., 2001;).

Таким образом, некорневые подкормки удобрениями на посевах сои по результатам почвенной и растительной диагностики являются важнейшим резервом повышения урожайности сои. Несмотря на множество проведенных исследований в этом направлении, в литературе недостаточно полно рассматриваются вопросы диагностики таких важных для сои элементов питания как сера, молибден и бор, а также отсутствует сравнительный анализ разных методов диагностики.

По физиологическому значению в жизни растений среди элементов минерального питания сера занимает третье место после азота и фосфора. Этот элемент, входя в состав трех аминокислот – цистина, цистеина и метионина, является составной частью всех без исключения запасных и конституционных белков. Другая функция серы в растительном организме состоит в поддержании определенного уровня окислительно-восстановительного потенциала клетки (Сабинин Д.А., 1955; Аристархов А.Н., 2007; Слюсарев В.Н., 2007; Голов В.И., Асеева Т.А., 2014; Шеуджен А.Х., 2016).

Велика роль серы в таких важнейших процессах в жизни растений, как дыхание, фотосинтез и первичная ассимиляция азота, а также в образовании

растительных масел, ферментов, гормонов, антибиотиков и ряда макроэргических компонентов. Сера также активизирует жизнедеятельность клубеньковых бактерий, способствуя фиксации атмосферного азота бобовыми растениями (Шеуджен А.Х., 2003; Голов В.И., 2004).

При недостатке серы образование белка задерживается, так как аккумулируются непротеиновые соединения (Шеуджен А.Х., 2016).

Молибден имеет большое значение для улучшения водного и азотного обмена и, особенно, усиления азотфиксации. Основная роль этого микроэлемента в растении заключается в участии его в реакциях азотного обмена. Он положительно влияет на интенсивность дыхания, активность пероксидазы, синтез хлорофилла и витамина С, фосфорный обмен, улучшает рост боковых корней, частично снижает требования к азотным удобрениям. Молибден необходим для синтеза белка в важнейших ферментах (Крикунец В.М. и др., 1998; Шеуджен А.Х., 2016).

При недостатке молибдена в листьях накапливаются нитраты, а содержание в них аминокислот, амидов и протеина снижается (Школьник М.Я., 1970; Шеуджен А.Х., 2016).

Бор оказывает большое влияние на функционирование репродуктивных органов: способствует лучшему прорастанию пыльцы и предотвращает опадение завязей. Он повышает сопротивляемость растений к грибным болезням, высоким и низким температурам, что способствует увеличению урожая и улучшению его качества. Установлено положительное влияние этого элемента на засухоустойчивость растений, что наиболее ярко проявляется при недостатке влаги в почве. Это объясняется тем, что бор увеличивает вязкость цитоплазмы и содержание связанной воды, способствует накоплению растворимых углеводов. У обеспеченных бором растений повышается осмотическое давление клеточного сока и сосущая сила листьев (Голов В.И., 1996; Шеуджен А.Х., 2016).

Следует отметить, что чрезмерно высокие дозы бора оказывают токсическое действие на растение и приводят к снижению урожайности сои и в некоторых случаях даже к гибели растений (Пейве Я.В., 1980).

Внешние признаки борного дефицита проявляются в пожелтении листьев в фазе бобообразования, а также в образовании щуплых семян. Очень часто растения, испытывая недостаток бора, могут не проявлять никаких внешних признаков голодания, несмотря на то, что внутренние процессы могут быть уже нарушены. В этих случаях от внесения борного удобрения можно ожидать повышения урожайности (Freeborn J.R. и др., 2001; Шеуджен А.Х., 2016).

В связи с этим в 2012-2014 гг. нами были проведены полевые опыты и лабораторные анализы, результаты которых представлены в следующих главах диссертации.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Почвенно-климатические условия

Исследования проводили в 2012-2014 годах на Центральной экспериментальной базе (ЦЭБ) ВНИИМК им. В.С. Пустовойта. По природно-сельскохозяйственному районированию земельного фонда Российской Федерации территория ЦЭБ ВНИИМК им. В.С. Пустовойта относится к центральной лесостепной и степной зоне Предкавказской лесостепной провинции. Почвенный покров хозяйства представлен выщелоченным слабогумусным сверхмощным тяжелосуглинистым черноземом, который по геоморфологическим признакам относится к предкубанскому району степной зоны края. Эти черноземы в Краснодарском крае по данным разных авторов занимают площадь от 370 до 400 тыс. га. Многие исследователи отмечают, что черноземы выщелоченные обладают высоким потенциальным плодородием (Вальков В.Ф. и др., 2002; Шеуджен А.Х., 2015).

Гранулометрический состав выровнен по профилю, содержит высокий процент физической глины (до 70 %) и ила (до 20 %), песка почти нет. Это придает почве высокую связность и ухудшает ее физические свойства. Передвижение коллоидных частиц из верхних слоев в нижние отсутствует или выражено очень слабо. Высокое содержание гумуса и высокодисперсных фракций, насыщенность основаниями, обусловили образование по всему профилю почвы хорошо оструктуренных агрегатов. Однако вследствие длительного использования их прочность в пахотном слое снижена.

Структура почвы пахотного слоя в сухом состоянии имеет крупнокомковато-глыбистую структуру, в подпахотном – комковато-зернистую. При увлажнении комки быстро распадаются, а при пересыхании образуют глыбистость и корку, что затрудняет аэрацию.

Несмотря на тяжелый гранулометрический состав, черноземы выщелоченные имеют рыхлое строение. Плотность почвы в пахотном горизонте составляет 1,23-1,29 г/см³, увеличиваясь в горизонте С до 1,4-

1,8 г/см³. Общая скважность составляет 50-53 %, соотношение капиллярной и некапиллярной порозности 85 : 15 %.

Выщелоченные черноземы имеют высокую водопроницаемость, гигроскопичность и наименьшую влагоемкость (НВ). Запасы продуктивной влаги в двухметровом горизонте почвы составляют 251-298 мм или 34-41 % от НВ. Влажность завядания в слое почвы 0-150 см колеблется от 16 до 17 %, глубже – 13-15 %. Это говорит о том, что этот подтип черноземов способен длительное время удерживать в корнеобитаемом слое почвы значительное количество доступной растениям воды (Вальков В.Ф. и др., 2002; Шеуджен А.Х., 2015).

По данным лаборатории агрохимии ВНИИМК, агрохимическая характеристика пахотного слоя чернозема выщелоченного на опытных участках была следующей: рН_{водн} 6,6-6,8; рН_{КСl} 5,8-6,1; гидролитическая кислотность 4,8-5,9 мг-экв./100 г почвы; содержание гумуса 3,1-3,3 % (Тишков Н.М., 2005). Содержание в пахотном слое почв экспериментальных участков перед посевом минерального азота – 11-29 мг/кг (аммонийный азот – с реактивом Несслера; нитратный – по методу Грандваль-Ляжу); фосфора – 60-110 мг/кг (по методу Чирикова); обменного калия 260-320 мг/кг (М-МВИ-80-2008); серы – 2-7 мг/кг (ГОСТ 26490-85); молибдена – 0,2-0,3 мг/кг (М-МВИ-80-2008); бора – 0,2-0,6 мг/кг почвы (М-МВИ-80-2008).

Таким образом, почва экспериментальных участков обладает благоприятными водно-физическими свойствами и химическим составом для выращивания всех сельскохозяйственных культур, в том числе сои.

Территория опытного участка относится к третьей агроклиматической зоне Краснодарского края. Климат зоны – умеренно-континентальный, степной с неустойчивым увлажнением, характеризуется мягкой непродолжительной зимой, длительным безморозным периодом, большой суммой положительных температур за вегетационный период.

По количеству выпадающих атмосферных осадков место проведения опыта относится к умеренно-влажному району. Коэффициент увлажнения

(КУ) равен 0,3-0,4. По теплообеспеченности - к жаркому району. Сумма активных температур за период вегетации составляет в среднем 3570 °С. Безморозный период длится 191 день. Первые заморозки могут наступить в 3-й декаде октября (22.10), а последние – во второй декаде апреля (13.04). Переход температуры воздуха через 5 градусов весной отмечается в конце марта, а через 10 градусов – в середине апреля. Периоды с температурой более 5 и 10 °С составляют 243 и 195 дней соответственно. Летние осадки кратковременные, преимущественно ливневые. За период активной вегетации сои их выпадает более 50 % (343 мм).

Общее число дней с сильным ветром (более 15 м/с) составляет 15. Господствующие ветры представлены западными и восточными направлениями, которые могут вызывать при большой скорости пыльные бури. Весной и летом эти ветра носят характер суховеев, снижающих урожай полевых культур и иссушающих верхний слой почвы. Общее число дней с суховеями достигает 75.

Таким образом, к положительным сторонам климата можно отнести большую сумму положительных температур за вегетационный период, мягкую непродолжительную зиму, длительный безморозный период, что позволяет выращивать многие сельскохозяйственные культуры, в том числе сою. К отрицательным сторонам климата следует отнести неравномерное распределение осадков в весенне-летний период, преобладание ветров восточной направленности, приносящих летом зной и сухость воздуха.

2.2. Погодные условия в годы проведения исследований

В мае 2012 года перед посевом преобладала аномально жаркая суховейная погода (рисунок 1, 2; приложение 1, 2). Посев был проведен 4 мая. В первую и вторую декаду мая дневные температуры были выше среднемноголетних на 5-6 °С, а количество осадков составило лишь 4 мм (10 % от нормы). Это способствовало иссушению верхнего слоя почвы и ухудшало условия для прорастания семян и появления всходов. Однако в

третью декаду мая температура воздуха понизилась и составила в среднем 20,0 °С, к тому же за 4 дня выпала месячная норма осадков (70 мм).

В начальный период развития условия для произрастания сои складывались удовлетворительно. Средняя температура воздуха в июне была на 2-6 °С выше среднегодовой, а количество выпавших осадков - меньше 15 % от нормы. В связи с этим, прохождение фаз ветвления и начала цветения сопровождалось умеренным ростом вегетативной массы растений сои.

Дожди, прошедшие в первую половину июля, благоприятно сказались на росте и развитии растений сои и клубеньков на корнях. При переходе к генеративным фазам, критическим по водопотреблению, запасов влаги в почве было достаточно. Во второй половине июля установилась жаркая сухая погода с дневной температурой воздуха 35-38 °С и относительной влажностью воздуха менее 30 %.

В первой половине августа сохранялась засушливая погода. Выпавшие осадки и снижение температуры воздуха во второй декаде месяца благоприятно сказались на формировании урожая сои. В целом, август характеризовался умеренно жаркой и сухой погодой в первой декаде, а в последующие дни погода была умеренно-жаркой с ливневыми дождями.

Уборка (13 сентября) проходила в благоприятные условия при повышенном температурном режиме (на 4 °С выше нормы) и полным отсутствием осадков.

Таким образом, благодаря умеренному вегетативному росту растений сои в первой половине вегетации и выпавшим ливневым дождям в критическую по влагообеспеченности фазу налива семян был получен урожай на уровне 2,5 т/га и выше.

В 2013 году посев проводился 14 мая. Повышенные температуры в мае (на 4-5 °С больше среднегодовых), а также выпадение осадков в эти декады способствовали раннему и дружному появлению всходов.

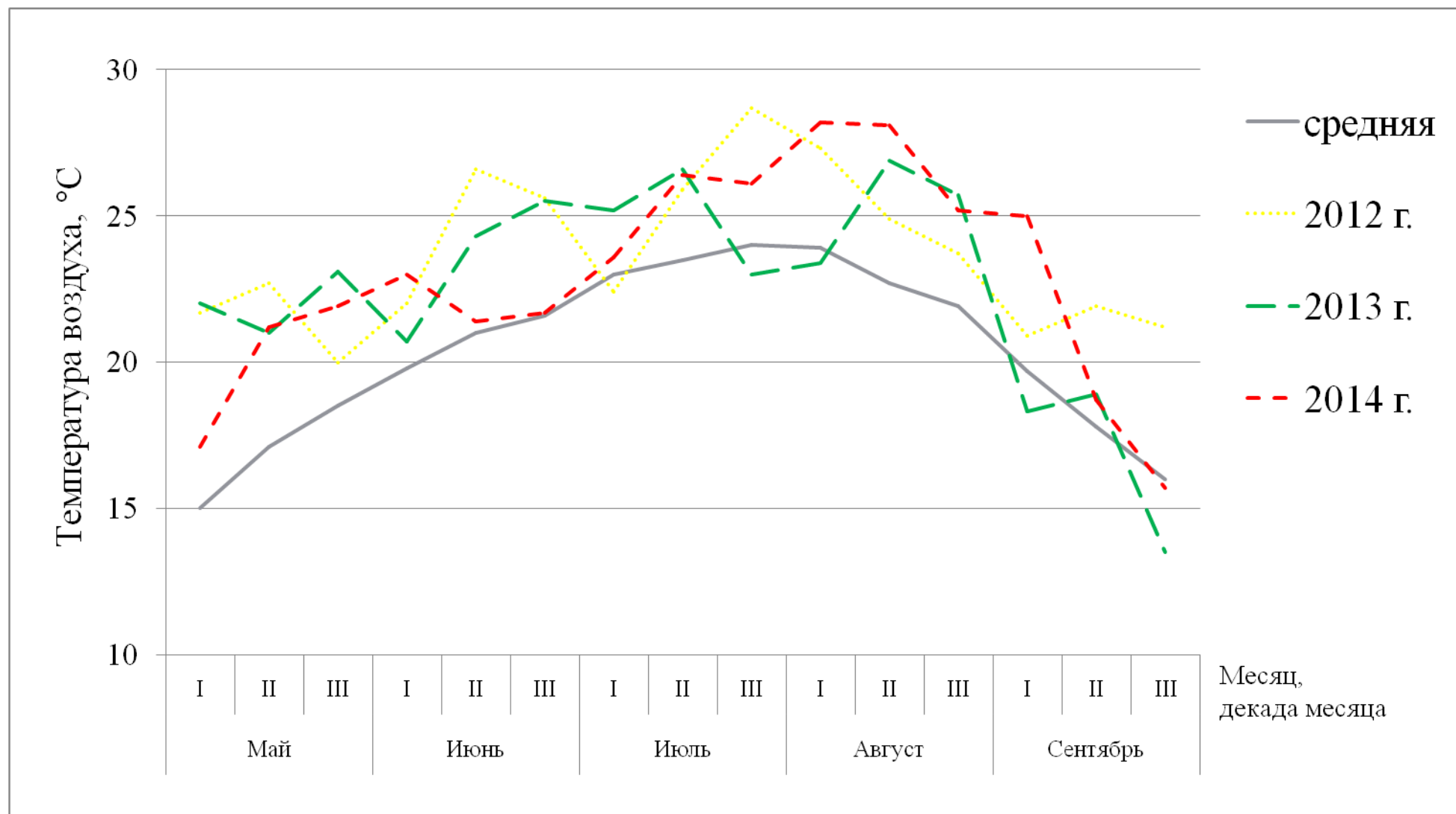


Рисунок 1 - Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период сои по данным метеостанции «Круглик» (г. Краснодар), °С

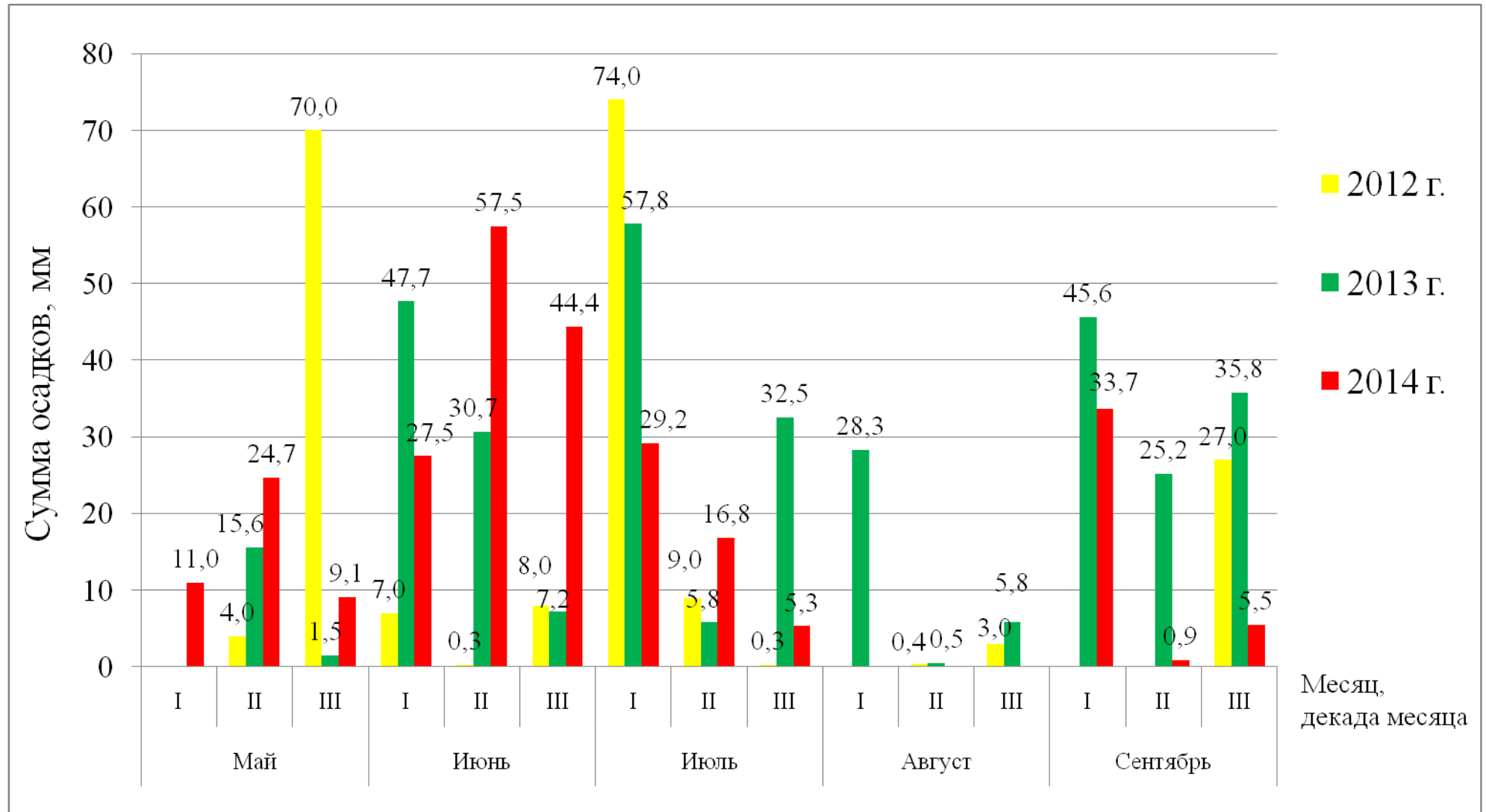


Рисунок 2 - Сумма осадков за вегетационный период сои по данным метеостанции «Круглик» (г. Краснодар), мм

В июне температура воздуха была также выше среднемноголетней на 3-4 °С. Выпавшие в этот период осадки способствовали активному нарастанию вегетативной биомассы сои и формированию мощного симбиотического аппарата на корнях сои.

В начале июля проходили ливневые дожди, а температура воздуха была близкой к среднемноголетней, что благоприятно сказалось на росте и развитии растений сои. Однако 30 июля на участке проведения опыта прошел сильный град, повредивший посеvy сои.

В первую декаду августа выпало 28,3 мм осадков, что оказалось благоприятным для налива бобов у растений сои.

Сентябрь был дождливым, а температура воздуха была близкой к среднемноголетней. В третьей декаде сентября растения сои достигли хозяйственной спелости, однако механизированную уборку из-за выпадающих осадков удалось провести только 12 октября.

В целом, условия 2013 года складывались благоприятно в течение вегетации сои. К негативным факторам можно отнести активное накопление вегетативной биомассы в начале вегетации, а затем выпавший град в конце июля, который привел к повреждению точек роста растений сои и уплотнению верхнего слоя почвы. На экспериментальном участке средняя урожайность была около 1,8 т/га.

В 2014 году посев сои был проведен 14 мая в увлажненную почву после выпавших осадков, что на фоне повышенных (на 3-4 °С) среднесуточных температур способствовало дружному появлению всходов.

Активное нарастание вегетативной биомассы в июне-июле было обусловлено обильными осадками и близкими к норме среднесуточными температурами воздуха в этот период. Клубеньки на корнях сои к этому времени полностью сформировались.

При формировании генеративных органов в августе установилась аномально жаркая погода (на 3-4 °С выше нормы) с полным отсутствием осадков. Лишь выпавшие в начале сентября дожди (33,7 мм) способствовали наливу бобов верхнего яруса растений сои.

Физиологической спелости растения сои достигли во вторую половину сентября, а уборка была проведена 26 сентября.

В 2014 году, несмотря на благоприятные погодные условия в начальный период вегетации, на экспериментальном участке был получен самый низкий урожай за три года проведения исследований - менее 1,7 т/га, из-за недостаточного количества осадков в фазу бобообразования и налива семян.

2.3. Схема опытов и методика проведения исследований

Исследование по теме диссертации проводили в 2012-2014 гг. на опытном поле центральной экспериментальной базы (ЦЭБ) ВНИИМК им. В.С. Пустовойта в г. Краснодаре. Работа включала в себя три однофакторных полевых опыта.

В опыте № 1 применяли серное удобрение сульфат калия.

Схема опыта № 1:

1. Контроль – опрыскивание водой;
2. 250 г/га сульфата калия;
3. 500 г/га сульфата калия;
4. 1000 г/га сульфата калия;
5. 2000 г/га сульфата калия.

В опыте № 2 применяли молибденовое удобрение келик молибден.

Схема опыта № 2:

1. Контроль – опрыскивание водой;
2. 125 мл/га келик Мо;
3. 250 мл/га келик Мо;

4. 500 мл/га келик Мо;
5. 1000 мл/га келик Мо.

В опыте № 3 применяли борное удобрение Солюбор ДФ.

Схема опыта № 3:

1. Контроль – опрыскивание водой;
2. 0,5 кг/га Солюбор ДФ;
3. 1,0 кг/га Солюбор ДФ;
4. 2,0 кг/га Солюбор ДФ;
5. 4,0 кг/га Солюбор ДФ.

Предшествующей культурой во все годы проведения исследований была озимая пшеница.

Весной перед посевом сои проводили почвенную диагностику. На экспериментальном участке отбирали почвенные образцы послойно с глубины 0-20, 20-40 и 40-60 см. Подвижные формы серы извлекали из почвы хлористым калием и определяли по ГОСТ 26490-85. Молибден извлекали оксалатным буферным раствором с рН 3,3, а для извлечения бора использовали водную вытяжку, затем определяли их содержание на атомно-абсорбционном спектрофотометре в соответствии с методикой М-МВИ-80-2008.

Посев механизированный с шириной междурядий 70 см сеялкой СУПН-8. Норма высева семян – 80 кг/га. Сорт сои – Вилана. Площадь делянки 28 м² (4 ряда х 0,7 м х 10 м), учетная площадь 14 м² (2 ряда х 0,7 м х 10 м). Повторность опыта четырехкратная. Семена перед посевом были обработаны инокулянтом Нитрофикс П при норме расхода препарата – 150 г/га. Размещение делянок вариантов - рендомизированное в четыре яруса (Лукомец В.М. и др., 2010; Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., 2015).

В начале фазы цветения за один день до проведения некорневой подкормки с учетных площадок по 1 м² в четырехкратной повторности были отобраны растения сои для химической диагностики. После высушивания растительных образцов при температуре 105° С и мокрого озоления,

определяли содержание в листовых пластинках, черешках и стеблях растений сои серы, молибдена и бора на атомно-абсорбционном спектрофотометре в соответствии с методикой М-МВИ-80-2008.

Функциональную диагностику также выполняли в начале фазы цветения за один день до некорневой подкормки. В утренние часы отбирали с растений сои по 20 листовых пластинок вторых-третьих полностью сформировавшихся верхних листьев в трехкратной повторности. В этих растительных образцах определяли фотохимическую активность хлоропластов в соответствии с методикой, разработанной Б.А. Ягодиным, А.С. Плешковым (1982). За активность хлоропластов принимали разницу оптической плотности (D) до и после прохождения светового луча через солевую вытяжку хлоропластов в течение 10 секунд, умноженную на 1000. Оптическую плотность измеряли с помощью фотоколориметра Экотест 2020 при длине волны 620 нм. В каждом образце этот показатель измеряли 6 раз: сначала без добавления элементов питания (контроль), а затем при добавлении одного из них (сера, молибден или бор).

Некорневую подкормку в соответствии со схемами опытов проводили в начале фазы цветения сои вручную с помощью ранцевого опрыскивателя в вечернее время с нормой расхода рабочего раствора 250 л/га.

Все наблюдения и учеты проводили в соответствии с методикой агрохимических исследований (Шеуджен А.Х., 2015) и методикой проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами (Лукомец В.М. и др., 2010).

Высоту растений (см), надземную биомассу вегетативных и генеративных органов растений (г/м^2) и фенологические наблюдения проводили в фазы цветения, бобообразования и полной спелости в 4-кратной повторности с 1 м^2 на отдельных учетных площадках (Методика Госсортоиспытания, 1983).

Учет урожая производили малогабаритным селекционным комбайном Wintersteiger с двух центральных учетных рядков с взвешиванием и

определением влажности семян. Урожайность на 1 га приводили при пересчете на 100 % чистоту и стандартную (14 %) влажность (Методика Госсортоиспытания, 1983).

Структуру урожая определяли в 4-кратной повторности на 1 м² - количество растений (шт.); количество бобов и семян на 1 м²; масса семян на 1 растение (г); масса 1000 семян (г) (Методика Госсортоиспытания, 1983).

В отобранных растительных образцах определяли их химический состав в 4-кратной повторности: азот – по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-93), фосфор – колориметрически (ГОСТ 26657-97).

Анализ биохимических показателей семян сои (содержание масла и белка) проводили методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе NIRSystem-4500 в лаборатории биохимии ВНИИМК (ГОСТ 8.597-2010).

Данные анализа почв и растений подвергали математической обработке: \bar{X} – средняя арифметическая величина, m – ошибка среднего арифметического, r – корреляция массивов величин. Статистическую обработку биометрических показателей, урожая и его структуры проводили дисперсионным методом с помощью программы Statistica 6.0 и процессора электронных таблиц Microsoft Excel 2013.

2.4. Характеристика объекта исследований и удобрений

Во всех полевых опытах объектом исследований был среднераннеспелый сорт сои **Вилана**. Это наиболее распространенный сорт сои в Краснодарском крае, площади под которым ежегодно составляют около 50 %. Районирован в 1999 году по Северо-Кавказскому региону. Период вегетации составляет 115-118 дней. Сумма активных температур для полного развития 2600-2700 °С. В семенах накапливает до 41 % белка и до 24 % масла. Благодаря повышенной засухоустойчивости способен формировать высокие урожаи семян в годы с дефицитом осадков. Средняя урожайность семян до 2,7 т/га, во влажные годы – до 4,5 т/га. Высокоустойчив к пепельной

гнили и раку стеблей. Устойчив к полеганию, нижние бобы располагаются на высоте 13-15 см от поверхности почвы (Каталог продукции ВНИИМК, 2016).

Применяемые в опытах удобрения следующие:

Сульфат калия (K_2SO_4) – высококонцентрированное удобрение, в состав которого входят 50% калия, 18% серы, 3% магния и 0,4% кальция, и не содержит хлора. Мелкий кристаллический порошок белого цвета с желтоватым оттенком. Хорошо растворяется в воде, негигроскопичен, слеживается слабо. Применяется в качестве основного удобрения и подкормки. Производится некоторыми заводами при термической переработке минералов, содержащих сульфат калия. Норма расхода – 0,25-2,0 кг/га (Государственный каталог, 2016; Шеуджен А.Х., 2016)

Келик молибден – молибденовое удобрение в жидкой форме. Может использоваться во всех типах систем капельного орошения или посредством листовых подкормок. Содержание молибдена составляет 10 %. Норма расхода – 125-1000 мл/га. Производитель – «Атлатника Агрикола С.А.», Испания (Свидетельство о государственной регистрации пестицида или агрохимиката № 1669 от 7.10.2009).

Солюбор ДФ - легко усваиваемое растениями борное микроудобрение для некорневой подкормки. Хорошо растворяется в воде, рН раствора с Солюбором ДФ близок к 7. Содержание бора составляет 17,5 %. Удобрение применяется для некорневой подкормки или предпосевной обработки семян на всех культурах. Норма расхода – 0,5-4,0 кг/га. Производитель – «Вогах», Франция (Свидетельство о государственной регистрации пестицида или агрохимиката № 0285 от 22.05.2006).

3. РОСТ, РАЗВИТИЕ, ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УДОБРЕНИЯМИ

3.1. Высота растений

Изменение биометрических показателей растений сои в течение вегетации помогают установить влияние некорневых подкормок удобрениями на растения. Также некоторые авторы (Сабинин Д.А., 1955; Ничипорович А.А., 1972; Церлинг В.В., 1990; Мирошниченко М.В., 2005; Лучинский А.С., 2009; Зеленцов С.В., Лучинский А.С., 2011) отмечают, что величина и масса отдельных органов растений, а также их соотношения, могут служить инструментами для прогнозирования урожаев, а их изменение – возможностью формирования высокоурожайных посевов.

До проведения некорневой подкормки сои серным удобрением в начале фазы цветения высота растений в среднем за три года была на уровне 30,4-31,7 см (таблица 1). По годам этот показатель также отличался незначительно - от 28,6 см до 32,7 см.

Таблица 1 – Высота растений сои по фазам вегетации в зависимости от некорневых подкормок серным удобрением, см (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Фенологическая фаза		
	цветение	налив семян	полная спелость
Контроль	30,6	90,3	100,7
250	30,9	96,0	103,8
500	31,7	95,4	102,6
1000	30,7	95,1	103,3
2000	30,4	94,8	103,0
НСР ₀₅	4,3	3,9	6,1

В 2012 году в фазу налива семян высота растений по вариантам существенно не отличалась, можно лишь отметить тенденцию к увеличению на 2-4 % во всех вариантах опыта. При этом наибольшая высота растений отмечалась в дозе 250 г/га (87,4 см). В 2013 году некорневая подкормка серным удобрением достоверно повышала высоту растений сои в фазу налива семян на 8-14 % во всех вариантах опыта. Наибольшая высота растений была также в дозе 250 г/га (88,9 см). В 2014 году превышение высоты растений по сравнению с контролем по вариантам в фазу налива семян составило 3-5 %, однако оно не было достоверным (приложение 3).

В среднем за три года серное удобрение способствовало увеличению высоты растений сои в фазу налива семян на 5-6 % по сравнению с контролем. Высота растений сои достоверно возрастала в дозе 250 г/га сульфата калия на 5,7 см, 500 г/га – на 5,1 см, 1000 г/га – на 4,8 см и 2000 г/га – на 4,5 см соответственно.

В 2012 году в фазу полной спелости достоверных различий по вариантам не наблюдалось. Высота растений была на уровне 100,3-102,8 см. В 2013 году в фазу полной спелости высота растений по вариантам составила 92,3-94,2 см, однако разница по вариантам была несущественной. В 2014 году при высоте растений в контрольном варианте 109,3 см, в вариантах обработки серным удобрением этот показатель был больше на 4-5 %.

В среднем за три года обработанные сульфатом калия растения сои в фазу полной спелости имели большую по сравнению с контролем высоту в дозе 250 г/га – на 3,1 см, 500 г/га – на 1,9 см, 1000 г/га – на 2,6 см и 2000 г/га – 2,3 см соответственно, однако разница была несущественной. Это связано с тем, что после некорневой подкормки произошла активизация ростовых процессов, однако из-за высокой адаптационной способности сои к фазе полной спелости этот показатель по вариантам существенных различий не имел. Эти данные подтверждают тезис о том, что удобрения, в отличие от регуляторов роста растений, сначала способствуют увеличению высоты

растений, однако к фазе полной спелости не оказывают влияния на этот биометрический показатель (Цзинь Сяомэй, Синеговская В.Т., 2009; Долгинова В.А., 2009).

До проведения некорневой подкормки сои молибденовым удобрением в начале фазы цветения высота растений в среднем за три года была на уровне 31,0-31,4 см (таблица 2). При этом по годам этот показатель также изменялся незначительно – от 29,2 см в 2014 году до 32,7 см в 2013 году.

Таблица 2 – Высота растений сои по фазам вегетации в зависимости от некорневых подкормок молибденовым удобрением, см (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения келик Мо, мл/га	Фенологическая фаза		
	цветение	налив семян	полная спелость
Контроль	31,1	87,8	100,5
125	31,4	94,7	101,8
250	31,1	93,0	102,0
500	31,0	91,6	102,4
1000	31,1	91,4	99,2
НСР ₀₅	3,9	5,1	6,0

В 2012 году некорневая подкормка келик молибденом увеличивала в фазу налива семян высоту растений сои во всех вариантах опыта на 4-11 %. При этом максимальная высота растений была в дозе 125 мл/га (87,2 см). В 2013 году молибденовое удобрение способствовало в фазу налива семян достоверному повышению высоты растений во всех вариантах опыта на 10-18 %. Наибольшая высота наблюдалась также в дозе 125 мл/га (89,8 см). В 2014 году молибденовое удобрение, несмотря на активный рост растений сои в начале вегетации, не оказало влияние на высоту растений сои в фазу налива

семян. Во всех вариантах опыта этот показатель был на уровне 103,3-108,6 см (приложение 4).

В среднем за три года молибденовое удобрение во всех вариантах опыта способствовало увеличению высоты растений в фазу налива семян на 4-8 % по сравнению с контролем. Высота растений сои достоверно возрастала в дозе 125 мл/га келик Мо на 6,9 см, 250 мл/га – на 5,2 см, и имели четкую тенденцию к увеличению в дозах 500 мл/га – на 3,8 см и 2000 г/га – на 3,6 см соответственно.

В 2012 году в фазу полной спелости высота растений сои колебалась в пределах 105,1-109,9 г/м². При некорневых подкормках сои молибденовым удобрением в дозах 125, 250 и 500 мл/га растения сои были достоверно выше, чем в контрольном варианте (на 7,0 см; 5,5 см и 8,1 см соответственно). В 2013 и 2014 годах этот показатель существенных различий по вариантам не имел. В 2013 году высота была на уровне 93,3-96,1 см, а в 2014 году – 105,1-109,9 см.

В среднем за три года в фазу полной спелости растения сои, как и при некорневой подкормке серным удобрением, в контрольном варианте существенно не отличались по высоте с растениями, обработанных келик молибденом, и колебались в пределах 99,2-102,4 см.

До проведения некорневой подкормки сои борным удобрением в начале фазы цветения высота растений в среднем за три года была в диапазоне 29,6-30,8 см (таблица 3). При этом по годам этот показатель также изменялся незначительно – от 28,7 см в 2014 году до 31,6 см в 2013 году.

В 2012 году в фазу налива семян борное удобрение в дозах 0,5 и 1,0 кг/га не влияло на высоту растений, а в дозах 2,0 и 4,0 кг/га даже вызывало некоторое их угнетение (снижение высоты на 5-7 % по сравнению с контролем). В 2013 году, наоборот, действие солубора ДФ было положительным: высота растений была больше по всех изучаемых дозах на 9-14 %, причем максимальная высота была в варианте 1,0 кг/га (91,8 см). В

2014 году некорневая подкормка борным удобрением не повлияла на высоту растений сои в фазу налива семян. Этот показатель колебался по вариантам в пределах 106,0-108,1 см (приложение 5).

Таблица 3 – Высота растений сои по фазам вегетации в зависимости от некорневых подкормок борным удобрением, см (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Фенологическая фаза		
	цветение	налив семян	полная спелость
Контроль	30,1	91,0	102,3
0,5	30,2	94,9	101,6
1,0	30,2	93,7	101,8
2,0	29,6	91,1	102,1
4,0	30,8	91,6	102,7
НСР ₀₅	4,0	5,4	6,3

В среднем за три года, борное удобрение способствовало в фазу налива семян активизации роста растений сои в дозах 0,5 и 1,0 кг/га на 3-4 % (3,9 и 2,7 см соответственно) по сравнению с контролем. В дозах 2,0 и 4,0 кг/га борного удобрения высота растений была на уровне контроля.

В фазу полной спелости растения сои, как и при некорневой подкормке серным и молибденовым удобрениями, высота растений существенно не изменялась по сравнению с контролем и колебалась в среднем за три года в пределах 101,6-102,7 см. Необходимо отметить, что в 2013 году высота в эту фазу была наименьшей (94,8-97,2 см), в 2012 году – средней (99,6-102,1 см), а в 2014 году – наибольшей (107,8-110,5 см).

3.2. Накопление надземной биомассы

В опыте с серным удобрением в фазу цветения различий между вариантами не проявлялось, так как некорневая подкормка проводилась после проведения учета надземной биомассы (таблица 4 и рисунок 3). В 2014 году происходило большее накопление надземной биомассы (138,4-139,3 г/м²) по сравнению с 2012 годом (131,8-133,6 г/м²) и 2013 годом (119,7-122,3 г/м²) на 5-16 %, что может быть связано с большим количеством выпавших осадков в первую половину вегетации. При этом основная разница в общей биомассе достигалась за счет формирования более мощного листового аппарата растений – масса листовых пластинок в 2014 году была больше по сравнению с другими годами на 9-16 % (приложения 6,7,8).

Таблица 4 – Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами серного удобрения в начале фазы цветения, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Часть растений сои			
	лист. пласт.	черешки	стебли	общее
Контроль	68,8	22,5	39,5	130,8
250	69,2	22,2	39,2	130,6
500	69,4	22,8	39,2	131,4
1000	68,6	22,3	39,7	130,6
2000	68,6	22,3	39,6	130,5
НСР ₀₅	4,7	3,0	4,1	8,8

Доля листовых пластинок в общей структуре надземной биомассы в фазу цветения была наибольшей и составила в 2012 году – 50-51 % (66,8-67,6 г/м²), в 2013 году – 53-54 % (64,0-66,3 г/м²) и в 2014 году – около 54 % (74,2-75,1 г/м²). Доля черешков была около 17 % во все годы проведения исследований, однако в 2014 году биомасса черешков была

наибольшей в абсолютных значениях и составила 23,8-24,7 г/м², в 2012 году – средней (21,9-23,7 г/м²), а в 2013 году – наименьшей (19,7-20,8 г/м²). Доля стеблей в общей структуре надземной биомассы в 2012 году составила 32-33 % (42,1-43,6 г/м²), в 2013 году – 29-30 % (34,9-36,1 г/м²), в 2014 году – 28-29 % (39,2-40,5 г/м²) (приложения 6,7,8).

В фазу налива семян (через 3 недели после проведения некорневой подкормки) изучаемый фактор повлиял как на общее накопление надземной биомассы, так и на распределение ее по различным органам растений (таблица 5).

Таблица 5 – Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами серного удобрения в фазу налива семян, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Часть растений сои				
	лист. пласт.	черешки	стебли	бобы	общее
Контроль	188,9	99,5	187,8	44,5	520,7
250	199,4	112,3	220,4	51,6	583,7
500	190,1	104,9	212,2	57,3	564,5
1000	174,5	96,6	200,7	55,1	526,9
2000	161,2	89,8	174,6	48,5	474,1
HCP ₀₅	9,2	8,4	7,3	6,0	16,7

В 2012 году накопление надземной биомассы было наименьшим и колебалось в диапазоне от 301,6 до 518,2 г/м². При этом некорневая подкормка способствовала её достоверному увеличению в дозе 250 г/га – на 27 %, 500 г/га – на 16 %, 1000 г/га – на 6 %. Прирост биомассы происходил в основном за счет увеличения массы бобов и стеблей: в дозе 250 г/га - на 69 % (15,2 г/м²) и 48 % (60,4 г/м²) соответственно; в дозе 500 г/га – на 143 % (30,9 г/м²) и 35 % (43,3 г/м²) соответственно; в дозе 1000 г/га – на 123 % (26,5 г/м²) и 23 % (28,5 г/м²) соответственно. При максимальной дозе 2000 г/га

происходило угнетение растений сои и достоверное снижение надземной биомассы на 26 %. При этом значительно сокращалась масса листовых пластинок на 32 % (55,2 г/м²), черешков – на 36 % (32,2 г/м²), стеблей – на 19 % (24,0 г/м²), однако масса бобов была больше на 28 % (6,0 г/м²) (приложение 6). В 2013 году накопление надземной биомассы было средним и составляло по вариантам опыта 486,9-575,2 г/м². В дозах 1000 и 2000 г/га происходило угнетение растений сои – надземная биомасса достоверно снижалась на 9-12 %. Это происходило за счет уменьшения массы листовых пластинок – на 7-9 %, черешков на 7-8 %, стеблей – 11-15 % и бобов – 11-19 %. Лишь в варианте 250 г/га этот показатель достоверно увеличивался на 4 % в основном за счёт увеличения массы листовых пластинок (на 10 %) (приложение 7). В 2014 году накопление надземной биомассы было наибольшим и составило по вариантам опыта 600,4-663,2 г/м². При этом некорневая подкормка серным удобрением во всех вариантах опыта способствовала достоверному увеличению биомассы на 6-10 % за счет увеличения массы черешков на 10-22 % (11,4-24,9 г/м²) и стеблей на 7-15 % (16,0-33,9 г/м²) (приложение 8).

В среднем за три года серное удобрение в дозах 250 и 500 г/га способствовало повышению накопления вегетативной надземной биомассы на 12,1 и 8,4 % соответственно (Рисунок 3). Прирост произошел в основном за счет увеличения массы стеблей на 17 и 13 % соответственно. Масса бобов также была больше во всех вариантах опыта: в дозе 250 г/га – на 16 % (7,1 г/м²), 500 г/га – на 29 % (12,8 г/м²), 1000 г/га – на 24 % (10,6 г/м²), 2000 г/га – на 9 % (4,0 г/м²), что свидетельствует об ускоренном оттоке пластических веществ при действии серного удобрения на растения сои. Необходимо также отметить, что самая высокая доза сульфата калия 2000 г/га вызывала угнетение растений сои, что проявилось в меньшем накоплении биомассы по сравнению с контролем на 46,6 г/м² (таблица 5).

В 2012 году в фазу полной спелости накопление надземной биомассы было наибольшим и составило 708,0-747,4 г/м². Некорневая подкормка

серным удобрением в дозе 250 г/га достоверно увеличивала надземную биомассу на 24,8 г/м². При этом масса семян увеличивалась на 11,7 г/м², а масса стеблей – на 13,1 г/м². Остальные дозы серного удобрения существенно не влияли на накопление надземной биомассы, однако необходимо отметить некоторое увеличение массы семян на 4,6-7,6 г/м² и снижение массы стеблей на 10,1-21,9 г/м² (приложение 6). В 2013 году в фазу полной спелости накопление надземной биомассы было наименьшим и колебалось в диапазоне 498,3-551,8 г/м². Некорневая подкормка серным удобрением в дозе 250 г/га хотя и не способствовала достоверному увеличению надземной биомассы, однако благодаря ее действию происходило перераспределение в сторону семенной части биомассы – масса семян была больше на 9 % (18,6 г/м²), а масса стеблей была меньше на 4 % (13,0 г/м²). Сульфат калия в больших дозах достоверно снижал надземную биомассу на 7-9 % (36,0-47,9 г/м²), однако также как и в минимальной дозе происходило перераспределение - при сопоставимой массе семян в вариантах обработок, масса стеблей была существенно ниже контроля на 12-13 % (40,0-45,3 г/м²) (приложение 7). В 2014 году в фазу полной спелости накопление надземной биомассы было средним и колебалось в пределах 578,8-592,1 г/м². Некорневая подкормка серным удобрением существенно не влияла на общее накопление надземной биомассы, однако следует отметить ту же тенденцию, что и в 2012 и 2013 годах – масса семян по вариантам была больше на 8,1-10,9 г/м², а масса стеблей – меньше на 3,7-15,4 г/м² (приложение 8).

В среднем за три года в фазу полной спелости масса семян имела тенденцию к увеличению по сравнению с контролем в вариантах: 250 г/га – на 13,2 г/м², 500 г/га – на 7,2, 1000 г/га – на 7,4, 2000 г/га – на 4,3 г/м² соответственно (рисунок 3). Масса вегетативной массы, наоборот, имела тенденцию к уменьшению: в дозе 250 г/га – на 5,1 г/м², 500 г/га – на 22,1, 1000 г/га – на 25,5 и 2000 г/га – на 19,7 г/м² соответственно. В целом, накопление общей биомассы с 1 м² по вариантам не превышало значение НСР₀₅, что объясняется высокой адаптационной способностью сои, однако

серное удобрение способствовало усиленному оттоку веществ в семена сои (таблица 6). Этот вывод подтверждается и другими исследованиями (Баранов В.Ф. и др., 1990; Аристархов А.Н., 2007; Голов В.И., Асеева Т.А., 2014), в которых серное удобрение способствовало аккумуляции протеиновых соединений и увеличению доли массы семян в структуре надземной биомассы.

Таблица 6 – Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами серного удобрения в фазу полной спелости, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Часть растений сои		
	семена	стебли	общее
Контроль	247,7	370,2	617,9
250	260,9	365,1	626,0
500	254,9	348,1	603,0
1000	255,1	344,7	599,8
2000	252,0	350,5	602,5
НСР ₀₅	16,5	15,7	19,8

В опыте с молибденовым удобрением в фазу цветения различий между вариантами не проявлялось, так как некорневая подкормка проводилась после проведения учета надземной биомассы (таблица 7 и рисунок 4). В 2014 году надземной биомассы (137,0-139,0 г/м²) накапливалось больше по сравнению с 2012 годом (129,5-131,2 г/м²) и 2013 годом (121,5-123,0 г/м²) на 6-13 %, что связано с большим количеством выпавших осадков в первую половину вегетации. Основной прирост в биомассе наблюдался за счет большей массы листовых пластинок, которая в 2014 году была больше на 11-16 % по сравнению с 2012 и 2013 годами.

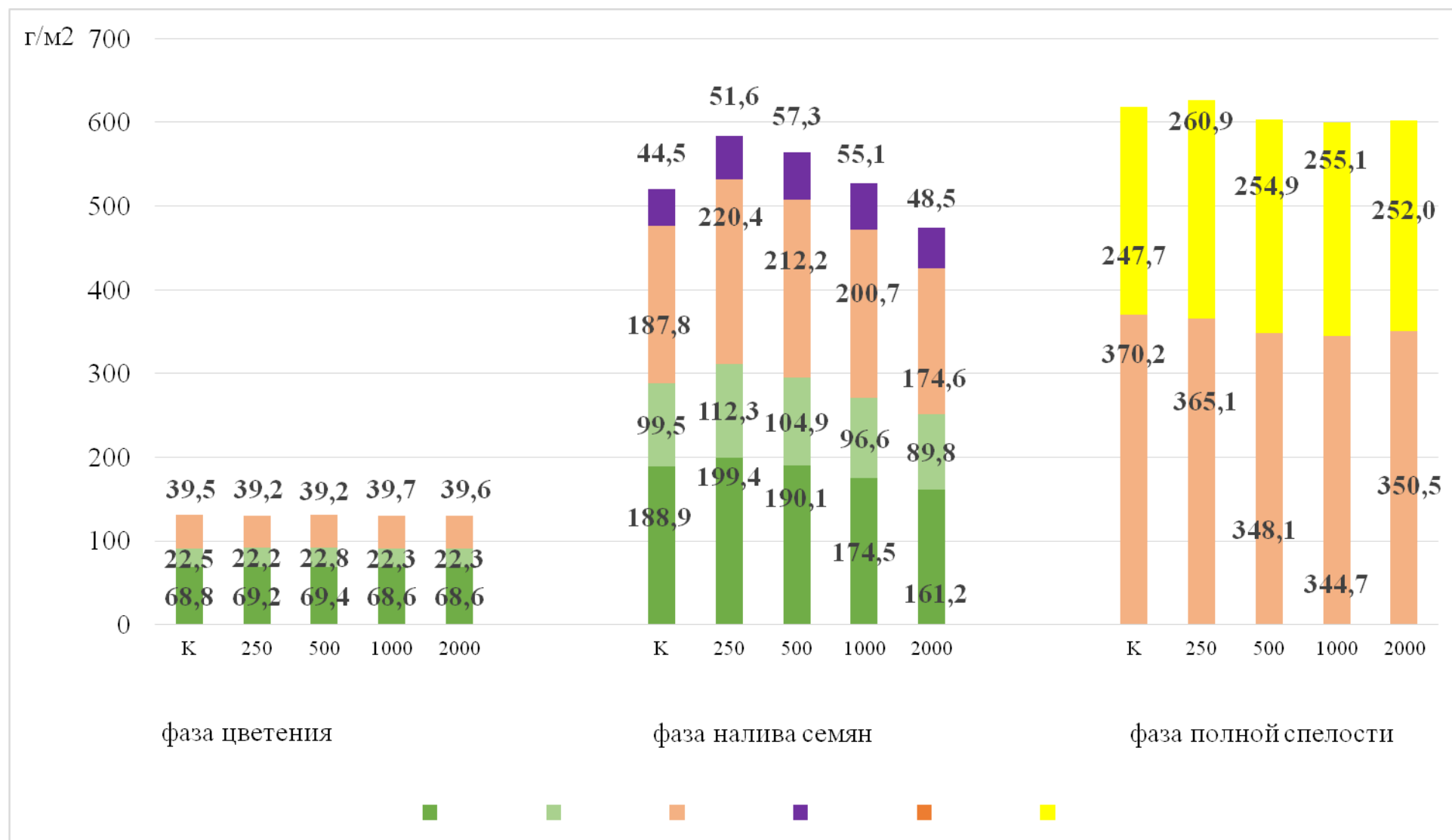


Рисунок 3 – Динамика накопления сухой надземной биомассы в зависимости от некорневой подкормки серным удобрением, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Таблица 7 – Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами молибденового удобрения в начале фазы цветения, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения келик Мо, мл/га	Часть растений сои			
	лист. пласт.	черешки	стебли	общее
Контроль	68,0	22,5	39,2	129,7
125	68,8	22,6	39,4	130,8
250	68,7	22,2	39,1	130,0
500	67,7	23,2	39,1	130,0
1000	67,2	22,6	39,9	129,7
НСП ₀₅	4,8	3,2	5,2	9,4

Доля листовых пластинок в общей структуре надземной биомассы в фазу цветения была наибольшей и составила в 2012 году – 49-51 % (63,5-66,8 г/м²), в 2013 году – 53-54 % (64,6-66,2 г/м²) и в 2014 году – 53-54 % (73,0-74,2 г/м²). Доля черешков была 17-18 % во все годы проведения исследований, однако в 2014 году биомасса черешков была наибольшей в абсолютных значениях и составила 23,3-24,3 г/м², в 2012 году – средней (21,7-23,1 г/м²), а в 2013 году – наименьшей (20,9-22,7 г/м²). Доля стеблей в общей структуре надземной биомассы в 2012 году составила 32-33 % (41,4-43,6 г/м²), в 2013 году – 28-29 % (34,2-36,1 г/м²), в 2014 году – около 29 % (39,5-40,8 г/м²).

К фазе налива семян в 2012 году накопление надземной биомассы было наименьшим и колебалось в диапазоне от 370,7 до 459,8 г/м². При этом некорневая подкормка способствовала её достоверному увеличению только в дозе 125 мл/га на 9 % (39,6 г/м²) в основном за счет увеличения массы стеблей на 17 % (24,4 г/м²) и бобов на 66 % (16,8 г/м²). Необходимо отметить, что увеличение массы бобов происходило во всех вариантах опыта на 61-77 % (15,6-19,6 г/м²) (приложение 9). В 2013 году накопление надземной

биомассы составило по вариантам опыта 552,4-638,6 г/м². Биомасса во всех вариантах опыта достоверно превышала контроль на 4-16 % (21,8-86,2 г/м²) в основном за счет увеличения массы листовых пластинок на 7-15 % (13,5-29,6 г/м²) и стеблей на 2-28 % (5,0-56,9 г/м²) (приложение 10). В 2014 году накопление надземной биомассы было 595,6-638,0 г/м². При этом некорневая подкормка молибденовым удобрением в дозе 125 мл/га способствовала достоверному увеличению биомассы на 6 % (34,4 г/м²) за счет увеличения массы стеблей на 7 % (16,2 г/м²) и бобов на 25 % (15,8 г/м²). Биомасса в остальных дозах молибденового удобрения была близка к контролю (приложение 11).

В среднем за три года происходило большее накопление вегетативной надземной биомассы в испытываемых вариантах по сравнению с контролем, за исключением максимальной дозировки 1000 мл/га (Рисунок 4). Прирост составил 3-8 % в основном за счет увеличения массы стеблей и бобов. Масса стеблей была больше на 15,2 г/м² в дозе 125 мл/га, на 26,4 г/м² – 250 мл/га, на 13,9 г/м² – 500 мл/га и на 1,7 г/м² в дозе 1000 мл/га. Масса бобов увеличивалась во всех дозах молибденового удобрения на 11-12 г/м² (таблица 8).

Таблица 8 – Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами молибденового удобрения в фазу налива семян, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения келик Мо, мл/га	Часть растений сои				
	лист. пласт.	черешки	стебли	бобы	общее
Контроль	188,4	99,8	192,1	45,1	525,4
125	192,5	101,2	207,3	56,3	557,3
250	190,7	98,3	218,5	57,4	564,9
500	186,3	94,6	206,0	55,8	542,7
1000	184,8	93,2	193,8	55,2	527,0
НСР ₀₅	10,0	8,1	7,8	5,9	16,6

В фазу полной спелости (таблица 9) значительных различий в семенной продуктивности не наблюдалось, однако масса несеменной части была ниже в дозе 125 мл/га – на 17,6 г/м², 250 мл/га – на 15,1, 500 мл/га – на 24,5 и 1000 мл/га – на 22,6 г/м². Уменьшение массы несеменной части биомассы (стеблей) по сравнению с контролем на 4-7 % свидетельствует об ускоренном оттоке пластических веществ в репродуктивные органы на последних этапах органогенеза (Рисунок 4). Необходимо также отметить, что по годам масса несеменной части биомассы изменялась незначительно –310-360 г/м² в 2012 году, 300-340 – в 2013 году и 380-390 г/м² – в 2014 году. При этом основные колебания в надземной биомассе происходили в основном за счёт полученного урожая – около 340 г/м² – в 2012 году, 200-210 – в 2013 году и 200-220 г/м² – в 2014 году.

Таблица 9 - Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами молибденового удобрения в фазу полной спелости, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения келик Мо, мл/га	Часть растений сои		
	семена	стебли	общее
Контроль	249,1	360,7	609,8
125	252,4	343,1	595,5
250	251,5	345,6	597,1
500	249,9	336,2	586,1
1000	246,5	338,1	584,6
НСР ₀₅	15,9	14,9	21,8

Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от применения разных доз борного удобрения в начале фазы цветения представлено в таблице 10. В 2014 году надземной биомассы (137,2-139,7 г/м²) накапливалось больше по сравнению с 2012 годом (130,3-

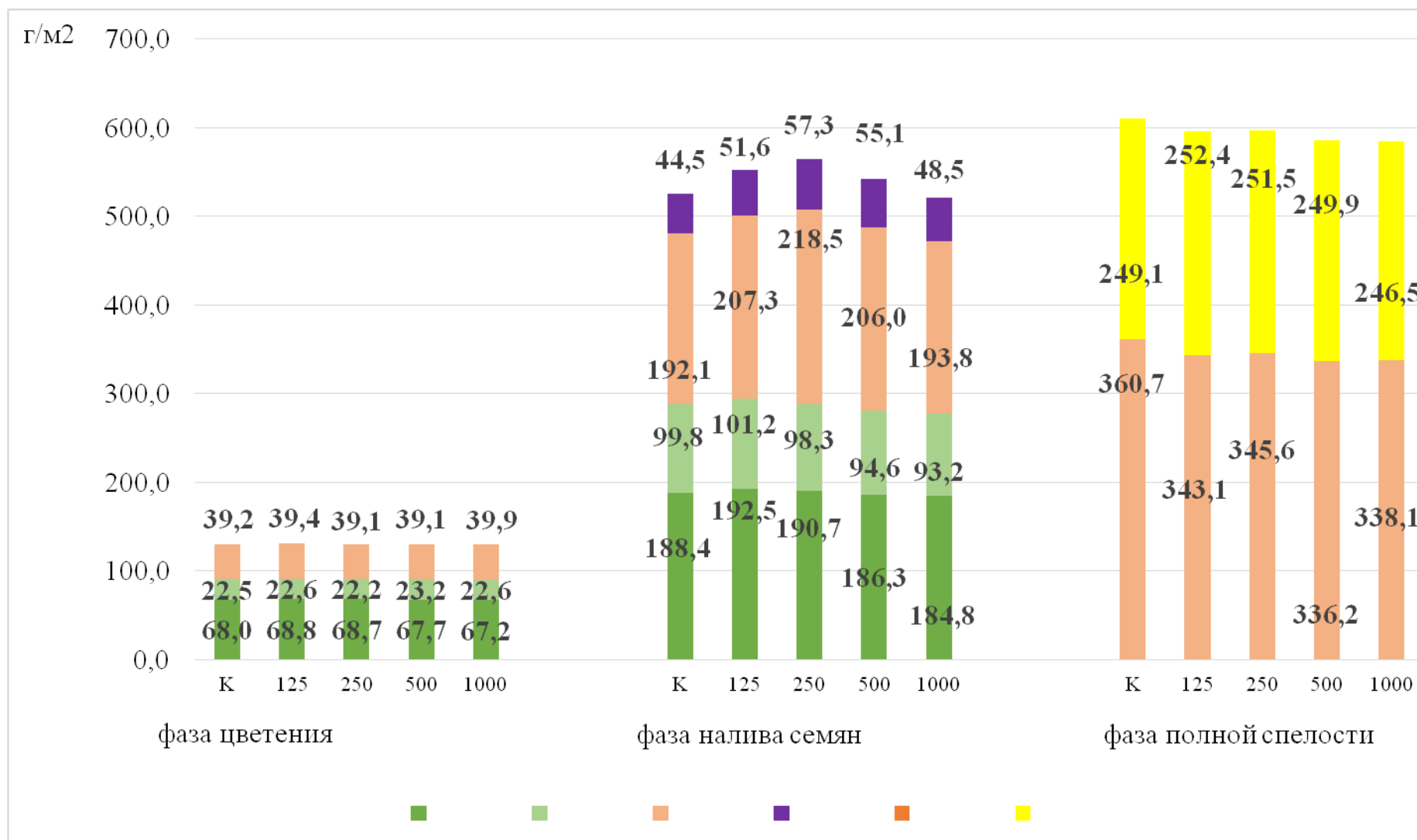


Рисунок 4 – Динамика накопления сухой надземной биомассы в зависимости от некорневой подкормки молибденовым удобрением, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

132,7 г/м²) и 2013 годом (120,7-122,0 г/м²) на 5-14 %, что связано с большим количеством выпавших осадков в первую половину вегетации. Основной прирост в биомассе наблюдался за счет большей массы листовых пластинок, которая в 2014 году была больше на 12-16 % по сравнению с 2012 и 2013 годами.

Таблица 10 – Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами борного удобрения в начале фазы цветения, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Часть растений сои			
	лист. пласт.	черешки	стебли	общее
Контроль	68,7	22,7	38,8	130,2
0,5	68,6	23,1	38,6	130,3
1,0	68,5	23,6	38,3	130,4
2,0	69,4	23,2	38,3	130,9
4,0	68,4	22,9	38,6	129,9
НСП ₀₅	4,2	3,6	5,4	9,8

Доля листовых пластинок в общей структуре надземной биомассы в фазу цветения была наибольшей и составила в 2012 году – 50-51 % (65,6-67,2 г/м²), в 2013 году – 53-54 % (64,5-65,9 г/м²) и в 2014 году – 53-54 % (74,3-75,2 г/м²). Доля черешков была 17-18 % во все годы проведения исследований, однако в 2014 году биомасса черешков была наибольшей в абсолютных значениях и составила 23,1-24,9 г/м², в 2012 году – средней (22,5-23,6 г/м²), а в 2013 году – наименьшей (21,8-22,9 г/м²). Доля стеблей в общей структуре надземной биомассы в 2012 году составила около 32 % (41,9-42,6 г/м²), в 2013 году – 27-28 % (32,6-34,5 г/м²), в 2014 году – около 28-29 % (39,1-40,5 г/м²).

К фазе налива семян в 2012 году накопление надземной биомассы было наименьшим и колебалось в диапазоне от 393,4 до 460,0 г/м². При этом некорневая подкормка борным удобрением способствовала её достоверному увеличению только в дозе 0,5 кг/га на 8 % (34,8 г/м²) в основном за счет увеличения массы стеблей на 7 % (11,2 г/м²) и бобов на 70 % (20,4 г/м²). Возрастающие дозы борного удобрения вызывали угнетение растений сои – общая биомасса достоверно сокращалась на 7 % (27,8-31,8 г/м²). При этом уменьшалась масса листовых пластинок на 9-12 % (14,8-19,4 г/м²), черешков – на 8-15 % (6,0-11,8 г/м²) и стеблей – на 6-8 % (9,0-11,9 г/м²), однако масса бобов была больше на 19-25 % (5,6-7,2 г/м²) (приложение 12). В 2013 году накопление надземной биомассы составило по вариантам опыта 559,0-623,2 г/м². Биомасса во всех вариантах опыта достоверно превышала контроль на 5-11 % (27,5-64,2 г/м²) в основном за счет увеличения массы листовых пластинок на 6-17 % (12,3-35,5 г/м²) и стеблей на 8-10 % (16,7-19,9 г/м²) (приложение 13). В 2014 году накопление надземной биомассы было 594,2-617,8 г/м². При этом некорневая подкормка борным удобрением в дозах 0,5 и 1,0 кг/га способствовала достоверному увеличению биомассы на 3-4 % (20,1-23,6 г/м²) за счет увеличения массы стеблей на 12 % (27,2-27,4 г/м²). Биомасса в дозах 2,0 и 4,0 кг/га борного удобрения была близка к контролю, однако масса стеблей при этом достоверно превышала контрольный вариант на 10-11 % (21,9-24,0 г/м²) (приложение 14).

В среднем за три года (таблица 11) накопление надземной вегетативной биомассы в фазу налива семян происходило более активно по сравнению с контролем в варианте 0,5 кг/га (прирост 8 % или 40,8 г/м²) в основном за счет увеличения массы листовых пластинок на 7 % (12,9 г/м²) и стебля на 10 % (19,5 г/м²). Остальные дозы борного удобрения не оказывали существенного влияния на количество накопленной надземной биомассы, однако закономерность увеличенной массы листовых пластинок и стеблей на 1 м² сохранялась (рисунок 5).

Таблица 11 – Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами борного удобрения в фазу налива семян, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения Соллюбор ДФ, кг/га	Часть растений сои				
	лист. пласт.	черешки	стебли	бобы	общее
Контроль	188,3	98,7	194,1	45,0	526,1
0,5	201,2	101,5	213,6	50,6	566,9
1,0	192,9	92,8	205,9	46,6	538,2
2,0	193,9	95,8	203,0	45,2	537,9
4,0	185,4	94,3	204,9	46,3	530,9
НСР ₀₅	9,2	8,8	7,6	6,1	17,0

В 2012 году в фазу полной спелости накопление надземной биомассы было наибольшим и составило 657,8-691,7 г/м². Некорневая подкормка борным удобрением достоверно снижала надземную биомассу в дозе 0,5 кг/га – на 4 % (28,1 г/га), в дозе 1,0 кг/га – на 5 % (33,9 г/м²), в дозе 2,0 кг/га – на 4 % (28,3 г/м²) и в дозе 4,0 кг/га – на 4 % (27,1 г/м²). При этом сокращение общей биомассы происходило за счет уменьшения массы стеблей на 8-9 % (27,0-32,3 г/м²). Масса семян по вариантам изменялась незначительно и была в пределах 330,4-332,0 г/м² (приложение 12). В 2013 году в фазу полной спелости накопление надземной биомассы было наименьшим и колебалось в диапазоне 522,7-548,3 г/м². Борное удобрение способствовало достоверному снижению надземной биомассы в дозе 0,5 кг/га – на 5 % (25,6 г/м²), в дозе 1,0 кг/га – на 4 % (20,1 г/м²), в дозе 2,0 кг/га – на 4 % (23,1 г/м²) и в дозе 4,0 кг/га – на 4 % (21,0 г/м²). При этом уменьшалась как масса стеблей на 2-4 % (8,1-12,2 г/м²), так и масса семян на 5-7 % (10,9-15,0 г/м²) (приложение 13). Снижение семенной продуктивности от некорневой подкормки в этот год связано с более высоким содержанием подвижных форм бора в почве. Это будет рассмотрено более подробно в

главе 4.1. В 2014 году в фазу полной спелости накопление надземной биомассы было средним и колебалось в пределах 556,2-598,0 г/м². Некорневая подкормка борным удобрением в дозе 0,5 кг/га достоверно увеличивала как общую биомассу на 4 % (22,3 г/м²), так и массу семян на 10 % (20,7 г/м²). Доза 1,0 кг/га также способствовала некоторому повышению семенной продуктивности на 8 % (15,6 г/м²) при некотором снижении массы стеблей на 5 % (19 г/м²). Дозы борного удобрения 2,0 и 4,0 кг/га существенного влияния на биомассу не оказывали (приложение 14).

В среднем за три года в фазу полной спелости семенная продуктивность по вариантам была близкой к контролю, а масса незерновой части и общая надземная биомасса была меньше в дозе 0,5 кг/га - на 12,5 и 10,5 г/м²; 1,0 кг/га – на 19,8 и 19,1; 2,0 кг/га – на 18,9 и 23,7; 4,0 кг/га – на 17,2 и 20,8 г/м² соответственно, однако различия были не достоверны (Рисунок 5). Это свидетельствует об отсутствии эффекта от некорневых подкормок сои солюбором ДФ в среднем за три года исследований (таблица 12).

Таблица 12 - Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами борного удобрения в фазу полной спелости, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Часть растений сои		
	семена	стебли	общее
Контроль	247,4	357,8	605,2
0,5	249,4	345,3	594,7
1,0	248,1	338,0	586,1
2,0	242,6	338,9	581,5
4,0	243,8	340,6	584,4
НСР ₀₅	17,1	15,4	22,2

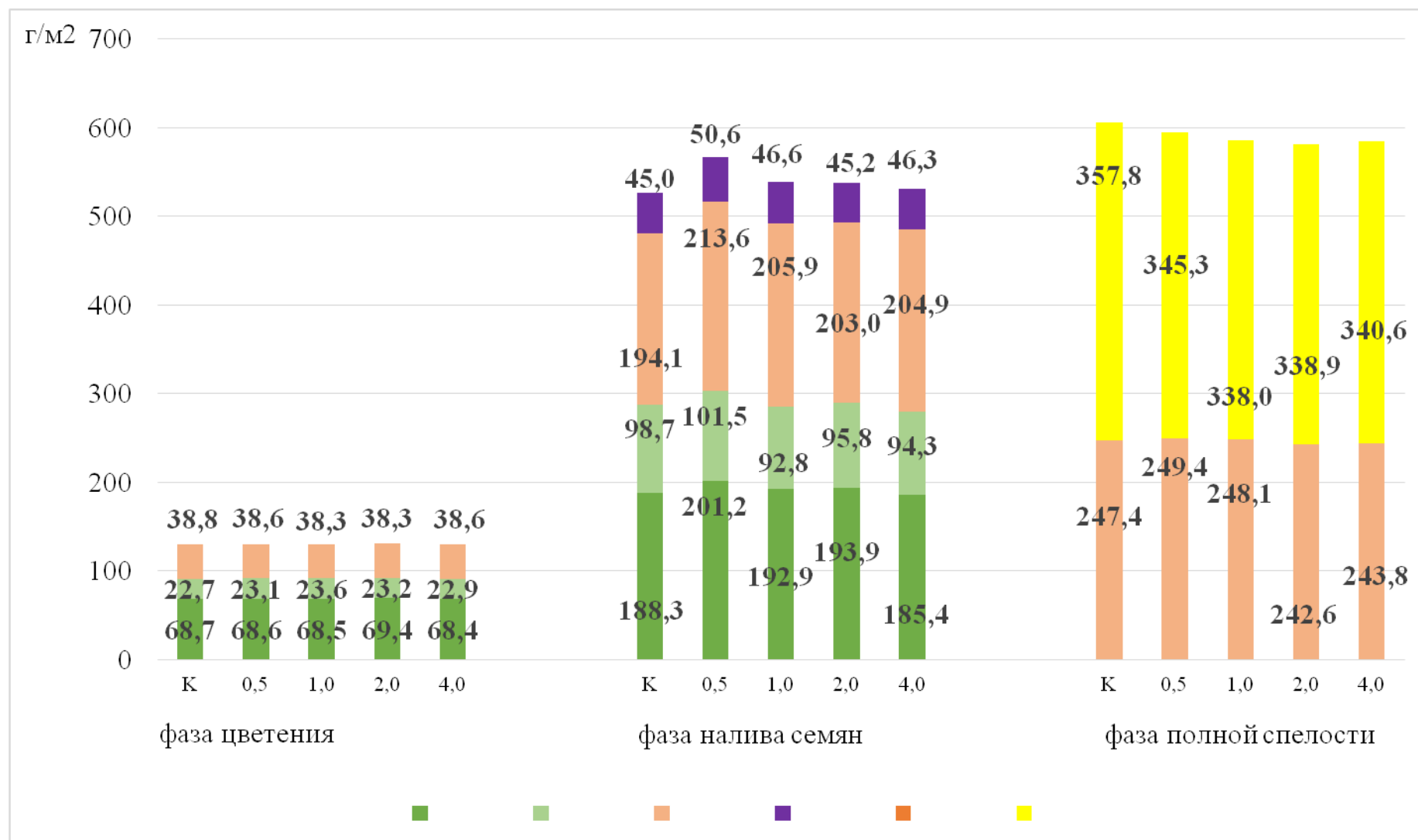


Рисунок 5 – Динамика накопления сухой надземной биомассы в зависимости от некорневой подкормки борным удобрением, г/м² (среднее за 2012-2014 гг.)

3.3. Химический состав растений

Сера улучшает использование растениями основных элементов питания. В частности, существует тесная взаимосвязь содержания серы и азота в растениях. Недостаток серы замедляет восстановление и ассимиляцию азота растениями. По-видимому, при дефиците серы не обеспечивается сопряжение реакций восстановления азота с электронным транспортом, так как сокращается внутриклеточная концентрация низкомолекулярных тиолов или белков-переносчиков электронов типа ферредоксина, в котором сера вместе с железом служит необходимым компонентом структуры и определяет его каталитические свойства (Хоменко А.Д., 1983; Голов В.И., 2004; Аристархов А.Н., 2007; Шеуджен А.Х., 2016).

В среднем за три года содержание азота в растениях сои в начале фазы цветения до проведения некорневой подкормки серным удобрением колебалось в диапазоне 3,72-3,88 %, однако разница между вариантами была незначительной (таблица 13). По годам содержание азота было наибольшим в 2013 году (4,6-4,7 %), средним – в 2014 году (3,4-3,7 %), а в 2012 году – наименьшим (3,2-3,3 %) (приложение 15).

Таблица 13 – Динамика содержания азота в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами серного удобрения, % на сухое вещество (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
Контроль	3,85	2,47	6,52	0,41
250	3,74	2,89	6,91	0,49
500	3,80	2,82	6,84	0,52
1000	3,72	2,75	6,87	0,45
2000	3,88	2,61	6,59	0,36
НСР ₀₅	0,19	0,21	0,24	0,17

В 2012 году в фазу налива семян содержание азота в растениях колебалось в пределах 2,07-2,56 %. Некорневая подкормка серным удобрением способствовала достоверному увеличению содержания азота в растениях в дозе 250 г/га – на 0,38 %, в дозе 500 г/га – на 0,49 %, в дозе 1000 г/га – на 0,33 %. В максимальной дозе 2000 г/га также проявлялась тенденция к увеличению этого показателя на 0,12 %. В 2013 году в фазу налива семян содержание азота в растениях находилось в диапазоне 3,13-3,40 %. Серное удобрение достоверно увеличивало содержание азота на 0,16-0,27 % во всех вариантах опыта. В 2014 году содержание азота в растениях было на уровне 2,21-2,82 %. Серное удобрение способствовало достоверному увеличению этого показателя в дозе 250 г/га на 0,61 %, в дозе 500 г/га – на 0,40 %, в дозе 1000 г/га – на 0,32 %. Действие сульфата калия в максимальной дозе также проявлялась в четкой тенденции увеличения содержания азота в растениях на 0,13 % (приложение 15).

В целом из-за активного роста растений сои в фазе налива семян содержание азота снизилось до 2,47-2,89 % по сравнению с фазой цветения. В среднем за три года некорневая подкормка сульфатом калия в изучаемых дозах способствовала большему накоплению азота в надземной части растений сои на 0,14-0,42 %, при этом наибольшее его содержание отмечалось в дозе 250 г/га (таблица 13).

В 2012 году в фазу полной спелости содержание азота в стеблях составляло 0,30-0,40 %, однако достоверных различий по этому показателю не наблюдалось. Содержание в семенах составляло 6,34-6,73 %, при этом серное удобрение достоверно увеличивало этот показатель на 0,29-0,39 % в дозах 250, 500 и 1000 г/га. В дозе 1000 г/га также проявлялась тенденция к увеличению содержания на 0,11 %. В 2013 году содержание азота в семенах было на уровне 6,34-6,73 %, содержание азота в стеблях – 0,41-0,59 %. Серное удобрение достоверно повышало содержание белка в семенах в дозе 250 г/га на 0,43 %, в дозе 500 г/га – на 0,30 % и в дозе 1000 г/га – на 0,43 %. Содержание азота в стеблях по вариантам существенно не отличалось. В

2014 году содержание азота в семенах колебалось в пределах 6,68-7,09 %, содержание азота в стеблях – 0,37-0,54 %.

В среднем за три года в фазу полной спелости содержание азота в семенах колебалось по вариантам опыта в диапазоне от 6,52 до 6,91 %, в стеблях – от 0,36 до 0,52 %. Повышению содержания азота в семенах способствовали дозы сульфата калия 250, 500 и 1000 г/га, причем наименьшая доза обеспечила увеличение содержания на 0,39 %. Содержание азота в стеблях по вариантам существенно не различалось.

Содержание фосфора в растениях сои в начале фазы цветения до проведения некорневой подкормки серным удобрением колебалось в диапазоне 0,29-0,32 %, но разница между вариантами была в пределах ошибки опыта (таблица 14). По годам содержание фосфора в растениях сои было наименьшим в 2013 году (0,2-0,3 %), а в 2012 и 2014 годах было на уровне 0,3-0,4 % (приложение 16).

Таблица 14 – Динамика содержания фосфора в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами серного удобрения, % на сухое вещество (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
Контроль	0,29	0,23	0,92	0,16
250	0,31	0,27	1,02	0,18
500	0,32	0,28	1,04	0,19
1000	0,30	0,25	0,97	0,17
2000	0,29	0,24	0,93	0,15
НСР ₀₅	0,07	0,06	0,08	0,04

В 2012 году в фазу налива семян содержание фосфора в растениях было на уровне 0,26-0,31 %. В дозах 250 и 500 г/га проявлялась тенденция к

увеличению этого показателя на 0,04 и 0,05 % соответственно. В 2013 и 2014 годах в этих же вариантах наблюдалась достоверная прибавка содержания фосфора на 0,05 % и 0,03-0,05 % соответственно.

В среднем за три года в фазу налива семян содержание фосфора в надземной части биомассы растений сои составило 0,23-0,28 %. Содержание во всех изучаемых вариантах имело четкую тенденцию к увеличению по сравнению с контролем на 0,01-0,05 %.

В 2012 году в фазу полной спелости содержание фосфора в семенах колебалось в пределах 0,99-1,15 %, в стеблях – 0,16-0,22 %. Некорневая подкормка серным удобрением способствовала достоверному увеличению содержания в семенах фосфора в дозах 250 и 500 г/га на 0,13 % и 0,16 % соответственно. При этом содержание фосфора в стеблях в этих вариантах также проявляло тенденцию к увеличению на 0,02-0,04 %. В дозе 1000 г/га также отмечается повышенное содержание в семенах фосфора на 0,08 % по сравнению с контролем, однако оно не было достоверным. В 2013 году содержание фосфора в семенах было на уровне 0,85-0,93 %, в стеблях – 0,14-0,16 %. Как и в 2012 году, в дозах 250 и 500 г/га происходило большее накопление в семенах фосфора на 0,08 % и 0,10 % соответственно. В дозе 500 г/га также была тенденция к его увеличению на 0,06 %. При этом содержание фосфора в стеблях по вариантам существенно не изменялось. В 2014 году содержание фосфора в семенах составляло 0,92-1,02 %, в стеблях – 0,15-0,19 %. Серное удобрение способствовало большему накоплению в семенах фосфора в дозе 250 г/га на 0,09 % и в дозе 500 г/га – на 0,10 %. Содержание в стеблях этого элемента питания в рассматриваемых дозах также было повышенным на 0,02 и 0,03 % соответственно.

В среднем за три года в фазу полной спелости содержание фосфора в семенах колебалось по вариантам опыта в диапазоне от 0,92 до 1,04 %, в стеблях – от 0,15 до 0,19 %. В дозах 250 и 500 г/га содержание в семенах было достоверно больше, чем в контрольном варианте на 0,10 и 0,12 %

соответственно. Различий в содержание фосфора в стеблях по вариантам не наблюдалось.

Потребность растений в определенном количестве и сочетании питательных элементов обуславливается их биологическими особенностями. Однако на содержание элементов минерального питания у растений одного вида и даже сорта может влиять возраст, почвенные и климатические условия и удобрения. В своих работах авторы, занимающиеся исследованиями в области продуктивности сои, по-разному освещают вопросы выноса питательных веществ с урожаем (Лещенко А.К., 1948; Куркаев В.Т., 1968; Салтанов М.Д., 1971; Карягин Ю.Г., 1978; Нагорный В.Д., 1993). В наших исследованиях вынос питательных веществ рассчитывали на основе химического состава конечной продукции и урожайности сои.

В опыте с серным удобрением в 2012 году вынос с урожаем азота по вариантам колебался в пределах 137,4-156,3 кг/га, фосфора – 21,5-26,0 кг/га. Некорневая подкормка серным удобрением способствовала достоверному увеличению выноса азота и фосфора в дозе 250 г/га на 14 % (18,9 кг/га) и 21 % (4,5 кг/га) соответственно, в дозе 500 г/га – на 10 % (13,6 кг/га) и 20 % (4,4 кг/га) соответственно и в дозе 1000 г/га – на 9 % (12,0 кг/га) и 12 % (2,6 кг/га). В максимальной дозе 2000 г/га также проявлялась тенденция к увеличению выноса азота на 3 % (4,6 кг/га). В 2013 году вынос с урожаем азота на уровне 101,4-111,7 кг/га, фосфора – 13,3-15,2 кг/га. Серное удобрение, как и в 2012 году, достоверно повышало вынос азота в дозах 250, 500 и 1000 г/га на 7-10 % (7,1-10,3 кг/га), вынос фосфора – на 10-13 % (1,3-1,7 кг/га). В максимальной дозе 2000 г/га также проявлялась тенденция к увеличению выноса азота на 5 % (4,8 кг/га). В 2014 году все изучаемые дозы серного удобрения способствовали увеличению выноса азота на 6-15 % (5,5-13,3 кг/га). В дозах 250 и 500 г/га также достоверно повышался вынос фосфора на 19 % (2,4 кг/га), а в дозах 1000 и 2000 г/га была тенденция к его увеличению на 8-10 % (1,0-1,3 кг/га).

В среднем за три года вынос азота составил 110,5-124,8 кг/га, фосфора – 15,6-18,4 кг/га. В дозе 250 г/га вынос азота и фосфора достоверно превышал контроль на 13 % (14,3 кг/га) и 18 % (2,8 кг/га) соответственно, в дозе 500 г/га – на 10 % (10,7 кг/га) и 18 % (2,8 кг/га) соответственно. В дозе 1000 г/га также достоверно повышался вынос азота на 11 % (11,8 кг/га) и проявлялась тенденция к увеличению сбора фосфора на 11 % (1,7 кг/га). В максимальной дозе 2000 г/га сбор азота превышал контрольный вариант на 5 % (5,1 кг/га), однако разница была не достоверной (таблица 15).

Таблица 15 – Вынос с урожаем азота и фосфора в зависимости от некорневых подкормок серным удобрением

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Вынос с урожаем по годам							
	азота, кг/га				фосфора, кг/га			
	2012	2013	2014	ср.	2012	2013	2014	ср.
Контроль	137,4	101,4	91,6	110,5	21,5	13,3	12,5	15,6
250	156,3	111,7	104,9	124,8	26,0	15,0	14,9	18,4
500	151,0	108,5	102,9	121,2	25,9	15,2	14,9	18,4
1000	149,4	110,5	104,6	122,3	24,1	14,6	13,8	17,3
2000	142,0	106,2	97,1	115,6	22,2	13,6	13,5	16,3
НСР ₀₅	7,1	5,8	5,2	6,8	2,0	1,7	1,5	1,9

Молибден усиливает поступление азота в растения сои. Это связано с тем, что он входит в состав нитрогеназы, принимающей активное участие в фиксации молекулярного азота из воздуха клубеньковыми бактериями. Молибден также ускоряет синтез амидов, аминокислот и белков, что также способствует более активному поглощению растениями азота (Школьник М.Я., 1970; Пейве Я.В., 1980; Голов В.И., 2004; Шеуджен А.Х., 2016).

В начале фазы цветения содержание азота в растениях сои до проведения некорневой подкормки молибденовым удобрением было в

пределах 3,72-3,84 %, но по вариантам различий не наблюдалось (таблица 16). По годам содержание азота было наибольшим в 2013 году (4,6-4,7 %), средним – в 2014 году (3,4-3,5 %), а в 2012 году – наименьшим (3,2-3,3 %) (приложение 17).

Таблица 16 – Динамика содержания азота в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами молибденового удобрения, % на сухое вещество (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения келик Мо, мл/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
Контроль	3,82	2,44	6,61	0,43
125	3,84	2,95	6,93	0,55
250	3,72	2,98	6,90	0,53
500	3,77	2,91	6,82	0,50
1000	3,81	2,86	6,87	0,46
НСР ₀₅	0,17	0,22	0,21	0,15

В фазе налива семян содержание азота снизилось до 2,44-2,98 % по сравнению с фазой цветения, что связано с нарастанием надземной биомассы растений. Некорневая подкормка келик молибденом во всех вариантах опыта существенно увеличивала (на 0,42-0,51 %) содержание азота.

В фазу полной спелости содержание азота в семенах варьировало по вариантам опыта в диапазоне 6,61-6,93 %, в стеблях – 0,43-0,55 %. Увеличению содержания азота в семенах способствовали все изучаемые дозы келика молибдена, причем наименьшая доза обеспечила увеличение содержания на 0,32 %. Содержание азота в стеблях по вариантам также имело тенденцию к увеличению (на 0,03-0,12 %).

Молибден способствует поглощению фосфора растениями сои. Они взаимодействуют в клетках растений, и молибден положительно влияет на биосинтез нуклеиновых кислот. Он действует на реакции обмена информационной РНК, катализируемые соответствующими ферментами (РНК-полимеразой и полинуклеотидфосфорилазой). Молибден при этом вступает в реакцию с фосфором нуклеотидов, а также взаимодействует с рибосомами, которые осуществляют биосинтез белка при участии иРНК и активированных аминокислот. Активирование аминокислот осуществляется в реакциях, включающих АТФ (Школьник М.Я., 1970; Пейве Я.В., 1980; Голов В.И., 2004; Шеуджен А.Х., 2016).

Содержание фосфора в растениях сои в начале фазы цветения до проведения некорневой подкормки молибденовым удобрением по вариантам было 0,29-0,32 %, однако существенных различий не было (таблица 17). По годам содержание фосфора в растениях сои было близким, на уровне 0,2-0,3 % (приложение 18).

Таблица 17 – Динамика содержания фосфора в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами молибденового удобрения, % на сухое вещество (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения келик Мо, мл/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
Контроль	0,31	0,22	0,94	0,16
125	0,30	0,29	1,05	0,17
250	0,29	0,28	1,07	0,17
500	0,32	0,26	1,02	0,16
1000	0,29	0,26	0,98	0,15
НСР ₀₅	0,06	0,06	0,07	0,05

В фазу налива семян содержание фосфора в надземной части биомассы растений сои колебалось в пределах 0,22-0,29 %. При этом его содержание в вариантах некорневой подкормки келиком молибден существенно превышало контроль в дозах 125 и 250 мл/га на 0,07 и 0,06 % соответственно, а в дозах 500 и 1000 мл/га имело четкую тенденцию к увеличению (на 0,04 %).

В фазу полной спелости содержание фосфора в семенах колебалось по вариантам опыта в диапазоне от 0,94 до 1,07 %, в стеблях – от 0,15 до 0,17 %. В дозах 125 и 250 мл/га содержание в семенах было достоверно больше, чем в контрольном варианте на 0,11 и 0,13 % соответственно. Различий в содержание фосфора в стеблях по вариантам не наблюдалось.

В опыте с молибденовым удобрением в 2012 году вынос азота с урожаем был на уровне 146,5-163,1 кг/га, фосфора – 23,2-28,5 кг/га. При этом некорневая подкормка молибденовым удобрением во всех вариантах опыта способствовала увеличению выноса азота на 7-11 % (10,1-16,6 кг/га) и фосфора – на 7-23 % (1,6-5,3 кг/га). В 2013 году вынос азота с урожаем колебался в пределах 102,6-106,5 кг/га, фосфора – 13,5-15,2 кг/га. При некорневой подкормке молибденовым удобрением проявлялась тенденция к увеличению выноса азота и фосфора с урожаем в дозе 125 мл/га на 2 % (2,4 кг/га) и 7 % (1,0 кг/га) соответственно, в дозе 250 мл/га – на 3 % (3,0 кг/га) и 11 % (1,5 кг/га) соответственно и в дозе 500 мл/га – на 4 % (3,9 кг/га) и 9 % (1,2 кг/га) соответственно. Вынос азота и фосфора в максимальной дозе 1000 мл/га был на уровне контроля. В 2014 году вынос азота составил 93,7-106,7 кг/га, фосфора – 12,7-15,7 кг/га. Во всех вариантах опыта происходило достоверное повышение выноса азота и фосфора с урожаем на 9-14 % (8,2-13,0 кг/га) и на 15-24 % (1,9-3,0 кг/га) соответственно.

В среднем за три года вынос азота с урожаем был на уровне 114,8-125,8 кг/га, фосфора – 16,3-19,5 кг/га. Молибденовое удобрение достоверно превышало контрольный вариант вынос азота в дозе 125 мл/га на 9 %

(9,8 кг/га), в дозе 250 мл/га – на 10 % (11,0 кг/га), в дозе 500 мл/га – на 8 % (9,0 кг/га) и в дозе 1000 мл/га – на 6 % (6,9 кг/га). Вынос фосфора также по вариантам был больше контроля в дозе 125 мл/га на 16 % (2,6 кг/га), в дозе 250 мл/га – на 20 % (3,2 кг/га), в дозе 500 мл/га – на 13 % (2,2 кг/га). В максимальной дозе 1000 мл/га также проявлялась тенденция к увеличению выноса фосфора на 7 % (1,1 кг/га) (таблица 18).

Таблица 18 – Вынос с урожаем азота и фосфора в зависимости от некорневых подкормок молибденовым удобрением

Доза внесения келик Мо, мл/га	Вынос с урожаем по годам							
	азота, кг/га				фосфора, кг/га			
	2012	2013	2014	ср.	2012	2013	2014	ср.
Контроль	146,5	102,6	93,7	114,8	23,2	13,7	12,7	16,3
125	161,0	105,0	106,7	124,6	27,4	14,7	15,5	18,9
250	163,1	105,6	106,7	125,8	28,5	15,2	15,7	19,5
500	161,8	106,5	101,9	123,8	26,5	14,9	14,8	18,5
1000	156,6	102,9	104,7	121,7	24,8	13,5	14,6	17,4
НСР ₀₅	7,9	6,3	6,0	6,5	1,8	1,6	1,4	1,9

В начале фазы цветения содержание азота в растениях сои до проведения некорневой подкормки борным удобрением было в пределах 3,75-3,85 %, но по вариантам различий не наблюдалось (таблица 19). По годам содержание азота было наибольшим в 2013 году (4,6-4,7 %), средним – в 2014 году (3,4-3,6 %), а в 2012 году – наименьшим (3,2-3,3 %) (приложение 19).

В фазе налива семян содержание азота снизилось до 2,46-2,92 % по сравнению с фазой цветения из-за нарастания надземной биомассы растений. Некорневая подкормка солюбором ДФ существенно увеличивала содержание

азота: в дозе 0,5 кг/га – на 0,46 %; 1,0 кг/га – на 0,44; 2,0 кг/га – на 0,37; 4,0 кг/га – на 0,28 % соответственно.

Таблица 19 – Динамика содержания азота в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами борного удобрения, % на сухое вещество (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
Контроль	3,84	2,46	6,69	0,42
0,5	3,79	2,92	6,73	0,52
1,0	3,76	2,90	6,67	0,53
2,0	3,75	2,83	6,78	0,48
4,0	3,85	2,74	6,76	0,41
НСР ₀₅	0,15	0,24	0,20	0,16

В фазу полной спелости содержание азота в семенах варьировало по вариантам опыта в пределах 6,67-6,78 %, в стеблях – 0,41-0,52 %. При этом достоверных различий по вариантам не наблюдалось.

Содержание фосфора в растениях сои в начале фазы цветения до проведения некорневой подкормки борным удобрением по вариантам было 0,29-0,31 %, однако достоверных различий не было. По годам содержание фосфора в растениях сои было близким, на уровне 0,2-0,3 % (приложение 20).

В фазу налива семян содержание фосфора в надземной части биомассы растений сои колебалось в пределах 0,23-0,28 %. При этом его содержание в вариантах некорневой подкормки солюбором ДФ имело четкую тенденцию к увеличению во всех вариантах опыта на 0,02-0,05 %.

В фазу полной спелости содержание фосфора в семенах колебалось по вариантам опыта в диапазоне от 0,93 до 1,06 %, в стеблях – от 0,15 до 0,18 %. В дозах 0,5 и 1,0 кг/га содержание в семенах было достоверно больше, чем в

контрольном варианте на 0,11 и 0,13 % соответственно. Различий в содержание фосфора в стеблях по вариантам не наблюдалось (таблица 20).

Таблица 20 – Динамика содержания фосфора в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами борного удобрения, % на сухое вещество (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
Контроль	0,30	0,23	0,93	0,16
0,5	0,31	0,28	1,04	0,18
1,0	0,31	0,28	1,06	0,18
2,0	0,31	0,26	1,00	0,17
4,0	0,29	0,25	0,96	0,15
НСР ₀₅	0,05	0,07	0,08	0,05

В опыте с борным удобрением в 2012 году вынос азота был на уровне 146,6-152,5 кг/га, фосфора – 22,8-25,7 кг/га. Разница в выносе азота по вариантам была не существенной, однако необходимо отметить тенденцию к увеличению этого показателя во всех вариантах опыта на 3-4 % (4,0-5,9 кг/га). Вынос фосфора превышал контроль на 4-13 % (0,9-2,9 кг/га) во всех вариантах опыта, при этом в дозах 0,5 и 1,0 кг/га разница была достоверной. В 2013 году вынос азота с урожаем колебался в диапазоне 96,6-103,8 кг/га, фосфора – 13,2-14,8 кг/га. Существенных различий по вариантам не наблюдалось, однако проявлялась тенденция к увеличению выноса фосфора с урожаем в дозах 0,5, 1,0 и 2,0 кг/га на 4-9 % (0,6-1,2 кг/га). В 2014 году вынос азота с урожаем составлял 91,0-105,3 кг/га, фосфора – 12,0-15,6 кг/га. Достоверная прибавка в выносе азота и фосфора наблюдалась во всех вариантах опыта на 7-16 % (6,4-14,3 кг/га) и на 13-30 % (1,5-3,6 кг/га) соответственно.

В среднем за три года вынос азота с урожаем колебался в диапазоне 114,5-119,8 кг/га, фосфора – 15,9-18,3 кг/га. При некорневой подкормке борным удобрением вынос азота с урожаем по вариантам существенно не различался, можно лишь отметить тенденцию к увеличению этого показателя в дозе 0,5 кг/га на 5 % (5,3 кг/га). Вынос фосфора с урожаем достоверно превышал контроль в дозе 0,5 кг/га на 16 % (2,6 кг/га) и в дозе 1,0 кг/га – на 15 % (2,4 кг/га). В дозе 2,0 кг/га также проявлялась тенденция к увеличению на 8 % (1,3 кг/га) (таблица 21).

Таблица 21 – Вынос с урожаем азота и фосфора в зависимости от некорневых подкормок борным удобрением

Доза внесения Соллюбор ДФ, кг/га	Вынос с урожаем по годам							
	азота, кг/га				фосфора, кг/га			
	2012	2013	2014	ср.	2012	2013	2014	ср.
Контроль	146,6	103,8	91,0	114,5	22,8	13,6	12,0	15,9
0,5	150,6	102,7	105,3	119,8	25,6	14,8	15,6	18,5
1,0	145,2	96,6	103,2	115,3	25,7	14,3	15,6	18,3
2,0	150,7	101,1	98,2	116,6	24,1	14,2	13,8	17,2
4,0	152,5	100,5	97,4	116,9	23,7	13,2	13,5	16,6
НСР ₀₅	6,4	5,3	5,0	6,1	2,2	1,5	1,4	1,8

3.4. Структура урожая и урожайность семян

Урожайность как интегрированный показатель всех процессов агрофитоценозов является основным параметром для оценки эффективности изучаемых агроприемов. Она зависит от взаимодействия природных и антропогенных воздействий на характер и степень обеспеченности растений всеми необходимыми факторами жизни по фазам вегетации.

Основным лимитирующим фактором, влияющим как на эффективность применения удобрений, как и на урожайность сои в целом, является

водообеспеченность (Хрустич М. и др., 2001; Есаулко А.Н. и др., 2005). О большом количестве потребления влаги соей в период формирования семян свидетельствует китайская народная мудрость: «Если цветы сухие, а бобы влажные, получишь 8 дань с одного му», которая означает, что будет высокий урожай семян сои. «Если цветы влажные, а бобы сухие, будет один ствол, а дани не будет», что означает – растения накопили большую вегетативную биомассу, а семян не будет (Сунь Син-дун, 1958).

В начальный период развития расход воды растениями сои незначителен (15-30 м³/га в сутки), то с нарастанием вегетативной массы происходит резкое (до 75 м³/га в сутки) его увеличение. Наиболее интенсивное водопотребление отмечается в фазы цветения, формирования бобов и налива семян. Однако, согласно литературным данным (Енкен В.Б., 1959; Казанок А.Ф., 1982; Баранов В.Ф. и др., 2005; Ступницкий Д.Н., 2009; Тильба В.А., Волох И.П., 2011) критическим периодом по потребности во влаге является не все время от цветения до начала созревания, а только в период формирования семян. Аналогичные результаты были получены на современном сорте сои Вилана в условиях Западного Предкавказья и в нашем исследовании.

Сумма осадков в мае в наших опытах имела среднюю положительную корреляцию ($r = 0,644$) с урожайностью сои, что связано с тем, что для прорастания семян сои требуется до 150 % влаги от массы сухого семени (Баранов В.Ф., 2009). Уравнение регрессии для этого показателя выглядит следующим образом: $Y = - 0,015X + 1,364$; $R^2 = 0,415$, где Y – урожайность сои, т/га; X – сумма осадков за май, мм.

Количество выпавших осадков в июне имеет высокую отрицательную зависимость ($r = - 0,949$) с урожайностью сои. Это объясняется тем, что при обильных осадках накапливается избыточная вегетативная масса растений сои и это приводит в конечном итоге к снижению урожайности. Уравнение регрессии для этого показателя выглядит следующим образом: $Y = - 0,008X + 2,725$; $R^2 = 0,900$, где Y – урожайность сои, т/га; X – сумма осадков за июнь, мм.

Сумма осадков за июль имеет слабую положительную корреляцию ($r = 0,342$) с урожайностью сои у среднеспелого сорта сои Вилана, что связано с попаданием большую часть этого месяца на фазу бобообразования, которая не является критической по водопотреблению.

Количество осадков в августе имеет достоверную положительную корреляцию ($r = 0,973$) с урожайностью сои, что является вполне закономерным, так как в это время активно происходит налив семян сои. Уравнение регрессии выглядит следующим образом: $Y = 0,027x + 1,697$; $R^2 = 0,946$, где Y – урожайность сои, т/га; X – сумма осадков за август, мм.

Таким образом, урожайность сои в значительной степени связана с характером распределения осадков в течение вегетации. При посеве в оптимальные сроки (начало мая) урожайность сорта сои Вилана имеет высокую положительную корреляционную связь с суммой выпавших осадков в мае и августе. Урожайность этого сорта сои может быть снижена из-за обильных осадков, выпадающих в июне, при котором происходит активное нарастание надземной биомассы, что приводит к непроизводительному расходу воды на транспирацию в более поздние фазы вегетации.

Оптимизация условий питания своевременным обеспечением растений дефицитными элементами позволяет активизировать продукционный процесс и достичь прироста урожайности. Одним из малозатратных способов устранения дефицита элементов питания у растений сои являются некорневые подкормки.

Для выявления тех или иных изменений в урожайности определяют структуру урожая, которая позволяет определить каким образом и за счет чего некорневые подкормки удобрениями повлияли на урожайность. К структуре урожая у сои относятся – количество растений, бобов, семян с единицы площади и масса семян на одном растении, масса 1000 шт. семян, а также коэффициент хозяйственно полезной части биомассы.

В опыте с серным удобрением в 2012 году количество растений колебалось в диапазоне 27-33 шт./м², количество бобов – 1019-1063 шт./м²,

семян – 2234-2358 шт./м². Некорневая подкормка в дозе 250 г/га способствовала достоверному увеличению количества бобов на 4 % (44 шт./м²) и семян на 6 % (124 шт./м²), что привело к увеличению семенной продуктивности на 10 %. При действии остальных доз серного удобрения также проявилась тенденция к увеличению количества бобов на 2 % (21-25 шт./м²) и достоверно увеличивалось количество семян на 3 % (56-73 шт./м²), что также способствовало некоторому увеличению семенной продуктивности. Необходимо отметить, что достоверных различий в массе 1000 семян по вариантам не наблюдалось. Коэффициент хозяйственно полезной части биомассы также был близок к контролю. В 2013 году количество растений колебалось в пределах 36-38 шт./м², количество бобов – 946-1152 шт./м², семян – 1496-1702 шт./м². В дозе 250 г/га также как и в 2012 году наблюдалось большее по сравнению с контрольным вариантом количество бобов на 16 % (155 шт./м²) и семян на 8 % (131 шт./м²). Масса семян на 1 растение была больше на 13 % (0,7 г/растение), а коэффициент хозяйственно полезной части биомассы был больше на 0,03. Остальные дозы серного удобрения не влияли на элементы структуры урожая в 2013 году. Необходимо лишь отметить также повышение коэффициента хозяйственно полезной части биомассы на 0,03-0,04. В 2014 году количество растений было в диапазоне 29-33 шт./м², количество бобов – 972-1108 шт./м², семян – 2036-2243 шт./м². Все изучаемые дозы серного удобрения способствовали достоверному увеличению количества бобов и семян – в дозе 250 г/га на 12 % (115 шт./м²) и 8 % (169 шт./м²) соответственно; в дозе 500 г/га – на 13 % (127 шт./м²) и 10 % (195 шт./м²) соответственно; в дозе 1000 г/га – на 5 % (53 шт./м²) и 6 % (122 шт./м²) соответственно; в дозе 2000 г/га – на 14 % (136 шт./м²) и 10 % (207 шт./м²) соответственно. При этом продуктивность одного растения по вариантам достоверно превышала контроль на 8-18 % (0,5-1,1 г/растение). Масса 1000 семян в вариантах обработок была

близкой к контролю, а коэффициент хозяйственно полезной части биомассы был больше на 0,02 (приложение 21).

В среднем за три года серное удобрение способствовало достоверному увеличению количества бобов в дозе 250 г/га - на 11 % (105 шт./м²). В остальных дозах также проявлялась тенденция к их увеличению – в дозе 500 г/га – на 4 % (36 шт./м²), 1000 г/га – на 2 % (20 шт./м²) и 2000 г/га – на 4 % (35 шт./м²). Также сульфат калия достоверно увеличивал количество семян: в дозе 250 г/га – на 7 % (141 шт./м²), 500 г/га – на 5 % (93 шт./м²), 1000 г/га – на 3 % (60 шт./м²) и 2000 г/га – на 3 % (63 шт./м²) (таблица 22).

Таблица 22 – Структура урожая сои по вариантам некорневых подкормок разными дозами серного удобрения (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Количество, шт./м ²			Масса семян, г		K _{хоз}
	растений	бобов	семян	1000 шт.	1 раст.	
Контроль	34	996	1947	145,0	7,3	0,40
250	32	1101	2088	143,8	8,2	0,42
500	32	1032	2040	142,3	8,0	0,42
1000	33	1016	2007	142,8	7,7	0,43
2000	32	1031	2010	140,7	7,9	0,42
НСР ₀₅	-	47	57	5,1	0,6	-

Наибольшая семенная продуктивность (8,2 г/м²) была сформирована в варианте 250 г/га благодаря увеличению количества бобов на 10 % и семян – на 7 %. В дозе 500 г/га семенная продуктивность также была достоверно больше, чем в контрольном варианте на 0,7 г/растение, а в остальных дозах проявилась тенденция к ее увеличению на 0,4-0,6 г/растение. Как отмечалось выше в главе 3.2. общая биомасса при некорневой подкормке различными дозами серного удобрения практически не изменялась, однако происходило некоторое увеличение семенной продуктивности, поэтому коэффициент хозяйственно полезной части биомассы был выше на 0,02-0,03 по сравнению

с контролем, что также свидетельствует о более ускоренном оттоке пластических веществ в семена под действием серного удобрения. Также необходимо отметить, что масса 1000 семян в среднем за три года исследований составила 140,7-145,0 г, однако изучаемые дозы серного удобрения на этот показатель существенного влияния не оказали.

Урожайность сои при некорневой подкормке серным удобрением в 2012 году была на уровне 2,56-2,70 т/га. Достоверную прибавку урожайности обеспечили некорневые подкормки сульфатом калия в дозах 250, 500 и 1000 г/га (7, 4 и 4 % от контроля соответственно), причем наименьшая доза серного удобрения показала лучший результат. В 2013 году некорневая подкормка серным удобрением не обеспечила достоверной прибавки урожая ни в одной из изучаемых дозировок, однако тенденция к увеличению урожайности проявилась во всех вариантах опыта (таблица 23).

Таблица 23 – Урожайность семян сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами серного удобрения

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Урожайность по годам, т/га				± к контролю	
	2012	2013	2014	средняя	т/га	%
Контроль	2,52	1,82	1,58	1,97	-	-
250	2,70	1,88	1,72	2,10	0,13	6,6
500	2,62	1,86	1,70	2,06	0,09	4,6
1000	2,62	1,86	1,72	2,07	0,10	5,1
2000	2,56	1,86	1,69	2,04	0,07	3,6
НСР ₀₅	0,10	0,11	0,12	-		

Слабую отзывчивость растений сои на серное удобрение в этот год можно объяснить более высоким содержанием подвижных форм серы в почве, чем в 2012 и 2014 годах. Сопоставление содержания подвижных форм серы в почве с эффективностью применения серного удобрения будет

рассмотрено подробнее в главе 4.1. В 2014 году серное удобрение способствовало увеличению урожайности сои во всех вариантах опыта. Прибавка составила 0,11-0,14 т/га (7-9 %).

В среднем за 3 года наибольшую прибавку урожайности семян сои обеспечил вариант с наименьшей (250 г/га) дозой сульфата калия на 7 % (0,13 т/га). Остальные дозы серного удобрения также способствовали увеличению урожайности сои на 0,07-0,10 т/га (4-5 %), однако прибавки не были достоверными.

В опыте с молибденовым удобрением в 2012 году количество растений колебалось в диапазоне 25-34 шт./м², количество бобов – 976-1008 шт./м², семян – 2190-2359 шт./м². При некорневой подкормке келик молибденом достоверных изменений в количестве бобов не наблюдалось, можно лишь отметить тенденцию к их увеличению в дозе 500 мл/га на 3 % (28 шт./м²). Также в этом варианте достоверно увеличивалось количество бобов на 3 % (67 шт./м²). Молибденовое удобрение способствовало увеличению массы 1000 семян во всех вариантах опыта на 4-7 % (6,2-9,8 г). Увеличенная масса 1000 семян позволила достоверно увеличить семенную продуктивность каждого растения в дозах 125 и 250 мл/га на 12-25 % (1,3-2,7 г/растение). В дозах 500 и 1000 мл/га этот показатель был близок к контролю. Коэффициент хозяйственно полезной части биомассы во всех вариантах опыта был больше контроля на 0,02-0,04. В 2013 году количество растений колебалось в пределах 34-36 шт./м², количество бобов – 912-963 шт./м², семян – 1461-1533 шт./м². В этот год молибденовое удобрение слабо влияло на все изучаемые элементы структуры урожая и их изменение было в пределах ошибки опыта. Это может быть связано с более высоким содержанием подвижных форм молибдена в 2013 году на экспериментальном участке, что будет рассмотрено более подробно в главе 4.1. В 2014 году количество растений было в диапазоне 30-33 шт./м², количество бобов – 977-1146 шт./м², семян – 2051-2288 шт./м². Некорневая подкормка молибденовым удобрением способствовала достоверному увеличению количества бобов в дозах 125 и 250 мл/га на 14 %

(137 шт./м²) и 16 % (160 шт./м²) соответственно, а в дозах 500 и 1000 мл/га этот показатель был близок к контролю. Количество семян достоверно превышало контрольный вариант при обработке растений молибденовым удобрением в дозе 125 мл/га – на 10 % (202 шт./м²), в дозе 250 мл/га – на 12 % (237 шт./м²) и в дозе 500 мл/га – на 3 % (57 шт./м²). Максимальная доза 1000 мл/га не способствовала достоверному увеличению количества семян. Масса 1000 семян по вариантам существенных различий не имела. Благодаря большому количеству бобов и семян, семенная продуктивность в дозе 250 мл/га была больше по сравнению с контролем на 8 % (0,5 г/растение). В остальных вариантах опыта этот показатель от контроля существенно не отличался. Коэффициент хозяйственно полезной части биомассы в дозах 125, 250 и 500 мл/га увеличивался на 0,01-0,02 (приложение 22).

В среднем за три года в вариантах 125 и 250 мл/га количество бобов имело тенденцию к увеличению по сравнению с контрольным вариантом на 3 % (32 шт./м²) и 4 % (40 шт./м²) соответственно, а количество семян достоверно превышало контроль на 3 % (59 и 66 шт./м² соответственно). В дозах 500 и 1000 мл/га эти показатели не превышали контрольный вариант (таблица 24).

Таблица 24 – Структура урожая сои по вариантам некорневых подкормок молибденовым удобрением (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения келик Мо, мл/га	Количество, шт./м ²			Масса семян, г		К _{хоз}
	растений	бобов	семян	1000 шт.	1 раст.	
Контроль	33	976	1925	145,4	7,6	0,41
125	31	1008	1984	146,4	8,1	0,42
250	32	1016	1991	145,1	7,9	0,42
500	34	986	1943	144,5	7,4	0,43
1000	33	961	1927	145,6	7,5	0,42
НСР ₀₅	-	43	56	5,5	0,7	-

В дозах 125 и 250 мл/га проявилась тенденция к увеличению семенной продуктивности на 7 % (0,5 г/растение) и 4 % (0,3 г/растение) соответственно, однако разница не была достоверной. Масса 1000 семян в вариантах обработки молибденовым удобрением также изменялась незначительно. Как отмечалось ранее в главе 3.2., из-за некоторого уменьшения массы несеменной части при обработке молибденовым удобрением, доля семян в общей биомассе была выше на 1-2 %.

Молибденовое удобрение в 2012 году обеспечило достоверную прибавку урожайности только при дозах 250 и 500 мл/га (на 6 и 7 % соответственно). В варианте 125 мл/га проявилась тенденция к увеличению урожайности на 5 %, а вариант 1000 мл/га был на уровне контроля (таблица 25).

Таблица 25 – Урожайность семян сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами молибденового удобрения

Доза внесения келик Мо, мл/га	Урожайность по годам, т/га				± к контролю	
	2012	2013	2014	средняя	т/га	%
Контроль	2,65	1,81	1,60	2,02	-	-
125	2,77	1,76	1,75	2,09	0,07	3,5
250	2,81	1,78	1,76	2,12	0,10	5,0
500	2,83	1,81	1,70	2,11	0,09	4,5
1000	2,69	1,76	1,73	2,06	0,04	2,0
НСР ₀₅	0,14	0,12	0,15		-	

В 2013 году некорневые подкормки молибденовыми удобрениями не оказали существенного влияния на урожайность семян сои, и она колебалась в пределах 1,76-1,81 т/га. Это связано с высоким содержанием подвижного молибдена в почве на экспериментальном участке в этот год. Сопоставление содержания подвижных форм молибдена в почве с эффективностью

применения молибденового удобрения будет рассмотрено подробнее в главе 4.1. В 2014 году прибавка урожайности от применения молибденового удобрения составила 8-10 % (0,13-0,16 т/га), причем наилучший результат показала доза 250 мл/га.

В среднем за 2012-2014 гг. наиболее эффективной при некорневой подкормке келик молибденом была доза 250 мл/га, обеспечившая прибавку урожайности на 0,10 т/га, однако она не была достоверной. От применения других доз этого удобрения отмечается тенденция к увеличению урожайности на 2-5 %.

В опыте с борным удобрением в 2012 году количество растений колебалось в диапазоне 31-32 шт./м², количество бобов – 966-980 шт./м², семян – 2134-2173 шт./м². Некорневая подкормка борным удобрением не оказывала существенного влияния ни на количество бобов, ни на количество семян. Масса 1000 семян колебалась в пределах 142,3-147,0 г, а семенная продуктивность – 10,3-10,7 г/растение, однако по вариантам опыта разница по этим показателям была также ниже значения НСР₀₅. Необходимо отметить лишь некоторое увеличение коэффициента хозяйственно полезной части биомассы во всех вариантах опыта на 0,02-0,03, что связано с некоторым уменьшением общего количества надземной биомассы при сопоставимом с контролем уровне семенной продуктивности, как было описано в главе 3.2. В 2013 году количество растений колебалось в пределах 33-36 шт./м², количество бобов – 941-976 шт./м², семян – 1477-1543 шт./м². Борное удобрение в изучаемых дозах существенного влияния на эти показатели не оказывало, можно лишь отметить некоторую тенденцию к снижению количества семян в дозе 0,5 кг/га – на 4 % (58 шт./м²), в дозе 1,0 кг/га – на 4 % (66 шт./м²), в дозе 2,0 кг/га – на 3 % (51 шт./м²) и в дозе 4,0 кг/га – на 3 % (41 шт./м²). Для массы 1000 семян было характерно достоверное снижение в вариантах обработки борным удобрением в дозе 0,5 кг/га – на 7 % (11,4 г), в дозе 1,0 кг/га – на 5 % (7,9 г), в дозе 2,0 кг/га – на 9 % (13,9 г) и в дозе 4,0 – на 8 % (12,1 г). Семенная продуктивность и коэффициент хозяйственно

полезной части биомассы по вариантам изменялись незначительно. В 2014 году количество растений было в диапазоне 31-34 шт./м², количество бобов – 965-1236 шт./м², семян – 2023-2417 шт./м². Количество бобов достоверно превышало контроль в вариантах 0,5 кг/га на 28 % (267 шт./м²) и 1,0 кг/га на 24 % (230 шт./м²). Количество семян в этих дозах также возрастало на 19 и 15 % (385 и 310 шт./м²) соответственно. Возрастающие дозы борного удобрения не способствовали увеличению этих показателей. Необходимо отметить, что борное удобрение достоверно снижало массу 1000 семян в дозе 0,5 кг/га на 5 % (6,8 г), в дозе 1,0 кг/га – на 6 % (7,4 г), в дозе 2,0 кг/га – на 5 % (6,1 г) и в дозе 4,0 кг/га – на 5 % (5,9 г). Благодаря значительному увеличению бобов и семян повышалась семенная продуктивность растений сои в дозе 0,5 и 1,0 кг/га на 20 % (1,2 г/растение) и 13 % (0,8 г/растение) соответственно. Коэффициент хозяйственно полезной части биомассы по вариантам возрастал на 0,01-0,04 (приложение 23).

В среднем за три года в вариантах некорневой подкормки борным удобрением в дозах 0,5 и 1,0 кг/га количество бобов и семян достоверно превышало контроль на 7-8 % и 4-6 % соответственно (таблица 26), что

Таблица 26 – Структура урожая сои по вариантам некорневых подкормок борным удобрением (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения солюбор ДФ, кг/га	Количество, шт./ м ²			Масса семян, г		К _{хоз}
	растений	бобов	семян	1000 шт.	1 раст.	
Контроль	34	972	1907	143,4	7,3	0,41
0,5	32	1053	2017	137,6	7,8	0,42
1,0	33	1042	1984	138,0	7,5	0,42
2,0	32	965	1929	138,0	7,6	0,42
4,0	33	968	1946	138,3	7,4	0,42
НСР ₀₅	-	44	61	4,8	0,6	-

подтверждает мнения авторов (Маслова Н.Ф., 1990; Nowak G.A., Czapla J., 1995; Голов В.И., 1996; Шеуджен А.Х., 2003; Дзанагов С.Х. и др., 2013) о повышении завязываемости бобов у сои под действием борных удобрений. Вместе с этим, масса 1000 семян в вариантах опыта была меньше на 4 % (5,1-5,8 г), чем в контроле, и поэтому семенная продуктивность в целом была близкой к контролю.

В 2012 году урожайность была на уровне 2,55-2,65 т/га, однако достоверных различий по вариантам не наблюдалось. В 2013 году урожайность была ниже и была в пределах 1,71-1,82 т/га, но изучаемый фактор также не повлиял на этот показатель. В 2014 году уровень урожайности составил 1,52-1,78 т/га. При этом борное удобрение в дозе 0,5 кг/га обеспечило достоверное увеличение урожайности сои на 17 % (0,26 т/га). Дозы 1,0 и 2,0 кг/га также достоверно повышали урожайность в этот год на 16 % (0,24 т/га) и 9 % (0,13 т/га) соответственно. Максимальная доза солюбора ДФ 4,0 кг/га также повышала урожайность на 7 % (0,11 т/га), но прибавка не была достоверной (таблица 27).

Таблица 27 – Урожайность сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами борного удобрения

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Урожайность по годам, т/га				± к контролю	
	2012	2013	2014	средняя	т/га	%
Контроль	2,63	1,82	1,52	1,99	-	-
0,5	2,61	1,81	1,78	2,07	0,08	4,0
1,0	2,55	1,71	1,76	2,01	0,02	1,0
2,0	2,60	1,76	1,65	2,00	0,01	0,5
4,0	2,65	1,76	1,63	2,01	0,02	1,0
НСР ₀₅	0,11	0,11	0,12		-	

Содержание в почве подвижных форм бора во все годы проведения исследований было высоким, однако бор при отсутствии осадков в августе 2014 года способствовал повышению засухоустойчивости растений сои и формированию более высокого урожая семян. Полученные ранее данные подтверждают это явление в центральной зоне Краснодарского края (Баранов В.Ф. и др., 1990; Костевич С.В., Асокин О.И., 2008; Асокин О.И., 2009).

В целом за годы исследований тенденция к увеличению урожайности наблюдалась при некорневой подкормке солюбором ДФ в дозе 0,5 кг/га (прибавка 0,08 т/га к контролю), а остальные дозы борного удобрения не способствовали увеличению урожайности сои и были близки к контролю.

3.5. Биохимические показатели семян сои и сбор белка и масла с гектара

Отличительной особенностью и достоинством сои является высокое по сравнению с другими культурами содержание белка, хорошо сбалансированного по аминокислотному составу, а также повышенное содержание масла, в составе которого высока доля незаменимых полиненасыщенных жирных кислот в соотношении, соответствующем потребностям человеческого организма (Петибская В.С., 2012).

В опыте с серным удобрением в 2012 году содержание в семенах белка колебалось в диапазоне 41,0-41,5 %, сбор белка – 895,1-961,3 кг/га, содержание в семенах масла – 22,7-23,1 %, сбор масла – 492,0-529,4 кг/га. Некорневая подкормка серным удобрением не способствовала увеличению содержания белка в семенах сои, однако за счет повышения урожайности на 4-7 % сбор белка с гектара был больше в дозе 250 г/га на 7 % (66,2 кг/га), в дозе 500 г/га – на 4 % (35,5 кг/га) и в дозе 1000 г/га – на 4 % (40,0 кг/га). При максимальной дозе 2000 г/га сбор белка был на уровне контроля. Содержание масла в семенах по вариантам также было на уровне контроля, а сбор масла превышал контрольный вариант в дозе 250 г/га – на 8 % (37,4 кг/га), в дозах 500 г/га и 1000 г/га – на 5 % (24 кг/га). В 2013 году

содержание в семенах белка было на уровне 42,2-42,7 %, сбор белка – 660,5-688,8 кг/га, содержание в семенах масла – 22,1-22,5 %, сбор масла – 352,2-362,2 кг/га. Серное удобрение существенно не повлияло на содержание в семенах белка, однако тенденция к повышению на 0,3-0,5 % проявилась во всех вариантах опыта, что также способствовало увеличению сбора белка с гектара в дозе 250 г/га на 4 % (28,3 кг/га), в дозе 500 г/га – на 3 % (19,3 кг/га), в дозе 1000 г/га и 2000 г/га – на 3 % (22,5 кг/га). Разница в содержании масла в семенах и сбор масла с гектара по вариантам обработки серным удобрением также не превышала значение НСР. В 2014 году содержание в семенах белка колебалось в диапазоне 43,7-44,1 %, сбор белка – 593,8-652,3 кг/га, содержание в семенах масла – 20,5-21,9 %, сбор масла – 286,7-323,9 кг/га. В 2014, как и в 2013 году, проявилась тенденция к увеличению содержания белка в семенах на 0,1-0,4 %, что в совокупности с повышением урожайности на 7-9 % позволило получить больший сбор белка с гектара в дозе 250 г/га на 10 % (58,5 кг/га), в дозе 500 г/га – на 8 % (49,5 кг/га), 1000 г/га – на 9 % (55,6 кг/га), в дозе 2000 г/га – на 7 % (42,8 кг/га). Содержание масла в семенах и сбор масла с гектара при обработке серным удобрением не превышали контрольный вариант (приложения 24, 25).

В среднем за 3 года в опыте с серным удобрением увеличение урожайности на 4-7 % и некоторое повышение содержания белка в семенах сои на 0,2-0,3 % позволило получить достоверно больший по сравнению с контролем сбор протеина с гектара в дозе 250 г/га на 7 % (52,9 кг/га), в дозе 500 г/га – на 5 % (36,4 кг/га) и в дозе 1000 г/га – на 6 % (41,8 кг/га). В дозе 2000 г/га также проявлялась тенденция к увеличению сбора белка с гектара на 4 % (27,3 кг/га). Средний сбор масла также имел тенденцию к увеличению на 4-6 % (15,1-22,6 кг/га) под действием серного удобрения (таблица 28).

Таблица 28 – Содержание в семенах и сбор с гектара белка и масла в зависимости от некорневых подкормок сои серным удобрением (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Белок		Масло	
	содержание в семенах, %	сбор, кг/га	содержание в семенах, %	сбор, кг/га
Контроль	42,4	718,3	22,1	374,4
250	42,7	771,2	21,9	395,5
500	42,6	754,7	22,0	389,8
1000	42,7	760,1	22,3	397,0
2000	42,5	745,6	22,2	389,5
НСР ₀₅	0,5	34,8	0,3	23,2

В опыте с молибденовым удобрением в 2012 году содержание в семенах белка колебалось в диапазоне 41,6-42,4 %, сбор белка – 948,1-1019,8 кг/га, содержание в семенах масла – 22,2-22,6 %, сбор масла – 515,1-540,3 кг/га. Некорневая подкормка молибденовым удобрением достоверно увеличивала содержание в семенах белка в дозе 125 мл/га на 0,8 %, в дозе 250 мл/га – на 0,4 %, в дозе 500 мл/га – на 0,3 % и в дозе 1000 мл/га – на 0,6 %. Это, вместе с повышением урожайности на 5-7 %, способствовало достоверному повышению сбора белка с гектара в дозе 125 мл/га на 7 % (62 кг/га), в дозе 250 мл/га – на 7 % (66,9 кг/га), в дозе 500 мл/га – на 8 % (71,7 кг/га). В дозе 1000 мл/га также проявлялась тенденция к увеличению сбора белка с гектара на 3 % (28,2 кг/га). Содержание масла в семенах под действием молибдена достоверно снижалось в дозе 250 мл/га на 0,3 %, в дозах 500 и 1000 мл/га – на 0,4 %, однако благодаря росту урожайности сбор масла с гектара был больше в дозе 125 мл/га на 4 % (20,9 кг/га), в дозе 250 мл/га – на 5 % (23,8 кг/га) и в дозе 500 мл/га – на 5 % (25,2 кг/га). В максимальной дозе 1000 мл/га сбор

масла с гектара был на уровне контроля (513,6 кг/га). В 2013 году содержание в семенах белка было на уровне 42,2-43,1 %, сбор белка – 646,3-667,8 кг/га, содержание в семенах масла – 21,5-22,5 %, сбор масла – 325,4-350,2 кг/га. В этом году молибден также способствовал увеличению содержания белка в семенах в дозе 125 мл/га на 0,5 %, в дозе 250 мл/га – на 0,9 %, в дозе 500 мл/га – на 0,7 % и в дозе 1000 мл/га – на 0,8 %. Несмотря на увеличение белка в семенах, сбор белка с гектара по вариантам обработки молибденовым удобрением во всех вариантах опыта был близок к контролю, что связано с более низкой урожайностью в этих вариантах. Содержание в семенах масла, наоборот, достоверно снижалось под действием молибденового удобрения в дозе 125 мл/га на 0,3 %, в дозе 250 мл/га – на 0,6 %, в дозе 500 мл/га – на 0,5 % и в дозе 1000 мл/га – на 1,0 %. При этом проявлялась тенденция к снижению сбора масла с гектара в дозе 125 мл/га на 4 % (14,2 кг/га), в дозе 250 мл/га – на 4 % (15,0 кг/га), в дозе 500 мл/га – на 2 % (7,7 кг/га) и в дозе 1000 мл/га – на 7 % (24,8 кг/га). В 2014 году содержание в семенах белка колебалось в диапазоне 43,9-44,2 %, сбор белка – 605,4-669,0 кг/га, содержание в семенах масла – 20,9-21,2 %, сбор масла – 287,6-320,9 кг/га. Содержание в семенах белка под действием молибденового удобрения было близким к контролю, однако благодаря увеличению урожайности на 8-10 % происходило повышение сбора белка с гектара в дозе 125 мл/га на 10 % (59,8 кг/га), в дозе 250 мл/га – на 11 % (63,6 кг/га), в дозе 500 мл/га – на 6 % (36,4 кг/га) и в дозе 1000 мл/га – на 8 % (50,7 кг/га). Содержание масла в семенах по вариантам опыта было близким к контролю, но из-за роста урожайности сбор масла с гектара достоверно превышал контроль в дозе 125 мл/га на 10 % (28,5 кг/га), в дозе 250 мл/га – на 12 % (33,3 кг/га). В возрастающих дозах 500 и 1000 мл/га также проявлялась тенденция к повышению сбора масла с гектара на 6 % (18 кг/га) и 9 % (26,3 кг/га) (приложения 26, 27).

Экзогенное воздействие на растения сои молибдена способствует активизации фермента нитратредуктазы, благодаря которому нитратные формы азота в растительном организме более интенсивно переходят в амидные с дальнейшим образованием аминокислот и протеина, которые накапливаются в репродуктивных органах (Казачков Ю.Н., 1987; Переверзева Е.В., 2000; Столяров О.В., Пичугина Т.П., 2003; Шеуджен А.Х., 2016). Молибден усиливает поступление азота в растения сои благодаря, так как он входит в состав нитрогеназы, которая принимает активное участие в фиксации азота из воздуха клубеньковыми бактериями. Это подтверждает четкая тенденция увеличения содержания белка в семенах и повышение сбора белка в нашем опыте под влиянием некорневой подкормки келик молибденом.

В среднем за три года содержание в семенах белка и сбор белка с гектара достоверно превышали контроль в дозе 125 мл/га на 0,5 % и 5 % (34,5 кг/га) соответственно, в дозе 250 мл/га – на 0,5 % и 6 % (45,8 кг/га) соответственно, в дозе 500 мл/га – на 0,3 % и 5 % (38,5 кг/га) соответственно. В максимальной дозе 1000 мл/га также достоверно возросло содержание белка в семенах на 0,5 % и проявлялась тенденция к увеличению сбора белка с гектара на 3 % (23,6 кг/га). Содержание в семенах масла и сбор с гектара были близки к контролю (таблица 29).

В опыте с борным удобрением в 2012 году содержание в семенах белка колебалось в диапазоне 41,6-41,8 %, сбор белка – 912,3-952,6 кг/га, содержание в семенах масла – 22,2-22,5 %, сбор масла – 491,2-512,8 кг/га. Борное удобрение существенно не влияло ни на содержание белка и масла в семенах сои, ни на их сбор с гектара. В 2013 году содержание в семенах белка было на уровне 42,2-42,4 %, сбор белка – 620,6-660,5 кг/га, содержание в семенах масла – 21,7-22,5 %, сбор масла – 323,5-352,2 кг/га.

Таблица 29 – Содержание в семенах и сбор с гектара белка и масла в зависимости от некорневых подкормок сои молибденовым удобрением (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения келик Мо, мл/га	Белок		Масло	
	содержание в семенах, %	сбор, кг/га	содержание в семенах, %	сбор, кг/га
Контроль	42,6	740,0	22,0	382,2
125	43,1	774,5	21,9	393,6
250	43,1	785,8	21,8	397,5
500	42,9	778,5	21,7	393,8
1000	43,1	763,6	21,6	382,7
НСП ₀₅	0,4	31,9	0,3	24,7

Некорневая подкормка борным удобрением существенного влияния на содержание белка в семенах не оказала, однако сбор белка несколько снижался в дозе 1,0 кг/га на 6 % (39,9 кг/га), в дозе 2,0 кг/га – на 3 % (21,8 кг/га), и в дозе 4,0 кг/га – на 3 % (18,7 кг/га). Содержание масла в семенах сои достоверно снижалось под действием борного удобрения на 0,4-0,8 %. При этом проявлялась тенденция к снижению сбора масла с гектара в дозе 0,5 кг/га на 2 % (8,2 кг/га), в дозе 1,0 кг/га – на 8 % (28,7 кг/га), в дозе 2,0 кг/га – на 5 % (19,2 кг/га) и в дозе 4,0 кг/га – на 7 % (23,7 кг/га). В 2014 году содержание в семенах белка колебалось в диапазоне 43,9-44,1 %, сбор белка – 575,2-673,6 кг/га, содержание в семенах масла – 20,6-21,0 %, сбор масла – 273,2-317,9 кг/га. Борное удобрение не оказывало существенного влияния на содержание белка в семенах, однако из-за роста урожайности в этот год на 7-16 % сбор белка с гектара достоверно возрастал в дозе 0,5 кг/га на 17 % (98,4 кг/га), в дозе 1,0 кг/га – на 16 % (90,8 кг/га), в дозе 2,0 кг/га – на 9 % (50,6 кг/га) и в дозе

4,0 кг/га – на 7 % (40,2 кг/га). На содержание масла в семенах борное удобрение достоверного влияния не оказывало, но сбор масла с гектара также достоверно возрастал в дозе 0,5 кг/га – на 15 % (42,1 кг/га) и в дозе 1,0 кг/га – на 16 % (44,7 кг/га). В дозах 2,0 и 4,0 кг/га проявлялась тенденция к увеличению по этому показателю на 9 % (23,4 кг/га) и 6 % (15,6 кг/га) соответственно (приложения 28, 29).

В среднем за три года борное удобрение в дозе 0,5 кг/га способствовало повышению сбора белка на 4 % (29,3 кг/га) и масла на 3 % (11,5 кг/га), однако разница была несущественной. В дозах 1,0, 2,0 и 4,0 кг/га солюбора ДФ сбор с гектара белка и масла были на уровне контрольного варианта. На содержание в семенах сои белка и масла борное удобрение не повлияло (таблица 30).

Таблица 30 – Содержание в семенах и сбор с гектара белка и масла в зависимости от некорневых подкормок сои борным удобрением (среднее за 2012-2014 гг.)

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Белок		Масло	
	содержание в семенах, %	сбор, кг/га	содержание в семенах, %	сбор, кг/га
Контроль	42,6	729,1	21,9	374,8
0,5	42,6	758,4	21,7	386,3
1,0	42,6	736,4	21,8	376,8
2,0	42,7	734,4	21,7	373,2
4,0	42,7	738,1	21,6	373,4
НСР ₀₅	0,5	35,8	0,3	26,0

В целом, некорневая подкормка серным удобрением в вариантах с дозами 250 и 500 г/га способствовала активизации ростовых процессов в фазу налива семян, что проявилось в увеличении высоты растений сои на 6-

7 %, надземной биомассы на 8-12 %, а также содержания в надземной биомассе азота на 0,4 % и фосфора на 0,04-0,05 %. Максимальная доза 2000 г/га угнетала рост растений сои, что выражалось в сокращении надземной биомассы на 9 % в фазу налива семян. К фазе полной спелости увеличились на 2-5 % доля хозяйственно полезной части биомассы и содержание в семенах азота на 0,3-0,4 % и фосфора – на 0,1 %.

Повышенная семенная продуктивность сои под действием серного удобрения проявлялась за счет увеличения количества бобов на 22-105 шт./м² и семян на 60-141 шт./м². Урожайность семян сои в вариантах обработки серным удобрением была выше по сравнению с контролем в среднем за 3 года на 0,07-0,13 т/га, и это связано с низкой обеспеченностью почвы подвижными формами серы. Сбор протеина с гектара при применении сульфата калия также был выше на 4-7 %. Наиболее эффективной дозой серного удобрения является 250 г/га (Дряхлов А.А., Щегольков А.В., Горбунова Ю.К., 2016).

Некорневая подкормка молибденовым удобрением в дозах 125, 250 и 500 мл/га способствовала увеличению в фазу налива семян высоты растений на 4-8 %, надземной биомассы на 3-8 % и содержания азота в надземной биомассе на 0,5 % и фосфора – на 0,04-0,07 %. К фазе полной спелости происходило снижение массы несеменной части по сравнению с контролем на 4-7 % и увеличение содержания в семенах азота на 0,2-0,3 % и фосфора – на 0,1 %, что свидетельствует о более ускоренном оттоке пластических веществ в репродуктивные органы на последних этапах органогенеза.

При обработке келик молибденом в дозах 125 и 250 мл/га можно отметить некоторое увеличение количества бобов на 32 и 40 шт./м² и семян на 59 и 66 шт./м² соответственно. Урожайность семян сои в среднем за 3 года повышалась на 0,07-0,10 т/га при некорневой подкормке молибденовым удобрением в дозах 125, 250 и 500 мл/га, однако в 2013 году удобрение не повлияло на этот показатель, что может быть связано с более высоким содержанием подвижного молибдена в почве на экспериментальном участке

в этот год. Во всех вариантах опыта сбор белка превысил контроль на 23,6-45,8 кг/га, а содержание в семенах – на 0,3-0,5 %. Наибольшая продуктивность была отмечена при дозе келик молибдена – 250 мл/га (Щегольков А.В., 2015).

Некорневая подкормка борным удобрением в дозах 0,5 кг/га и 1,0 кг/га к фазе налива семян увеличивала высоту растений сои на 3-4 %, надземную биомассу на 2-8 % и содержание азота в надземной биомассе на 0,5 % и фосфора – на 0,05 %. В фазе полной спелости в этих дозах количество бобов и семян достоверно превышало контроль на 7-8 % и 4-6 % соответственно, а также содержание фосфора в семенах на 0,11-0,13 %. Вместе с тем масса 1000 семян была на 4 % меньше, и в целом, семенная продуктивность была близка к контролю.

Положительное действие борного удобрения проявилось только в засушливый 2014 год. В среднем за 3 года тенденция к увеличению урожайности проявлялась при некорневой подкормке солюбором ДФ в дозе 0,5 кг/га (прибавка 0,08 т/га к контролю) при повышении сбора белка на 29,3 кг/га и масла на 11,5 кг/га (Щегольков А.В., 2015).

4. ПОЧВЕННАЯ И РАСТИТЕЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ СОИ В СЕРЕ, МОЛИБДЕНЕ И БОРЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК ПО ЕЕ РЕЗУЛЬТАТАМ

4.1. Почвенная диагностика

Полевой опыт с изучением различных доз, видов, способов и сроков применения удобрений является основой определения потребности растений в элементах питания, однако наряду с ним часто используют и другие методы диагностики. Определение содержания питательных веществ в почве является одним из самых распространенных методов диагностики потребности растений в удобрениях, который широко применяется у нас в стране и за рубежом (Куркаев В.Т., 1968; Салтанов М.Д., 1971; Нагорный В.Д., 1993; Ермохин Ю.И., 1995; Городний М.М., 2006). С помощью результатов химического анализа почвы можно прогнозировать эффективность использования удобрений. По сравнению с полевыми исследованиями почвенные методы диагностики просты в исполнении и, кроме того, позволяют сделать перед посевом прогноз потребности растений в удобрениях (Chapman H.D., 1966; Церлинг В.В., 1990; Шеуджен А.Х. и др., 2009).

Наиболее объективным показателем почвенной диагностики является содержание подвижных форм элементов питания в почве. Для определения усвояемых форм было предложено много методов (Минеев В.Г., 2001 и др.), построенных на идее идентичности воздействия растворителей и корней растений на почву.

В нашем исследовании содержание подвижных форм серы, молибдена и бора извлекали общепринятыми экстрагирующими растворами - хлористым калием, оксалатным буферным раствором с рН 3,3 и воде соответственно. Содержания различались по годам в зависимости от экспериментального участка, на котором проводился опыт (таблица 31, 32 и 33).

Группировка почв по обеспеченности изучаемыми элементами питания была общепринятой (Церлинг В.В., 1990; Слюсарев В.Н., 2006; Лукомец В.М. и др., 2010; Шеуджен А.Х., 2015). Обеспеченность серой: низкая – менее 6 мг/кг; средняя – 6-12; высокая – более 12 мг/кг; молибденом: низкая – менее 0,2 мг/кг; средняя – 0,2-0,3; высокая – более 0,3 мг/кг; бором: низкая – менее 0,3 мг/кг; средняя – 0,3-0,5 мг/кг; высокая – более 0,5 мг/кг.

Содержание подвижной серы в почве экспериментальных участков во все годы исследований было низким (2,10-7,02 мг/кг почвы), однако в 2013 году оно было в 2 раза выше других лет. Эти данные подтверждают выводы проводимых ранее исследований в этих почвенно-климатических условиях о низкой обеспеченности чернозема выщелоченного подвижной серой (Слюсарев В.Н., 2007; Тишков Н.М. и др., 2014). Также необходимо отметить, что в слое почвы 20-40 см на всех экспериментальных участках содержание подвижной серы было более высоким, по сравнению со слоями 0-20 и 40-60 см (таблица 31).

Таблица 31 - Содержание подвижных форм серы в черноземе выщелоченном на экспериментальных участках, мг/кг

Слой почвы, см	Год ($\bar{X} \pm m$)		
	2012	2013	2014
0-20	2,94 ± 0,22	6,39 ± 0,38	2,64 ± 0,23
20-40	3,04 ± 0,23	7,02 ± 0,44	3,27 ± 0,14
40-60	2,10 ± 0,36	6,21 ± 0,28	2,52 ± 0,14

Содержание подвижного молибдена в 2012 году составило 0,20-0,21 мг/кг, в 2013 году – 0,25-0,28 мг/кг и в 2014 году – 0,22-0,25 мг/кг, и его обеспеченность была средней во все годы проведения исследований. В верхнем (0-20 см) слое почвы содержание подвижного молибдена было несколько большим во все годы проведения исследований, но в пределах

ошибки измерения (таблица 32). Это согласуется с результатами обследования почв Краснодарского края (Тонконоженко Е.В., 1973; Хоанг Минь Там, 1992), где авторы отнесли черноземы выщелоченные малогумусные к почвам со средней обеспеченностью подвижных форм молибдена с содержанием его 0,16-0,28 мг/кг. Аналогичные результаты на черноземе выщелоченном были получены в условиях Белгородской области, где в пахотном слое содержание подвижных форм молибдена составляло 0,20 мг/кг (Хижняк Р.М., 2013). Согласно другим данным (Цховребов В.С., Лысенко И.О., Калугин Д.В., 2012), содержание в черноземе выщелоченном подвижного молибдена является очень низким (менее 0,09 мг/кг). Эта разница в результатах связана с различной кислотностью анализируемых почв, разным содержанием в почве $Al(OH)_3$ и $Fe(OH)_3$, которые снижают доступность молибдена в почве, а также разной степенью интенсивности окислительно-восстановительных процессов.

Таблица 32 - Содержание подвижных форм молибдена в черноземе выщелоченном на экспериментальных участках, мг/кг

Слой почвы, см	Год ($X \pm m$)		
	2012	2013	2014
0-20	0,21 ± 0,03	0,28 ± 0,02	0,25 ± 0,01
20-40	0,20 ± 0,02	0,26 ± 0,02	0,24 ± 0,01
40-60	0,20 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,22 ± 0,01

Содержание подвижного бора значительно различалась по годам от низкого (0,22-0,24 мг/кг почвы) в 2012 году, высокого (0,53-0,63 мг/кг почвы) – в 2013 году и среднего (0,28-0,36 мг/кг почвы) – в 2014 году (таблица 33). Наибольшее его содержание было в верхнем слое 0-20 см на всех экспериментальных участках. Такая разница в обеспеченности подвижным бором экспериментальных участков может быть связана с разным выносом этого элемента питания сельскохозяйственными культурами или с внесением

разных удобрений, которые могли содержать бор, а также различающейся концентрацией в питательном растворе кальция, который образует с бором недоступные растениям нерастворимые соединения, что подтверждается работами Я.В. Пейве (1980) и А.Х. Шеуджена (2003).

Таблица 33 - Содержание подвижных форм бора в черноземе выщелоченном на экспериментальных участках, мг/кг

Слой почвы, см	Год ($\bar{X} \pm m$)		
	2012	2013	2014
0-20	0,24 ± 0,02	0,63 ± 0,02	0,36 ± 0,03
20-40	0,22 ± 0,02	0,56 ± 0,03	0,31 ± 0,02
40-60	0,22 ± 0,01	0,53 ± 0,03	0,28 ± 0,02

Результаты почвенной диагностики позволяют прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур. Это подтверждается литературными данными (Нагорный В.Д., 1993; Ермохин Ю.И., 1995), согласно которым урожайность многих выращиваемых культур связана с обеспеченностью почвы подвижными формами элементов питания.

Содержание подвижной серы перед посевом в основном корнеобитаемом слое почвы 0-60 см слабо коррелирует с урожайностью сои. Корреляция содержания серы в слое 0-20 см и 20-40 см с урожайностью сои слабая (0,268 и 0,384 соответственно), а в слое 40-60 см – средняя (0,421).

Содержание подвижного молибдена в слое 0-20 (мг/кг) и 20-40 см (мг/кг) перед посевом имеет высокую корреляционную связь с урожайностью сои (0,755 и 0,838 соответственно). В слое 40-60 см корреляция с урожайностью сои средняя (0,574).

Содержание подвижного бора перед посевом слабо коррелирует с урожайностью сои. В слое 0-20 см значение r составило 0,433, в слое 20-40 - 0,388, в слое 40-60 см - 0,317.

Таким образом, урожайность сои высоко коррелировала только с содержанием перед посевом сои в почве подвижного молибдена в слое 0-20 и 20-40 см. Однако этот показатель не учитывает особенностей погодных условий в течение вегетации, поэтому для прогнозирования урожайности сои необходимо также учитывать и другие показатели диагностики.

В задачи почвенной диагностики входит не только прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, но и возможность устранения дефицита элементов питания по её результатам.

Содержание подвижной серы имеет высокую отрицательную корреляционную связь с прибавкой урожайности сои во всех рассматриваемых слоях почвы, наибольшая – в слое 0-20 см (-0,742).

Обеспеченность почвой подвижным молибденом в верхнем (0-20 см) слое почвы также высоко коррелирует ($r = -0,717$) с прибавкой урожайности от применения молибденового удобрения. Корреляция в слоях почвы 20-40 и 40-60 см – средняя отрицательная.

Содержание подвижного бора слабо коррелирует с прибавкой урожайности от некорневых подкормок борным удобрением. В слое 0-20 см значение r составляет - 0,306, в слое 20-40 см - - 0,346, в слое 40-60 см - - 0,408. Эта слабая корреляция может быть объяснена тем, что прибавка урожайности от некорневой подкормки борным удобрением больше связана с условиями вегетации, чем с количеством доступного растениям сои бора в почве.

Таким образом, по результатам почвенной диагностики возможно определить эффективность некорневых подкормок серным и молибденовыми удобрениями, а прибавка урожайности от некорневой подкормки борным удобрением слабо связана с количеством доступного растениям сои бора в почве. Однако, « ... корень действует в течение более долгого времени, чем растворитель, и удаляет из сферы воздействия продукты растворения, тогда как растворитель действует краткое время и продукты растворения остаются в растворе, а поэтому нельзя представить растворителя, который позволил бы

точно предсказать, сколько будет усвоено того или иного питательного элемента» (цит. по Д.Н. Прянишникову, 1965). Все эти анализы являются, по определению Д.Н. Прянишникова, «условными», ими можно пользоваться лишь после сопоставления с фактической обеспеченностью растений.

4.2. Химическая растительная диагностика

При агрохимическом контроле за питанием культур отдается предпочтение химической растительной диагностике. Это связано с тем, что на содержание доступных форм элементов питания в почве могут повлиять многие факторы (плодородие, влажность и кислотность почв, технология возделывания культур и т.д.), а также не существуют экстрагенты, которые в точности бы имитировали поглотительную способность корневой системы растений (Петербургский А.В., 1964; Прянишников Д.Н., 1965; Соколов А.В., 1967). В растительной химической диагностике определяется количество элементов питания, которое уже усвоило растение, а не то, которое оно предположительно могло бы потребить из почвы или внесенных удобрений.

Одним из методов химической растительной диагностики является определение валового содержания элементов питания в растениях. По данным разных авторов (Hallmark W.B., 1988; Церлинг В.В., 1990; Нагорный В.Д., 1993; Ширинян О.М., 2005; Агафонов Е.В. и др., 2014) оптимальным сроком для диагностики у сои является фаза цветения. В нашей работе содержание серы, молибдена и бора по частям растений сои в начале фазы цветения представлены в таблицах 34, 35, 36.

Во все годы проведения исследований содержание серы было наибольшим в листовых пластинках (2452-2940 мг/кг сухого вещества). В черешках содержание серы было меньшим (1828-1925 мг/кг сухого вещества), а в стеблях ее было в 2 раза меньше (1216-1373 мг/кг сухого вещества), чем в листовых пластинках. Содержание серы в растениях сои было самым высоким в 2013 году, что связано с наибольшим его содержанием подвижных форм в почве (таблица 34).

Таблица 34 - Содержание серы по частям растений сои в начале фазы цветения, мг/кг сухого вещества

Часть растения	Год ($X \pm m$)		
	2012	2013	2014
листовые пластинки	2507 \pm 96	2940 \pm 63	2452 \pm 21
черешки	1833 \pm 66	1925 \pm 62	1828 \pm 29
стебли	1219 \pm 24	1373 \pm 39	1216 \pm 10

Молибден накапливался в растениях сои в большей степени в листовых пластинках (0,97-1,52 мг/кг сухого вещества). Меньшее его содержание было в черешках и стеблях (0,71-0,92 и 0,43-0,48 мг/кг сухого вещества соответственно). В 2012 году содержание молибдена в разных частях растений было наименьшим, а в 2013 году – наибольшим, что также связано с содержанием его подвижных форм в почве (таблица 35).

Таблица 35 - Содержание молибдена по частям растений сои в начале фазы цветения, мг/кг сухого вещества

Часть растения	Год ($X \pm m$)		
	2012	2013	2014
листовые пластинки	0,97 \pm 0,09	1,52 \pm 0,05	1,23 \pm 0,06
черешки	0,71 \pm 0,06	0,92 \pm 0,04	0,88 \pm 0,05
стебли	0,44 \pm 0,04	0,48 \pm 0,02	0,43 \pm 0,06

Содержание бора в листовых пластинках во все годы исследования в 3,6-4,5 раза было больше, чем в черешках и в 25-31 раз больше, чем в стеблях. Наибольшее его содержание в разных частях растений (94,1; 20,7 и 3,3 мг/кг соответственно) отмечено в 2013 году (таблица 36).

Таблица 36 - Содержание бора по частям растений сои в начале фазы цветения, мг/кг сухого вещества

Часть растения	Год ($\bar{X} \pm m$)		
	2012	2013	2014
листовые пластинки	65,2 ± 2,1	94,1 ± 2,1	71,2 ± 1,4
черешки	17,9 ± 0,5	20,7 ± 1,3	18,0 ± 0,2
стебли	2,1 ± 0,3	3,3 ± 0,3	2,8 ± 0,2

Таким образом, наибольшее содержание серы, молибдена и бора в начале фазы цветения сои находится в листовых пластинках, среднее количество – в черешках и наименьшее – в стеблях. Необходимо отметить, что наибольшее содержание серы, молибдена и бора во всех частях растений сои отмечается в 2013 году.

Некоторые авторы (Салтанов М.Д., 1971; Хоанг Минь Там, 1992; Нагорный В.Д., 1993; Агафонов Е.В. и др., 2014) отмечают наличие корреляции между величиной урожайности и содержанием элементов питания в разных частях растений сои. В таблице 37 приведена корреляция урожайности с содержанием серы, молибдена и бора в органах растений сои в фазу цветения.

Таблица 37 - Корреляция урожайности с содержанием серы, молибдена и бора в частях растений сои в начале фазы цветения (2012-2014 гг.)

Содержание	Часть растений сои		
	лист. пластинки	черешки	стебли
Сера	0,057	0,086	0,103
Молибден	0,354	0,229	0,069
Бор	0,331	0,188	0,430
Критическое значение r на 1 %-ном уровне значимости равно 0,680 ($n = 15$)			

Содержание серы в разных частях растений сои в фазу цветения не было связано с урожайностью сои.

Содержание молибдена в листовых пластинках у растений сои в фазу цветения имеет слабую ($r = 0,354$) корреляционную связь с урожайностью. Содержание молибдена в черешках и стеблях растений сои в фазу цветения практически не коррелируют с урожайностью.

Содержание бора в листовых пластинках и стеблях в фазу цветения имело слабую корреляцию (0,331 и 0,430 соответственно) с урожайностью сои, а его содержание в черешках – вообще не было связано с урожайностью сои.

Таким образом, по содержанию серы, молибдена и бора в разных органах растений сои в фазу цветения невозможно прогнозировать уровень урожайности.

Согласно литературным данным (Салтанов М.Д., 1971; Hallmark W.B., 1988; Церлинг В.В., 1990; Ширинян О.М., 2005) результаты растительной диагностики позволяют не только определять дефицит элементов питания, но и устранять его, в т.ч. некорневыми подкормками. В таблице 38 приведена корреляция между содержанием в различных частях растений сои серы, молибдена и бора с прибавкой урожайности от применения серного, борного и молибденового удобрений.

Таблица 38 - Корреляция прибавки урожайности от применения серного, молибденового и борного удобрений с содержанием серы, молибдена и бора в органах растений сои в фазу цветения (2012-2014 гг.)

Содержание	Часть растений сои		
	лист. пластинки	черешки	стебли
Сера	-0,746	-0,738	-0,733
Молибден	-0,775	-0,549	-0,898
Бор	-0,397	-0,528	-0,024
Критическое значение r на 1 %-ном уровне значимости равно 0,680 ($n = 15$)			

Содержание серы в разных органах растений сои высоко коррелирует с прибавкой урожайности от некорневых подкормок серным удобрением в фазу цветения. Коэффициент корреляции с листовыми пластинками составил -0,746, с черешками - -0,738 и со стеблями - -0,733.

Содержание молибдена в листовых пластинках и стеблях растений сои в начале фазы цветения также высоко коррелировало ($r = -0,775$ и $-0,898$ соответственно) с прибавкой урожайности от некорневых подкормок молибденовым удобрением в эту фазу.

Содержание бора в частях растений сои в начале фазы цветения по-разному связано с прибавкой урожайности сои от внесения борных удобрений. Между содержанием бора в стеблях и прибавкой урожайности от применения борного удобрения вообще отсутствует какая-либо связь, с содержанием бора в листовых пластинках эта связь слабая, а содержание бора в черешках средне коррелирует с прибавкой урожайности. Однако в целом, содержание бора в разных органах растений сои в фазу цветения не может служить для диагностирования потребности этого элемента питания.

Таким образом, содержание серы в листовых пластинках, черешках и стеблях, а также молибдена в листовых пластинках и стеблях растений сои в начале фазы цветения коррелируют с эффективностью применения серного и молибденового удобрений. Однако, для удобства можно использовать при анализе только листовые пластинки.

Согласно литературным данным (Церлинг В.В., 1990; Нагорный В.Д., 1993; Слюсарев В.Н., 2006), обеспеченность серой оценивается по ее содержанию в растениях сои в целом. Менее 1400 мг/кг сухого вещества свидетельствует об очень низком уровне обеспеченности этим элементом, 1800 мг/кг – низкий уровень, 2300 мг/кг – оптимальный и свыше 3000 мг/кг сухого вещества – высокий уровень обеспеченности. Оценка обеспеченности молибденом в фазу цветения также проводится по общему его содержанию в растениях сои. Менее 0,3 мг/кг сухого вещества – очень низкая обеспеченность; 0,5 мг/кг – низкая; 0,9 мг/кг – оптимальная; свыше 5,1 мг/кг

– высокая. Обеспеченность бором в растениях сои определяется по его содержанию в листовых пластинках верхнего яруса. Менее 10 мг/кг сухого вещества свидетельствует об очень низком уровне содержания бора в растениях сои; 10-20 мг/кг – низким; 20-60 мг/кг – оптимальном; более 60 мг/кг – высоким.

В нашем исследовании средневзвешенное содержание серы в растениях сои было близким к оптимальному только в 2013 году (2309 мг/кг сухого вещества), а в 2012 и 2014 годах – содержание было ниже этого значения (1973 и 1987 мг/кг соответственно). Обеспеченность молибденом была оптимальной в 2013 и 2014 годах (1,11 и 0,94 мг/кг соответственно), а в 2012 году содержание молибдена в надземной части растений сои составило 0,75 мг/кг, что несколько ниже оптимума. Содержание бора в листовых пластинках было высоким во все годы проведения исследований (65,2-94,1 мг/кг).

Таким образом, обеспеченность по средневзвешенным содержаниям серы и молибдена в растениях сои в фазу цветения совпала с отзывчивостью от некорневых подкормок серным и молибденовым удобрениями. Содержание бора в листовых пластинках растений сои во все годы проведения исследований было высоким, что подтверждается результатами полевых опытов 2012-2013 гг. - прибавки урожайности сои от применения борного удобрения не было, однако из-за засушливых условий 2014 года, которые сложились после проведения растительной диагностики, борное удобрение способствовало увеличению урожайности сои (Щегольков А.В., 2015).

4.3. Функциональная растительная диагностика

Одним из наиболее простых из всех видов диагностики обеспеченности растений элементами питания является метод функциональной растительной диагностики, заключающийся в определении фотохимической активности хлоропластов при добавлении в их солевую вытяжку разных элементов питания. Этот метод позволяет на ранних этапах в течение одного часа

выявить дефицит у растений тех или иных элементов питания (Ягодин Б.А., Плешков А.С., 1982).

В нашей работе в качестве диагностируемых элементов питания были сера, молибден и бор. Ниже приведена таблица 39 с фотохимической активностью хлоропластов листовых пластинок растений сои при добавлении серы, молибдена и бора (Щегольков А.В., 2013).

Таблица 39 - Фотохимическая активность хлоропластов листовых пластинок растений сои в фазе цветения в зависимости от добавления серы, молибдена и бора, ед. изм.*

Вариант	Год		
	2012	2013	2014
Сера			
Контроль(без S)	13,7	13,0	14,4
Добавление S	14,6	13,3	15,9
НСР ₀₅	0,5	0,6	0,8
Молибден			
Контроль (без Мо)	10,7	13,0	13,9
Добавление Мо	10,3	13,1	16,2
НСР ₀₅	0,7	0,5	0,7
Бор			
Контроль (без В)	9,7	12,3	13,5
Добавление В	6,1	11,1	13,4
НСР ₀₅	0,8	0,5	0,6

* - изменение оптической плотности (D) при длине волны 620 нм при засветке солевой вытяжки хлоропластов на 10 сек., умноженное на 1000.

В 2012 году при проведении анализа фотохимическая активность хлоропластов возрастала только при внесении серы (на 6,6 % от контроля). Значение активности при добавлении молибдена было меньше, чем в

контроле (на 3,7 %), однако различие было недостоверным. Бор оказал отрицательное влияние и значительно снизил фотохимическую активность хлоропластов (на 37,1 %) по сравнению с контролем.

В 2013 году ни один из изучаемых элементов питания достоверно не увеличивал фотохимическую активность хлоропластов, а при добавлении бора она существенно снижалась (на 9,8 % от контроля), что свидетельствует о достаточной обеспеченности серой, молибденом и бором в фазу цветения растений сои.

В 2014 году фотохимическая активность хлоропластов возрастала при добавлении серы и молибдена (на 10,7 и 16,5 % соответственно), однако добавление бора не оказало влияния на этот показатель.

Корреляция прибавки урожайности сои от применения серного, молибденового и борного удобрений с изменением фотохимической активности хлоропластов листьев сои от добавления серы, молибдена и бора в фазу цветения (таблица 40) позволяет установить возможность диагностирования изучаемых элементов питания на сое с помощью функциональной диагностики.

Таблица 40 - Корреляция прибавки урожайности сои от применения серного, молибденового и борного удобрений с изменением фотохимической активности хлоропластов листьев сои от добавления серы, молибдена и бора в фазу цветения (2012-2014 гг.)

Элемент питания	Значение r
Сера	0,732
Молибден	0,355
Бор	0,599
Критическое значение r на 1 %-ном уровне значимости равно 0,680 (n = 15)	

Изменение фотохимической активности хлоропластов при добавлении серы в суспензию хлоропластов высоко коррелирует с прибавкой урожайности от применения серного удобрения.

Отклик суспензии хлоропластов на добавление молибдена слабо коррелирует с применением молибденового удобрения на посевах сои ($r = 0,355$).

Фотохимическая активность хлоропластов при добавлении бора средне коррелирует с прибавкой урожая от применения борного удобрения, однако значение коэффициента корреляции (0,599) не превышает его критического значения на 1 %-ном уровне значимости.

Таким образом, метод функциональной растительной диагностики позволяет надежно установить обеспеченность растений сои серой, однако требует подтверждения другими методами при диагностировании потребности растений в молибдене и боре (Щегольков А.В., 2014; Щегольков А.В., 2015).

4.4. Эффективность некорневых подкормок сои серным, молибденовым и борным удобрениями по результатам почвенной и растительной диагностики

В предыдущих подглавах были рассмотрены различные виды диагностики обеспеченности растений сои элементами питания. Ниже представлена таблица 41 по сравнению разных видов диагностик.

В качестве оптимума в почвенной диагностике были взяты значения содержания подвижных форм: серы – 9 мг/кг почвы, молибдена – 0,25 мг/кг, бора – 0,4 мг/кг (Слюсарев В.Н., 2007; Лукомец В.М. и др., 2010; Шеуджен А.Х., 2016). Для химической растительной диагностики использовали следующие оптимальные значения: для серы – 2300 мг/кг сухого вещества, для молибдена – 0,9 мг/кг, для бора – 40 мг/кг (Церлинг В.В., 1990; Нагорный В.Д., 1993; Слюсарев В.Н. и др., 2014). Отклонение от оптимума сопоставляли с прибавкой урожайности от применения серного, молибденового и борного удобрений за три года.

Таблица 41 - Корреляция прибавки урожайности сои от применения некорневой подкормки серным, молибденовым и борным удобрениями с показателями почвенной и растительной диагностики (2012-2014 гг.)

Показатель	Значение r
Отклонение от оптимума содержания подвижных форм S, Mo и B в почве в слое 0-20 см перед посевом	0,450
Отклонение от оптимума содержания S, Mo и B в вегетативной надземной биомассе растений сои в начале фазы цветения	0,489
Изменение фотохимической активности хлоропластов при добавлении S, Mo и B в листовых пластинках растений сои в начале фазы цветения	0,579
Критическое значение r на 5 %-ном уровне значимости равно 0,438	

Все три вида диагностики коррелируют с прибавкой урожайности от некорневых подкормок удобрениями, однако наилучший результат показал метод функциональной диагностики (Щегольков А.В., 2015).

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УДОБРЕНИЯМИ НА СОЕ

Соя является одной из самых высокодоходных культур полевых севооборотов. При сложившихся в последние 2 года ценах на семена сои, составляющих 18-20 тыс. руб. за 1 тонну, соя по доходности с гектара нередко превышает подсолнечник и близка к сахарной свекле (Александрова Л.В., 2016). При этом затраты на её возделывание в 1,5-2,0 раза меньше, чем на сахарную свеклу и озимую пшеницу из-за больших расходов на пестициды на посевах этих культур (Сентябрев А.А., 2010).

Доходность культуры находится в зависимости от уровня урожая, цены реализации зерна и производственных затрат на её возделывание. Чем выше первые две составляющие и ниже расходы, тем рентабельнее возделывание. При сложившихся в настоящее время ценах на материально-технические ресурсы прямые затраты на возделывание сои по адаптивной технологии составляют 12-13 тыс. руб. на гектар, по интенсивной технологии с применением минеральных удобрений – 15-18 тыс.руб./га. Такие затраты окупаются стоимостью 0,7-0,9 т семян сои, а более высокие урожаи уже делают рентабельным возделывание этой культуры. При урожаях 1,4-1,6 т/га рентабельность возделывания сои составляет 100-120 %, при 2,0-2,5 т/га – 160-220 %. Чистая прибыль будет колебаться от 8-10 до 18-22 тыс. руб. с гектара.

Следует отметить, что перспективы увеличения производства сои в России во многом зависят от паритета цен на её семена по сравнению с другими культурами. Если сохранится сложившееся соотношение закупочных цен на семена сои к пшенице 3:1 и к подсолнечнику 1,5:1, то она будет конкурентной к указанным культурам и привлекательной для производителей (Лукомец В.М. и др., 2013).

Доходность сои зависит во многом не только от уровня получаемого урожая и его цены, но и от суммы затрат на её возделывание. В этом аспекте важно использование наиболее эффективных средств интенсификации.

Применение адаптивной технологии возделывания сои с экономических позиций часто бывает выгодней, чем интенсивной, характеризующейся многозатратностью на минеральные удобрения и пестициды.

Одним из малозатратных элементов технологии возделывания сои является некорневые подкормки удобрениями.

Для оценки экономической эффективности этого агроприема использовали следующие показатели: себестоимость 1 т семян, чистый доход с 1 га и рентабельность. Ниже приведена экономическая эффективность некорневых подкормок серным, молибденовым и борным удобрениями на сое в 2012-2014 гг. в ценах сентября 2014 года (таблицы 42, 43 и 44).

Таблица 42 - Экономическая эффективность некорневых подкормок сои серным удобрением (средняя за 2012-2014 гг.)

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Урожай- ность семян, т/га	Всего прямых затрат, руб./га	Себесто- имость, руб./т	Чистый доход, руб./га	Рентабель- ность, %
0 (контроль)	1,97	12525	6358	24413	195
250	2,10	12959	6171	26417	204
500	2,06	12958	6290	25667	198
1000	2,07	12975	6268	25838	199
2000	2,04	12999	6372	25251	194

Применение серного удобрения в дозах 250, 500 и 1000 г/га (таблица 42) несмотря на некоторое повышение прямых затрат (на 430-450 рублей), увеличивало чистый доход с 1 гектара на 1250-2000 рублей. Себестоимость 1 т выращенной продукции в этих вариантах была ниже по сравнению с контролем на 187, 49 и 90 руб. соответственно. Доза сульфата калия 250 г/га являлась самой высокорентабельной в этом опыте и составила 204 %.

Некорневая подкормка серным удобрением в дозе 2000 г/га хотя и обеспечивала некоторую прибавку урожайности (на 0,07 т/га), однако себестоимость 1 т семян сои и рентабельность была близкой к контролю. Тем не менее, даже при увеличившихся затратах на удобрения, чистый доход в этом варианте был выше контрольного на 840 руб./га.

В таблице 43 приведена экономическая эффективность некорневой подкормки молибденовым удобрением.

Таблица 43 - Экономическая эффективность некорневых подкормок сои молибденовым удобрением (средняя за 2012-2014 гг.)

Доза внесения келик Мо, мл/га	Урожайность семян, т/га	Всего прямых затрат, руб./га	Себестоимость, руб./т	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
0 (контроль)	2,02	12535	6205	25340	202
125	2,09	13199	6315	25989	197
250	2,12	13455	6347	26295	195
500	2,11	13953	6613	25610	184
1000	2,06	14943	7254	23682	158

Из-за высокой стоимости молибденового удобрения келик молибден (2000 руб./л), себестоимость 1 т семян сои во всех вариантах опыта была выше по сравнению с контролем на 100-1000 руб., а рентабельность – на 5-44 % ниже. Однако, чистый доход в вариантах с дозами 125, 250 и 500 мл/га превышал контроль на 270-960 руб. с 1 га. Наибольшее увеличение чистого дохода (на 955 руб./га) было получено в варианте применения келик молибдена в дозе 250 мл/га.

Максимальная из изучаемых дозировок 1000 мл/га не обеспечила повышение чистого дохода (-1658 руб./га от контроля) и снижала рентабельность на 44 %.

Борное удобрение солюбор ДФ способствовало удорожанию 1 т продукции на 250-600 руб. и снижению рентабельности на 12-26 %, за исключением минимальной дозы внесения удобрения 0,5 кг/га (таблица 44). В этом варианте себестоимость 1 т семян сои и рентабельность были на уровне контроля, а чистый доход с 1 га был выше на 970 руб. Возрастающие дозы борного удобрения не обеспечивали увеличения урожайности сои по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 44 - Экономическая эффективность некорневых подкормок сои борным удобрением (средняя за 2012-2014 гг.)

Доза внесения солюбор ДФ, кг/га	Урожайность семян, т/га	Всего прямых затрат, руб./га	Себестоимость, руб./т	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
0 (контроль)	1,99	12529	6296	24784	198
0,5	2,07	13060	6309	25753	197
1,0	2,01	13163	6549	24525	186
2,0	2,00	13391	6696	24109	180
4,0	2,01	13853	6892	23835	172

Таким образом, некорневые подкормки серным, молибденовым и борным удобрениями в оптимальных дозах увеличивали чистый доход с 1 га на 960-2000 руб. Однако из-за высокой стоимости солюбор ДФ и особенно велик молибдена в этих вариантах себестоимость продукции увеличивалась на 100-1000 руб./т, а рентабельность – снижалась на 5-44 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в 2012-2014 годах исследования на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья по изучению некорневых подкормок сои серным (сульфат калия), молибденовым (келик молибден), борным (солюбор ДФ) удобрениями и диагностирования обеспеченности растений сои серой, молибденом и бором позволили сделать следующее заключение:

1. При некорневой подкормке сои серным и молибденовым удобрениями происходит активизация ростовых процессов до фазы налива семян. При этом достоверно увеличивается высота растений сои на 6-7 % и 4-8 % соответственно в зависимости от дозы. К фазе полной спелости высота растений существенных различий по вариантам не имеет. Борное удобрение в течение вегетации не оказывает влияние на этот показатель.

2. Некорневая подкормка изучаемыми удобрениями способствует более активному нарастанию надземной биомассы до фазы налива семян: серным – на 8-12 %, молибденовым – на 3-8 % и борным – на 2-8 % в зависимости от дозы. К фазе полной спелости при увеличении доли семенной части биомассы на 2-7 %, общая надземная биомасса по вариантам опытов существенно не различалась или происходило ее достоверное снижение на 3-4 % в максимальных дозах молибденового (500 и 1000 мл/га) и борного (2,0 и 4,0 кг/га) удобрений.

3. Применение изучаемых удобрений способствует в фазу налива семян достоверному повышению содержания азота в растениях сои на 0,4-0,5 %. Некорневая подкормка молибденовым удобрением в дозах 125 и 250 мл/га также достоверно повышает содержание фосфора на 0,06-0,07 % в эту фазу. Серное и молибденовое удобрения усиливают отток пластических веществ в семена: содержание азота в них достоверно превышает контроль на 0,3-0,4 %, фосфора – на 0,10-0,13 %.

4. Некорневая подкормка серным удобрением во всех дозах, молибденовым в дозах 125 и 250 мл/га и борным в дозах 0,5 и 1,0 кг/га достоверно увеличивала количество семян на 60-141 шт./м², 59-66 шт./м² и 77-110 шт./м² соответственно. Количество бобов также достоверно было больше

при обработке растений сульфатом калия в дозе 250 г/га и солюбором ДФ в дозе 0,5 и 1,0 кг/га на 105, 81 и 70 шт./м² соответственно. Семенная продуктивность достоверно превышала контроль при некорневой подкормке серным удобрением в дозах 250 и 500 г/га на 0,86 и 0,68 г/1 раст. соответственно.

5. Некорневая подкормка серным удобрением обеспечивает увеличение урожайности сои на 0,07-0,13 т/га, при этом доза 250 г/га является оптимальной. При некорневой подкормке келик молибденом и солюбором ДФ прибавка к урожайности семян сои незначительна (0,04-0,10 и 0,01-0,08 т/га соответственно), однако в дозе 0,5 кг/га борное удобрение обеспечивает увеличение урожайности в засушливый год (прибавка 0,26 т/га).

6. Серное удобрение способствует достоверному увеличению сбора белка с гектара (на 6-7 %) за счет роста урожайности, молибденовое (на 5-6 %) – за счет повышения содержания белка в семенах. На биохимические показатели и сбор белка и масла борное удобрение влияние не оказывает.

7. Для определения эффективности некорневых подкормок сои серным и молибденовым удобрениями целесообразно использовать показатели содержания подвижных форм серы и молибдена в верхнем (0-20 см) слое почвы перед посевом и содержание этих элементов питания в листовых пластинках в начале фазы цветения. Эффективность некорневой подкормки сои борным удобрением в большей степени определяется складывающимися погодными условиями в репродуктивный период развития растений.

8. Метод функциональной растительной диагностики позволяет надежно определять обеспеченность растений сои серой, однако диагностика потребности растений в молибдене и боре требует подтверждения почвенной и растительной химической диагностики.

9. Некорневая подкормка сульфатом калия в установленной оптимальной дозе увеличивает чистый доход на 2000 руб./га. При этом происходит снижение себестоимости продукции на 190 руб./т и повышение рентабельности на 9 %. Некорневые подкормки молибденовым и борным удобрениями увеличивают себестоимость 1 т семян сои на 100-1000 и 10-600 рублей соответственно. При этом рентабельность снижается на 5-44 % и 1-26 % соответственно.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для повышения продуктивности сои в условиях Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном рекомендуется:

1. Проводить некорневые подкормки удобрениями в начале фазы цветения сульфатом калия в дозе 250 г/га, при засушливых условиях - солюбором ДФ в дозе 0,5 кг/га. Некорневая подкормка келик молибденом в эту фазу неэффективна.

2. Использовать метод функциональной растительной диагностики в совокупности с почвенной и растительной химической диагностикой для определения потребности растений сои в сере, молибдене и боре.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаев, А.А. Биологическое обоснование некоторых приемов возделывания сои в условиях предгорной зоны Северного Кавказа / А.А. Абаев, Э.Д. Адиньяев // Ландшафтно-экологические основы развития систем земледелия в агропромышленном комплексе горных и предгорных районов Центрального Кавказа. - Владикавказ, 2010. - С. 32-55.
2. Авторское свидетельство СССР № 952168, М. кл. А01G31/02. Способ обеспечения растений минеральными элементами / Б.А. Ягодин, А.С. Плешков. – Опубликовано 23.08.1982. – 15 с.
3. Агафонов, Е.В. Влияние минеральных удобрений и ризоторфина на динамику содержания азота в растениях сои / Е.В. Агафонов, С.А. Гужвин, Н.А. Гужвина // Вестник Донского государственного аграрного университета. – № 2 (12). – 2014. – С. 47-53.
4. Агафонов Е.В. Инструментальные методы исследований в агрохимии / Е.В. Агафонов, К.И. Пимонов, В.В. Турчин, А.А. Громаков // Учебное пособие. – Персиановский, 2014. – 100 с.
5. Агафонов, Е.В. Оптимальные уровни содержания NPK в растениях сои на фоне применения минеральных и бактериальных удобрений / Е.В. Агафонов, С.А. Гужвин // Вестник Донского государственного аграрного университета. – № 1. – 2011. – С. 62-70.
6. Агафонов, Е.В. Применение минеральных и бактериальных удобрений под сою / Е.В. Агафонов, Л.Н. Агафонова, С.А. Гужвин // Агрохимический вестник. – 2005 - № 5. – С. 18-20.
7. Агафонов, Е.В. Роль бактериальных и минеральных удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур на черноземе обыкновенном // Проблемы агрохимии и экологии. – № 1. – 2008. – С. 34-37.
8. Агафонов Е. В. Экологические основы агрохимии / Е. В. Агафонов, К.И. Пимонов, А.А. Громаков, В.В. Турчин // Учебное пособие. - Персиановский, 2015. – 196 с.

9. Адамень, Ф.Ф. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине // Ф.Ф. Адамень, В.А. Вергунов, П.Н. Лазер, И.Н. Вергунова. – Киев: Аграрна наука, 2006. – 456 с.

10. Адиньяев, Э. Д. Перспективы возделывания сои в РСО-Алания / Э. Д. Адиньяев, А. А. Абаев. — Владикавказ, 2006. - 63 с.

11. Александрова, Л.В. Соевые бобы в России снова подорожали // Отраслевой портал для участников рынка комбикормов и кормовых добавок SoyaNews, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://soyanews.info/news/soevye_boby_v_rossii_snova_podorozhali.html.

12. Аристархов, А.Н. Агрохимия серы. - М., 2007. – 272 с.

13. Асеева, Т.А. Агроэкологические основы формирования урожайности зерновых культур и сои в условиях Среднего Приамурья // Автореф. дисс. д-ра с.-х. наук. – п. Тимирязевский, 2009. – 44 с.

14. Асокин, О.И. Эффективность некорневых подкормок сои молибденом и бором // Сборник материалов 5-й международной конференции молодых ученых и специалистов "Перспективные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур". - Краснодар, 2009. - С. 8-12.

15. Бабич, А.А. Ефективність позакореневого підживлення сої макро- і мікроелементами в умовах західного Лісостепу України / А.А. Бабич, В.П. Дерев'янський, В.Е. Кізяков // Корми і кормовиробництво. - 1994. - Вып.38. - С. 47-50.

16. Бабич, А.А. Соя – культура XXI века // Вестник с.-х. науки. – 1997. - № 7. – С. 27-37.

17. Баранов, В. Ф. Влияние орошения и условий питания растений на урожай сои /В. Ф. Баранов, А. И. Лебедевский //Селекция, семеноводство и технология возделывания технологических культур. - Москва, 1980. - С. 224 - 231.

18. Баранов, В.Ф. О некорневых подкормках сои / В.Ф. Баранов, И.Н. Терентьева, Н.Ф. Чайка // Научн.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. – 1990. – Вып. 1. – С. 31-35.

19. Баранов, В.Ф. Разработка биологической технологии возделывания сои // Резервы повышения продуктивности сои (Сб. научн. трудов СО ВАСХНИЛ). – Новосибирск, 1990. – С. 75-80.

20. Баранов, В.Ф. Соя: биология и технология возделывания / В.Ф. Баранов, В.М. Лукомец. – Краснодар, 2005. – 434 с.

21. Баранов, В.Ф. Соя на Кубани / В.Ф. Баранов, А.В. Кочегура, В.М. Лукомец. – Краснодар, 2009. – 321 с.

22. Баранов, В.Ф. Роль некорневых подкормок в продукционном процессе агрофитоценозов сои и формировании жизнеспособности семян / В.Ф. Баранов, В.Л. Махонин, Уго Аламиро Торо Корреа, А.В. Щегольков // Научн.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. – 2013. – Вып. 1. – С. 40-48.

23. Барсуков, С.С. Продуктивность сои в зависимости от действия доз органических и минеральных удобрений в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв / С.С. Барсуков, А.С. Барсуков // Дзярж. Ун-т. – 2005 – № 1. – С. 101-106.

24. Бейч, А.В. Агроэкологическая целесообразность применения азотных удобрений при воздействии на сою на зерно в условиях лесостепи Западной Сибири // Материалы 39-й Международной Научной конференции «Агроэкологическая эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания с.-х. культур». – М., 2005. – С. 152-155.

25. Беликов, И.Ф. Внекорневая подкормка сои на Дальнем Востоке. – Владивосток, 1971. – 152 с.

26. Белоусов, М.А. Диагностирование потребностей свеклы в удобрениях по морфологическим признакам // Свекловичное полеводство, 1937. - № 6. – С. 14-18.

27. Бозиев, А.Л. Азот в питании сои при возделывании ее в предгорной зоне Кабардино-Балкарии / А.Л. Бозиев, М.Х. Тхагапсоев, А.Л. Жамбикова // *Агрохимический вестник*. – 2004. - № 1. - С. 26-27.

28. Брагина, В.В. Продуктивность новых сортов сои в зависимости от фона удобрений / В.В. Брагина, Н.С. Кочева // *Молодые ученые - агропром. комплексу Дальнего Востока*. - Уссурийск, 2011. - Вып. 11. - С. 36-40.

29. Болдырев, Н.К. Комплексный метод листовой диагностики условий питания, расчета доз удобрений, величины и химического состава урожая сельскохозяйственных культур // *Анализ растений как метод диагностики их питания и эффективности макро- и микроудобрений*. – Тбилиси, 1976. – С. 153-162.

30. Бородычев, В.В. Минеральное питание сои / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // *Агрохимический вестник*. – 2005. - № 5. – С. 20-21.

31. Вальков, В.Ф. Почвоведение (почвы Северного Кавказа) / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, В.И. Тюльпанов. – Краснодар, 2002. – 728 с.

32. Василько, В.П. Влияние системы удобрений на агрофизические свойства староорошаемого деградированного выщелоченного чернозема и урожайность сои на фоне отвальной системы обработки почвы / В.П. Василько, Д.В. Шаповалев // *Тр. Кубанского государственного аграрного университета*. – 2009. - № 5. – С. 163-167.

33. Васильченко, С.А. Влияние агроприемов на продуктивность сортов сои в Южной зоне Ростовской области // *Автореф. дисс. канд. с.-х. наук*. – *Зерноград*, 2011. – 21 с.

34. Васильченко, С.А. Симбиотическая активность и фотосинтетическая деятельность посева сои при применении микроудобрений // *Аграрный вестник Урала*. – № 9 (75). – 2010. – С. 54-57.

35. Васина, А.А. Приёмы возделывания сои Соер 4 в условиях лесостепи Среднего Поволжья // *Автореф. дисс. канд. с.-х. наук*. – *Кинель*, 2008. – 22 с.

36. Гамзиков, Г.П. Продуктивность сои в зависимости от источников азотного питания / Г.П. Гамзиков, П.Р. Шотт, П.А. Литвинцев // Сибирский вестник с.-х. науки. – 2007. - № 7. – С. 21-28.

37. Голов, В.И. Применение борогипса в качестве серного и борного удобрения на почвах Дальнего Востока // Агрохимия, 1996. - № 4. – С. 68-78.

38. Голов, В.И. Круговорот серы и микроэлементов в основных агроэкосистемах Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 316 с.

39. Голов, В.И. Антагонизм серы и молибдена в растениях сои и возможности их совместного применения в качестве удобрений // Научн.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. – 2012. – Вып. 2. – С. 132-137.

40. Голов, В.И. Значение серы и молибдена в питании бобовых культур на примере сои / В.И. Голов, Т.А. Асеева // Открытый научный бюллетень. – 2014. - № 1. – С. 225-228.

41. Городний, М.М. Диагностика питания зерновых и зернобобовых культур и стратегия их удобрения // Вестник Харьковского нац. аграрного ун-та им. В.В. Докучаева. – 2006. - № 6. – С. 120-124.

42. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенный к применению на территории Российской Федерации. - 2016. – 735 с.

43. Губанов, П.Е. О факторах, обеспечивающих высокий урожай сои в Поволжье // Научн.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. – 1989. – Вып. 1. – С. 33-36.

44. Гужвин, С.А. Влияние минеральных и бактериальных удобрений на урожайность и качество семян сои // Материалы Международной Научно-практической конференции «Стратегия развития АПК: технологии, экономика, переработка, управление». – пос. Персиановский. – 2004. – Т. 2. – С. 50.

45. Гужвин, С.А. применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под полевые культуры на черноземах Ростовской области / С.А. Гужвин, Н.Ф. Климашевская, Н.П. Каменский, В.В. Клыков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского

государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №08 (82). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/53.pdf>.

46. Гукова, М.М. Усвоение азота и продуктивность сои при предпосевной обработке семян микроэлементами / М.М. Гукова, Р.Э. Боканхель // В сб.: Проблемы тропического и субтропического сельского хозяйства. – М., 1989. – С. 18-22.

47. Гутриц, Л.С. Режимы орошения и удобрения сои на черноземах Центральной зоны Кубани // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Новочеркасск, 2006. – 23 с.

48. Гуцаленко, А.П. Совершенствование технологии возделывания сои в Молдове // Технические культуры. – 1991. - № 6. – С. 24-27.

49. Давыденко, О.Г. Соя для умеренного климата / О.Г. Давыденко, Д.В. Голоенко, В.Е. Розенцвейг. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 175 с.

50. Дзанагов, С.Х. Влияние удобрений на ростовые процессы, потребление питательных элементов и урожайность зерна сои на черноземе выщелоченном РСО-Алания / С.Х. Дзанагов, А.Ю. Хадиков, Т.К. Лазаров, А.Е. Басиев, З.Т. Кануков // Труды молодых ученых Владикавказского научного центра РАН, 2013. - Т. 4. - № 4. - С. 29-36.

51. Дзанагов, С.Х. Отзывчивость растений сои на подкормку микроэлементами / С.Х. Дзанагов, А.Ю. Хадиков, Т.К. Лазаров, А.Е. Басиев, З.Т. Кануков // Известия ФГБОУ ВПО Горского государственного аграрного университета. – Владикавказ, 2013. - № 50. – Т. 4. – С. 22-26.

52. Дзанагов, С.Х. Способ подкормки растений сои / С.Х. Дзанагов, С.А. Бекузарова, Т.К. Лазаров, А.Е. Басиев, А.Ю. Хадиков // Патент на изобретение RUS 2265306 09.02.2004. – 18 с.

53. Долгинова, В.А. Повышение урожайности и качества продукции сои на лугово-черноземовидных почвах // Аграрная Россия. – 2009. - № 6. - С. 60-64.

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

55. Дряхлов, А.А. Агрэкологическая оценка некорневых подкормок серным удобрением на продуктивность сои в Краснодарском крае / А.А. Дряхлов, А.В. Щегольков, Ю.К. Горбунова // Агрэкологический вестник, Выпуск № 7. – Воронеж, 2016. – С. 64-70.

56. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 351 с.

57. Енкен, В.Б. Соя. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 450 с.

58. Ермохин, Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: монография. – Омск: ОмГАУ, 1995. – 208 с.

59. Ермошкин, Ю.В. Разработка технологических приемов возделывания сои в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Ульяновск, 2007. – 21 с.

60. Есаулко, А.Н. Влияние погодных условий на действие систем удобрений / А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкина, В.В. Агеев, Е.Б. Романова, М.С. Сигида // В сборнике: Проблемы борьбы с засухой материалы Международной научно-практической конференции: 75 лет СтГАУ, 2005. – С. 226-230.

61. Жихарев, А.Г. Режим орошения и удобрение сои в условиях Волго-Донского Междуречья Волгоградской области // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Волгоград, 2009. – 18 с.

62. Заверюхин, В.И. Интенсификация возделывания сои на орошаемых землях / В.И. Заверюхин, И.Л. Левандовский, А.С. Бардадименко // Сб. науч. тр. ВСГИ: «Генетика, селекция и технология возделывания сои на Украине и в Молдове». – Одесса, 1991. – С. 75-78.

63. Захарова, И.Г. Корреляции между содержанием различных микроэлементов в сое и люцерне / И.Г. Захарова, В.А. Дементьев // Агрохимия. – 1994. - № 2. – С. 69-77.

64. Зеленцов, С.В. К вопросу изменения климата Западного Предкавказья / С.В. Зеленцов, А.С. Бушнев // Научн.-техн. бюлл. ВНИИ масличных культур. – 2006. – № 2. – С. 79-92.

65. Зеленцов, С.В. Усовершенствованная классификация типов роста сои / С.В. Зеленцов, А.С. Лучинский // Научн.-техн. бюлл. ВНИИ масличных культур. – 2011. – Вып. 148-149. – С. 88-94.

66. Зотиков, В.И. Энергосберегающая технология возделывания сои // http://www.infotechno.ru/ros-soya/clients/doc_zotikov.php (2011).

67. Игнатенко, Ю.Г. Влияние удобрений на урожай и качество зерна сои // Доклады ГСХА. – 1968. – Вып. 142. – С. 15.

68. Ильин, В.Б. Элементарный химический состав растений. – Новосибирск: Наука, 1985. – 129 с.

69. Исайкин, И.И. Модель адаптивной технологии возделывания сои. – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2002. – 136 с.

70. Исупова, Ю.А. Эколого-агрохимическая оценка действия минеральных удобрений на посевах сои, возделываемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2013. – 24 с.

71. Кадыров, С.В. Некорневая подкормка микроудобрениями и регуляторами роста как фактор повышения урожайности сои // Соя и др. бобовые культуры в Центр. Черноземье. - Воронеж, 2001. - С. 123-127.

72. Кадыров, С.В. Урожайность сортов сои в зависимости от удобрений и инокуляции семян // Соя и другие бобовые культуры Центрального Черноземья. – Воронеж, 2001. – С. 107-109.

73. Казанок, А.Ф. Соя и ее урожайность в связи с метеорологическими факторами. - Ставрополь, 1982. - 32 с.

74. Казанцев, В.П. Влияние некорневого внесения микроудобрений марки ЖУСС на формирование клубеньков и урожайность сои / В.П. Казанцев, А.И. Кузнецов // Вестник Казанского ГАУ. – 2010. - № 3. – Вып. 17. – С. 113-115.

75. Казанцев, В.П. Способы и сроки применения хелатных форм микроудобрений при возделывании сои в южной части Волго-Вятского региона // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. - Казань, 2010. - 23 с.

76. Казачков, Ю.Н. Оценка результатов и корректировка применения молибдена под сою // Пути повышения продуктивности растениеводства, кормопроизводства и садоводства на Дальнем Востоке. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 49-57.

77. Каталог продукции ВНИИМК – сорт сои Вилана, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vniimk.ru/productions-34>.

78. Карягин, Ю.Г. Соя. – Алма-Ата: Кайнар, 1978. – 128 с.

79. Кашбулгайнов, Р.А. Применение пожнивного сидерата при комплексной механизации возделывания сои в условиях Амурской области // Международный с.-х. журнал. – 2006. - № 3. – С. 58-59.

80. Кашеваров, Н.И. Влияние азотных удобрений на урожайность зерна сои на выщелоченных черноземах северной лесостепи Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, А.А. Полищук, А.В. Бейч, Н.Н. Кашеварова // Сибирский вестник с.-х. науки. – 2005. - № 1. – С. 81-83.

81. Кершанская, О.И. Концепция оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы в оптимизации селекционного процесса // Вестник Башкирского университета. - 2001. № 2 (I). С. 39-41.

82. Кондратова, А.В. Влияние длительного применения удобрений на формирование урожайности сои на луговых черноземовидных почвах Приамурья // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2004. – 20 с.

83. Костевич, С.В. Применение бора и молибдена на посевах сои / С.В. Костевич, О.И. Асокин // Научн.-техн. бюлл. ВНИИ масличных культур. – 2008. – Вып. 139. – С. 65-69.

84. Костевич, С.В. Продуктивность сои при некорневой подкормке растений микроэлементами / С.В. Костевич, Н.Г. Михайлюченко // Гл.агроном, 2008. - № 6. - С. 27-30.

85. Крикунец, В.М. О фазной структуре зависимости урожая сои и гороха от дозы молибдена // В.М. Крикунец, Н.Г. Жмурко, В.И. Сичкарь // *Агрехимия*. – 1998. - № 4. – С. 67-75.

86. Кружилин, И.П. Эффективность применения органо-минеральных удобрений при возделывании сои в зерно-кормовом севообороте // *Вопросы семеноводства и селекции орошаемых сельскохозяйственных культур*. – Волгоград, 2001. – С. 5.

87. Куликов, Н.Р. Продуктивность сои в зависимости от норм высева и расчётных доз удобрений / Н.Р. Куликов, Ю.И. Слабко // *Повышение урожайности полевых культур в интенсивном земледелии Приморского края*. – 1989. – С. 3-8.

88. Куркаев, В.Т. Методические указания по применению молибдена под сою / В.Т. Куркаев, В.И. Голов. – Благовещенск, 1961. – 23 с.

89. Куркаев, В.Т. К диагностике питания сои // *Труды опытных станций: Амурская СХОС*. – 1968. – Т. 2.

90. Лещенко, А.К. Соя / А.К. Лещенко, В.В. Касаткин, М.И. Хотулев. – М.: Сельхозгиз, 1948. – 272 с.

91. Литвинцев, П.А. Влияние микроэлементов на азотфиксирующую способность и зерновую продуктивность сои // *Материалы международной научной конференции "Агроэкологическая эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур"*. - Москва, 2005. - С. 258-260.

92. Лихачев, А.Н. Эффективность удобрений и кальцийсодержащих соединений при различных способах возделывания сои на черноземе типичном лесостепи // *Автореф. дисс. канд. с.-х. наук*. – Курск, 2002. – 18 с.

93. Лукомец, В.М. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов, В.Т. Пивень, Уго Торо Корреа, И.И. Шуляк. – Краснодар, 2010. - 328 с.

94. Лукомец, В.М. Соя в России – действительность и возможность / В.М. Лукомец, А.В. Кочегура, В.Ф. Баранов, В.Л. Махонин. – Краснодар, 2013. – 100 с.
95. Лучинский, А.С. Связь высоты растений сои с глубиной залегания их корневых систем // Сборник V международной конференции молодых ученых и специалистов. – Краснодар: ВНИИМК, 2009. – С. 124-127.
96. Магницкий, К.П. Диагностика минерального питания растений по их химическому составу // Агрехимия. – 1965. - № 9. – С. 9-18.
97. Магницкий, К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях. – М., 1972. – 272 с.
98. Маркова, А.В. Влияние кобальта и цинка на симбиотическую азотфиксацию сои // Почвозн., агрохим. и экол. – 1996. – № 5. – С. 7-9.
99. Маслова, И.Я. Роль серы в продукционном процессе и усвоении азота в период налива зерна яровой пшеницы / И.Я. Маслова, Т.Г. Якушева // Агрехимия. – 2004. - № 7. – С. 22-32.
100. Маслова, Н.Ф. Влияние борных удобрений на урожай и качество сои // Селекц., семен. и техн. возд. с.-х. культур в Приморье. - Новосибирск, 1990. - С. 49-55.
101. Мацков, Ф.Ф. Теория и практика внекорневой подкормки // Записки Харьковского СХИ. – Киев, 1941. – Т. 3. – Вып. 1-2.
102. М-МВИ 80-2008 – Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии. – Санкт-Петербург, 2008. – 27 с.
103. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии. – М.: Московский университет, 2003. – 304 с.
104. Мирошниченко, М.В. Изменение хозяйственно-биологических признаков сортов сои в результате селекции // Автореферат к. б. наук. - Краснодар, 2005. - 24 с.

105. Моисеев, А.А. Симбиотический азот и продуктивность земледелия в условиях южной лесостепи / А.А. Моисеев, Ш.И. Ахметов. – Саранск, 2008. – 210 с.
106. Мокроносов, А.Г. Фотосинтез: физиолого-экологические и биохимические аспекты / А.Г. Мокроносов, В.Ф. Гавриленко. - М.,1992. - 319 с.
107. Нагорный, В.Д. Диагностика потребности сои в удобрениях на почвах Северного Кавказа // Автореф. дисс. д. с.-х. наук. – Москва, 1989. – 56 с.
108. Нагорный, В.Д. Соя: особенности минерального питания и удобрения. – М.: Изд-во РУДН, 1993. – 149 с.
109. Нагорный, В.Д. Инновационные элементы в технологии выращивания сои / В.Д. Нагорный, М.У. Ляшко // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – Москва, 2015. - № 1 (22). – С. 3-8.
110. Наумченко, Е.Т. Результаты длительного применения системы удобрений под сою в стационарном соево-зерновом севообороте / Е.Т. Наумченко, И.Г. Ковшик, А.В. Кондратова // Сб. ст. корд. совещ. в г. Краснодаре: «Итоги исследования по сое за годы реформирования и направления НИР на 2005-2010 гг.». – Краснодар, 2004. – С.164-169.
111. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 511-526.
112. Онищенко, Л.М. Удобрения и урожай // Материалы региональной научн.-практ. конференции. – Майкоп, 2005. – С. 317-324.
113. Осин, А.А. Влияние микробиологических препаратов, минеральных удобрений на симбиоз, урожайность и белковую продуктивность сои и фасоли в условиях Центральной Лесостепи России // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Орел, 2009. – 23 с.
114. Осипов, Ю.Ф. Обобщенные рекомендации по использованию прибора N-тестер на посевах зерновых культур / Ю.Ф. Осипов, М.И. Зазимко,

О.П. Захарова, А.В. Поздеев, А.Б. Хорошкин, С.Г. Гришай. – Краснодар, 2003. – С. 11.

115. Островчук, П.П. Факторы, влияющие на продуктивность сои / П.П. Островчук, В.А. Ищенко // Технические культуры. – 1989. - № 4. – С. 18-19.

116. Пайкова, И.В. Влияние содержащих серу удобрений на накопление азота бобовыми культурами. – М.: Изд-во ВНИИ кормов, 1968. – С. 103-106.

117. Патент № 2225691 Российская Федерация, МПК кл. А01G7/00. Способ диагностики потребности растений в микроэлементном питании / О.Н. Будаговская, А.В. Будаговский, З.В. Притула, О.Г. Белоус, Ю.С. Абильфазова. – 2002108804/12; заявлено 05.04.2002; опубликовано 27.11.2003. – 13 с.

118. Патент № 2262222 Российская Федерация, М. кл. А01С21/00. Способ некорневой подкормки сои / А.А.Абаев. – 2003873610/12; заявлено 08.10.2003; опубликовано 20.10.2005. – 6 с.

119. Патент № 2342825 Российская Федерация, МПК кл. А01G7/00. Неразрушающий способ функциональной диагностики растений / А.В. Будаговский, О.Н. Будаговская, И.А. Будаговский. – 2007104756/12; заявлено 07.02.2007; опубликовано 10.01.2009. – 18 с.

120. Патент № 2381644 Российская Федерация, МПК кл. А01G7/00. Способ экспресс-диагностики азотного питания растений / М.Т. Александров, Р.А. Афанасьев, О.Г. Гапоненко, В.А. Хоменко, Г.В. Смышляев. – 2007279383/12; заявлено 05.10.2007; опубликовано 20.02.2010. – 14 с.

121. Патент № 2417576 Российская Федерация, МПК кл. А01G7/00. Способ диагностики потребности растений в минеральных элементах питания / И.И. Гуреев. – 2009134741/21; заявлено 16.09.2009; опубликовано 10.05.2011. – 8 с.

122. Патент № 2453097 Российская Федерация, МПК кл. А01С21/00 и А01G7/00. Способ определения дозы азотной подкормки сельскохозяйственных растений / А.В. Лабынцев, С.В. Пасько. – 2010138763/13; заявлено 20.09.2010; опубликовано 20.06.2012. – 18 с.

123. Патент № 2511311 Российская Федерация, МПК кл. А01G7/00. Способ диагностики потребности растений в элементах питания с учетом физиологического состояния растений / А.В. Поздеев, М.В. Поздеев, Т.С. Казанок. – 2012147885/13; заявлено 09.11.2012; опубликовано 10.04.2014. – 24 с.

124. Патыка, В.Ф. Накопление биологически связанного азота соей // Технические культуры. – 1989. - № 6. – С. 19-20.

125. Пейве, Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов. Избранные труды. – М.: Наука, 1980. – 430 с.

126. Пенчуков, В. М. Соя в рисовых севооборотах на Кубани / В. М. Пенчуков, В. Ф. Баранов, В. Л. Махонин // Аграрная наука. 1996. - № 4. - С. 18-19.

127. Переверзева, Е.В. Эффективность инокуляции сои, применения цинка и молибдена на предкавказских черноземах // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Ставрополь, 2000. – 21 с.

128. Перспективная ресурсосберегающая технология производства сои: Методические рекомендации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 56 с.

129. Петербургский, А.В. Об анализе почвы при помощи растений // Анализ растений и проблемы удобрения. – М.: Наука, 1964. – С. 6-22.

130. Петибская, В.С. Соя: химический состав и использование. - Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2012. - 432 с.

131. Пимонов К.И. Динамика производства высокобелкового зерна в Донском регионе / К.И. Пимонов, Д.Ф. Ионов // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3-1 (17). – С. 40-46.

132. Пимонов К.И. Оптимизация питания и возделывание нетрадиционных культур на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого

увлажнения // диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. – Персиановский, 2012. – 508 с.

133. Пимонов К.И. Продуктивность сортов нута при использовании бактериальных удобрений в Ростовской области / К.И. Пимонов, Е.И. Рыльчиков // Кормопроизводство. – 2012. – № 1. – С. 26-27.

134. Пичугина, Т.П. Урожайность, качество кормовых бобов и сои в зависимости от норм высева и обработки семян молибденом на разноудобренных фонах // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Воронеж, 2004. – 21 с.

135. Пищейко, Л.Н. Поступление и перераспределение азота, фосфора, калия в репродуктивных органах сои в основные фазы развития // Рациональное использование орошаемых земель и программирование урожаев. – Новочеркасск, 1986. – С. 52-62.

136. Посыпанов, Г.С. Азотфиксация бобовых культур в зависимости от почвенно-климатических условий // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Наука (АН СССР), 1985. – С. 68-82.

137. Посыпанов, Г.С. Соя в Подмосковье. Сорта Северного экотипа для Центрального Нечерноземья и технология их возделывания. – М., 2007. – 200 с.

138. Проворов, Н.А. Соотношение симбиотрофного и автотрофного питания азотом у бобовых растений: генетико-селекционные аспекты // Физиология растений. – 1996. – Т. 43. - № 1. – С. 127-135.

139. Прянишников, Д.Н. Избранные сочинения в 3-х томах. М.: Колос, 1965. – т. 1 – 767 с., т. 2 – 708 с., т. 3 – 640 с.

140. Ревенков, Г.О. Особенности пищевого режима сои на орошаемых землях Курской области // В сб.: ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2002. – Вып. 34. – С. 54-58.

141. Русаков, В.В. Биологический азот и его роль в формировании урожая семян сои / В.В. Русаков, В.Т. Синеговская // Интенсификация земледелия и растениеводства Дальнего Востока. – Новосибирск, 1988. – С. 60-66.

142. Сабинин, Д.А. Физиологические основы питания растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 238 с.

143. Салтанов, М.Д. Минеральное питание сои и диагностика потребности ее в удобрениях в Амурской области // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Благовещенск, 1971. – 27 с.

144. Салтанов, М.Д. Влияние серы на химический состав и урожай сои на некоторых почвах Приамурья / М.Д. Салтанов, Г.А. Целковский // Научно-технический бюллетень СО ВАСХНИЛ, 1976. – Вып. 2. – С. 58-68.

145. Сентябрев, А.А. Соя – «антикризисная» культура // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 15.

146. Сихарулидзе, Т.Д. Структура урожая и урожайность сои в зависимости от уровней минерального питания в условиях центрального нечерноземья / Т.Д. Сихарулидзе, В.К. Храмой // Плодородие. – 2012. – № 3. – С. 9-10.

147. Слюсарев, В.Н. Диагностика обеспеченности растений серой и физико-химические свойства чернозема выщелоченного в системе агроэкологического мониторинга // Экология и биология почв: проблемы диагностики и индикации. – Ростов-на-Дону, 2006. – С. 449-453.

148. Слюсарев, В.Н. Сера в почвах Северо-Западного Кавказа (агроэкологические аспекты). – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 230 с.

149. Слюсарев, В.Н. Сера в черноземах выщелоченных Западного Предкавказья и перспективы применения серосодержащих удобрений под масличные культуры / В.Н. Слюсарев, Н.М. Тишков, А.А. Дряхлов, А.П. Пинчук // Труды КубГАУ. – Краснодар, 2014. – Вып. 49. – С. 58-62.

150. Смирнов, С.Г. Формирование высокопродуктивных ценозов сои в зависимости от приемов основной обработки почвы и удобрений в условиях Лесостепи Поволжья // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Казань, 2014. – 22 с.

151. Соколов, А.В. Методы диагностики недостатка питательных веществ по внешнему виду и анализу растений // Руководство для полевых и

лабораторных исследований почв. – М.: Изд-во АН СССР, 1947. - № 2. – С. 107-122.

152. Соколов, А.В. Состояние и задачи теоретических и методических работ в области агрохимии // Агрохимия. – 1967. - № 1. – С. 3-23.

153. Столяров, О.В. Изучение действия некорневых подкормок микроэлементами на урожай семян сои // Особенности технологий возделывания зерн. и кормовых культур в ЦЧР. - Воронеж, 1998. - С. 36-40.

154. Столяров, О.В. Роль молибдена и макроудобрений в повышении урожая сои / О.В. Столяров, Т.П. Пичугина // Мат-лы межрегион. науч.-практич. конф. молодых ученых и специалистов: «Вклад молодых ученых в развитие аграрной науки в начале XXI века». – Воронеж: ВГАУ, 2003. – Ч. 2. – С. 25-27.

155. Стоянов, Д. Применение микроудобрений в НРБ в условиях интенсивной химизации // Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kollataja w Krakowie. – 1984. - Т. 185. - С. 5-14.

156. Стрюк, М.В. Вплив позакореневого підживлення на продуктивність сої / М.В. Стрюк, С.Г. Стрюк, В.П. Дерев'янський // Наук.-техн. бюл. Хмельниц. НВО "Еліта". – 1994. - № 2. - С. 24-30.

157. Ступницкий, Д.Н. Формирование урожайности зернобобовых культур в Красноярской Лесостепи в зависимости от сортовых особенностей и приемов возделывания // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2009. – 16 с.

158. Сулимов, В.В. Продукционный процесс перспективных сортов сои и люпина и его оптимизация с использованием регуляторов роста и развития // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Орел, 2009. – 24 с.

159. Сунь Син-дун Соя. - М.: Сельхозгиз. — 1958. — 248 с.

160. Сыромятников, В.Ю. Продуктивность сои в зависимости от условий минерального питания, приемов ухода и норм высева семян на юго-востоке ЦЧР // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Воронеж, 2011. – 23 с.

161. Сычев, В.Г. Применение минеральных удобрений в системе точного земледелия: проблемы и перспективы / В.Г. Сычев, А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, А.И. Подколзин, Ю.И. Гречишкина, М.С. Сигида, Ю.С. Шевченко // В сборнике: Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе, 2012. - С. 80-82.

162. Таов, М.Л. Действие комплексного применения удобрений и биопрепарата на продуктивность сои / М.Л. Таов, М.В. Кашуков // Бюллетень ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 2001. - № 115. – С. 73-74.

163. Технология возделывания сои в Республике Татарстан. – Казань, 2004. – 30 с.

164. Тильба, В.А. Изучение симбиоза клубеньковых бактерий и сои в почвах Приамурья / В.А. Тильба, С.А. Бегун // Условия произрастания и урожай сои. – Новосибирск, 1978. – С. 78-84.

165. Тильба, В.А. Приемы регулирования продукционных процессов в посевах сои в системе соево-зерновых севооборотов / В.А. Тильба, И.П. Волох // Земледелие. – 2011. - № 8. - С. 34-36.

166. Тихонович, И.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агросистем будущего / И.А. Тихонович, Н.А. Проворов. – СПб.: Издательство СПб. университета, 2009. – 210 с.

167. Тишков, Н.М. Плодородие выщелоченного чернозема Западного Предкавказья и продуктивность зернопропашного севооборота с масличными культурами при длительном применении удобрений// Автореф. дисс. д-ра с.-х. наук. – Краснодар, 2005. – 48 с.

168. Тишков, Н.М. Применение серосодержащих удобрений под масличные культуры на черноземах выщелоченных / Н.М. Тишков, А.А. Дряхлов, В.Н. Слюсарев // Научн.-техн. бюлл. ВНИИ масличных культур. – 2014. – Вып. 159-160. – С. 124-130.

169. Тишков, Н.М. Продуктивность сои при некорневой подкормке растений микроудобрениями и обработке регуляторами роста на черноземе

выщелоченном выщелоченных / Н.М. Тишков, Н.Г. Михайлюченко, А.А. Дряхлов // Научн.-техн. бюлл. ВНИИ масличных культур. – 2007. – Вып. 137. – С. 91-97.

170. Тишков, Н.М. Реакция сои на почвенное плодородие и минеральные удобрения в севообороте // В кн. «Соя: биология и технология возделывания». – Краснодар, 2005. – С. 65-74.

171. Тишков, Н.М. Эффективность некорневой подкормки сои микроудобрениями на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Н.М. Тишков, А.А. Дряхлов // Научн.-техн. бюлл. ВНИИ масличных культур. – 2014. – Вып. 157-158. – С. 55-59.

172. Тишков, Н.М. Эффективность серосодержащих удобрений при возделывании масличных культур на черноземе выщелоченном / Н.М. Тишков, А.А. Дряхлов, В.Н. Слюсарев, А.В. Осипов // Сборник статей «Энтузиасты аграрной науки». – Краснодар, 2014. – Вып. 16. – С. 43-45.

173. Толоконников, В.В. Новая экологически безопасная технология возделывания сои в условиях Нижнего Поволжья / В.В. Толоконников, О.П. Даниленко, О.В. Исупова, Г.В. Седанов // Материалы круглого стола «Эколого-экономические проблемы экологической политики региона». – Волгоград, 2002. – С. 29-33.

174. Толоконников, В.В. Теоретическое и экспериментальное обоснование технологий возделывания и селекции адаптированных к природным условиям Нижнего Поволжья сортов сои // Автореф. дисс. д-ра с.-х. наук. – Волгоград, 2010. – 47 с.

175. Тонконоженко, Е.В. Микроэлементы в почвах Кубани Кубани и применение микроудобрений. – Краснодар, 1973. – 111 с.

176. Трухачев, В.И. Соя на Северном Кавказе / В.И. Трухачев, П.В. Ключин. – Ставрополь: АГРУС, 2007. – 532 с.

177. Тур, Н.С. Экологические основы возделывания сои: Учебное пособие/ Н.С. Тур, А.В. Загорюлько. - Краснодар, 1994. - 44 с.

178. Устюжанин, А.П. Стратегия развития соевого комплекса России // Земледелие. – 2010. - № 3. – С. 3-6.

179. Федоров, В.Ф. Урожайность и активность симбиоза сои в зависимости от инокуляции, приемов обработки семян пестицидами и некорневых подкормок ЖКУ (в условиях Центрального района Нечерноземной зоны) // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Москва, 1986. – 17 с.

180. Федотов, В.А. Доля участия источников азота в формировании растений сои на разноудобренных фонах / В.А. Федотов, О.В. Столяров, Т.П. Пичугина // Сб. науч. тр.: «Повышение урожайности полевых культур в ЦЧР. – Воронеж, 2004. – С. 25-29.

181. Федотов, В.А. Соя в России // В.А. Федотов, С.В. Гончаров, О.В. Столяров. – Москва: Агролига России, 2013. – 432 с.

182. Фомин, И.С. Густота и подкормка растений сои при широкорядном и широкорядно-перекрестном возделывании на темно-серых и лесных почвах Центрального Черноземья // Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. – Курск, 2003. – 20 с.

183. Хадиков, А.Ю. Урожайность зерна сои в зависимости от микроудобрений на выщелоченном черноземе Северной Осетии – Алания / А.Ю. Хадиков, А.Е. Басиев, З.А. Гутиева, Т.К. Лазаров // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 49. - № 1-2. – С. 50-53.

184. Хижняк, Р.М. Молибден в пахотных черноземах Белгородской области // Земледелие и растениеводство. Достижения науки и техники АПК. - № 8. – 2013. - С. 36-37.

185. Хоанг Минь Там Сера, бор, молибден в выщелоченных черноземах Кубани и потребность в них при возделывании сои // Автореф. дис. канд. с.-х. наук. Краснодар, 1992. – 24 с.

186. Хоменко, А.Д. Серное питание и продуктивность растений. - Киев, 1983. – С. 162-165.

187. Хорошкин, А.Б. Управление азотным питанием сельскохозяйственных культур с применением прибора N-тестер. – Краснодар, 2008. – 62 с.

188. Храмцов, И.Ф. Эффективность применения удобрений под сою на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири / И.Ф. Храмцов, Н.А. Воронкова, Г.Я. Козлова // *Агрохимия*. – 2001. - № 2. – С. 36-39.

189. Хрустич, М. Соя: общие положения и рекомендации по выращиванию / М. Хрустич, М. Видич, Е. Миладинович, Г. Малиджа, М. Синджич, В. Релин. – Нови Сад, 2001. – 20 с.

190. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

191. Цзинь Сяомэй Формирование урожайности сои в зависимости от применения гумата натрия / Цзинь Сяомэй, В.Т. Синеговская // *Адаптивные технологии в растениеводстве Амурской области*. - Благовещенск, 2009. - Вып. 5. - С. 112-115.

192. Цховребов, В.С. Изменение содержания микроэлементов под озимой пшеницей в результате реминерализации чернозема выщелоченного / В.С. Цховребов, И.О. Лысенко, Д.В. Калугин // *Научный журнал КубГАУ*. - №77(03). – 2012. – С. 1-10.

193. Чиков, В.И. Связь фотосинтеза с продуктивностью растений // *Соросовский образовательный журнал*. – Казань, 1997. - № 12. - С. 23-27.

194. Шабалдас, О.Г. Сорта сои и влияние удобрений на их продуктивность / О.Г. Шабалдас, Ю.А. Панков, И.А. Жигальцова // *Аграрная наука*. – 2008. - № 5. – С. 17-18.

195. Шавша, Н.А. Влияние некорневых подкормок на урожай семян сои СибНИИК-315 / Н.А. Шавша, Н.А. Пушкин // *Селекция с.-х.культур на адаптивность и особенности семеноводства в Сибири*. - Новосибирск, 1995. - С. 102-103.

196. Шеуджен, А.Х. *Агрохимия. Часть 3 – Экспериментальная агрохимия*. – Краснодар, 2016. – 755 с.

197. Шеуджен, А.Х. *Агрохимия. Часть 4 – Фундаментальная агрохимия*. – Краснодар, 2016. – 529 с.

198. Шеуджен, А.Х. *Агрохимия чернозема*. – Майкоп, 2015. – 232 с.

199. Шеуджен, А.Х. Биогеохимия. – Майкоп, 2003. – 1028 с.
200. Шеуджен, А.Х. Диагностика минерального питания растений / А.Х. Шеуджен, А.В. Загорулько, Л.И. Громова, Л.М. Онищенко, И.А. Лебедовский, М.А. Осипов. – Краснодар, 2009. – 298 с.
201. Шеуджен, А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева. – Майкоп, 2015. – 664 с.
202. Ширинян, О.М. Почвенная, растительная и экспресс-диагностика потребности сои в основных элементах питания // Соя. Биология и технология возделывания / Под ред. В.Ф. Баранова и В.М. Лукомца. – Краснодар: ВНИИМК, 2005. – С. 183-192.
203. Школьник, М.Я. Микроэлементы в жизни растений. – М.: Наука, 1970. – 343 с.
204. Шотт, П.Р. Отзывчивость сои на минеральные и бактериальные удобрения в условиях юга Западной Сибири / П.Р. Шотт, В.П. Старостенко, П.А. Литвинцев // Материалы Международной научно-практической конференции «Развитие инновационной деятельности в АПК». – Москва, 2003. – С. 299-301.
205. Щегольков, А.В. О возможности диагностирования потребности растений сои в сере, молибдене и боре для эффективной некорневой подкормки // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №06(110). – IDA [article ID]: 1101506071. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/71.pdf>.
206. Щегольков, А.В. Применение метода функциональной диагностики для определения потребности в некорневых подкормках сои на черноземе выщелоченном // Сборник статей «48-я Международная научная конференция молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов». – Москва, 2014. – С. 271-274.

207. Щегольков, А.В. Продуктивность сои в зависимости от применения некорневых подкормок серным, борным и молибденовым удобрениями на черноземе выщелоченном // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №02(106). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/15.pdf>.

208. Щегольков, А.В. Связь фотохимической активности хлоропластов с урожайностью сои на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Сборник материалов «7-й международной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 100-летию со дня основания ВНИИМК». - Краснодар, 2013. - С. 266-269.

209. Щегольков, А.В. Эффективность применения некорневых подкормок растений сои мезо- и микроудобрениями по результатам функциональной диагностики на черноземе выщелоченном // Сборник материалов «8-й международной конференции молодых ученых и специалистов». – Краснодар, 2015. – С. 187-190.

210. Agrawal, A.P. Correlation of some quantitative characters with seed yield in soybean / A.P. Agrawal, S.A. Patil, P.M. Salimath // J. Maharashtra Agr. Univ., 2001. – Vol. 26. - № 3. - P. 291-293.

211. Barbaro, I.M. Analise de cultivares de soja em resposta a inoculacao e aplicacao de cobalto e molibdenio / I.M. Barbaro, M.A.P. Da Cruz Centurion, E.A. Gavioli, D.G.P. Sarti, L.S. Barbaro Junior, F.B. Miguet // Rev.Ceres. – 2009. - Vol. 56. - № 3. - P. 342-349.

212. Bujak, K. The effect of reduced tillage and foliar nutrition by macro- and microelements on the yielding of soybean growing in monoculture / K. Bujak, M. Jedruszczak, M. Frant // Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska. Sect. E.. – 2004. - Vol.59. - № 1. - P. 139-147.

213. Chapman, H.D. Diagnostic Criteria for Plants and Soils // Univ. Calif. Divis. Agr. Soil, 1966. – 32 p.

214. Co Deiro, D.S. Concentracao de macronutrients em luncao da idade, does de fosforo aplicadas e partes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) / D.S. Co Deiro, J.S. Sarruge, H.P. Haag, G.D. Oliveira // An. Esc. super agr. L. deQueirog, 1980. – Vol. 37. - № 1. - P. 99-142.

215. Freeborn, J.R. Soybean yield response to reproductive stage soil-applied nitrogen and foliar-applied boron / J.R. Freeborn, D.L. Holshouser, M.M. Alley, N.L. Powell, D.M. Orcutt // Agron.J. – 2001. - Vol.93. - № 6. - P. 1200-1209.

216. Gan, Yunbo Physiological changes in soybean (*Glycine max*) Wuyin9 in response to N and P nutrition / Gan Yunbo, Stulen Ineke, Van Keulen Herman, KuiperPieter J.C. // Ann. Appl. Biol. 2002. - № 3. – P. 319-329.

217. Hallmark, W.B. Use of DRIS to formulate a soybean foliar fertilization program / W.B. Hallmark, H.F. Morris, J.D. Fontenot // J. Fertil. Iss, 1988. - T. 5. - № 4. - P. 131-141.

218. Hanway, J.J. Accumulation of N, P and K by Soybean Plants / J.J. Hanway, C.R. Weber // Agron. J. - 1971. – Vol. 63. – P. 406-408.

219. Harrer, J.E. Soil Symbiotic Nitrogen requirements for optimum Soybean Production // Crop. Sc. - 1974. - № 14. – P. 255-260.

220. Haq, M.U. Foliar fertilization of soybean at early vegetative stages / M.U. Haq, A.P. Mallarino // Agron.J., 1998. - Vol. 90. - № 6. - P. 763-769.

221. Hungria, Mariangela Азотное питание сои в Бразилии: Вклад биологической азотфиксации и азотных удобрений в формировании урожая семян сои / Hungria Mariangela, Franchini Julio C., Campo Rubens J., Crispino Carta C., Moraes Jose Z., Sibaldelli Rubson N., Mendes Heda C., Arihara Joji // Докл. 2 Inoculant Forum “Recent Advances in Plant Inoculants Research”, Saskatoon, March 17-18, 2005, Can. J. Plant Sci. 2006. – 86, № 4. – P. 927-939.

222. Hu Shui-xiu Jiangxi nongye xuebao // Acta Agr. Jiangxi. – 2001. – 23. - № 4. – P. 463-466.

223. Jasinska, Z. Reakcja soi odmiany Polan na nawozenie azotem i mikroelementami / Z. Jasinska, A. Kotecki, M. Kozak // Biul.Inst.Hodowli Aklimat.Rosl., 1996. - № 198. - P. 71-79.

224. Jong-Tag, Youn Effect of N Fertilizer Top-dressing on N Accumulation and N₂ Fixation of Supernodulating Soybean Mutant / Jong-Tag Youn, Kyujung Van, Jae-Eun Lee, Sung-Kook Kim, Jin Song, Wook-Han Kim, Suk-Ha Lee // Journal of Crop Science and Biotechnology. – 2009. - Vol.12. - № 3. - P. 153-159.

225. Kaspar, T.C. Taproot-elongation rates of soybean cultivars in the glasshouse and their-relation to field rooting depth / T.C. Kaspar, H.M. Taylor, R.M. Shibles // Crop Sci., 1984. – Vol. 24. - № 5. - P. 916-920.

226. Reinbott, T.M. Content of boron and other elements in main stem and branch leaves and seed of soybean / T.M. Reinbott, D.G. Blevins, M.K. Schon // J.Plant Nutrit. – 1997. - Vol.20. - № 7/8. - P. 831-843.

227. La Barge Greg. Foliar fertilizer applications for soybean production // Spec. Circ. Ohio State Univ., 2001. - № 179. – P. 71-73.

228. Li Ming, Gu Jie, Gao Hua, Qin Qin-jun Xibei nonglin keji daxue xuebao. – 2007. - № 9. – P. 67-72.

229. Miyauchi, Y. Effects of Foliar Application of Humic Substance on Growth and Yield of Soybean in Arid Areas of Xinjiang, China / Y. Miyauchi, A. Isoda, Z. Li, P. Wang // Japan.J.Crop Sc.. – 2012. - Vol.81. - № 3. - P. 259-266.

230. Nelson, K.A. Response of No-Till Soybean [Glycine max (L.) Merr.] to Timing of Preplant and Foliar Potassium Applications in a Claypan Soil / K.A. Nelson, P.P. Motavalli, M. Nathan // Agronomy Journal. - Madison, 2005. - Vol.97. - № 3. - P. 832-838.

231. Nowak, G.A. Response of soybean to gibberellin A3 application under conditions of high boron availability / G.A. Nowak, J. Czaplá // J.Plant Nutrit. - 1995. – Vol. 18. - № 10. - P. 2179-2190.

232. Prevo, P. Utilization du diagnostic foliar / P. Prevo, M. Ollanger // Oleagineux, 1956. - № 2. – P. 695-704.

233. Santos, L.P. Adubacao nitrogenada e molibdica da cultura da soja em viciosa e coimbra / L.P. Santos, C. Vieira, C.S. Sedyama, T. Sedyama // Rev.Ceres, 2000. - Vol.47. - № 269. - P. 33-48.

234. Smith, G. Yield components of soybean plants infected with soybean cyst nematode and sprayed with foliar applications of boron and magnesium / G. Smith, W. Wiebold, T.L. Niblack, P. Scharf, D. Blevins // J.Plant Nutrit. – 2000. - Vol.23. - № 6. - P. 827-834.

235. Shukla, K.C. Effect of foliar spray of plant growth regulator and nutrient complex on productivity of soybean var. JS 79-81 / K.C. Shukla, O.P. Singh, R.K. Samaiya // Crop Res. – 1997. - Vol.13. - № 1. - P. 213-215.

236. Sumner, M.E. Preliminary N, P and K foliar Diagnostic Norms for Soybeans // Agron. J. – 1977. - № 45 (2). – P. 273-279.

237. Thalooh, A.T. Growth and yield responses of three soybean varieties to foliar application of some nutrient compounds / A.T. Thalooh, T.A. Nour, M.A. Seessy // Ann. agr. Sc. – 1989. - T. 34. - № 2. - P. 939-951.

238. Wallece, T. The Diagnosis of Mineral Defficienes in plants // Her. Mejesty`sStat. Offics. – London, 1951. – 167 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период сои по данным метеостанции «Круглик» (г. Краснодар), °С

Месяц	Декада	Среднесуточная температура воздуха, °С			
		Многолетняя	2012	2013	2014
Май	I	15,0	21,7	22,0	17,1
	II	17,1	22,7	21,0	21,2
	III	18,5	20,0	23,1	21,9
	среднее	16,9	21,5	22,0	20,1
Июнь	I	19,8	22,0	20,7	23,0
	II	21,0	26,6	24,3	21,4
	III	21,6	25,6	25,5	21,7
	среднее	20,8	24,7	23,5	22,0
Июль	I	23,0	22,4	25,2	23,6
	II	23,5	25,9	26,6	26,4
	III	24,0	28,7	23,0	26,1
	среднее	23,5	25,7	24,9	25,4
Август	I	23,9	27,3	23,4	28,2
	II	22,7	24,9	26,9	28,1
	III	21,9	23,7	25,7	25,2
	среднее	22,8	25,3	25,3	27,2
Сентябрь	I	19,7	20,9	18,3	25,0
	II	17,8	21,9	18,9	18,7
	III	16,0	21,2	13,5	15,7
	среднее	17,8	21,3	16,9	19,8

Приложение 2 – Сумма осадков за вегетационный период сои по данным метеостанции «Круглик» (г. Краснодар), мм

Месяц	Декада	Осадки, мм			
		Многолетняя	2012	2013	2014
Май	I	15,0	0,0	0,0	11,0
	II	21,0	4,0	15,6	24,7
	III	24,0	70,0	1,5	9,1
	сумма	60,0	74,0	17,1	44,8
Июнь	I	21,0	7,0	47,7	27,5
	II	21,0	0,3	30,7	57,5
	III	27,0	8,0	7,2	44,4
	сумма	69,0	15,3	85,6	129,4
Июль	I	22,0	74,0	57,8	29,2
	II	13,0	9,0	5,8	16,8
	III	19,0	0,3	32,5	5,3
	сумма	54,0	83,3	96,1	51,3
Август	I	16,0	0,0	28,3	0,0
	II	19,0	0,4	0,5	0,0
	III	19,0	3,0	5,8	0,0
	сумма	54,0	3,4	34,6	0,0
Сентябрь	I	14,0	0,0	45,6	33,7
	II	15,0	0,0	25,2	0,9
	III	10,0	27,0	35,8	5,5
	сумма	39,0	27,0	106,6	40,1
Сумма осадков за вегетационный период		276,0	203,0	340,0	265,6

Приложение 3 - Изменение высоты растений в зависимости от некорневых подкормок серным удобрением, см

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Фенологическая фаза		
	цветение	налив семян	полная спелость
2012 год			
Контроль	30,7	84,1	100,3
250	30,7	87,4	102,8
500	30,7	87,3	101,7
1000	30,7	86,4	100,5
2000	30,7	85,7	101,6
НСР ₀₅	-	5,0	6,8
2013 год			
Контроль	30,0	77,8	92,5
250	29,4	88,9	93,8
500	32,7	85,6	92,0
1000	30,8	84,3	94,2
2000	28,6	85,1	92,3
НСР ₀₅	4,7	6,2	5,4
2014 год			
Контроль	31,2	108,9	109,3
250	32,6	111,7	114,9
500	31,8	113,4	114,1
1000	30,6	114,7	115,2
2000	31,9	113,5	115,0
НСР ₀₅	3,8	5,3	5,9

Приложение 4 - Изменение высоты растений в зависимости от некорневых подкормок молибденовым удобрением, см

Доза внесения келик Мо, мл/га	Фенологическая фаза		
	цветение	налив семян	полная спелость
2012 год			
Контроль	31,9	78,9	96,7
125	31,9	87,2	103,7
250	31,9	84,3	102,2
500	31,9	82,0	104,8
1000	31,9	82,7	98,7
НСР ₀₅	-	4,2	5,6
2013 год			
Контроль	31,2	75,9	94,9
125	32,7	89,8	93,3
250	32,1	86,7	95,2
500	30,4	86,9	96,1
1000	30,9	88,2	93,7
НСР ₀₅	4,2	5,6	6,4
2014 год			
Контроль	30,1	108,6	109,9
125	29,6	107,0	108,3
250	29,2	108,1	108,6
500	30,8	105,8	106,4
1000	30,5	103,3	105,1
НСР ₀₅	3,5	6,1	6,3

Приложение 5 - Изменение высоты растений в зависимости от некорневых подкормок борным удобрением, см

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Фенологическая фаза		
	цветение	налив семян	полная спелость
2012 год			
Контроль	30,3	84,7	101,3
0,5	30,3	85,8	99,6
1,0	30,3	83,8	102,7
2,0	30,3	78,8	100,2
4,0	30,3	80,4	102,1
НСР ₀₅	-	6,3	6,2
2013 год			
Контроль	30,8	80,2	96,4
0,5	29,5	90,9	94,8
1,0	30,7	91,8	95,0
2,0	29,9	87,6	97,2
4,0	31,6	88,4	96,7
НСР ₀₅	4,7	5,7	6,8
2014 год			
Контроль	29,3	108,1	109,2
0,5	30,9	107,9	110,5
1,0	29,6	105,4	107,8
2,0	28,7	106,8	108,8
4,0	30,4	106,0	109,3
НСР ₀₅	3,6	4,9	6,0

Приложение 6 - Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок серным удобрением, г/м², 2012 год

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Фенологическая фаза											
	цветение				налив семян					полная спелость		
	лист.пл.	черешки	стебли	общее	лист.пл.	черешки	стебли	бобы	общее	семена	стебли	общее
Контроль	66,9	22,8	43,1	132,8	171,0	89,0	125,4	21,6	407,0	339,6	383,0	722,6
250	67,5	22,2	42,1	131,8	191,0	105,0	185,8	36,4	518,2	351,3	396,1	747,4
500	66,8	23,7	42,4	132,9	165,4	87,2	168,7	52,5	473,8	347,2	361,4	708,6
1000	67,6	22,4	43,6	133,6	153,9	73,9	153,9	48,1	429,8	346,9	361,1	708,0
2000	66,8	21,9	43,3	132,0	115,8	56,8	101,4	27,6	301,6	344,2	372,9	717,1
НСР ₀₅	5,8	3,2	5,0	10,8	10,2	9,7	8,5	5,4	18,8	17,9	16,8	20,3

Приложение 7 - Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок серным удобрением, г/м², 2013 год

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Фенологическая фаза											
	цветение				налив семян					полная спелость		
	лист.пл.	черешки	стебли	общее	лист.пл.	черешки	стебли	бобы	общее	семена	стебли	общее
Контроль	64,5	20,6	35,2	120,3	202,7	98,3	205,7	47,9	554,6	202,1	344,1	546,2
250	65,8	19,7	36,0	121,5	223,8	97,7	207,6	46,1	575,2	220,7	331,1	551,8
500	66,3	19,9	36,1	122,3	219,4	95,4	201,9	43,9	560,6	206,1	304,1	510,2
1000	64,0	20,8	34,9	119,7	189,1	91,4	182,4	42,5	505,4	208,9	300,6	509,5
2000	64,3	20,7	35,5	120,5	183,5	90,1	174,3	39,0	486,9	199,5	298,8	498,3
НСР ₀₅	4,2	2,6	5,1	8,5	8,4	8,2	6,7	6,2	14,7	19,2	14,9	18,2

Приложение 8 - Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок серным удобрением, г/м², 2014 год

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Фенологическая фаза											
	цветение				налив семян					полная спелость		
	лист.пл.	черешки	стебли	общее	лист.пл.	черешки	стебли	бобы	общее	семена	стебли	общее
Контроль	74,9	24,2	40,2	139,3	193,0	111,2	232,2	64,0	600,4	201,5	383,4	584,9
250	74,2	24,6	39,6	138,4	183,4	134,2	267,8	72,2	657,6	210,8	368,0	578,8
500	75,1	24,7	39,2	139,0	185,6	136,1	266,1	75,4	663,2	211,3	378,9	590,2
1000	74,3	23,8	40,5	138,6	180,4	124,6	265,8	74,8	645,6	209,6	372,4	582,0
2000	74,6	24,3	40,0	138,9	184,4	122,6	248,2	78,8	634,0	212,4	379,7	592,1
НСР ₀₅	3,7	3,4	4,2	7,4	9,0	7,9	7,5	6,8	15,4	16,2	16,5	21,3

Приложение 9 - Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок молибденовым удобрением, г/м², 2012 год

Доза внесения келик Мо, мл/га	Фенологическая фаза											
	цветение				налив семян					полная спелость		
	лист.пл.	черешки	стебли	общее	лист.пл.	черешки	стебли	бобы	общее	семена	стебли	общее
Контроль	65,4	21,7	42,6	129,7	167,2	83,8	143,6	25,6	420,2	335,7	363,7	699,4
125	66,8	22,6	41,4	130,8	165,6	83,8	168,0	42,4	459,8	337,3	324,1	661,4
250	65,8	21,8	43,6	131,2	160,6	77,2	160,4	41,2	439,4	337,6	338,0	675,6
500	65,0	23,1	41,6	129,7	139,2	61,8	129,8	45,2	376,0	342,9	329,5	672,4
1000	63,5	22,6	43,4	129,5	135,3	60,1	132,3	43,0	370,7	336,0	310,2	646,2
НСР ₀₅	5,4	3,6	4,7	10,2	11,1	9,5	8,9	4,6	20,7	15,3	17,6	23,0

Приложение 10 - Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок молибденовым удобрением, г/м², 2013 год

Доза внесения келик Мо, мл/га	Фенологическая фаза											
	цветение				налив семян					полная спелость		
	лист.пл.	черешки	стебли	общее	лист.пл.	черешки	стебли	бобы	общее	семена	стебли	общее
Контроль	65,3	21,9	34,8	122,0	200,7	100,1	203,8	47,8	552,4	205,8	335,1	540,9
125	65,8	20,9	36,1	122,8	214,2	102,5	208,8	48,7	574,2	207,5	313,8	521,3
250	66,2	21,5	34,2	121,9	221,0	105,2	260,7	50,8	637,7	201,3	304,1	505,4
500	65,0	22,7	35,3	123,0	224,5	108,7	258,5	46,9	638,6	198,8	303,9	502,7
1000	64,6	21,1	35,8	121,5	230,3	109,3	221,2	53,8	614,6	200,9	314,4	515,3
НСР ₀₅	4,6	3,4	4,8	9,3	8,7	7,4	6,8	7,5	15,6	18,9	14,4	20,5

Приложение 11 - Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок молибденовым удобрением, г/м², 2014 год

Доза внесения келик Мо, мл/га	Фенологическая фаза											
	цветение				налив семян					полная спелость		
	лист.пл.	черешки	стебли	общее	лист.пл.	черешки	стебли	бобы	общее	семена	стебли	общее
Контроль	73,4	23,9	40,1	137,4	197,2	115,6	228,8	62,0	603,6	205,8	383,3	589,1
125	73,9	24,3	40,8	139,0	197,8	117,4	245,0	77,8	638,0	212,5	391,3	603,8
250	74,2	23,3	39,5	137,0	190,5	112,5	234,5	80,1	617,6	215,4	394,6	610,0
500	73,0	23,8	40,4	137,2	195,2	113,4	229,8	75,4	613,8	208,1	375,1	583,2
1000	73,6	24,2	40,6	138,4	188,8	110,2	227,8	68,8	595,6	202,5	389,8	592,3
НСР ₀₅	4,2	2,9	5,7	8,8	9,3	8,5	7,0	6,2	18,9	14,7	15,5	22,8

Приложение 12 - Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок борным удобрением, г/м², 2012 год

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Фенологическая фаза											
	цветение				налив семян					полная спелость		
	лист.пл.	черешки	стебли	общее	лист.пл.	черешки	стебли	бобы	общее	семена	стебли	общее
Контроль	66,6	22,9	42,5	132,0	162,0	76,2	157,8	29,2	425,2	332,0	359,7	691,7
0,5	65,7	22,5	42,1	130,3	162,0	79,4	169,0	49,6	460,0	332,0	331,6	663,6
1,0	65,6	23,4	42,5	131,5	147,2	64,4	147,0	34,8	393,4	330,4	327,4	657,8
2,0	67,2	23,6	41,9	132,7	145,0	70,2	145,9	35,8	396,9	332,0	331,4	663,4
4,0	65,9	22,7	42,6	131,2	142,6	69,6	148,8	36,4	397,4	331,9	332,7	664,6
НСР ₀₅	5,2	3,0	5,8	10,6	9,6	10,4	9,3	5,8	19,8	16,7	16,5	22,4

Приложение 13 - Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок борным удобрением, г/м², 2013 год

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Фенологическая фаза											
	цветение				налив семян					полная спелость		
	лист.пл.	черешки	стебли	общее	лист.пл.	черешки	стебли	бобы	общее	семена	стебли	общее
Контроль	64,5	22,2	34,5	121,2	206,8	98,8	207,0	46,4	559,0	207,6	340,7	548,3
0,5	65,8	21,8	33,2	120,8	242,3	111,3	226,9	42,7	623,2	192,6	329,8	522,7
1,0	65,2	22,9	32,6	120,7	236,4	99,8	225,8	44,8	606,8	195,6	332,6	528,2
2,0	65,9	22,5	33,6	122,0	241,7	102,8	223,7	42,5	610,7	196,7	328,5	525,2
4,0	64,9	22,4	34,0	121,3	219,1	99,4	224,4	43,6	586,5	195,4	331,9	527,3
НСР ₀₅	4,1	3,0	5,7	9,2	7,9	8,5	6,1	5,7	15,0	18,1	12,8	18,0

Приложение 14 - Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от некорневых подкормок борным удобрением, г/м², 2014 год

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Фенологическая фаза											
	цветение				налив семян					полная спелость		
	лист.пл.	черешки	стебли	общее	лист.пл.	черешки	стебли	бобы	общее	семена	стебли	общее
Контроль	74,9	23,1	39,4	137,4	196,2	121,0	217,6	59,4	594,2	202,7	373,0	575,7
0,5	74,3	24,9	40,5	139,7	199,4	113,8	245,0	59,6	617,8	223,4	374,6	598,0
1,0	74,7	24,5	39,7	138,9	195,2	114,2	244,8	60,1	614,3	218,3	354,0	572,3
2,0	75,2	23,5	39,4	138,1	194,9	114,5	239,5	57,3	606,2	199,3	356,9	556,2
4,0	74,4	23,7	39,1	137,2	194,6	113,8	241,6	58,8	608,8	203,8	357,1	560,9
НСР ₀₅	3,8	4,2	4,8	8,6	8,4	9,3	10,1	7,2	15,9	16,7	15,0	21,3

Приложение 15 - Динамика содержания азота в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами серного удобрения, % на сухое вещество

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
2012 год				
Контроль	3,27	2,07	6,34	0,35
250	3,16	2,45	6,73	0,38
500	3,22	2,56	6,70	0,40
1000	3,17	2,40	6,63	0,34
2000	3,32	2,19	6,45	0,30
НСП ₀₅	0,16	0,18	0,23	0,13
2013 год				
Контроль	4,74	3,13	6,48	0,48
250	4,65	3,40	6,91	0,55
500	4,71	3,29	6,78	0,59
1000	4,60	3,32	6,91	0,48
2000	4,62	3,30	6,64	0,41
НСП ₀₅	0,20	0,15	0,27	0,16
2014 год				
Контроль	3,54	2,21	6,74	0,40
250	3,41	2,82	7,09	0,54
500	3,47	2,61	7,04	0,57
1000	3,39	2,53	7,07	0,53
2000	3,70	2,34	6,68	0,37
НСП ₀₅	0,18	0,22	0,26	0,19

Приложение 16 - Динамика содержания фосфора в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами серного удобрения, % на сухое вещество

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
2012 год				
Контроль	0,33	0,26	0,99	0,18
250	0,35	0,30	1,12	0,20
500	0,36	0,31	1,15	0,22
1000	0,34	0,28	1,07	0,19
2000	0,35	0,26	1,01	0,16
НСР ₀₅	0,08	0,07	0,09	0,05
2013 год				
Контроль	0,24	0,20	0,85	0,14
250	0,26	0,25	0,93	0,16
500	0,27	0,25	0,95	0,16
1000	0,25	0,22	0,91	0,15
2000	0,23	0,21	0,85	0,14
НСР ₀₅	0,05	0,04	0,07	0,04
2014 год				
Контроль	0,30	0,23	0,92	0,16
250	0,32	0,26	1,01	0,18
500	0,33	0,28	1,02	0,19
1000	0,31	0,25	0,93	0,17
2000	0,29	0,25	0,93	0,15
НСР ₀₅	0,06	0,04	0,07	0,04

Приложение 17 - Динамика содержания азота в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами молибденового удобрения, % на сухое вещество

Доза внесения келик Мо, мл/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
2012 год				
Контроль	3,25	2,04	6,43	0,37
125	3,34	2,53	6,76	0,42
250	3,21	2,60	6,75	0,39
500	3,26	2,47	6,65	0,38
1000	3,32	2,41	6,77	0,33
НСР ₀₅	0,16	0,24	0,21	0,16
2013 год				
Контроль	4,71	3,10	6,59	0,50
125	4,69	3,39	6,94	0,63
250	4,58	3,44	6,90	0,62
500	4,63	3,40	6,84	0,64
1000	4,62	3,35	6,80	0,54
НСР ₀₅	0,20	0,23	0,20	0,15
2014 год				
Контроль	3,50	2,18	6,81	0,42
125	3,49	2,93	7,09	0,60
250	3,37	2,90	7,05	0,58
500	3,42	2,86	6,97	0,48
1000	3,49	2,82	7,04	0,51
НСР ₀₅	0,18	0,20	0,23	0,12

Приложение 18 - Динамика содержания фосфора в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами молибденового удобрения, % на сухое вещество

Доза внесения келик Мо, мл/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
2012 год				
Контроль	0,35	0,25	1,02	0,18
125	0,33	0,31	1,15	0,19
250	0,33	0,30	1,18	0,19
500	0,36	0,30	1,09	0,17
1000	0,32	0,28	1,07	0,16
НСР ₀₅	0,07	0,07	0,09	0,04
2013 год				
Контроль	0,26	0,19	0,88	0,15
125	0,25	0,27	0,97	0,15
250	0,24	0,24	0,99	0,16
500	0,27	0,23	0,96	0,15
1000	0,23	0,23	0,89	0,14
НСР ₀₅	0,05	0,06	0,07	0,06
2014 год				
Контроль	0,32	0,22	0,92	0,15
125	0,32	0,29	1,03	0,17
250	0,30	0,30	1,04	0,16
500	0,33	0,25	1,01	0,16
1000	0,32	0,27	0,98	0,15
НСР ₀₅	0,05	0,05	0,07	0,04

Приложение 19 - Динамика содержания азота в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами борного удобрения, % на сухое вещество

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
2012 год				
Контроль	3,26	2,06	6,48	0,36
0,5	3,25	2,49	6,71	0,40
1,0	3,22	2,58	6,62	0,40
2,0	3,22	2,44	6,74	0,36
4,0	3,32	2,30	6,69	0,32
НСР ₀₅	0,13	0,22	0,27	0,14
2013 год				
Контроль	4,73	3,12	6,63	0,49
0,5	4,67	3,40	6,60	0,59
1,0	4,65	3,37	6,57	0,61
2,0	4,62	3,36	6,68	0,56
4,0	4,62	3,33	6,64	0,48
НСР ₀₅	0,16	0,23	0,18	0,15
2014 год				
Контроль	3,52	2,20	6,96	0,41
0,5	3,45	2,88	6,88	0,57
1,0	3,42	2,76	6,82	0,58
2,0	3,41	2,70	6,92	0,51
4,0	3,60	2,58	6,95	0,44
НСР ₀₅	0,12	0,26	0,17	0,14

Приложение 20 - Динамика содержания фосфора в растениях сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами борного удобрения, % на сухое вещество

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Фенологическая фаза			
	цветение	налив семян	полная спелость	
			семена	стебли
2012 год				
Контроль	0,34	0,26	1,01	0,18
0,5	0,34	0,31	1,14	0,20
1,0	0,35	0,31	1,17	0,21
2,0	0,35	0,29	1,08	0,18
4,0	0,34	0,27	1,04	0,16
НСР ₀₅	0,06	0,06	0,09	0,06
2013 год				
Контроль	0,25	0,20	0,87	0,15
0,5	0,26	0,26	0,95	0,16
1,0	0,26	0,25	0,97	0,16
2,0	0,26	0,23	0,94	0,15
4,0	0,23	0,22	0,87	0,14
НСР ₀₅	0,04	0,05	0,06	0,04
2014 год				
Контроль	0,31	0,23	0,92	0,16
0,5	0,32	0,28	1,02	0,18
1,0	0,32	0,29	1,03	0,18
2,0	0,32	0,25	0,97	0,17
4,0	0,31	0,26	0,96	0,15
НСР ₀₅	0,05	0,08	0,07	0,04

Приложение 21 – Влияние некорневых подкормок серным удобрением
на структуру урожая сои

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Количество, шт./ м ²			Масса семян, г		K _{хоз}
	растений	бобов	семян	1000 шт.	1 раст.	
2012 год						
Контроль	31	1019	2234	148,0	11,0	0,47
250	29	1063	2358	144,6	12,1	0,47
500	30	1044	2307	149,3	11,6	0,49
1000	33	1043	2303	150,7	10,5	0,49
2000	27	1040	2290	146,5	12,7	0,48
НСР ₀₅	-	36	50	3,5	0,5	-
2013 год						
Контроль	38	997	1571	156,1	5,3	0,37
250	37	1152	1702	155,7	6,0	0,40
500	36	953	1582	149,8	5,7	0,40
1000	37	980	1559	148,7	5,6	0,41
2000	37	946	1496	148,6	5,4	0,40
НСР ₀₅	-	54	74	4,7	0,3	-
2014 год						
Контроль	33	972	2036	130,9	6,1	0,34
250	31	1087	2205	131,1	6,8	0,36
500	31	1099	2231	127,8	6,8	0,36
1000	29	1025	2158	129,0	7,2	0,36
2000	32	1108	2243	127,0	6,6	0,36
НСР ₀₅	-	43	58	4,0	0,4	-

Приложение 22 – Влияние некорневых подкормок молибденовым удобрением на структуру урожая сои

Доза внесения келик Мо, мл/га	Количество, шт./ м ²			Масса семян, г		К _{хоз}
	растений	бобов	семян	1000 шт.	1 раст.	
2012 год						
Контроль	31	980	2192	148,3	10,8	0,48
125	25	988	2210	155,9	13,5	0,51
250	28	986	2209	154,5	12,1	0,50
500	32	1008	2259	155,3	10,7	0,51
1000	34	976	2190	158,1	9,9	0,52
НСР ₀₅	-	36	52	5,1	0,6	-
2013 год						
Контроль	35	963	1533	156,1	5,9	0,38
125	34	912	1488	146,4	6,1	0,40
250	36	915	1476	148,9	5,6	0,40
500	36	935	1461	148,8	5,5	0,40
1000	35	930	1508	149,3	5,7	0,39
НСР ₀₅	-	53	75	6,1	0,5	-
2014 год						
Контроль	32	986	2051	131,8	6,4	0,34
125	33	1123	2253	136,9	6,4	0,35
250	31	1146	2288	131,9	6,9	0,35
500	33	1015	2108	129,4	6,3	0,36
1000	30	977	2083	129,5	6,8	0,34
НСР ₀₅	-	41	56	5,8	0,4	-

Приложение 23 – Влияние некорневых подкормок борным удобрением на структуру урожая сои

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Количество, шт./м ²			Масса семян, г		K _{хоз}
	растений	бобов	семян	1000 шт.	1 раст.	
2012 год						
Контроль	32	970	2147	143,2	10,4	0,48
0,5	31	969	2142	144,0	10,7	0,50
1,0	32	966	2134	142,3	10,3	0,51
2,0	31	972	2145	147,0	10,7	0,50
4,0	31	980	2173	146,1	10,7	0,50
НСР ₀₅	-	36	48	5,2	0,5	-
2013 год						
Контроль	35	976	1543	156,1	5,9	0,38
0,5	34	955	1485	144,7	5,7	0,37
1,0	36	962	1477	148,2	5,4	0,37
2,0	33	941	1492	142,2	6,0	0,37
4,0	34	959	1502	144,2	5,7	0,37
НСР ₀₅	-	50	67	6,2	0,5	-
2014 год						
Контроль	34	969	2032	130,9	6,0	0,34
0,5	31	1236	2417	124,1	7,2	0,37
1,0	32	1199	2342	123,5	6,8	0,38
2,0	33	982	2051	124,8	6,0	0,35
4,0	33	965	2023	124,6	6,2	0,36
НСР ₀₅	-	39	60	5,9	0,5	-

Приложение 24 – Биохимический состав семян сои в зависимости от некорневых подкормок серным удобрением

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Содержание в семенах по годам							
	белка, %				масла, %			
	2012	2013	2014	ср.	2012	2013	2014	ср.
Контроль	41,3	42,2	43,7	42,4	22,7	22,5	21,1	22,1
250	41,4	42,6	44,1	42,7	22,8	22,4	20,5	21,9
500	41,3	42,5	44,0	42,6	22,9	22,2	20,9	22,0
1000	41,5	42,7	43,9	42,7	22,9	22,1	21,9	22,3
2000	41,0	42,7	43,8	42,5	23,1	22,3	21,2	22,2
НСР ₀₅	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4

Приложение 25 – Сбор белка и масла с 1 гектара в зависимости от некорневых подкормок серным удобрением

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Сбор по годам							
	белка, кг/га				масла, кг/га			
	2012	2013	2014	ср.	2012	2013	2014	ср.
Контроль	895,1	660,5	593,8	718,3	492,0	352,2	286,7	374,4
250	961,3	688,8	652,3	771,2	529,4	362,2	303,2	395,5
500	930,6	679,8	643,3	754,7	516,0	355,1	305,6	389,8
1000	935,1	683,0	649,4	760,1	516,0	353,5	323,9	397,0
2000	902,7	683,0	636,6	745,6	508,6	356,7	308,1	389,5
НСР ₀₅	32,1	35,9	34,7	34,8	22,3	20,6	39,0	23,2

Приложение 26 – Биохимический состав семян сои в зависимости от некорневых подкормок молибденовым удобрением

Доза внесения келик Мо, мл/га	Содержание в семенах по годам							
	белка, %				масла, %			
	2012	2013	2014	ср.	2012	2013	2014	ср.
Контроль	41,6	42,2	44,0	42,6	22,6	22,5	20,9	22,0
125	42,4	42,7	44,2	43,1	22,5	22,2	21,0	21,9
250	42,0	43,1	44,2	43,1	22,3	21,9	21,2	21,8
500	41,9	42,9	43,9	42,9	22,2	22,0	20,9	21,7
1000	42,2	43,0	44,1	43,1	22,2	21,5	21,1	21,6
НСР ₀₅	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3

Приложение 27 – Сбор белка и масла с 1 гектара в зависимости от некорневых подкормок молибденовым удобрением

Доза внесения келик Мо, мл/га	Сбор по годам							
	белка, кг/га				масла, кг/га			
	2012	2013	2014	ср.	2012	2013	2014	ср.
Контроль	948,1	656,9	605,4	740,0	515,1	350,2	287,6	382,2
125	1010,1	646,3	665,2	774,5	536,0	336,0	316,1	393,6
250	1015,0	659,8	669,0	785,8	538,9	335,2	320,9	397,5
500	1019,8	667,8	641,8	778,5	540,3	342,5	305,6	393,8
1000	976,3	650,8	656,1	763,6	513,6	325,4	313,9	382,7
НСР ₀₅	34,5	31,2	32,0	31,9	20,4	26,9	26,7	24,7

Приложение 28 – Биохимический состав семян сои в зависимости от некорневых подкормок борным удобрением

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Содержание в семенах по годам							
	белка, %				масла, %			
	2012	2013	2014	ср.	2012	2013	2014	ср.
Контроль	41,6	42,2	44,0	42,6	22,3	22,5	20,9	21,9
0,5	41,7	42,1	44,0	42,6	22,4	22,1	20,6	21,7
1,0	41,6	42,2	44,0	42,6	22,4	22,0	21,0	21,8
2,0	41,8	42,2	44,1	42,7	22,2	22,0	20,9	21,7
4,0	41,8	42,4	43,9	42,7	22,5	21,7	20,6	21,6
НСР ₀₅	0,5	0,6	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3

Приложение 29 – Сбор белка и масла с 1 гектара в зависимости от некорневых подкормок борным удобрением

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Сбор по годам							
	белка, кг/га				масла, кг/га			
	2012	2013	2014	ср.	2012	2013	2014	ср.
Контроль	940,9	660,5	575,2	729,1	504,4	352,2	273,2	374,8
0,5	936,0	655,3	673,6	758,4	502,8	344,0	315,3	386,3
1,0	912,3	620,6	666,0	736,4	491,2	323,5	317,9	376,8
2,0	934,6	638,7	625,8	734,4	496,4	333,0	296,6	373,2
4,0	952,6	641,8	615,4	738,1	512,8	328,5	288,8	373,4
НСР ₀₅	33,1	40,2	34,6	35,8	26,8	29,3	25,1	26,0

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГУП "Урупское"
"20" ноября 2014 года

А.И. Мурашкин



АКТ

производственных испытаний некорневых подкормок удобрениями
на сое в центральной зоне Краснодарского края
на черноземах обыкновенных ФГУП «Урупское»

В ФГУП «Урупское» Новокубанского района Краснодарского края в 2014 году проводились производственные испытания некорневых подкормок на сое комплексным микроудобрением, а также серным, молибденовым и борным удобрениями.

Посев осуществляли пропашной пневматической сеялкой Gaspardo, с междурядьями 70 см. Норма высева 400 тыс. шт. семян на 1 га. Сорт Вилана. Агротехника общепринятая для зоны. Повторность опыта шестикратная, размещение делянок систематическое, общая площадь делянки – 168 м², учетная - 112 м².

Некорневые подкормки проводили в вечернее время механизированно навесным опрыскивателем TAD-LEN в фазу цветения сои удобрениями: комплексным, содержащее N, P, K, Cu, Zn, Co, Mn, Cr, Mg, Mo, Fe и B (норма расхода - 0,5 кг/га), серным (сульфат калия, 250 г/га), молибденовым (келик молибден, 250 мл/га) и борным (солюбор ДФ, 0,5 кг/га). Расход рабочей жидкости - 250 л/га.

Результаты эффективности применения некорневых подкормок удобрениями на сое в производственном испытании на черноземе

на черноземе центральной зоны Краснодарского края в 2014 году приведены в таблице.

Таблица – Влияние некорневых подкормок удобрениями на урожайность и массу 1000 семян сои сорта Вилана

Новокубанский район, ФГУП «Урупское», 2014 г.

Вариант	Норма внесения г, мл/га	Урожайность семян, т/га	± от контроля		Масса 1000 семян, г
			т/га	%	
Контроль (без обработки)	-	1,38	-	-	135,4
Комплексное удобрение	500	1,46	0,08	5,8	138,5
Серное удобрение	250	1,38	0,0	0,0	136,2
Молибденовое удобрение	250	1,45	0,07	5,1	136,7
Борное удобрение	500	1,60	0,22	15,9	140,1
		НСР ₀₅	0,14	-	2,4

Существенную прибавку урожайности (0,22 т/га) обеспечило применение борного удобрения. Также некорневые подкормки борным и комплексным удобрениями способствовали увеличению массы 1000 семян на 4,7 и 3,1 г соответственно. Применение серного и молибденового удобрений было не эффективным.

Главный агроном
ФГУП «Урупское»



Соловов С.Я.