

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ СОДЕРЖАЩИХ СЕРУ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОИ В УСЛОВИЯХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. ЛАЗАРЕВ¹, доктор с. -х. наук, ORCID 0000-0002-2931-8560, vla190353@yandex.ru

Ж. Н. МИНЧЕНКО¹, научный сотрудник, ORCID 0000-0003-4352-6013, minchenko.knii@mail.ru

Н.Н. ТРУТАЕВА², кандидат с.-х. наук, ORCID 0000-0003-4948-7932, nina.trutaeva@yandex.ru

В.А. ВОРОНЧИХИН³, кандидат с.-х. наук, ORCID 0000-0002-5763-0877

¹ФГБНУ «КУРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

²ФГБОУ ВО КУРСКАЯ ГСХА ИМЕНИ И.И. ИВАНОВА

³ПАО «АКРОН», г. Москва

Результаты проведенных в 2019-2021 гг. исследований свидетельствуют о высокой эффективности различных марок минеральных удобрений, содержащих серу (NPS (22-15-7), NPS (20-20-14) и NPKS (19-16-8-3) при возделывании сои на черноземных почвах Курской области со средним уровнем обеспеченности подвижной серой (3,5-4,5 мг/кг). Установлено, что внесение минерального удобрения марки NPS (22-15-7) в дозе $N_{44}P_{30}S_{14}$ под предпосевную культивацию повышала урожайность сои на 0,76 т/га или 37,8% содержание белка в зерне на 1,7%, жира - на 0,5% в сравнении с контролем. Эффективность использования минеральных удобрений марки NPS (20-20-14) в дозе $N_{30}P_{30}S_{21}$ совместно с аммиачной селитрой в дозе N_{14} под предпосевную культивацию была ниже: урожайность сои в этом варианте повышалась на 0,56 т/га или на 27,8%, содержание белка в зерне - на 1,8%, жира на 0,6%. Наиболее высокую урожайность, содержание белка и жира в зерне сои обеспечивало внесение комплексного минерального удобрения марки NPKS (19-16-8-3) в дозе $N_{36}P_{30}S_6$ совместно с аммиачной селитрой в дозе N_8 под предпосевную культивацию: 2,99 т/га, 38,7% и 22,3%, соответственно. Применение минеральных удобрений, содержащих серу, при возделывании сои было экономически выгодно. Эффективность их использования выражалась уровнем рентабельности равном 173,8-210,7% и в основном зависела от стоимости самих удобрений.

Ключевые слова: чернозем типичный, сера, соя, минеральное удобрение с содержанием серы, урожайность, белок, жир, экономическая эффективность.

Для цитирования: Лазарев В.И., Минченко Ж.Н., Трутаева Н.Н., Ворончихин В.А. Влияние удобрений содержащих серу на урожайность и качество зерна сои в условиях Курской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 4(44):64-73. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-64-73

THE EFFECT OF FERTILIZERS CONTAINING SULFUR ON THE YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN GRAIN IN THE CONDITIONS OF THE KURSK REGION

V.I. Lazarev¹, Zh.N. Minchenko¹, N.N. Trutaeva², V.V. Voronchikhin³

¹FSBSI «FEDERAL AGRICULTURAL KURSK RESEARCH CENTER

²FSBEE HE «I.I. IVANOV STATE AGRICULTURAL ACADEMY, KURSK»

³PJSC «ACRON», MOSCOW

Abstract: The results of the studies conducted in 2019-2021 indicate the high efficiency of various grades of mineral fertilizers containing sulfur (NPS (22-15-7), NPS (20-20-14) and NPKS

(19-16-8-3) in soybean cultivation on chernozem soils of the Kursk region with an average level of availability of mobile sulfur (3.5-4.5 mg/kg). It was found that the application of mineral fertilizer of the NPS brand (22-15-7) at a dose of $N_{44}P_{30}S_{14}$ for pre-sowing cultivation increased the yield of soybeans by 0.76 t/ha or 37.8%, the protein content in the grain by 1.7%, fat by 0.5% compared with the control. The efficiency of using mineral fertilizers of the NPS brand (20-20-14) at a dose of $N_{30}P_{30}S_{21}$ together with ammonium nitrate at a dose of N_{14} for pre-sowing cultivation was lower: soybean yield in this variant increased by 0.56 t/ha or by 27.8%, protein content in grain - by 1.8%, fat by 0.6%. The highest yield, protein and fat content in soybean grain was ensured by the introduction of a complex mineral fertilizer of the NPKS brand (19-16-8-3) at a dose of $N_{36}P_{30}S_6$ together with ammonium nitrate at a dose of N_8 for pre-sowing cultivation: 2.99 t/ha, 38.7% and 22.3%, respectively. The use of mineral fertilizers containing sulfur in the cultivation of soybeans was economically advantageous. The efficiency of their use was expressed by the level of profitability equal to 173.8-210.7% and mainly depended on the cost of fertilizers themselves.

Keywords: typical chernozem, sulfur, soy, mineral fertilizer with sulfur content, yield, protein, fat, economic efficiency.

Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур с целью получения высоких и стабильных урожаев хорошего качества является одной из основных задач, стоящих перед сельскохозяйственным производством [1, 2]. Достижение этой цели невозможно без серьезных знаний о свойствах почвы, биологических особенностях культур, способах и формах применяемых удобрений и их взаимодействии между собой и с другими объектами окружающей среды [3, 4].

Как известно, элементы минерального питания, содержащиеся в почве и удобрениях, используются растениями далеко не полностью. Степень их усвоения (коэффициент использования) обуславливается многими факторами, среди которых наибольшее влияние оказывает плодородие почвы, климатические условия, биологические особенности сельскохозяйственных культур, виды минеральных удобрений, сочетание в них элементов минерального питания и т.д. [5].

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур наряду с макроэлементами (азот, фосфор, калий), необходимы мезоэлементы (сера, кальций, магний). Важным элементом, входящим в состав белковых веществ растений, участвующим в окислительно-восстановительных процессах и в обмене веществ, является сера [6-8].

Результаты агрохимического обследования почв Курской области свидетельствуют о том, что они имеют низкую обеспеченность подвижными формами микро- и мезоэлементов, в частности серы. Наименее обеспечены серой серые лесные почвы всех подтипов, имеющие легкий гранулометрический состав и низкое содержание гумуса. По данным агрохимического обследования пахотные почвы хозяйств 1-го агропочвенного района Курской области с низким содержанием подвижных форм серы составляют 96,5%, средним – 3,5%, высоким – 0,2% от обследованной пашни [9].

В этих условиях получение высоких и стабильных урожаев основных сельскохозяйственных культур без внесения удобрений, содержащих серу, весьма проблематично. В сельскохозяйственном производстве длительный период в качестве таких удобрений использовали сульфат кальция, (гипс) содержащий 19% серы и 23% кальция, простой суперфосфат, содержащий, помимо фосфора, 11% серы и 22% кальция, сульфат аммония - 24% серы и 21% азота, сульфат калия 16,5% серы и 53% калия, сульфат магния - 10% магния и 13% серы [10].

С каждым годом химическая промышленность увеличивает объем производства минеральных удобрений и расширяет их ассортимент. В повышении эффективности использования удобрений большое значение имеет правильный выбор марок минеральных удобрений с учетом их состава и свойств, биологических особенностей культур, почвенно-климатических и агротехнических условий, а также сроков и технологии их внесения [10, 11].

Изучение эффективности использования таких удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях Курской области является актуальной задачей. Особое значение таких исследований состоит в том, что за последние десятилетия, в связи с изменением структуры ассортимента удобрений, с одной стороны, и многократного снижения их применения в земледелии области, с другой, в почву существенно уменьшилось поступление микроэлементов [12] и серы. Хотя черноземы относятся к почвам, довольно хорошо обеспеченным многими микроэлементами [13], сложившаяся сельскохозяйственная практика предопределяет необходимость более тщательной оценки современного потенциала почв Курской области в данном отношении и разработки соответствующих рекомендаций по улучшению обеспеченности сельскохозяйственных культур недостающими элементами питания.

В связи с этим, при разработке научно-обоснованных систем удобрения в севооборотах, способствующих повышению уровня обеспеченности почвы элементами минерального питания и более продуктивному их использованию, резко возрастает роль мониторинговых исследований, направленных на определение отзывчивости растений на отдельные виды минеральных удобрений и их сочетаний, действия их на продуктивность сельскохозяйственных культур, качество продукции и плодородие почвы,

Цель исследований - определение эффективности использования различных марок минеральных удобрений содержащих серу на посевах сои в условиях черноземных почв Курской области.

Объекты и методы исследования

Исследования проводилось в 2019-2021 годах в опыте Курского ФАНЦ в севообороте со следующим чередованием культур: яровой ячмень – соя – яровая пшеница. Изучалась эффективность следующих марок минеральных удобрений: NP (12-52), NPS (22-15-7), NPS (20-20-14), NPKS (19-16-8-3) при возделывании сои. Схема опыта включала в себя следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2. NP (12-52) в дозе N_7P_{30} + аммиачная селитра в дозе N_{37} под предпосевную культивацию; 3. NPS (22-15-7) в дозе $N_{44}P_{30}S_7$ под предпосевную культивацию; 4. NPS (20-20-14) в дозе $N_{30}P_{30}S_{21}$ аммиачная селитра в дозе N_{14} под предпосевную культивацию; 5. NPKS (19-16-8-3) в дозе $N_{36}P_{30}K_{15}S_6$ + аммиачная селитра в дозе N_8 под предпосевную культивацию.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистого гранулометрического состава на карбонатном лессовидном суглинке. При закладке полевого опыта содержание гумуса (по Тюрину) в пахотном слое составляло 5,3%, щелочногидролизующего азота 69,0 мг/кг, подвижных (по Чирикову) форм фосфора и калия – 8,8 мг/кг и 14,5 мг/кг соответственно, подвижной серы – 4,0 мг/кг. Реакция почвенной среды слабокислая – pH 5,4.

Повторность в опыте 3-кратная, варианты располагались систематически в один ярус. Делянки имели форму вытянутого прямоугольника. Размер учетной делянки – 200 м².

Технология возделывания сои соответствовала рекомендованной для хозяйств Центрально-Черноземного региона. Сорт сои – Казачка, норма высева – 0,6 млн. всхожих семян на гектар, способ посева – рядовой (ширина междурядий 15 см). Уборка и учет урожая проводилась самоходным комбайном "Сампо-500" прямым комбайнированием. Пересчет урожая проводился на 100%-ную чистоту и 12%-ную влажность зерна. Для определения структуры урожая за один-два дня до начала уборки сои с каждой делянки отбирались по 4 сноповых образца. После просушки снопов определялось: количество бобов с 1 растения; количество зерен в 1 бобе; масса зерна с 1 растения; масса 1000 зерен.

В образцах зерна сои определялось содержание белка и жира на анализаторе зерна «InfratecTM1241». Натура зерна (ГОСТ-10840-76), масса 1000 зерен (ГОСТ-10842-76). Экономическая эффективность применения различных марок минеральных удобрений рассчитывалась по общепринятой методике. Для обработки экспериментальных данных применялся дисперсионный метод математического анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Метеорологические условия в годы проведения эксперимента были типичными для

условий Курской области и характеризовались теплой и засушливой погодой. Среднесуточная температура вегетационного периода сои (май-сентябрь) 2019, 2020 и 2021 годов была соответственно на 1,3, 1,4 и 1,1°C выше нормы при сумме осадков равной 72,3, 74,7 и 86,7% от среднего многолетнего их количества (288 мм).

Результаты и обсуждение

Наблюдения за влажностью почвы под соей показали, что внесение различных марок минеральных удобрений под предпосевную культивацию практически не оказывало влияния на водный режим в период вегетации сои. Запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы в период «полные всходы» сои в этих вариантах составили 23,8-24,5 мм, или всего лишь на 0,1-0,8 мм выше, чем в контрольном варианте (23,7 мм) (табл. 1).

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений содержащих серу на запасы продуктивной влаги (в пахотном слое почвы в период полные всходы сои), 2019-2021 гг.

Варианты опыта	Запасы продуктивной влаги, мм	Прибавка, мм
1. Без внесения удобрений (контроль)	23,7	-
2. NP (12-52) в дозе (N_7P_{30}) + NH_4NO_3 (N_{37})	24,4	0,7
3. NPS (22-15-7) в дозе ($N_{44}P_{30}S_{14}$)	24,2	0,5
4. NPS (20-20-14) в дозе ($N_{30}P_{30}S_{21}$) + NH_4NO_3 (N_{14})	24,5	0,8
5. NPKS (19-16-8-3) в дозе ($N_{36}P_{30}K_{15}S_6$) + NH_4NO_3 (N_8)	23,8	0,1

Внесение различных марок минеральных удобрений способствовало повышению содержания нитратного азота в слое почвы 0-40 см в фазе «полные всходы» сои на 2,7-3,3 кг/га в сравнении с контролем. Более высокая тенденция накопления нитратного азота (18,2-18,4 кг/га) наблюдалась в вариантах с внесением минеральных удобрений марки NPS (22-15-7) в дозе $N_{44}P_{30}S_{14}$ и марки NPS (20-20-14) в дозе $N_{30}P_{30}S_{21}$ совместно с аммиачной селитрой в дозе N_{14} под предпосевную культивацию. При внесении минеральных удобрений без серы марки NP (12-52) в дозе N_7P_{30} совместно с аммиачной селитрой в дозе N_{37} и NPKS (19-16-8-3) в дозе $N_{36}P_{30}K_{15}S_6$ совместно с аммиачной селитрой (N_8) под предпосевную культивацию эта тенденция ослабевала – содержание нитратного азота повышалось на 2,7-3,0 кг/га (рис. 1).

В фазе цветения сои запасы нитратного азота в слое почвы 0-40 см повышались до 78,5-95,6 кг/га или на 14,1-17,1 кг/га выше, чем в почве контрольного варианта (78,5 кг/га). Разница в запасах нитратного азота в вариантах с внесением различных марок минеральных удобрений отмеченная в фазе полные всходы сои – сохранялась.

Ко времени уборки сои запасы нитратного азота были минимальными (8,4-9,1 кг/га). Разницы в запасах нитратного азота по вариантам с внесением различных марок минеральных удобрений не наблюдалось.

Содержание щелочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы в вариантах с внесением различных марок минеральных удобрений под предпосевную культивацию ко времени цветения сои повышались на 5,4-5,6 мг/кг, подвижного фосфора – на 14,8-15,7 кг/га, в сравнении с контролем. Существенной разницы в содержании щелочногидролизуемого азота и подвижного фосфора в пахотном слое почвы в вариантах с внесением различных марок минеральных удобрений не наблюдалось (табл. 2).

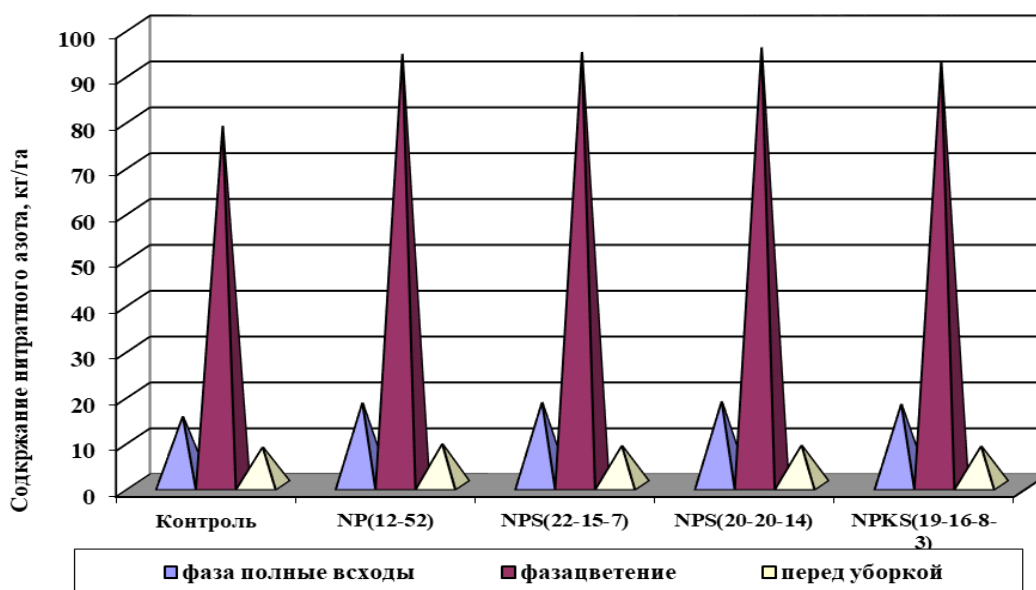


Рис. 1. Влияние минеральных удобрений содержащих серу на динамику запасов нитратного азота в слое почвы 0-40 см под посевами сои, 2019-2021 гг.

Содержание подвижной серы в пахотном слое почвы находилось в прямой зависимости от содержания ее во вносимых удобрениях. Так, при внесении под предпосевную культивацию минеральных удобрений марки NPKS (19-16-8-3) содержание подвижной серы в пахотном слое почвы повышалось на 0,2 мг/кг, марки NPS (22-15-7) – на 0,4 мг/кг и марки $N_{44}P_{30}S_{14}$ – на 0,6 мг/кг.

Основными элементами структуры урожая, которые определяют уровень урожайности зерна сои, является количество бобов с одного растения, озерененность боба и масса 1000 зёрен. Наши наблюдения показали, что различные марки минеральных удобрений оказали существенное влияние на показатели структуры урожая сои.

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений содержащих серу на содержание элементов минерального питания в пахотном слое почвы в фазу цветения сои, 2019-2021 гг.

Варианты опыта	Азот щелочногидролизуемый, мг/кг	Подвижный фосфор, кг/га	Подвижный калий, кг/га	Подвижная сера, мг/кг
1. Без внесения удобрений (контроль)	69,0	88,0	145,0	4,0
2. NP (12-52) в дозе $(N_7P_{30}) + NH_4NO_3 (N_{37})$	74,5(+5,5)	103,3	148,0	4,0
3. NPS (22-15-7) в дозе $(N_{44}P_{30}S_{14})$	74,4	102,8	148,8	4,
4. NPS (20-20-14) в дозе $(N_{30}P_{30} S_{21}) + NH_4NO_3 (N_{14})$	74,6	103,1	147,7	4,6
5. NPKS (19-16-8-3) в дозе $(N_{36}P_{30}K_{15}S_6) + NH_4NO_3 (N_8)$	74,3	103,7	152,4	4,2

Внесение минеральных удобрений марки NP (12-52) в дозе N_7P_{30} совместно с аммиачной селитрой в дозе N_{37} под предпосевную культивацию увеличивало количество бобов с одного растения на 1,5 шт., озереженность боба на 3,3 шт., вес зерна с одного растения – на 0,95 г, массу 1000 зерен на 13,7 г. (табл. 3).

Таблица 3

Влияние минеральных удобрений содержащих серу на элементы структуры урожая сои, 2019-2021 гг.

Варианты опыта	Длина стебля, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Количество бобов с 1 растения, шт.	Кол-во зерен с 1 растения, шт.	Вес зерна с 1 растения, г	Масса 1000 зерен, г
1.Без внесения удобрений (контроль)	97,4	19,8	18,9-	35,7	4,48	125,7
2. NP (12-52) в дозе (N_7P_{30}) + NH_4NO_3 (N_{37})	99,0	22,2	20,4	39,0	5,43	139,4
3 NPS (22-15-7) в дозе ($N_{44}P_{30}S_{14}$)	99,6	21,9	19,5	42,0	5,61	133,8
4. NPS (20-20-14) в дозе ($N_{30}P_{30}S_{21}$) + NH_4NO_3 (N_{14})	100,0	25,6	20,0	39,6	5,21	131,6
5. NPKS (19-16-8-3) в дозе $N_{36}P_{30}K_{15}S_6$) + NH_4NO_3 (N_8)	100,7	26,1	21,4	42,8	5,99	140,0

Эффективность влияния минеральных удобрений содержащих серу на элементы структуры урожая была выше. Внесение минеральных удобрений содержащих серу под предпосевную культивацию увеличивало количество бобов с одного растения на 0,6-2,5 шт., количество зерен с боба на 3,6-7,1 шт., массу зерна с одного растения – на 0,73-1,51 г, массу 1000 зерен на 5,9-14,3 г.

Важнейшим морфологическим признаком сои, определяющим возможность и эффективность механизированной уборки, является высота растений и, особенно, высота прикрепления нижних бобов. Использование различных марок минеральных удобрений на посевах сои оказывало существенное влияние на эти показатели. Так, средняя высота стебля растений сои, возделываемой в контрольном варианте, составила 97,4 см, а в вариантах с внесением различных марок минеральных удобрений – 99,0-100,7 см. Высота прикрепления нижнего боба к растению сои в варианте с внесением различных марок минеральных удобрений под предпосевную культивацию составила 21,9-26,1 см, или на 2,1-6,3 см выше, чем в контрольном варианте (19,8 см).

Анализ урожайных данных, полученных в опыте, свидетельствует о высокой эффективности минеральных удобрений различных марок на посевах сои. Так, внесение минерального удобрения без серы марки NP (12-52) в дозе N_7P_{30} совместно с аммиачной селитрой в дозе N_{37} под предпосевную культивацию обеспечивало получение урожайности сои равной 2,62 т/га, при урожайности в контрольном варианте равной 2,01 т/га.

Внесение минеральных удобрений, содержащих серу, (**NPS (20-20-14)** в дозе $N_{30}P_{30}S_{21}$ и **NPS (22-15-7)** в дозе $N_{44}P_{30}S_{14}$) под предпосевную культивацию совместно с соответствующим количеством аммиачной селитры, повышало урожайность сои на 0,56-0,76 т/га или 27,9-37,8% в сравнении с контрольным вариантом. Наиболее высокая урожайность сои (2,99 т/га) была получена в варианте с внесением комплексного минерального удобрения, содержащего серу, марки **NPKS (19-16-8-3)** в дозе $N_{36}P_{30}S_6$ совместно с

аммиачной селитрой в дозе N₈ под предпосевную культивацию. То есть, наличие калия в минеральном удобрении оказывало положительное влияние на урожайность сои (табл. 4).

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений содержащих серу на урожайность сои, 2019-2021 гг.

Варианты	Урожайность		Содержание, %	
	т/га,	прибавка, т/га,	белок	жир
1. Без внесения удобрений (контроль)	2,01		36,8	21,6
2 NP (12-52) в дозе (N ₇ P ₃₀) + NH₄NO₃ (N ₃₇)	2,62	0,61	38,4	22,1
3 NPS (22-15-7) в дозе (N ₄₄ P ₃₀ S ₁₄)	2,77	0,76	38,5	22,1
4 NPS (20-20-14) в дозе (N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁) + NH₄NO₃ (N ₁₄)	2,57	0,56	38,6	22,2
5 NPKS (19-16-8-3) в дозе (N ₃₆ P ₃₀ K ₁₅ S ₆) + NH₄NO₃ (N ₈)	2,99	0,98	38,7	22,3
HCP05		0,18	0,7	0,2

Использование различных марок минеральных удобрений оказывало положительное влияние на качество зерна сои, повышая в нем содержание белка на 1,6-1,9%, содержание жира – на 0,5-0,7% в сравнении с контрольным вариантом.

Влияние различных марок минеральных удобрений содержащих серу была примерно равной. Так, внесение минерального удобрения марки NPS (22-15-7) в дозе N₄₄P₃₀S₁₄ под предпосевную культивацию повышало содержание белка в зерне сои на 1,7%, жира – на 0,5% в сравнении с контролем. Эффективность внесения минерального удобрения марки NPS (20-20-14) в дозе N₃₀P₃₀S₂₁ совместно с аммиачной селитрой в дозе N₁₄ под предпосевную культивацию было несколько выше, содержание белка в зерне сои повышалось на 1,8%, жира – на 0,6%. Это связано с более высокой дозой серы, вносимой с удобрением марки NPS (20-20-14) – S₂₁ против S₁₄, вносимых с удобрением марки NPKS (22-15-0-7).

Наиболее высокие показатели качества зерна сои обеспечивало внесение комплексного минерального удобрения марки NPKS (19-16-8-3) в дозе N₃₆P₃₀K₁₅S₆ совместно с аммиачной селитрой в дозе N₈ под предпосевную культивацию: содержание белка – 38,7%, содержание жира – 22,3%.

При расчете экономической эффективности использования различных марок минеральных удобрений на посевах сои за основу были приняты цены на минеральные удобрения, сложившиеся в 2021 году, урожайность сои – фактическая, полученная в опыте, закупочная цена зерна сои – 50000 руб/т.

В результате расчетов установлено, что при сложившихся ценах на удобрения, зерно сои, ГСМ и т.д. возделывание сои в контрольном варианте (без применения минеральных удобрений) обеспечивало получение условно чистого дохода равного 58184 руб./га, при уровне рентабельности – 137,5%.

Внесение минерального удобрения марки NPS (22-15-7) в дозе N₄₄P₃₀S₁₄ под предпосевную культивацию повышало урожайность сои на 0,76 т/га, способствовало увеличению производственных затрат до 46730 руб./га (в контрольном варианте 42316 руб./га), обеспечивало получение 91770 руб./га условно чистого дохода, при уровне рентабельности равном 196,3% (табл. 5).

Таблица 5

Экономическая эффективность использования минеральных удобрений содержащих серу на посевах сои, 2019-2021 гг.

Варианты	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, руб.	Затраты, руб.	Себестоимость, руб./т	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
1.Без внесения удобрений (контроль)	2,01	100500	42316	21052,27	58184	137,5
2. NP (12-52) в дозе (N_7P_{30}) + NH_4NO_3 (N_{37})	2,62	131000	46117,8	17602,22	84882	184,1
3. NPS (22-15-7) в дозе ($N_{44}P_{30}S_{14}$)	2,77	138500	46730	16870,04	91770	196,3
4. NPS (20-20-14) в дозе ($N_{30}P_{30}S_{21}$) + NH_4NO_3 (N_{14})	2,57	128500	46931	18261,08	81569	173,8
5. NPKS (19-16-8-3) в дозе ($N_{36}P_{30}K_{15}S_6$) + NH_4NO_3 (N_8)	2,99	149500	48123	16094,64	101377	210,7

Эффективность использования серосодержащего удобрения марки NPS (20-20-14) в дозе $N_{30}P_{30}S_{21}$ совместно с аммиачной селитрой в дозе N_{14} была ниже вследствие более высокой стоимости самого удобрения. Величина условно чистого дохода в этом варианте составила 81569 руб./га, а уровень рентабельности – 173,8%.

Наиболее экономически выгодным было внесение комплексного минерального удобрения содержащего серу марки NPKS (19-16-8-3) в дозе $N_{36}P_{30}S_6$ совместно с аммиачной селитрой в дозе N_8 под предпосевную культивацию. Прибавки урожая сои в этом варианте составила 0,98 т/га, стоимость валовой продукции с 1 гектара увеличивалась на 49000 рублей, величина условно чистого дохода – на 43193 руб./га, уровень рентабельности - на 73,2%, в сравнении с контролем.

Заключение

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о высокой эффективности минеральных удобрений содержащих серу при возделывании сои на черноземных почвах Курской области со средним уровнем обеспеченности подвижной серой (3,5-4,5 мг/кг). Установлено, что внесение минерального удобрения марки NPKS (22-15-7) в дозе $N_{44}P_{30}S_{14}$ под предпосевную культивацию повышала урожайность сои на 0,76 т/га или 37,8% содержание белка в зерне на 1,7%, жира – на 0,5% в сравнении с контролем. Эффективность использования минеральных удобрений марки NPS (20-20-14) в дозе $N_{30}P_{30}S_{21}$ совместно с аммиачной селитрой в дозе N_{14} под предпосевную культивацию была ниже: урожайность сои в этом варианте повышалась на 0,56 т/га или на 27,8%, содержание белка в зерне – на 1,8%, жира на 0,6%. Наиболее высокую урожайность, содержание белка и жира в зерне сои обеспечивало внесение комплексного минерального удобрения марки NPKS (19-16-8-3) в дозе $N_{36}P_{30}S_6$ совместно с аммиачной селитрой в дозе N_8 под предпосевную культивацию: 2,99 т/га, 38,7% и 22,3%, соответственно.

Применение минеральных удобрений содержащих серу при возделывании сои было экономически выгодно. Эффективность их использования выражалась уровнем рентабельности равном 173,8-210,7% и в основном зависела от стоимости самих удобрений.

Литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М.: Росинформагротех, – 2005. – 55 с.
2. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. – М.: Колос, – 1977. – 416 с.
3. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь [Текст] // – М.: Изд-во ЦИНАО. – 2003. – 228 с.
4. Титова В.И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях. // Агрохимический вестник. – 2016. – № 1. – С. 2–7.
5. Протасова Н.А., Щербаков А.П., Микроэлементы в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья, Воронеж, – 2003. – 367 с.
6. Патрина М. С. Роль серосодержащих удобрений в оптимизации минерального питания серой лесной и дерново-подзолистой почвах Красноярской подтайги // Вестник КрасГАУ. – 2011. – Вып. 10. – С. 40-45.
7. Булыгин С.Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве. // Днепропетровск. – 2007. – 100 с.
8. Гомонова Н.Ф. Микроорганизмы как показатели состояния агроэкосистем при длительном применении комплекса удобрений и в их последствии. // Сб. Экологическая агрохимия. М., изд. МГУ. – 2008. – С. 140-152.
9. Лазарев В.И., Чевычелов А.Б. Эффективность комплексных удобрений, содержащих серу, на черноземных и серых лесных почвах Курской области при возделывании яровой пшеницы // Земледелие. 2016.- №5.- С. 29-32
10. Чекмарев П.А., Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России. // Агрохимия. – 2013. – № 4. – С.11-22.
11. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. // Агрохимия. под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, – 2017. – 854 с.
12. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н, Кизинек С.В. Агрохимические основы применения удобрений. – Майкоп: Полиграф - ЮГ, – 2013. – 572 с.
13. Муха В. Д., Картамышев Н. И., Муха Д. В. Агропочвоведение. – М.: Колос, – 2004. – 528 с.

References

1. Agroekologicheskaya otsenka zemel', proyektirovaniye adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologiy [Agroecological assessment of lands, design of adaptive landscape systems of agriculture and agrotechnologies]: metod. Rukovodstvo. pod red. V.I. Kiryushin, A.L. Ivanov, Moscow: Rosinformagrotekh, 2005, 55 p. (In Russian)
2. Pannikov V.D., Mineyev V.G. Pochva, klimat, udobreniye i urozhay [Soil, climate, fertilizer and crop]. Moscow: Kolos Publ., 1977, 416 p. (In Russian)
3. Sychev V.G. Osnovnyye resursy urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i ikh vzaimosvyaz' [Main crop yield resources and their interrelation][Tekst]. Moscow: TSINAO Publ., 2003, 228 p. (In Russian)
4. Titova V.I. Osobennosti sistemy primeneniya udobreniy v sovremennykh usloviyakh [Features of the fertilizer application system in modern conditions]. *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2016, No 1, pp. 2–7. (In Russian)
5. Protasova N.A., Shcherbakov A.P., Mikroelementy v chernozemakh i serykh lesnykh pochvakh Tsentral'nogo Chernozem'ya [Trace elements in chernozems and gray forest soils of the Central Chernozem region], Voronezh, 2003, 367 p. (In Russian)
6. Patrina M. S. Rol' serosoderzhashchikh udobreniy v optimizatsii mineral'nogo pitaniya seroy lesnoy i dernovo-podzolistoy pochvakh Krasnoyarskoy podtaygi [The role of sulfur-containing fertilizers in optimizing the mineral nutrition of gray forest and sod-podzolic soils of the Krasnoyarsk subtaiga] Moscow, *Vestnik Kras GAU*, 2011, Vol. 10, pp. 40-45. (In Russian)
7. Bulygin S.Yu. Mikroelementy v sel'skom khozyaystve [Trace elements in agriculture]. Dnepropetrovsk, 2007, 100 p. (In Russian)

8. Gomonova N.F., Mikroorganizmy kak pokazateli sostoyaniya agroeko-sistem pri dlitel'nom primenении kompleksa udobreniy i v ikh posledeystvii [Microorganisms as indicators of the state of agroecosystems during prolonged use of a complex of fertilizers and in their aftereffect] Sb. *Ekologicheskaya agrokhimiya*. Moscow, MGU Publ., 2008, pp 140-152. (In Russian)
9. Lazarev V.I., Chevychelov A.B. Effektivnost' kompleksnykh udobreniy, sodержashchikh seru, na chernozemnykh i serykh lesnykh pochvakh Kurskoy oblasti pri vozdeleyvanii yarovoy pshenitsy [The effectiveness of complex fertilizers containing sulfur on chernozem and gray forest soils of the Kursk region in the cultivation of spring wheat] *Zemledeliye*. 2016, No 5, pp. 29-32 . (In Russian)
10. Chekmarev P.A., Lukin S.V. Monitoring plodorodiya pakhotnykh pochv Tsentral'no-Chernozemnykh oblastey Rossii [Monitoring of fertility of arable soils of the Central Chernozem regions of Russia]. *Agrokhimiya*, No 4, 2013, pp.11-22. (In Russian)
11. Mineyev V.G., Sychev V.G., Gamzikov G.P. et al. /Agrokhimiya [Agrochemistry] pod red. V.G. Mineyeva. Moscow: VNIIA im. D.N.Pryanishnikova Publ., 2017, 854 p. (In Russian)
12. Sheudzhen A.KH., Bondareva T.N. , Kizinek S.V. Agrokhimicheskiye osnovy primeneniya udobreniy [Agrochemical bases of application of fertilizers]. Maykop: Poligraf - YUG, 2013, 572 p. (In Russian)
13. Mukha V. D., Kartamyshev N. I., Mukha D.V. Agropochvovedeniye [Agro-soil science]. Moscow: Kolos, 2004, 528 p. (In Russian)