

УДК 631.81.095.337

UDC 631.81.095.337

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural science

О ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ РАСТЕНИЙ СОИ В СЕРЕ, МОЛИБДЕНЕ И БОРЕ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ НЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ**ABOUT DIAGNOSIS OF THE POSSIBILITY OF REQUIREMENTS OF SOYBEAN PLANTS IN SULFUR, MOLYBDENUM AND BORON FOR EFFECTIVE FOLIAR APPLICATION**

Щегольков Альберт Валерьевич
аспирант, младший научный сотрудник
SPIN-код: 2935-2873

Shchegolkov Albert Valerevich
postgraduate student, junior scientific researcher
SPIN-code: 2935-2873

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта, Краснодар, Россия

All-Russian Research Institute of oil crops, Krasnodar, Russia

*350038, Краснодар, ул. Филатова, д. 17
e-mail – albertiosch@mail.ru*

*350038, Krasnodar, Filatova st., h. 17
e-mail – albertiosch@mail.ru*

В статье приводятся данные по диагностике обеспеченности растений сои серой, молибденом и бором в условиях Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном. Результаты почвенной диагностики показали, что обеспеченность серой на экспериментальных участках низкая (2,10-7,02 мг/кг), молибдена – средняя (0,20-0,28 мг/кг), бора – от низкой до высокой (0,22-0,63 мг/кг). По данным химической растительной диагностики оптимальное содержание серы в растениях сои было только в 2013 году (2309 мг/кг), молибдена – в 2013 и 2014 годах (1,11 и 0,94 мг/кг соответственно), а содержание бора во все годы исследований было высоким (65,2-94,1 мг/кг). Согласно функциональной диагностике, растения сои испытывали потребность в серном удобрении в 2012 и 2014 годах, молибденом – в 2014 году, а в борных удобрениях потребности не было. Результаты разных методов диагностик совпали с отзывчивостью растений сои на некорневые подкормки: серное удобрение способствовало увеличению урожайности в 2012 и 2014 годах на 7,1 и 8,9 % соответственно, молибденовое также в 2012 и 2014 годах – на 6,0 и 10,0 %. Борное удобрение, несмотря на отсутствие потребности растений сои в боре, в 2014 году показало наибольшую эффективность (прибавка 17,1 %) из-за его положительного эффекта в фазу формирования бобов при экстремально засушливых условиях. В целом, метод функциональной диагностики превосходит по эффективности диагностирования почвенную и растительную химическую диагностики

The article presents the results of diagnosis of soybean plants with sulfur, molybdenum and boron in a Western Ciscaucasia on leached chernozem (black soil). The soil testing has shown that the availability of sulfur in the experimental plots is low (2,10-7,02 mg / kg), molybdenum - average (0,20-0,28 mg / kg), boron - low to high (0,22-0,63 mg / kg). The sulfur content was optimal in 2013 (2309 mg / kg), molybdenum - 2013 and 2014 (1.11 and 0.94 mg / kg) and the boron content was high (65,2-94,1 mg / kg) in soybean plants. The soybean plants needed sulfur fertilizer in 2012 and 2014, molybdenum - in 2014, and boron fertilizers are not needed, according to the functional diagnosis. The results of various methods of diagnosis coincided with the response of soybean plants for foliar application: sulfur fertilizer increases the yield in 2012 and 2014 by 7.1 and 8.9 %, molybdenum also in 2012 and 2014 - by 6.0 and 10.0 %. Boron fertilizers in 2014 increased soybean yields (17.1%), despite the lack of need for soybean plants in Bor. So, the method of functional diagnostics is more accurate than chemical soil and plant diagnostics

Ключевые слова: СОЯ, НЕКОРНЕВАЯ ПОДКОРМКА, МИКРОУДОБРЕНИЯ, УРОЖАЙНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ, ФОТОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ХЛОРОПЛАСТОВ

Keywords: SOYBEAN, FOLIAR FERTILIZER, MICROFERTILIZERS, CROP YIELDS, DIAGNOSIS OF MINERAL NUTRITION, PHOTOCHEMICAL ACTIVITY OF CHLOROPLASTS

Введение. При возделывании сои и других сельскохозяйственных культур важным фактором в повышении семенной продуктивности растений служит оптимизация их минерального питания. На чернозёмах выщелоченных Западного Предкавказья в большинстве случаев применение макроудобрений под вспашку осенью или при посеве весной на сое не рационально. Это связано с тем, что прибавки урожая сои не окупают затрат на приобретение и внесение минеральных удобрений. Отсутствие отзывчивости сои на применение удобрений в этих условиях можно объяснить тем, что соя, как бобовая культура, обладает способностью ассимилировать азот из воздуха благодаря клубеньковым бактериям, а во-вторых, может использовать из почвы фосфор и калий труднорастворимых соединений [1; 3]. Также необходимо отметить, что наиболее распространенные в Краснодарском крае сорта сои адаптированы к местным условиям выращивания и раскрывают свой генетический потенциал на естественном плодородии почвы, т.е. отбор и оценка селекционного материала происходит без применения минеральных удобрений.

Однако, оптимизацией условий питания урожайность сои можно повысить, если применять такой малозатратный агроприем как некорневые подкормки [9; 10; 11]. Условно можно выделить два основных подхода к проведению некорневых подкормок удобрениями. Во-первых, это применение комплексных удобрений, содержащих основные макро-, мезо- и микроэлементы и вещества, активизирующие жизнедеятельность растительного организма. Но в большинстве случаев растения испытывают дефицит не всех элементов питания, а только некоторых из них. В связи с этим, вносить необходимо именно те элементы, в которых растения нуждаются, и в этом заключается сущность второго подхода.

Диагностика потребности растений в элементах питания делится на почвенную и растительную. Почвенная диагностика основана на определении подвижных, доступных для растений форм элементов питания в почве. Растительная диагностика позволяет определять недостаток элементов питания по самим растениям.

Существуют следующие методы растительной диагностики.

Визуальная – наиболее простой метод выявления нарушения в питании растений, основанный на оценке внешнего вида растений по морфологическим признакам и цвету органов растений. К недостаткам этого метода относится то, что признаки недостатка или избытка того или иного элемента часто имеют одни и те же внешние проявления (например, дефицит серы и азота). Также растения могут испытывать т.н. «скрытый голод», когда при отсутствии внешних признаков голодания небольшой дефицит элементов питания может снижать продуктивность растений.

Морфо-биометрическая диагностика более детально и точно помогает определять несбалансированность питания растений по фазам вегетации: по размерам и величине различных органов растений, по приросту биомассы, по развитию симбиотического аппарата и т.д. Однако такая диагностика составлена не по всем культурам и не всегда учитывает почвенно-климатические и сортовые особенности.

Субмикроролевая - выявление реакции вегетирующих растений на поступающие элементы питания. Поле с визуальными признаками дефицита (или избытка) элементов питания разбивается на участки, и они обрабатываются либо некорневыми подкормками, либо введением инъекции с питательным раствором в проводящую систему растения, а затем по состоянию растений делается заключение об избытке или недостатке того или иного элемента. Эта диагностика более точная, чем визуальная, однако она трудоемка и не всегда позволяет своевременно выявить дефицит элементов питания.

Химическая – химический анализ растений либо общего содержания элементов в индикаторных органах или целом растении, либо содержание питательных веществ в соке растений. Но химический анализ трудоемок, требует большого банка данных по соотношениям элементов питания между собой, а также отсутствует корректировка по почвенно-климатическим особенностям, сортовым различиям и другим косвенным факторам.

Функциональная – учет 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 оперативно выявить нуждаемость растений в элементах питания [8; 10].

Одним из критериев оценки потребности растений служит фотохимическая активность 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. 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 организации фотосинтетического аппарата (лист, растение) [2; 5; 6; 13].

В связи с этим, целью исследований было установить эффективность разных методов диагностики потребности растений в элементах питания

(почвенной и растительной) с учетом прибавки урожая от некорневых подкормок на посевах сои.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2012-2014 гг. в центральной зоне Краснодарского края на ЦЭБ ВНИИМК г. Краснодар. Объектом исследований был среднеспелый сорт Вилана. Потребность растений сои в элементах питания определяли разными методами диагностики – почвенной и растительной (химической и функциональной). В качестве диагностируемых элементов питания были выбраны – сера, молибден и бор. Почва экспериментальных участков – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый. Технология возделывания сои общепринятая для данной зоны с широкорядным (70 см) способом посева.

Почвенную диагностику проводили весной перед посевом сои. На экспериментальном участке отбирали почвенные образцы послойно с глубины 0-20, 20-40, 40-60 см. Подвижные формы серы извлекали из почвы хлористым калием, молибдена – оксалатным буферным раствором с рН 3,3, бора – водной вытяжкой, а затем определяли их содержание на атомно-абсорбционном спектрофотометре (в соответствии с методикой М-МВИ-80-2008).

В критическую по потреблению элементов питания фазу цветения за один день до проведения некорневой подкормки с учетных площадок в четырехкратной повторности с 1 м² 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. 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 сначала без добавления элементов питания (контроль), а затем при добавлении одного из них (сера, молибден или бор).

После диагностики потребности растений в элементах питания разными методами посеvy сои обрабатывали удобрениями, содержащими диагностируемые элементы питания. Некорневую подкормку проводили вручную посредством ранцевого опрыскивателя при норме расхода рабочего раствора 250 л/га. В качестве серного удобрения использовали сульфат калия (250 г/га), молибденового – келик молибден (250 мл/га), борного – солюбор ДФ (0,5 кг/га). Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок рендомизированное по блокам, общая площадь делянки – 28 м², учетная – 14 м².

В фазу полной спелости механизированно осуществляли уборку урожая селекционным комбайном Винтерштайгер.

Данные анализа почв и растений подвергали математической обработке: \bar{X} – средняя арифметическая величина, m – ошибка среднего арифметического, r – корреляция массивов величин. Статистическую обработку урожайных данных проводили дисперсионным методом [4].

Результаты и обсуждение. Погодные условия в годы исследований были контрастными по основным метеорологическим показателям (рис. 1, 2).

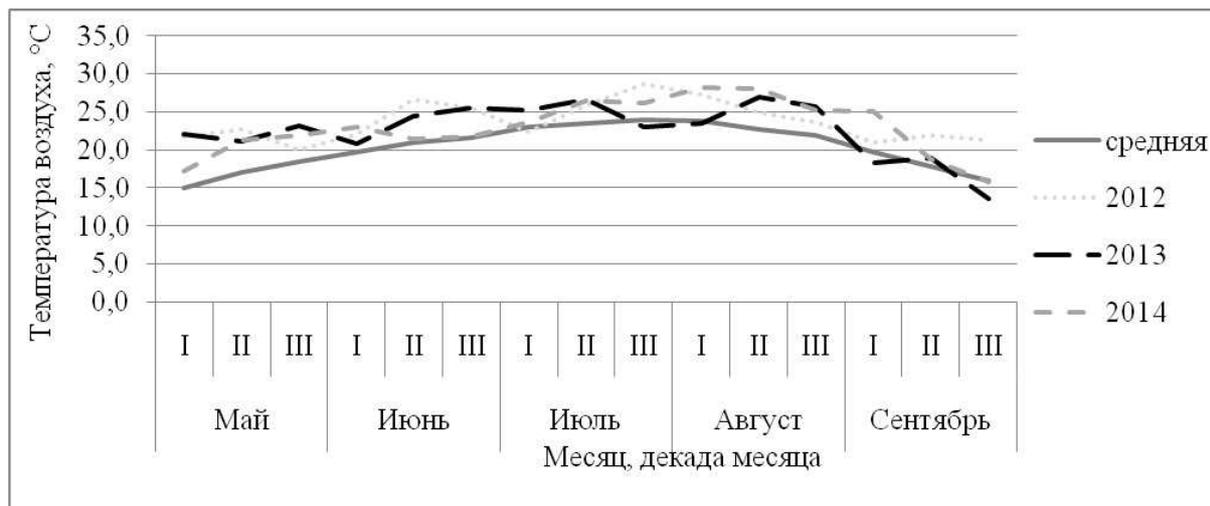


Рисунок 1 – Динамика среднесуточных температур воздуха в вегетационный период сои, ЦЭБ ВНИИМК г. Краснодар, 2012-2014 гг.

В мае 2012 года перед посевом преобладала аномально жаркая суховейная погода. 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 10 % от нормы (4 мм). Однако в третью декаду мая температура воздуха понизилась и в среднем составила 20,0°С и за 4 дня выпала месячная норма осадков (70 мм).

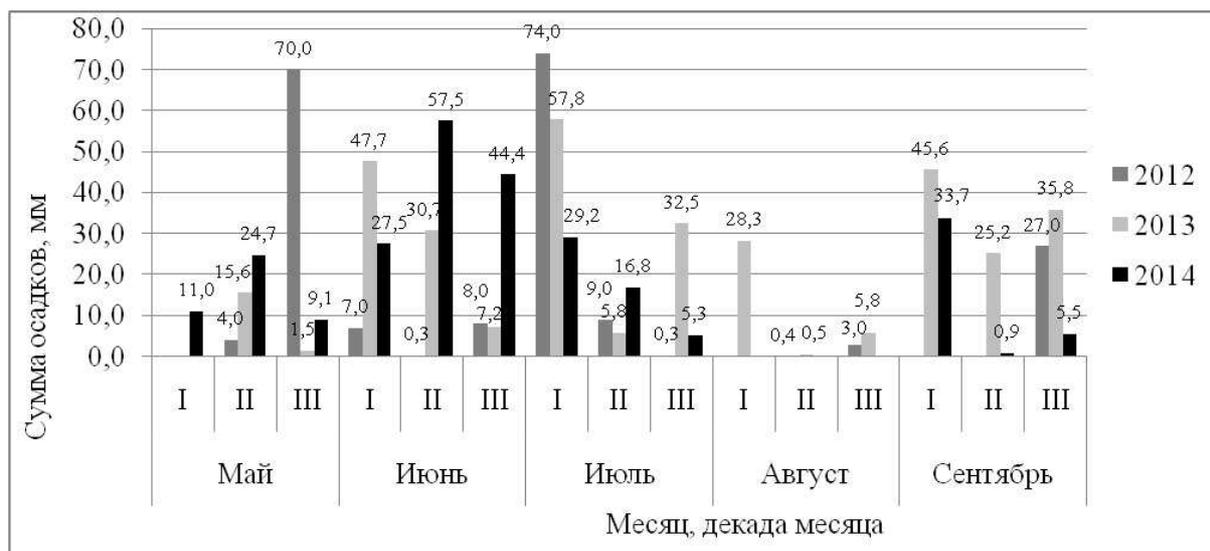


Рисунок 2 – Сумма осадков в вегетационный период сои, ЦЭБ ВНИИМК г. Краснодар, 2012-2014 гг.

Средняя температура воздуха в июне была на 2-6° С выше среднемноголетней, а количество выпавших осадков - меньше 15 % от нормы (8 мм).

Дожди, прошедшие в первую половину июля, благоприятно сказались на росте и развитии растений сои – 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 %.

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. Урожайность в опыте составила 2,5 т/га и выше.

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

В июне температура воздуха была также выше среднемноголетней на 3-4 °С, однако выпавшие в этот период осадки способствовали активному нарастанию вегетативной биомассы.

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, а затем на всю вторую половину августа установилась жаркая сухая погода.

Сентябрь был дождливым, а температура воздуха - близкой к среднегодовой. В третьей декаде сентября растения сои достигли хозяйственной спелости, однако механизированная уборка из-за выпадающих осадков была проведена лишь 12 октября. На экспериментальном участке средняя урожайность была около 1,8 т/га.

В 2014 году семена сои были посеяны после выпавших осадков в увлажненную почву 14 мая. Дожди в мае-начале июня, а также повышенный (на 3-4° С) температурный режим способствовали дружному появлению всходов.

Активное нарастание вегетативной биомассы в июне-июле обуславливается обильными осадками и близкими к норме среднесуточными температурами в этот период.

В период развития генеративных органов в августе установилась аномально жаркая погода (на 3-4° С выше нормы) с полным отсутствием осадков. Выпавшие в начале сентября дожди (33,7 мм) повлияли на формирование урожая лишь в небольшой степени. Физиологической спелости растения сои достигли во вторую половину сентября, а уборка была проведена 26 сентября. В 2014 году в опыте была получена самая низкая урожайность менее 1,7 т/га.

Содержание подвижных форм серы, молибдена и бора различались по годам в зависимости от экспериментального участка, на котором проводился опыт (таблица 1).

Группировка почв по обеспеченности изучаемыми элементами питания была общепринятой [4; 7; 12; 14; 15]. 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.

Таблица 1 - Содержание подвижных форм серы, молибдена и бора на черноземе выщелоченном

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2012-2014 гг.

Слой почвы, см	Содержание в почве по слоям, мг/кг		
	Подвижная сера	Подвижный молибден	Подвижный бор
	$\bar{X} \pm m$	$\bar{X} \pm m$	$\bar{X} \pm m$
2012 год			
0-20	2,94 ± 0,22	0,21 ± 0,03	0,24 ± 0,02
20-40	3,04 ± 0,23	0,20 ± 0,02	0,22 ± 0,02
40-60	2,10 ± 0,36	0,20 ± 0,03	0,22 ± 0,01
2013 год			
0-20	6,39 ± 0,38	0,28 ± 0,02	0,63 ± 0,02
20-40	7,02 ± 0,44	0,26 ± 0,02	0,56 ± 0,03
40-60	6,21 ± 0,28	0,25 ± 0,03	0,53 ± 0,03
2014 год			
0-20	2,64 ± 0,23	0,25 ± 0,01	0,36 ± 0,03
20-40	3,27 ± 0,14	0,24 ± 0,01	0,31 ± 0,02
40-60	2,52 ± 0,14	0,22 ± 0,01	0,28 ± 0,02

Содержание подвижной серы в 2012 и 2014 годах было низким (2,1-3,3 мг/кг почвы), а в 2013 году оно было выше в 2 раза (6,2-7,0 мг/кг), что соответствует средней обеспеченности этим элементом питания. Также необходимо отметить, что в слое почвы 20-40 см на всех экспериментальных участках содержание подвижной серы было более высоким, по сравнению со слоем 0-20 см.

Содержание подвижного молибдена колебалось в пределах 0,20-0,28 мг/кг почвы, и его обеспеченность была средней во все годы проведения исследований. В изучаемых слоях почвы изменения в содержании подвижного молибдена были в пределах ошибки измерения.

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.

Наибольшее его содержание было в верхнем слое 0-20 см на всех экспериментальных участках.

В таблице 2 приведены данные по растительной диагностике по изучаемым элементам питания в фазу цветения перед проведением некорневой подкормки.

Таблица 2 - Содержание серы, молибдена и бора по органам растений сои в фазу цветения

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2012-2014 гг.

Органы растений	Содержание в органах растений сои в фазу цветения, мг/кг сухого вещества		
	Сера	Молибден	Бор
	$\bar{X} \pm m$	$\bar{X} \pm m$	$\bar{X} \pm m$
2012 год			
листовые пластинки	2507 ± 96	0,97 ± 0,09	65,2 ± 2,1
рахис	1833 ± 66	0,71 ± 0,06	17,9 ± 0,5
стебли	1219 ± 24	0,44 ± 0,04	2,1 ± 0,3
2013 год			
листовые пластинки	2940 ± 63	1,52 ± 0,05	94,1 ± 2,1
рахис	1925 ± 62	0,92 ± 0,04	20,7 ± 1,3
стебли	1373 ± 39	0,48 ± 0,02	3,3 ± 0,3
2014 год			
листовые пластинки	2452 ± 21	1,23 ± 0,06	71,2 ± 1,4
рахис	1828 ± 29	0,88 ± 0,05	18,0 ± 0,2
стебли	1216 ± 10	0,43 ± 0,06	2,8 ± 0,2

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.

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.

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.

Таким образом, наибольшее содержание серы, молибдена и бора в начале фазы цветения сои находится в листовых пластинках, поэтому они могут служить диагностическим органом для определения обеспеченности этими элементами питания. Однако в литературе 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 [12].

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).

В таблице 3 представлены результаты функциональной диагностики растений сои в фазе цветения за один день до проведения некорневой подкормки.

Таблица 3 - Фотохимическая активность хлоропластов листовых пластинок растений сои в фазе цветения в зависимости от внесения серы, молибдена и бора

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2012-2014 гг.

Вариант	Фотохимическая активность хлоропластов (ед. изм. *) по годам			
	2012	2013	2014	средняя
Сера				
Контроль (без S)	13,7	13,0	14,4	13,7
Добавление S	14,6	13,3	15,9	14,6
НСП ₀₅	0,5	0,6	0,8	-
Молибден				
Контроль (без Мо)	10,7	13,0	13,9	12,5
Добавление Мо	10,3	13,1	16,2	13,2
НСП ₀₅	0,7	0,5	0,7	-
Бор				
Контроль (без В)	9,7	12,3	13,5	11,8
Добавление В	6,1	11,1	13,4	10,2
НСП 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). 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.

На следующий день после проведения растительной диагностики (химической и функциональной) растения сои обрабатывали серным, молибденовым и борным удобрениями. Их влияние на урожайность приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Влияние некорневых подкормок мезо- и микроудобрениями на урожайность сои сорта Вилана

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2012-2014 гг.

Вариант	Урожайность семян по годам, т/га				Прибавка к контролю, т/га
	2012	2013	2014	средняя	
Сульфат калия					
Контроль	2,52	1,82	1,58	1,97	-
Некорневая подкормка	2,70	1,88	1,72	2,10	0,13
НСР ₀₅	0,10	0,11	0,12		
Келик молибден					
Контроль	2,65	1,81	1,60	2,02	-
Некорневая подкормка	2,81	1,78	1,76	2,12	0,10
НСР ₀₅	0,14	0,12	0,15		
Солюбор ДФ					
Контроль	2,63	1,82	1,52	1,99	-
Некорневая подкормка	2,61	1,81	1,78	2,07	0,08
НСР ₀₅	0,11	0,11	0,12		

В 2012 году достоверной была прибавка урожайности (7,1 и 6,0 % соответственно к контролю) при проведении некорневой подкормки серным и молибденовым удобрением. При использовании солюбора ДФ урожайность была на уровне контроля.

Некорневые подкормки в 2013 году не оказали существенного влияния на урожайность сои, что подтверждается высокой обеспеченностью изучаемыми элементами питания по результатам растительной и почвенной диагностики.

В 2014 году наибольшую эффективность показало борное удобрение (прибавка 17,1 %). Несмотря на отсутствие потребности у растений сои этого элемента, бор сыграл положительную роль в фазу формирования генеративных органов при экстремально засушливых условиях. Серное и молибденовое удобрения также увеличивали урожай сои (на 8,9 и 10,0 % соответственно).

В таблице 5 показана связь результатов разных методов диагностики

Таблица 5 - Корреляция прибавки урожайности сои от применения некорневой подкормки серным, молибденовым и борным удобрениями с показателями почвенной и растительной диагностики

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2012-2014 гг.

Показатель	r
Отклонение от оптимума содержания подвижных форм S, Mo и B в почве в слое 0-20 см	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

потребности растений в элементах питания с прибавкой урожая от некорневых подкормок на посевах сои. 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. 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. Отклонение от оптимума сопоставляли с прибавкой урожайности от применения серного, молибденового и борного удобрений за три года.

Из таблицы 5 следует, что все три вида диагностики коррелируют с прибавкой урожайности, однако наилучший результат показал метод функциональной диагностики.

Заключение. На почвах экспериментальных участков содержание подвижных форм серы низкое (2,10-7,02 мг/кг), подвижного молибдена – среднее (0,20-0,28 мг/кг), а содержание подвижного бора (0,22-0,63 мг/кг) колеблется от низкого до высокого в зависимости от их фактического плодородия.

В качестве диагностического органа растений сои для определения обеспеченности серой, молибденом и бором в начале фазы цветения могут служить листовые пластинки.

Метод функциональной диагностики превосходит по эффективности диагностирования почвенную и растительную химическую диагностики, т.к. отклик растений сои на добавление в солевую вытяжку хлоропластов серы, молибдена и бора совпал с отзывчивостью посевов сои на некорневую подкормку этими удобрениями.

Благодарность. Автор благодарит научного руководителя, доктора сельскохозяйственных наук, заведующего агротехнологическим отделом ФГБНУ ВНИИМК, Николая Михайловича Тишкова, а также заместителя президента по научной работе ООО Компании «Соевый комплекс»,

кандидата сельскохозяйственных наук, Василия Леонидовича Махонина за общее руководство и содействие при закладке и проведении опытов и анализов.

Список литературы

1. Баранов В.Ф., Кочегура А.В., Лукомец В.М. Соя на Кубани. – Краснодар, 2009. – 321 с.
2. Кершанская О.И. Концепция оптимального фотосинтетического типа растения пшеницы в оптимизации селекционного процесса // Вестник Башкирского университета. - 2001. № 2 (I). С. 39-41.
3. Лукомец В.М., Кочегура А.В., Баранов В.Ф., Махонин В.Л. Соя в России – действительность и возможность. – Краснодар, 2013. – 100 с.
4. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Баранов В.Ф., Пивень В.Т., Уго Торо Корреа, Шуляк И.И. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. – Краснодар, 2010. - 328 с.
5. Мокроносов А.Г., Гавриленко В.Ф. Фотосинтез: физиолого-экологические и биохимические аспекты. - М.,1992. - 319 с.
6. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. - М.: Наука, 1972. С. 551.
7. Слюсарев В.Н. Сера в почвах Северо-Западного Кавказа (агроэкологические аспекты). – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 230 с.
8. Слюсарев В.Н., Тишков Н.М., Дряхлов А.А., Пинчук А.П. Сера в черноземах выщелоченных Западного Предкавказья и перспективы применения серосодержащих удобрений под масличные культуры // Труды КубГАУ. – Краснодар, 2014. – Вып. 49. – С. 58-62.
9. Сухоруков В.П., Тильба В.А., Волох И.П., Коротенко Б.А. Гумат натрия и его эффективность при возделывании сои в Приамурье // Дальневосточный аграрный вестник. – Благовещенск, 2009. – Вып. 2 (10). – С. 33-35.
10. Тишков Н.М., Дряхлов А.А. Эффективность некорневой подкормки сои микроудобрениями на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Науч.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 2014. - Вып. 1. - С. 55-59.
11. Тишков Н.М., Дряхлов А.А., Слюсарев В.Н., Осипов А.В. Эффективность серосодержащих удобрений при возделывании масличных культур на черноземе выщелоченном // Сборник статей «Энтузиасты аграрной науки». – Краснодар, 2014. – Вып. 16. – С. 43-45.
12. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
13. Чиков В.И. Связь фотосинтеза с продуктивностью растений // Соросовский образовательный журнал. – Казань, 1997. - № 12. - С. 23-27.
14. Шеуджен А.Х., Загорюлько А.В., Громова Л.И., Онищенко Л.М., Лебедовский И.А., Осипов М.А. Диагностика минерального питания растений. – Краснодар, 2009. - С. 277-279.
15. Шеуджен А.Х., Слюсарев В.Н., Бондарева Т.Н., Гуторова О.А., Осипов М.А., Есипенко С.В. Валовое содержание серы и ее формы в черноземе выщелоченном

Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // Журнал «Плодородие». – Москва, 2014. – Вып. 4 (79). – С. 29-30.

References

1. Baranov V.F., Kochegura A.V., Lukomec V.M. Soja na Kubani. – Krasnodar, 2009. – 321 s.
2. Kershanskaja O.I. Konceptija optimal'nogo fotosinteticheskogo tipa rastenija pshenicy v optimizacii selekcionnogo processa // Vestnik Bashkirskogo universiteta. - 2001. № 2 (I). S. 39-41.
3. Lukomec V.M., Kochegura A.V., Baranov V.F., Mahonin V.L. Soja v Rossii – dejstvitel'nost' i vozmozhnost'. – Krasnodar, 2013. – 100 s.
4. Lukomec V.M., Tishkov N.M., Baranov V.F., Piven' V.T., Ugo Toro Korrea, Shuljak I.I. Metodika provedenija polevyh agrotehnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami. – Krasnodar, 2010. - 328 s.
5. Mokronosov A.G., Gavrilenko V.F. Fotosintez: fiziologo-jekologicheskie i biohimicheskie aspekty. - M.,1992. - 319 s.
6. Nichiporovich A.A. Fotosinteticheskaja dejatel'nost' rastenij i puti povyshenija ih produktivnosti // Teoreticheskie osnovy fotosinteticheskoy produktivnosti. - M.: Nauka, 1972. S. 551.
7. Sljusarev V.N. Sera v pochvah Severo-Zapadnogo Kavkaza (agrojekologicheskie aspekty). – Krasnodar: KubGAU, 2007. – 230 s.
8. Sljusarev V.N., Tishkov N.M., Drjahlov A.A., Pinchuk A.P. Sera v chernozemah vyshhelochennyh Zapadnogo Predkavkaz'ja i perspektivy primenenija serosoderzhashhih udobrenij pod maslichnye kul'tury // Trudy KubGAU. – Krasnodar, 2014. – Vyp. 49. – S. 58-62.
9. Suhorukov V.P., Til'ba V.A., Voloh I.P., Korotenko B.A. Gumat natrija i ego jeffektivnost' pri vozdelyvanii soi v Priamur'e // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Blagoveshensk, 2009. – Vyp. 2 (10). – S. 33-35.
10. Tishkov N.M., Drjahlov A.A. Jeffektivnost' nekornevoj podkormki soi mikroudobrenijami na chernozeme vyshhelochennom Zapadnogo Predkavkaz'ja // Nauchn.-tehn. bjul. VNI maslichnyh kul'tur. – Krasnodar, 2014. - Vyp. 1. - S. 55-59.
11. Tishkov N.M., Drjahlov A.A., Sljusarev V.N., Osipov A.V. Jeffektivnost' serosoderzhashhih udobrenij pri vozdelyvanii maslichnyh kul'tur na chernozeme vyshhelochennom // Sbornik statej «Jentuziasty agrarnoj nauki». – Krasnodar, 2014. – Vyp. 16. – S. 43-45.
12. Cerling V.V. Diagnostika pitanija sel'skhozajstvennyh kul'tur: Spravochnik. – M.: Agropromizdat, 1990. – 235 s.
13. Chikov V.I. Svjaz' fotosinteza s produktivnost'ju rastenij // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal. – Kazan', 1997. - № 12. - S. 23-27.
14. Sheudzhen A.H., Zagorul'ko A.V., Gromova L.I., Onishhenko L.M., Lebedovskij I.A., Osipov M.A. Diagnostika mineral'nogo pitanija rastenij. – Krasnodar, 2009. - S. 277-279.
15. Sheudzhen A.H., Sljusarev V.N., Bondareva T.N., Gutorova O.A., Osipov M.A., Esipenko S.V. Valovoe sodержание sery i ee formy v chernozeme vyshhelochennom Zapadnogo Predkavkaz'ja v uslovijah agroгенеза // Zhurnal «Plodorodie». – Moskva, 2014. – Vyp. 4 (79). – S. 29-30.