

Продуктивность и качество зерна сои при применении удобрений на темно-каштановых почвах сухостепного Заволжья

Константин Евгеньевич Денисов¹, Константин Сергеевич Кондаков², Артем Алексеевич Андрейщев¹

¹Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

²ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», г. Саратов, Россия

e-mail: k.denisov@inbox.ru

Аннотация. В работе изучено влияние минеральных и микроудобрений на продуктивность и качество зерна сои сорта Амфор при орошении в условиях Сухостепного Заволжья. Выявлено достоверное влияние некорневых подкормок на урожайность и качество зерна сои.

Ключевые слова: соя; микроудобрения; минеральные удобрения; урожайность; качество зерна.

Для цитирования: Денисов К. Е., Кондаков К. С., Андрейщев А. А. Продуктивность и качество зерна сои при применении удобрений на темно-каштановых почвах сухостепного Заволжья // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 15–18. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp15-18>.

AGRONOMY

Original article

Productivity and quality of soybean grain after fertilization on dark chestnut soils of the dry steppe Zavolzhye

Konstantin E. Denisov¹, Konstantin S. Kondakov², Artem A. Andreishchev¹

¹Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Russian Research Institute for Sorghum and Maize “Rossorgo”, Saratov, Russia.

e-mail: k.denisov@inbox.ru

Abstract. In the article, the influence of mineral and micronutrient fertilizers on the productivity and quality of soybean grain of the Amfor variety was studied under irrigation in the conditions of the dry steppe Zavolzhye. A significant effect of foliar feeding on the yield and quality of soybean grains was revealed.

Keywords: soybean; microfertilizers; mineral fertilizers; productivity; grain quality.

For citation: Denisov K. E., Kondakov K. S., Andreishchev A. A. Productivity and quality of soybean grain after fertilization on dark chestnut soils of the dry steppe Zavolzhye. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(6):15–18. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp15-18>.

Введение. Наиболее важной проблемой современного сельского хозяйства требующей решения является увеличение производства растительного белка, которое в настоящее время в 1,5 раза ниже необходимого количества.

Соя – важной культурой, зерно которой используется не только в продовольственных целях, но, кроме того, в кормовых и технических. Семена сои содержат 35–47 % белка, 19–27 % жира и свыше 35 % углеводов. Особенности химического состава продукции сои, высокие экономические показатели возделывания, а также широкие возможности ее применения делают возделывание этой культуры весьма перспективным направлением современного сельского хозяйства [1, 4].

Существенным фактором при возделывании сои является обеспечение растений питательными веществами и обеспечение благоприятных условий для жизнедеятельности азотфиксирующих бактерий. Регулировать эти факторы позволяет внесение удобрений [2, 3].

Отдельным направлением интенсификации возделывания сои в настоящее время является использование некорневого питания [5, 6]. Они способны не только увеличить урожайность, но и повысить устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, что является актуальной задачей в зоне рискованного земледелия Саратовской области. В связи с этим стоит острая необходимость изучения приёмов повышения продуктивности сои за счёт эффективных сочетаний минеральных удобрений и препаратов для обработки семян при различных режимах орошения в условиях сухостепного Заволжья, а исследования по изучению особенностей доз и способов минерального питания растений сои при различных режимах орошения является на сегодня – весьма актуальной задачей аграрной науки.

Цель исследований состояла в изучении влияния минеральных и микроудобрений на продуктивность и качество зерна сои при орошении в условиях сухостепного Заволжья.

Методика исследований. Полевые опыты проводили в 2019–2021 гг. в ООО «Агроинвест» Марковского района Саратовской области. Преобладающим типом почв на территории хозяйства являются темно-каштановые слабо солонцеватые глинистые и тяжелосуглинистые по гранулометрическому составу, сформированные на шоколадных глинах, расположенных на глубине 60–70 см от поверхности. В массивах темно-каштановых почв вкраплены пятнами солонцы той или иной густоты, которые являются обычными спутниками каштановых почв.





Водно-физические свойства 0–70 см слоя почвы (активный слой): объемная масса – 1,32 г/см³, наименьшая влагоемкость (НВ) – 28,1 %, влажность завядания – 14,8 % от сухого веса почвы, содержание продуктивной влаги – 1209 м³/га.

В механическом составе преобладают крупная пыль и ил. Количество частиц ила колеблется от 22 до 32 % в горизонте А. На глубине 70–100 см часто залегают прослойки шоколадной глины. Солевые профили темно-каштановой почвы до глубины более 2 м одинаковые. Промыты они всего лишь до глубины 40–50 см, ниже количество воднорастворимых веществ сильно увеличивается и на глубине 100–150 см достигает 2–3 %.

Был заложен полевой опыт, включающий в себя 17 вариантов, по следующей схеме.

1. Контроль без внесения удобрений.
2. Аммофос (N₁₂P₅₂) 100 кг/га в физическом весе под основную обработку почвы с осени.
3. Аммофос (N₁₂P₅₂) + Ревитаплант бор (1 л/га, опрыскивание посевов в фазу бутонизации).
4. Аммофос (N₁₂P₅₂) + Ревитаплант молибден (0,3 л/га, опрыскивание посевов в фазу цветения).
5. Аммофос (N₁₂P₅₂) + Ревитаплант бобовые (2 л/га, опрыскивание посевов в фазу цветения).
6. Аммофос (N₁₂P₅₂) + аммиачная селитра (N₃₄) 100 кг в физическом весе в предпосевную культивацию весной.
7. Аммофос (N₁₂P₅₂) + аммиачная селитра (N₃₄) + Ревитаплант бор (1 л/га).
8. Аммофос (N₁₂P₅₂) + аммиачная селитра (N₃₄) + Ревитаплант молибден (0,3 л/га).
9. Аммофос (N₁₂P₅₂) + аммиачная селитра (N₃₄) + Ревитаплант бобовые (2 л/га).
10. Аммофос (N₁₂P₅₂) + КАС 32 (N₃₂) 100 кг/га опрыскивание посевов фазу бутонизации с поливной.
11. Аммофос (N₁₂P₅₂) + КАС 32 (N₃₂) + Ревитаплант бор (1 л/га).
12. Аммофос (N₁₂P₅₂) + КАС 32 (N₃₂) + Ревитаплант молибден (0,3 л/га).
13. Аммофос (N₁₂P₅₂) + КАС 32 (N₃₂) + Ревитаплант бобовые (2 л/га).
14. Аммофос (N₁₂P₅₂) + аммиачная селитра (N₃₄) + КАС 32 (N₃₂).
15. Аммофос (N₁₂P₅₂) + аммиачная селитра (N₃₄) + КАС 32 (N₃₂) + Ревитаплант бор (1 л/га).
16. Аммофос (N₁₂P₅₂) + аммиачная селитра (N₃₄) + КАС 32 (N₃₂) + Ревитаплант молибден (0,3 л/га).
17. Аммофос (N₁₂P₅₂) + аммиачная селитра (N₃₄) + КАС 32 (N₃₂) + Ревитаплант бобовые (2 л/га).

Повторность опыта трехкратная, размещение вариантов систематическое. Площадь делянки – 150 м², учетная площадь делянки – 100 м². Сорт сои Амфор.

Учет урожая проводили сплошным поделочно-точечным методом с последующим пересчетом урожая на 100%-ю чистоту и стандартную влажность.

Содержание жира определяли методом обезжиренного остатка по методу С.В. Рушковского.

Содержание протеина в семенах определяли по методике «ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка».

Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова (1986).

Результаты исследований. В среднем за годы исследований (2019–2021 гг.) максимальное повышение содержания протеина в зерне сои отмечалось при foliarной обработке посевов микроудобрением Ревитаплант бобовые в фазу бутонизации на фоне полного минерального питания. В результате действия изучаемых удобрений этот показатель повышался до 41,16 % (контроль – 38,11 %). Прибавка составляла 3,05 % протеина, или 7,99 %. Менее всего уровень протеина повышался при внесении минерального удобрения аммофос совместно с микроудобрением Ревитаплант бор. Значение этого показателя составляло 38,26 %, т.е. относительно контрольного варианта прибавка составляла всего 0,14 % протеина, или 0,38 %. Минеральное питание без внесения микроудобрений давало прибавку содержания протеина от 0,16 до 1,28 % зерна относительно контроля (табл. 1).

Таблица 1

Содержание жира и протеина в зерне сои по вариантам опыта в среднем за годы исследований, % от АСВ, 2019–2021 гг.

Вариант опыта	2019–2021 гг.					
	Жир, %	Разница с контролем		Протеин, %	Разница с контролем	
		% жира	%		% протеина	%
Контроль	19,27	–	–	38,11	–	–
Аммофос	19,36	0,09	0,45	38,27	0,16	0,41
Аммофос + Ревитаплант бор	19,28	0,01	0,05	38,26	0,14	0,38
Аммофос + Ревитаплант молибден	19,38	0,11	0,57	38,27	0,16	0,41
Аммофос + Ревитаплант бобовые	19,68	0,41	2,11	39,80	1,68	4,42
Аммофос + аммиачная селитра	19,66	0,39	2,01	38,89	0,78	2,04
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бор	19,60	0,33	1,71	38,89	0,78	2,04
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант молибден	19,69	0,42	2,20	38,90	0,79	2,06
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бобовые	20,07	0,80	4,17	40,11	2,00	5,25
Аммофос + КАС 32	19,69	0,42	2,20	39,02	0,90	2,37
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бор	19,64	0,37	1,94	39,02	0,90	2,37
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант молибден	19,73	0,46	2,37	39,01	0,89	2,34
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бобовые	20,16	0,89	4,60	40,42	2,30	6,04
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32	19,89	0,62	3,23	39,39	1,28	3,36
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бор	19,85	0,58	2,99	39,37	1,26	3,31
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 Ревитаплант молибден	19,95	0,68	3,53	39,41	1,29	3,39
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бобовые	20,36	1,09	5,64	41,16	3,05	7,99



Необходимо отметить, что применение микроудобрения Ревитаплант бор несколько снижало содержание протеина в зерне сои. Так, его применение снижало этот показатель по сравнению с вариантами только минеральных удобрений на 0,03% по сравнению с аммиачной селитрой и КАС 32. Его применение при совместном использовании аммофоса и аммиачной селитры, а также аммофоса и КАС 32 не влияло на содержание протеина в зерне сои. Применение микроудобрения Ревитаплант молибден, так же не влияло на содержание протеина на вариантах с применением различных форм и сроков применения минеральных удобрений. Для вариантов с применением при внесении аммофоса и аммофоса совместно с КАС 32 прибавки содержания протеина от его применения не наблюдалась. А на варианте с внесением аммофоса совместно с аммиачной селитрой прибавка от его применения составляла 0,03 %. На варианте с применением КАС 32 совместно с аммофосом произошло снижение описываемого показателя на 0,01 %. При применении микроудобрения Ревитаплант бобовые на фоне различного минерального питания эффективность от его применения колебалась от 3,84 до 4,29 %. Причем, чем полнее становился уровень минерального питания, тем больше возрастало влияние микроудобрения на содержание протеина в зерне сои.

Содержание жира в зерне сои зависело от фона минерального питания и применяемых микроудобрений. Преимущество на всех вариантах опыта обеспечивало совместное внесение минеральных удобрений в комбинации с Ревитаплант бобовые. Максимальный эффект получен при внесении аммофоса, аммиачной селитры и КАС 32 совместно с фолитарной обработкой микроудобрением Ревитаплант бобовые: 20,36 %, что было выше относительно контрольного варианта на 1,09 % жира, или на 5,64 %. Минимальное значение этого показателя, как и по всем годам исследований, давало внесение аммофоса и Ревитаплант бор. Содержание жира составляло 19,28 %, что превосходило контрольный вариант лишь на 0,05 %. На фоне минерального питания без внесения микроудобрений содержание жира в зерне в среднем за годы исследований изменялось от 19,36 до 19,89 %, составив 19,36 % на варианте с внесением аммофоса; 19,66 % при внесении аммофоса и аммиачной селитры; 19,69 % – аммофоса и КАС 32; 19,89 % – при внесении аммофоса, аммиачной селитры и КАС 32.

В ходе проведенных трехлетних исследований выявлено достоверное увеличение урожайности под действием минеральных и микроудобрений. Также выявлено преимущество микроудобрения Ревитаплант бобовые на фоне минерального питания. В среднем за 2019–2021 гг. на этом варианте отмечалась максимальная урожайность сои – 2,90 т/га. Прибавка составляла 0,62 т/га, или 27,15 %. Наименее эффективным оказалось применение минерального удобрения аммофос. На этом варианте урожайность сои составила 2,37 т/га, что было выше контроля всего на 0,08 т/га, или на 3,65 % (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность зерна сои по вариантам опыта (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Разница с контролем	
		т/га	%
Контроль	2,28	–	–
Аммофос	2,37	0,08	3,65
Аммофос + Ревитаплант бор	2,43	0,14	6,28
Аммофос + Ревитаплант молибден	2,40	0,12	5,26
Аммофос + Ревитаплант бобовые	2,49	0,21	8,91
Аммофос + аммиачная селитра	2,48	0,20	8,76
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бор	2,59	0,30	13,28
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант молибден	2,54	0,26	11,24
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бобовые	2,64	0,36	15,77
Аммофос + КАС 32	2,56	0,28	12,26
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бор	2,67	0,39	17,08
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант молибден	2,63	0,35	15,18
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бобовые	2,72	0,44	19,27
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32	2,70	0,42	18,25
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бор	2,85	0,56	24,67
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 Ревитаплант молибден	2,79	0,51	22,34
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бобовые	2,90	0,62	27,15
НСР05		0,022	
Гфакт		495,382	
Гтеор		1,23	

На вариантах с внесением минеральных удобрений урожайность варьировала от 2,37 до 2,70 т/га. Предпочтительнее оказался вариант с их совместным применением (аммофос, аммиачная селитра и КАС 32), где урожайность относительно контрольного варианта повысилась на 0,42 т/га (18,258 %), составив 2,70 т/га.

Менее эффективным оказался вариант с внесением аммофоса в сочетании с КАС 32, где урожайность равнялась 2,56 т/га. Разница с контролем в этом случае составила 0,28 т/га, или 12,26 %. Наименьшую прибавку урожайности относительно контроля давало внесение минерального удобрения аммофос в сочетании с аммиачной селитрой – 0,20 т/га, или 8,76 %. Применение минеральных удобрений в различные сроки и в различных формах давало достоверное различие по вариантам опыта.

Применение микроудобрений на фоне минеральных удобрений достоверно повышало урожайность сои в условиях орошения. При внесении аммофоса совместно с микроудобрениями максимальный эффект был получен на варианте



с листовой подкормкой Ревитаплант бобовые в фазу бутонизации. Так, в результате его применения на варианте с внесением аммофоса урожайность составила 2,49 т/га, что было выше контроля на 0,20 т/га, или на 8,91 %. Следует отметить, что разница этого варианта по сравнению с внесением только аммофоса составила 5,07 %. Наименее эффективным оказалось внесение аммофоса с микроудобрением Ревитаплант молибден, где урожайность составила 2,40 т/га, превысив контроль на 0,12 т/га, или на 5,26 %. Относительно внесения аммофоса разница в процентном соотношении на этом варианте составила 1,55. Промежуточным вариантом оказалось внесение аммофоса совместно с микроудобрением Ревитаплант бор. На этом варианте урожайность равнялась 2,43 т/га, превысив контрольный вариант на 0,14 т/га, или на 6,28 %. Разница этого варианта по сравнению с внесением только аммофоса составила 2,54 %.

При совместном внесении минеральных удобрений аммофос, аммиачная селитра и КАС 32 в комбинации с микроудобрениями в качестве листовой подкормки наибольшую прибавку урожайности давал вариант с внесением микроудобрения Ревитаплант бобовые, а минимальную – вариант с внесением микроудобрения Ревитаплант молибден. Так, при внесении Ревитаплант бобовые урожайность зерна сои составляла 2,90 т/га и была максимальной по сравнению со всеми изучаемыми вариантами. Прибавка относительного контрольного варианта была 0,62 т/га, или 27,15 %. Относительно внесения аммофоса, аммиачной селитры и КАС 32 разница в процентном соотношении составила 7,53. При внесении Ревитаплант молибден урожайность равнялась 2,79 т/га, что было выше контроля на 0,51 т/га, или на 22,34 %. Разница этого варианта по сравнению с внесением аммофоса, аммиачной селитры и КАС 32 составила 3,46 %. Ревитаплант бор давал прибавку относительно контрольного варианта 0,56 т/га, или 24,67 %. Относительно внесения аммофоса, аммиачной селитры и КАС 32 разница в процентном соотношении в этом случае составила 5,43.

Заключение. В проведенных исследованиях во все годы выявлено достоверное влияние минеральных, микроудобрений и их сочетаний на урожайность зерна сои, что приводило к повышению урожайности культуры.

Применение микроудобрений на фоне минерального питания достоверно повышало урожайность зерна сои во все годы исследований. На фоне применения только минеральных удобрений разница с контрольным вариантом составляла для аммофоса составляла от 3,65 до 18,25 %. Использование микроудобрений в качестве листовой подкормки на фоне различного минерального питания повышало урожайность от 0,14 до 0,62 т/га. Эффективность микроудобрений повышалась с увеличением минерального питания. Это связано с тем, что микроэлементы, поступающие в растение при листовой подкормке, увеличивали поглощение макроэлементов из почвы за счет ускорения метаболизма.

Применение микроудобрений на фоне минерального питания в значительной степени увеличивало качество зерна. Из всех изучаемых микроудобрений наиболее эффективным оказался Ревитаплант бобовые. Так, превышение над контрольным вариантом при обработке вегетирующих посевов сои в фазу бутонизации микроудобрением Ревитаплант бобовые для жира составило 2,11–5,64 %, а для протеина 4,42–7,99 %. Это связано с тем, что оно в своем составе содержит дополнительные компоненты помимо бора и молибдена, такие как железо, цинк, сера, медь. Применение микроудобрения Ревитаплант бор менее всего влияло на содержание жира и протеина в зерне сои.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакай Г. Т., Селецкий С. А. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3 (35). С. 80–97.
2. Бельшклина М. Е., Шевченко В. А. Влияние применения некорневых подкормок на симбиотическую деятельность и продуктивность сои северного экотипа // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 4 (67). С. 206–211.
3. Шабалдас О. Г., Пимонов К. И., Солодовников А. П., Вайтсеховская С. С. Экономическая оценка эффективности выращивания сои с применением удобрений и биопрепарата на черноземе обыкновенном в условиях орошения // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 48–53.
4. Turyansky A. V., Kotlyarova E. G., Litsukov S. D., Titovskaya A. I., Akinchin A. V. Research of development trends in the field of soil fertility restoration // Ecology, Environment and Conservation Paper. 2018. №24 (3). P. 1048–1052
5. Шадских В. А., Кизжаева В. Е., Пешкова В. О. Эффективность применения биотехнологических методов и их влияние на продуктивность сои при орошении в условиях сухостепного Поволжья // Орошаемое земледелие. 2020. № 1. С. 21–24.
6. Шабалкин А. В., Дубинкина Е. А., Беляев Н. Н. Эффективность предпосевной обработки семян и некорневой подкормки сои инокулянтами и микроудобрениями в ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 2 (38). С. 72–78.

REFERENCES

1. Balakai G. T., Seletsky S. A. Yield of soybean varieties when irrigated by sprinkling and drip irrigation systems in the conditions of the Rostov region. *Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems*. 2019; 3 (35): 80–97. (In Russ.).
2. Belyshkina M. E., Shevchenko V. A. Influence of the use of foliar dressings on the symbiotic activity and productivity of soybeans of the northern ecotype. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2020; 13; 4 (67): 206–211. (In Russ.).
3. Shabaldas O. G., Pimonov K. I., Solodovnikov A. P., Vaytsekhovskaya S. S. Economic assessment of the efficiency of soybean cultivation with the use of fertilizers and a biological product on ordinary chernozem under irrigation. *The agrarian scientific journal*. 2020; 8: 48–53. (In Russ.).
4. Turyansky A. V., Kotlyarova E. G., Litsukov S. D., Titovskaya A. I., Akinchin A. V. Research of development trends in the field of soil fertility restoration // *Ecology, Environment and Conservation Paper*. 2018. No. 24 (3). P. 1048–1052
5. Shadskikh V. A., Kizhaeva V. E., Peshkova V. O. Efficiency of application of biotechnological methods and their influence on the productivity of soybeans during irrigation in the conditions of the dry steppe Volga region. *Irrigated agriculture*. 2020; 1: 21–24. (In Russ.).
6. Shabalkin A. V., Dubinkina E. A., Belyaev N. N. Efficiency of pre-sowing seed treatment and foliar feeding of soybeans with inoculants and microfertilizers in the Central Chernobyl Region. *Grain legumes and cereals*. 2021; 2 (38): 72–78. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 17.12.2021; одобрена после рецензирования 11.01.2022; принята к публикации 24.01.2022.
The article was submitted 17.12.2021; approved after reviewing 11.01.2022; accepted for publication 24.01.2022.