

На правах рукописи



ЩЕГОЛЬКОВ АЛЬБЕРТ ВАЛЕРЬЕВИЧ

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

06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2017

Работа выполнена в ФГБНУ ВНИИМК им. В. С. Пустовойта
в лаборатории технологии возделывания сои отдела сои
в 2012–2014 гг.

Научный руководитель: **Тишков Николай Михайлович**
доктор сельскохозяйственных наук,
заведующий агротехнологическим
отделом ФГБНУ ВНИИМК

Официальные оппоненты: **Дзанагов Созырко Хасанбекович**
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, заведующий кафедрой
агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО
«Горский государственный аграрный
университет»

Осипов Михаил Алексеевич
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, доцент кафедры агрохимии
ФГБОУ ВО «Кубанский государствен-
ный аграрный университет»

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Донской
государственный аграрный
университет»**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2017 года
в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 220.062.03 при
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный универси-
тет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 12, ауд. 4,
тел/факс: 8(8652) 34–58–70.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО
«Ставропольский государственный аграрный университет», с авторефе-
ратом – на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии [http://
vak.ed.gov.ru](http://vak.ed.gov.ru) и на официальном сайте университета <http://stgau.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат с.-х. наук, доцент



Фаизова Вера Ивановна

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Соя – уникальная белково-масличная культура. За последние 15 лет объёмы её производства в мире удвоились. Соя по мировому сбору семян занимает 4-е место после пшеницы, риса и кукурузы. С её помощью успешно решается проблема восполнения ресурсов полноценных растительных белка и масла.

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 семян 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 2016 году валовой сбор семян сои превысил 300 тыс. т.

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.

Цели и задачи исследований. Цель исследований заключалась в определении эффективности некорневых подкормок сои сульфатом калия, келик 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:
- изучить влияние некорневых подкормок сои серным, молибденовым и борным удобрениями на высоту растений, накопление надземной биомассы растениями, их химический состав в течение вегетации, структуру урожая, урожайность и сбор белка и масла с гектара;
 - определить наиболее эффективное удобрение и его оптимальную дозу для некорневых подкормок, обеспечивающие повышение урожайности сои;
 - установить эффективность некорневых подкормок сои серным, молибденовым и борным удобрениями по результатам почвенной и растительной диагностики;

- дать экономическую оценку эффективности некорневых подкормок сои сульфатом калия, келик молибденом и солюбором ДФ.

Научная новизна исследований. 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. Впервые 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.

На защиту выносятся следующие положения:

- 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;
- 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;
- 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;
- эффективность некорневых подкормок сои серным и молибденовым удобрениями на черноземе выщелоченном подтверждается 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.

Апробация работы. 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 (г. Краснодар, 2013 и 2015 гг.); на 46–48-й международных научных конференциях молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов (г. Москва, 2012–2014 гг.); на Всероссийской юбилейной научно-практической конференции в Поволжском регионе (г. Самара, 2013 г.).

Публикации 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 рисунков, 29 приложений, состоит из введения, 5 глав, заключения и предложений производству. Список использованной литературы насчитывает 238 наименований, из которых 29 источников иностранных авторов.

2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Исследования проводили в 2012–2014 годах на Центральной экспериментальной базе (ЦЭБ) ФГБНУ ВНИИМК им. В. С. Пустовойта в г. Краснодаре. Почвенный покров хозяйства представлен выщелоченным слабогумусным сверхмощным тяжелосуглинистым черноземом, который по геоморфологическим признакам относится к предкубанскому району степной зоны Краснодарского края.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя чернозема выщелоченного на опытных участках была следующей: $pH_{\text{водн}}$ 6,6–6,8; pH_{KCl} 5,8–6,1; гидролитическая кислотность 4,8–5,9 мг-экв/100 г почвы; содержание гумуса 3,1–3,3 %. Содержание в пахотном слое почв экспериментальных участков перед посевом минерального азота – 11–29 мг/кг; подвижного фосфора – 60–110 мг/кг; обменного калия – 260–320 мг/кг; подвижной серы – 2–7 мг/кг; подвижного молибдена – 0,2–0,3 мг/кг; подвижного бора – 0,2–0,6 мг/кг почвы.

Территория опытного участка относится к третьей агроклиматической зоне Краснодарского края. По количеству выпадающих атмосферных осадков место проведения опыта относится к умеренно-влажному району. Коэффициент увлажнения (КУ) равен 0,3–0,4. Сумма активных температур за период вегетации составляет в

среднем 3570 °С. Летние осадки кратковременные, преимущественно ливневые. За период активной вегетации сои их выпадает более 50 % (343 мм).

Погодные условия в годы исследований (2012–2014 гг.) существенно различались между собой, но были типичными для данной зоны. Условия 2012 года были благоприятными по температурному режиму и количеству выпавших осадков в критическую по водообеспеченности фазу налива семян. В 2013 году погодные условия не были благоприятными из-за неравномерного выпадения осадков в течение вегетации и ливневых дождей, которые привели к повреждению точек роста растений. 2014 год можно охарактеризовать как сухой из-за полного отсутствия осадков в период формирования семян.

Объектом исследований являлась соя, высеваемая по предшественнику озимая пшеница. В исследованиях использовался сорт сои Вилана. Работа включала в себя три однофакторных полевых опыта. Площадь делянок 28 м², учетная площадь 14 м². Повторность опыта четырехкратная.

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 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. Норма высева семян – 80 кг/га. Семена перед посевом были обработаны инокулянтом Нитрофикс П при норме расхода препарата – 150 г/га. Размещение вариантов – рендомизированное в четыре яруса.

В начале фазы цветения за один день до проведения некорневой подкормки с учетных площадок 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 потребности растений сои в сере, молибдене и боре выполняли в начале фазы цветения за один день до некорневой подкормки в соответствии с методикой, разработанной Б. А. Ягодиным и А. С. Плешковым (1982).

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

В опыте № 1 применяли серное удобрение сульфат калия с возрастающими дозами. Схема опыта: 1) контроль; 2) 250 г/га; 3) 500 г/га; 4) 1000 г/га; 5) 2000 г/га.

В опыте № 2 применяли молибденовое удобрение келик молибден с возрастающими дозами. Схема опыта: 1) контроль; 2) 125 мл/га; 3) 250 мл/га; 4) 500 мл/га; 5) 1000 мл/га.

В опыте № 3 применяли борное удобрение Соллюбор ДФ с возрастающими дозами. Схема опыта: 1) контроль; 2) 0,5 кг/га; 3) 1,0 кг/га; 4) 2,0 кг/га; 5) 4,0 кг/га.

В опытах учитывали высоту растений (см), надземную биомассу растений ($\text{г}/\text{м}^2$) и результаты фенологических наблюдений в фазы цветения, бобообразования и полной спелости на отдельных учетных площадках (методика Госсортоиспытания, 1983). Определяли химический состав растительных образцов: азот – по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4–93), фосфор – колориметрически (ГОСТ 26657–97). Учет урожая производили малогабаритным селекционным комбайном 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). Определяли структуру урожая – количество растений (шт.); количество бобов и семян на 1 м^2 ; массу семян на 1 растении (г); массу 1000 семян (г) (методика Госсортоиспытания, 1983). Анализ биохимических показателей семян сои (содержание масла и белка) проводили методом инфракрасной спектроскопии (ГОСТ Р 53600–2009).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили дисперсионным и корреляционным методами в изложении Б. А. Доспехова (1985) с помощью программы Statistica 6.0 и процессора электронных таблиц Microsoft Excel 2013.

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

3.1. Высота растений. В опыте с серным удобрением в начале фазы цветения высота растений в среднем за три года была на уровне 30–32 см. Серное удобрение способствовало увеличению высоты рас-

тений сои в фазу налива семян на 5–6 % по сравнению с контролем. 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 – на 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.

До проведения некорневой подкормки сои молибденовым удобрением высота растений в среднем за три года была на уровне 31,0–31,4 см. Молибденовое удобрение во всех изучаемых дозах способствовало увеличению высоты растений в фазу налива семян на 4–8 %. Высота растений сои достоверно возрастала в дозе 125 мл/га келик Мо на 6,9 см, 250 мл/га – на 5,2 см и имела четкую тенденцию к увеличению в дозах 500 мл/га – на 3,8 см и 2000 г/га – на 3,6 см соответственно. В фазу полной спелости растения сои в контрольном варианте существенно не отличались по высоте от растений, обработанных келик молибденом, и колебались в пределах 99,2–102,4 см.

В начале фазы цветения в опыте с борным удобрением высота растений в среднем за три года была в диапазоне 29,6–30,8 см. Борное удобрение способствовало некоторой 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, однако она не была существенной. В дозах 2,0 и 4,0 кг/га борного удобрения высота растений была на уровне контроля. В фазу полной спелости растений сои их высота существенно не изменялась по сравнению с контролем и колебалась в пределах 101,6–102,7 см.

3.2. Накопление надземной биомассы растениями. В опыте с серным удобрением в фазу цветения различий по вариантам не наблюдалось. В фазу налива семян серное удобрение в дозах 250 и 500 г/га способствовало достоверному повышению вегетативной надземной биомассы на 12 и 8 % соответственно. Прирост произошел в основном за счет увеличения массы стеблей на 17 и 13 %. Масса бобов также была больше во всех вариантах опыта на 4,0–12,8 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. В фазу полной спелости накопление

общей биомассы с 1 м^2 по вариантам не превышало значение НСР₀₅, что объясняется высокой адаптационной способностью сои.

В фазу цветения по накоплению сухой надземной биомассы растениями сои между вариантами с разными дозами молибденового удобрения различия не проявлялись. К фазе налива семян происходило большее накопление вегетативной надземной биомассы в испытываемых вариантах по сравнению с контролем, за исключением максимальной дозировки 1000 мг/га . Прирост составил $3\text{--}8 \%$ в основном за счет увеличения массы стеблей и бобов. Масса стеблей была больше на $1,7\text{--}26,4 \text{ г/м}^2$. Масса бобов увеличивалась во всех дозах молибденового удобрения на $11\text{--}12 \text{ г/м}^2$. В фазу полной спелости значительных различий в семенной продуктивности не наблюдалось, однако масса несеменной части была ниже на $15,1\text{--}24,5 \text{ г/м}^2$. Уменьшение массы несеменной части биомассы (стеблей) по сравнению с контролем на $4\text{--}7 \%$ свидетельствует об ускоренном оттоке пластических веществ в репродуктивные органы на последних этапах органогенеза.

Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в зависимости от применения разных доз борного удобрения в начале фазы цветения по вариантам не отличалось. Накопление надземной вегетативной биомассы в фазу налива семян происходило более активно по сравнению с контролем в варианте $0,5 \text{ кг/га}$ (прирост 8%) в основном за счет увеличения массы листовых пластинок на 7% и стебля на 10% . Остальные дозы применения борного удобрения не оказывали существенного влияния на количество накопленной надземной биомассы. В фазу полной спелости семенная продуктивность по вариантам была близкой к контролю, а масса незерновой части и общая надземная биомасса была меньше на $12,5\text{--}19,8$ и $10,5\text{--}23,7 \text{ г/м}^2$ соответственно. Это свидетельствует об отсутствии влияния некорневых подкормок сои соллюбором ДФ.

3.3. Химический состав растений. В опыте с серным удобрением содержание азота в растениях сои в начале фазы цветения колебалось в диапазоне $3,72\text{--}3,88 \%$. Из-за активного роста растений сои в фазе налива семян содержание азота снизилось до $2,47\text{--}2,89 \%$ по сравнению с фазой цветения. Некорневая подкормка сульфатом калия способствовала большему накоплению азота в надземной части растений сои на $0,14\text{--}0,42 \%$, при этом наибольшее его содержание отмечалось в дозе 250 г/га . 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 до проведения некорневой подкормки серным удобрением колебалось в диапазоне 0,29–0,32 %. В фазу налива семян содержание фосфора в надземной части биомассы растений сои составило 0,23–0,28 %. Содержание в разных вариантах некорневой подкормки сульфатом калия имело четкую тенденцию к увеличению на 0,01–0,05 %. В фазу полной спелости 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 содержании фосфора в стеблях по вариантам не наблюдалось (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика содержания азота и 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	
	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор
0 (контроль)	3,85	0,29	2,47	0,23	6,52	0,92	0,41	0,16
250	3,74	0,31	2,89*	0,27	6,91*	1,02*	0,49	0,18
500	3,80	0,32	2,82*	0,28	6,84*	1,04*	0,52	0,19
1000	3,72	0,30	2,75*	0,25	6,87*	0,97	0,45	0,17
2000	3,88	0,29	2,61	0,24	6,59	0,93	0,36	0,15

* Здесь и далее – существенно при 5 % уровне значимости.

В опыте с молибденовым удобрением содержание азота в растениях сои в начале фазы цветения было в пределах 3,72–3,84 %. В фазу налива семян некорневая подкормка келик молибденом во всех вариантах опыта существенно увеличивала содержание азота на 0,42–0,51 %. 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 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 %.

Содержание фосфора в растениях сои до проведения некорневой подкормки молибденовым удобрением по вариантам было 0,29–0,32 %. В фазу налива семян содержание фосфора в надземной части биомассы растений при некорневой подкормке келик молибденом 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 в дозах 125 и 250 мл/га было достоверно больше, чем в контроле, на 0,11 и 0,13 % соответственно. Различий в содержании фосфора в стеблях по вариантам не наблюдалось (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика содержания азота и 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	
	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор
0 (контроль)	3,82	0,31	2,44	0,22	6,61	0,94	0,43	0,16
125	3,84	0,30	2,95*	0,29*	6,93*	1,05*	0,55	0,17
250	3,72	0,29	2,98*	0,28*	6,90*	1,07*	0,53	0,17
500	3,77	0,32	2,91*	0,26	6,82*	1,02*	0,50	0,16
1000	3,81	0,29	2,86*	0,26	6,87*	0,98	0,46	0,15

В начале фазы цветения содержание азота в растениях сои в опыте с борным удобрением было в пределах 3,75–3,85 %. В фазе налива семян некорневая подкормка солюбором ДФ существенно увеличивала содержание азота на 0,28–0,46 %. В фазу полной спелости содержание азота в семенах и стеблях по вариантам не различалось.

Содержание фосфора в растениях сои до проведения некорневой подкормки борным удобрением по вариантам было 0,29–0,31 %. В фазу налива семян содержание фосфора в надземной части биомассы растений сои 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 в дозах 0,5 и 1,0 кг/га было достоверно больше, чем в контрольном варианте, на 0,11 и 0,13 % соответственно. Различий в содержании фосфора в стеблях по вариантам не наблюдалось (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика содержания азота и 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	Фаза вегетации							
	Цветение		Налив семян		Полная спелость			
					Семена		Стебли	
	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор
0 (контроль)	3,84	0,30	2,46	0,23	6,69	0,93	0,42	0,16
125	3,79	0,31	2,92*	0,28	6,73	1,04*	0,52	0,18
250	3,76	0,31	2,90*	0,28	6,67	1,06*	0,53	0,18
500	3,75	0,31	2,83*	0,26	6,78	1,00	0,48	0,17
1000	3,85	0,29	2,74*	0,25	6,76	0,96	0,41	0,15

3.4. Структура урожая и урожайность семян. Серное удобрение способствовало увеличению количества бобов и семян на 20–105 и 60–141 шт/м² соответственно. В дозах 250 и 500 г/га семенная продуктивность была достоверно больше, чем в контрольном варианте, на 0,7–0,9 г/растение, а в остальных дозах проявилась тенденция к ее увеличению на 0,4–0,6 г/растение. На массу 1000 семян изучаемые дозы серного удобрения существенного влияния не оказали.

Достоверную прибавку урожайности в 2012 году обеспечили некорневые подкормки сульфатом калия в дозах 250, 500 и 1000 г/га на 4–7 %, причем наименьшая доза серного удобрения показала лучший результат. В 2013 году некорневая подкормка серным удобрением не обеспечила достоверной прибавки урожая. В 2014 году серное удобрение способствовало увеличению урожайности на 0,11–0,14 т/га (7–9 %). В среднем за 3 года достоверную прибавку урожайности семян сои обеспечил вариант с наименьшей (250 г/га) дозой сульфата калия (0,13 т/га) (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность семян сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами серного удобрения, т/га

Доза внесения K ₂ SO ₄ , г/га	Год				± 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		–	

В опыте с молибденовым удобрением в вариантах 125 и 250 мл/га количество бобов имело тенденцию к увеличению по сравнению с контролем на 32 и 40 шт/м² соответственно, а количество семян достоверно превышало контроль на 59 и 66 шт/м² соответственно. В дозах 125 и 250 мл/га проявилась тенденция к увеличению семенной продуктивности на 4–7 %. Масса 1000 семян в вариантах обработки молибденовым удобрением не изменялась.

Молибденовое удобрение в 2012 году обеспечило достоверную прибавку урожайности только при дозах 250 и 500 мл/га на 6–7 %. В варианте 125 мл/га проявилась тенденция к увеличению урожайности на 4,5 %, а вариант 1000 мл/га был на уровне контроля. В 2013 году некорневые подкормки молибденовыми удобрениями не оказали существенного влияния на урожайность семян сои. В 2014 году прибавка урожайности от применения молибденового удобрения составила 0,13–0,16 т/га. В среднем за три года при некорневой подкормке келик молибденом в начале фазы цветения прибавка к урожайности семян сои незначительна (0,04–0,10 т/га) (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность семян сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами молибденового удобрения, т/га

Доза внесения келик Мо, мл/га	Год				± к контролю	
	2012	2013	2014	Средняя	т/га	%
0 (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 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. 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.

Борное удобрение в дозе 0,5 кг/га только в 2014 году обеспечило достоверное увеличение урожайности сои на 0,26 т/га. Содержание в почве подвижных форм бора было высоким, однако бор при отсутствии осадков в августе 2014 года способствовал формированию более высокого урожая семян.

В целом, тенденция к увеличению урожайности наблюдалась при некорневой подкормке солюбором ДФ только в дозе 0,5 кг/га (прибавка 0,08 т/га к контролю), а остальные дозы борного удобрения не способствовали увеличению урожайности сои (таблица 6).

Таблица 6 – Урожайность сои в зависимости от некорневых подкормок разными дозами борного удобрения, т/га

Доза внесения Солюбор ДФ, кг/га	Год				± 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		–	

3.5. Биохимические показатели семян, сбор белка и масла с гектара. При некорневой подкормке серным удобрением увеличение урожайности позволило получить больший сбор протеина с гектара на 6–7 %. Средний сбор масла имел тенденцию к увеличению под действием серного удобрения на 15–23 кг/га. Во всех изучаемых дозах молибденового удобрения сбор белка превысил контроль на 24–46 кг/га (5–6 %) благодаря повышению содержания в семенах белка на 0,3–0,5 %. Сбор с гектара и содержание в семенах масла были близки к контролю. На биохимические показатели и сбор белка и масла борное удобрение влияния не оказывает.

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

4.1. Почвенная диагностика. 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. 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. 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 по 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. Содержание подвижного бора значительно различалось по годам – 0,22–0,24 мг/кг почвы в 2012 году, 0,53–0,63 мг/кг почвы – в 2013 году и 0,28–0,36 мг/кг почвы – в 2014 году. Наибольшее его содержание было в верхнем (0–20 см) слое.

Содержание подвижной серы имеет высокую отрицательную корреляционную связь с прибавкой урожайности сои во всех рассматриваемых слоях почвы, наибольшую – в слое 0–20 см ($-0,742$). Обеспеченность почвы подвижным молибденом в верхнем (0–20 см) слое 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 – $-0,408$. Таким образом, прибавка урожайности от некорневой подкормки борным удобрением больше связана с условиями вегетации, чем с количеством доступного растением сои бора в почве.

4.2. Химическая растительная диагностика. 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 пла-

стинках. Содержание серы в растениях сои было самым высоким в 2013 году (таблица 7).

Таблица 7 – 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 ± 96	2940 ± 63	2452 ± 21
Черешки	1833 ± 66	1925 ± 62	1828 ± 29
Стебли	1219 ± 24	1373 ± 39	1216 ± 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 2013 году содержание молибдена также было наибольшим (таблица 8).

Таблица 8 – 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 ± 0,09	1,52 ± 0,05	1,23 ± 0,06
Черешки	0,71 ± 0,06	0,92 ± 0,04	0,88 ± 0,05
Стебли	0,44 ± 0,04	0,48 ± 0,02	0,43 ± 0,06

Содержание бора в листьях 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 (94,1 мг/кг) отмечено в 2013 году (таблица 9).

Таблица 9 – Содержание бора по частям растений сои в начале фазы цветения, мг/кг сухого вещества

Часть растения	Год ($X \pm m$)		
	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.

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. 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 в этом элементе 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.

4.3. Функциональная растительная диагностика. 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.

Изменение фотохимической активности хлоропластов при добавлении серы в суспензию хлоропластов высоко коррелирует ($r = 0,732$) с прибавкой урожайности от применения серного удобрения. Отклик суспензии хлоропластов на добавление молибдена слабо коррелирует с применением молибденового удобрения на посевах сои ($r = 0,355$). Фо-

тохимическая 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 % уровне значимости.

4.4. Эффективность некорневых подкормок сои серным, молибденовым и борным удобрениями по результатам почвенной и растительной диагностики. Метод функциональной растительной диагностики позволяет надежно установить обеспеченность растений сои серой, однако требует подтверждения другими методами при диагностировании потребности растений в молибдене и боре.

ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК УДОБРЕНИЯМИ НА СОЕ

Применение серного удобрения в дозах 250, 500 и 1000 г/га увеличивало чистый доход с 1 гектара на 1250–2000 руб. 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 высоко rentable в этом опыте и составила 204 %.

В опыте с молибденовым удобрением себестоимость 1 т семян сои во всех изучаемых дозах была выше по сравнению с контролем на 100–1000 руб., а рентабельность – на 5–44 % ниже. Чистый доход 1000 г/га превышал контроль на 270–960 руб. с 1 га за исключением максимальной дозы. Борное удобрение соллюбор ДФ способствовало удорожанию 1 т продукции на 250–600 руб. и снижению рентабельности на 12–26 %. В дозе 0,5 кг/га себестоимость 1 т семян сои и рентабельность были на уровне контроля, а чистый доход с 1 га был выше на 970 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в 2012–2014 годах исследования на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья по изучению некорневых подкормок сои серным (сульфат калия), молибденовым (келик молибден), борным (соллюбор 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 влияния 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, 59–66 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 влияния 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, а также содержание серы и молибдена 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 другими методами.

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 руб. соответственно. При этом рентабельность снижается на 5–44 и 1–26 % соответственно.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для повышения продуктивности сои в условиях Западного Предкавказья 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 диагностики для определения потребности растений сои в сере, молибдене и боре.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Баранов, В. Ф. Роль некорневых подкормок в продукционном процессе агрофитоценозов сои и формировании жизнеспособности семян / В. Ф. Баранов, В. Л. Махонин, Уго Торо Аламиро Корреа, **А. В. Щегольков** // Масличные культуры / НТБ ВНИИМК. – Краснодар, 2013. – Вып. 1(153–154). – С. 40–48.

2. **Щегольков, А. В.** Продуктивность сои в зависимости от применения некорневых подкормок серным, борным и молибденовым удобрениями на черноземе выщелоченном / А. В. Щегольков // 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>.

3. **Щегольков, А. В.** О возможности диагностирования потребности растений сои в сере, молибдене и боре для эффективной некорневой подкормки / А. В. Щегольков // 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>.

Публикации в других изданиях:

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

5. **Щегольков, А. В.** Применение метода функциональной диагностики для определения потребности в некорневых подкормках сои на черноземе выщелоченном / А. В. Щегольков // 48-я Международная научная конференция молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов : сборник статей. – Москва, 2014. – С. 271–274.

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

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

Подписано в печать 28.03.2017. Формат 60x84^{1/16}.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100. Заказ № 120.
Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС»,
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.