

Особенности применения фосфогипса в посевах сои при орошении

**Константин Евгеньевич Денисов¹, Алексей Владимирович Кравчук¹, Илья Сергеевич Полетаев¹,
Анна Александровна Малышева²**

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия

²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия

e-mail: k.denisov@inbox.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований, направленных на выявление агрономической эффективности и применения фосфогипса на посевах сои в условиях орошения. Показано, что совместное применение полива оросительной нормой 2760 м³/га, минеральных удобрений и фосфогипса в различных дозах обеспечивает достоверную прибавку урожая и повышение качества зерна сои. Выявлена наиболее оптимальная доза внесения фосфогипса – 6 т/га, обеспечивающая урожайность сои на уровне 2,53 т/га.

Ключевые слова: соя; орошение; поливная норма; оросительная норма; фосфогипс; аммофос; урожайность.

Для цитирования: Денисов К. Е., Кравчук А. В., Полетаев И. С., Малышева А.А. Особенности применения фосфогипса в посевах сои при орошении // Аграрный научный журнал. 2022. № 11. С. 15–18. <http://10.28983/asj.y2022i11pp15-18>.

AMELIORATION

Original article

Features of growing irrigated soybeans with complex mineral nutrition

Konstantin E. Denisov¹, Alexey V. Kravchuk¹, Ilya S. Poletaev¹, Anna A. Malysheva²

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

e-mail: k.denisov@inbox.ru

Abstract. The article presents the results of studies aimed at identifying the agronomic efficiency and application of phosphogypsum on soybean crops under irrigation conditions. It is shown that the combined use of irrigation with an i rate of 2760 m³/ha, mineral fertilizers and phosphogypsum in various doses provides a significant increase in yield and in soybean quality grain. The most optimal dose of phosphogypsum application (6 t/ha) was revealed. This dose provides soybean yield at the level of 2.53 t/ha.

Keywords: soybeans; irrigation; irrigation rate; irrigation rate; phosphogypsum; ammophos; yield; environmental safety.

For citation: Denisov K. E., Kravchuk A. V., Poletaev I. S., Malysheva A. A. Features of growing irrigated soybeans with complex mineral nutrition // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(11):15–18. (In Russ.). <http://10.28983/asj.y2022i11pp15-18>.

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. Таким решением может явиться увеличение посевов сои – важной культуры, зерно которой используется в кормовых технических и продовольственных целях. 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 ее возможности применения делают возделывание этой культуры весьма перспективным направлением решения проблемы импортозамещения [1, 3].

Одним из способов повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур является применение фосфогипса [5, 6]. Особенно эффективно применение данного мелиоранта в условиях орошения.

Цель исследования – агроэкологическая оценка и установление биологической эффективности применения фосфогипса в качестве мелиоранта при возделывании сои в условиях орошения с учетом почвенно-климатических условий региона и биологических особенностей культур с целью оптимизации технологии возделывания ценной культуры.

Методика исследований. Опыты проводились на орошаемых посевах сои в составе стационарного севооборота на полях УНПО «Поволжье» Саратовского ГАУ, село Степное Энгельсского района Саратовской области.

Почвы УНПО «Поволжье» темно-каштановые среднесуглинистые крупнопылевато-иловатые по гранулометрическому составу с содержанием гумуса 2,8% [7].

На опытном участке посевов сои проводились исследования по агроэкологической эффективности использования фосфогипса в зависимости от доз его внесения в почву. Схема опыта включала в себя шесть вариантов:

- 1) контроль (без внесения аммофоса и фосфогипса);
- 2) 100 кг/га Аммофос;
- 3) 100 кг/га Аммофос + 2,0 т/га фосфогипса;
- 4) 100 кг/га Аммофос + 4,0 т/га фосфогипса;



5) 100 кг/га Аммофос + 6,0 т/га фосфогипса;

6) 100 кг/га Аммофос + 8,0 т/га фосфогипса.

Фосфогипс вносили весной под культивацию, повторность опыта 4-кратная, площадь делянки 25 м², расположение делянок систематическое. Общая площадь опытного участка – 600 м². Технология возделывания сои на орошении общепринятая для условий Саратовской области. Высевался сорт сои Мезенка. Норма высева 800 тыс. всхожих семян/га.

В опытах применялся дифференцированный режим орошения [4]. За вегетационный период проводилось 8 поливов общей нормой порядка 2760 м³/га. До фазы цветения сои влажность почвы в слое 0,3 м поддерживалась на уровне 70–100 % НВ тремя поливами средней нормой 240 м³/га, в фазы максимального водопотребления (цветение, бобообразование, налив семян) влажность в слое 0,4–0,5 м поддерживалась на уровне 70–100 % НВ тремя поливами средней нормой 365 м³/га, в период созревания культуры для обеспечения влажности в слое почвы 0,6 м на уровне 65–100 % НВ проводили два полива нормой 470 м³/га.

При проведении опыта проводили анализ почвы по следующим показателям: содержание гумуса, Са, Mg, Na, P₂O₅, N, K₂O, pH, Нг. Определяли биологическую урожайность сои, структуру урожая сои (количество бобов, количество зерен в бобе, масса 1000 зерен), качество зерна сои (белок, жир).

Содержание нитратов в почве определяли ионометрическим методом ГОСТ 26951-86, подвижных форм фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ГОСТ 26205-91, органическое вещество по ГОСТ 26213-91, pH солевой вытяжки по методу ЦИНАО ГОСТ 26483-85. Гидролитическая кислотность определена по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), обменного кальция и магния по методу ЦИНАО ГОСТ 26487-85, обменного натрия по ГОСТ 26950-86.

Анализ структуры урожая и биологической урожайности проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) [2].

Показатели качества зерна сои определяли на инфракрасном анализаторе Инфраскан 1050.

Результаты исследований. Внесение фосфогипса в сочетании с орошением – один из эффективных способов улучшения почвенного плодородия и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур [4].

В результате применения минеральных удобрений и внесения фосфогипса отмечали стойкую тенденцию повышения плодородия почвы, которое выражалось в увеличении содержания элементов питания в почве и лабильного органического вещества (табл. 1).

Таблица 1

Изменение агрохимических показателей почвы под посевами сои

Вариант опыта	pH водн.	Нг, ммоль /100 г	Гумус, %	Ca ²⁺ , ммоль/100 г	Mg ²⁺ , ммоль/100 г	Na, ммоль/ 100 г	NO ₃ ⁻ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Контроль	6,13	0,7	2,50	12,37	3,00	0,00	2,30	17,30	355,00
Аммофос	6,15	0,7	2,53	12,40	3,05	0,00	3,00	19,00	353,00
Аммофос + 2 т/га фосфогипса	6,20	0,5	2,60	16,62	2,85	0,00	3,70	21,00	350,00
Аммофос + 4 т/га фосфогипса	6,23	0,5	2,70	16,00	2,63	0,00	4,10	27,00	349,00
Аммофос + 6 т/га фосфогипса	6,27	0,4	2,80	16,87	2,51	0,00	4,80	32,70	345,00
Аммофос + 8 т/га фосфогипса	6,35	0,3	3,10	17,25	2,49	0,00	4,91	37,30	348,00

Внесение разных доз фосфогипса в проведенных опытах повлияло на реакцию pH водной вытяжки и гидролитическую кислотность почвы. С увеличением дозы фосфогипса при постоянной дозе аммофоса происходило увеличение pH с 6,13 на контрольном варианте до 6,20 при внесении 2 т/га и до 6,35 при внесении 8 т/га. Внесение минеральных удобрений также увеличивало pH по сравнению с контролем до 6,15. Гидролитическая кислотность снижалась под действием фосфогипса. Если на контрольном варианте показатель гидролитической кислотности составил 0,7 ммоль/100 г почвы, то в зависимости от дозы внесения фосфогипса она составляла от 0,5 ммоль/100 г почвы при внесении 2 т/га до 0,3 ммоль/100 г почвы при дозе 8 т/га. Кроме того, отмечалось увеличение количества водорастворимого кальция, нитратного азота и фосфора.

В результате внесения фосфогипса содержание лабильного органического вещества почвы изменялось незначительно, а водорастворимого магния и калия имело тенденцию к снижению.

Определение структуры урожая сои позволяет установить влияние различных доз фосфогипса на формирование урожайности сои (табл. 2).

Количество выполненных бобов на одно растение увеличивалось под влиянием минеральных удобрений и фосфогипса. На контрольном варианте оно составляло 10 шт. При увеличении дозы фосфогипса увеличивалось количество выполненных бобов на одном растении, однако это происходило до дозы в 6 т/га и было максимальным (21 шт.), при дозе 8 т/га их количество уменьшалось на 23,8 %.

Количество зерен в бобе также изменялось по вариантам опыта. На контрольном варианте в среднем оно составляло 2,14 шт. При увеличении дозы фосфогипса количество зерен в бобе увеличивалось от 2,21 до 2,28 шт. соответственно. При дозе внесения 8 т/га этот показатель снижался до 2,19 шт., что превосходило



Структура урожая сои

Вариант опыта	Среднее количество выполненных бобов на растении, шт.	Среднее количество зерен в бобе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Контроль	10	2,12	126,0
Аммофос	13	2,14	128,5
Аммофос + 2 т/га фосфогипса	17	2,21	130,8
Аммофос + 4 т/га фосфогипса	19	2,26	132,6
Аммофос + 6 т/га фосфогипса	21	2,28	134,5
Аммофос + 8 т/га фосфогипса	16	2,19	129,5

контрольный вариант на 3,3 %, но было меньше, чем на других вариантах с внесением фосфогипса, на 1,0–3,9 %. Под влиянием минеральных удобрений и различных доз фосфогипса масса 1000 зерен изменялась от 126,0 до 134,5 г. Наибольшее значение этого показателя при совместном применении минеральных удобрений и фосфогипса было на варианте в дозе 6 т/га, а на варианте внесения фосфогипса в дозе 8 т/га этот показатель снизился на 3,7 % и составил 129,5 г.

Основными показателями качества сои являются содержание протеина и жира. В наших опытах эти показатели изменялись как под влиянием минеральных удобрений, так и при внесении фосфогипса в различных дозах. Наибольший эффект на этот показатель оказывало совместное применение минеральных удобрений и фосфогипса (табл. 3).

Таблица 3

Качество зерна сои

Вариант опыта	Содержание белка, %	Различие с контролем		Содержание жира, %	Различие с контролем	
		% содержания	%		% содержания	%
Контроль	42,50	–	–	13,30	–	–
Аммофос	44,80	2,30	5,41	14,00	0,70	5,26
Аммофос + 2 т/га фосфогипса	47,90	5,40	12,71	14,60	1,30	9,77
Аммофос + 4 т/га фосфогипса	48,00	5,50	12,94	15,10	1,80	13,53
Аммофос + 6 т/га фосфогипса	49,10	6,60	15,53	15,60	2,30	17,29
Аммофос + 8 т/га фосфогипса	47,00	4,50	10,59	14,20	0,90	6,77

По вариантам опыта содержание белка в зерне сои колебалось от 43,5 до 49,1 %. Прибавка этого показателя от применения фосфогипса на фоне минеральных удобрений составила от 4,91 до 9,59 %. При внесении фосфогипса дозой 8 т/га содержание белка в зерне сои составило 47,0 %, что превышало контрольный вариант на 10,59 %, однако было наименьшим среди всех вариантов внесения фосфогипса.

Содержание жира в зерне сои по вариантам опыта составляло 13,30–15,60 %. Применение минеральных удобрений и фосфогипса увеличивало этот показатель на 5,26–17,29 %. Наибольшее содержание жира было на варианте с применением фосфогипса дозой 6 т/га, оно превышало контрольный вариант 17,29 %.

Важнейшим показателем при оценке любого агроприема является урожайность сельскохозяйственной культуры. При использовании минеральных удобрений и фосфогипса урожайность сои в зависимости от дозы показала достоверную прибавку по всем вариантам опыта (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность сои, т/га

Вариант опыта	Урожайность	Прибавка к контролю	
		т/га	%
Контроль	1,85	–	–
Аммофос	1,99	0,14	7,57
Аммофос + 2 т/га фосфогипса	2,25	0,40	21,62
Аммофос + 4 т/га фосфогипса	2,43	0,58	25,78
Аммофос + 6 т/га фосфогипса	2,53	0,68	36,76
Аммофос + 8 т/га фосфогипса	2,18	0,33	17,84
НСР ₀₅		0,04	
F _{факт}		381,58	
F _{теор}		6,26	

По вариантам опыта урожайность колебалась от 1,85 до 2,53 т/га. Внесение фосфогипса увеличивало урожайность в зависимости от дозы по сравнению с контрольным вариантом на 17,87–36,76 %, а по сравнению с вариантом внесения минеральных удобрений на 9,55–27,14 %. На контроле урожайность составила 1,85 т/га.





Наибольшая прибавка урожайности была на варианте с дозой внесения фосфогипса 6 т/га. Разница с контрольным вариантом составляла 36,76 %, или 0,68 т/га. На варианте с внесением 8 т/га фосфогипса урожайность составляла 2,18 т/га, что превышало контрольный вариант на 0,33 т/га, или на 17,84 %.

Заключение. В ходе проведенных исследований было установлено, что внесение фосфогипса на фоне оросительной нормы 2760 м³/га в дозе 6 т/га давало наибольшую прибавку параметров структуры урожая сои. Количество выполненных бобов на растение увеличивалось по сравнению с контролем на 11,0 шт., количество зерен в бобе на 7,0 %, масса 1000 зерен на 8,5 г (до 134,5 г).

Внесение фосфогипса давало достоверную прибавку урожайности сои в условиях орошения от 0,40 до 0,68 т/га. Наибольшая урожайность наблюдалась на варианте с внесением фосфогипса дозой 6 т/га, прибавка к контрольному варианту составляла 36,76 %. Внесение фосфогипса оказывало влияние на качество зерна сои: самыми высокими показателями качества обладало зерно на варианте с внесением фосфогипса дозой 6 т/га. Содержание белка составляло 49,10 %, а жира 14,20 %.

Таким образом, применение такого мелиоранта, как фосфогипс в посевах сои при орошении совместно с минеральными удобрениями не только повышало плодородие почвы, но и в значительной степени увеличивало урожайность и качество зерна. Выявлен фитотоксический эффект увеличения дозы мелиоранта до 8 т/га, выражающийся снижением продуктивности сои.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулов А.С., Васильчиков А.Г. Изучение некоторых агроприемов возделывания новых сортов сои // Зернобобовые и крупные культуры. 2018. № 1(25). С. 36–40.
2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. Режим доступа: https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2019/08/metodica_2.pdf.
3. Применение стимуляторов роста и микроудобрений при возделывании кормовых культур / В.Г. Васин [и др.] // Земледелие. 2017. № 6. Режим доступа: <http://jurzemledelie.ru/arkhiv-nomerov/6-2017/1407-primenenie-stimulyatorov-rosta-i-mikroudobrenij-pri-vozdelyvanii-kormovykh-kultur>.
4. Завадский И. С. Дифференцированные режимы орошения сои на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02. Саратов, 2009. 143 с.
5. Окорков В.В. Фосфогипс и его использование в земледелии // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сб. докладов XV Междунар. науч.-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Курск, 2020. С. 277–282.
6. Муравьев Е.И., Белюченко И.С. Свойства фосфогипса и возможность его использования в сельском хозяйстве // Экологический вестник Северного Кавказа. 2008. Т. 4. № 2. С. 5–18.
7. Почвенный покров Саратовской области и его агроэкологическая характеристика / Н.Е. Сеницына [и др.]. Саратов, 2009. 124 с.

REFERENCES

1. Akulov A.S., Vasilchikov A.G. The study of some agricultural practices of cultivation of new varieties of soybeans. *Leguminous and cereal crops*. 2018; 1(25): 36–40. (In Russ).
2. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Moscow, 1989. URL https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2019/08/methodica_2.pdf. (In Russ).
3. The use of growth stimulants and microfertilizers in the cultivation of fodder crops / V.G. Vasin et al. *Agriculture*. 2017; 6. (In Russ).
4. Zavadsky I. S. Differentiated soybean irrigation regimes on dark chestnut soils of the Saratov Trans-Volga region. Saratov, 2009. 143 p. (In Russ).
5. Okorkov V.V. Phosphogypsum and its use in agriculture // Actual problems of soil science, ecology and agriculture. Kursk, 2020: 277–282. (In Russ).
6. Muravyov E.I., Belyuchenko I.S. Properties of phosphogypsum and the possibility of its use in agriculture. *Ecological Bulletin of the North Caucasus*. 2008; 4; 2: 5–18. (In Russ).
7. Soil cover of the Saratov region and its agroecological characteristics / N.E. Sinityna et al. Saratov, 2009. 124 p. (In Russ).

Статья поступила в редакцию 27.08.2022; одобрена после рецензирования 10.09.2022; принята к публикации 15.09.2022.

The article was submitted 27.08.2022; approved after reviewing 10.09.2022; accepted for publication 15.09.2022. Eque si occae. Bus ne pora niliquid ent voluptat opta nes aut liquat quia voluptas autae. Et occus volorerum inus aditi rem quatur, cusdaer ehender ibusaep taspel iur, te exero duciis et omnos rehenda ni dem fugitia nestemquunt, il et facepelest, sintem endissi as ium sandebis adioritatum res dolesto vollor sandellor minvel modigent ut il ipidellupta volupti ommodianit, quae. Gitatem nonecti int eos ex explant ent.

Ficitiusa nosam int. Se latqui dent.

At haritas senimilicet ut molent, vel maio most aborehe ntesum et eosam aut que volupicturi doloresectis duntecto tent audandeliqui blaut aut rest quis est assimus dus illatus dolorit poremquam que vit, untur, si cum, consecullab il in cum as dolorer chicia volorepudam net assit dioreperro officipienis consequi alis ped et ex excernatur ari odi repel et et exerit prae sinveni mendele ndipsuntur sim id quia dellab imusa sam ipiderovidem aut eum facestrum esti tendae sequae con cuptatia nos esto conest et, sitiis dest, sa none vel il et faceperor magnis nim quam estrum reptata tusapedi ut volo voluptate aperum vera culliqui que dendaecatam harum facest alibusdae corem quia ilit, ulluptaquo officatepos explitatibus audam, sinctes ant vereseq uatur?

Incium, sincid quibus et prerum harcit utem re rat exces ius.

Molupis sed modio volorep erciat fugiate mperchi llores reptatur aliquam inctatur se prae. Ni alitium faccus el maxim fugit autes aliqui rescias etur, conem quiam cuptis expe vel inusae quia planis volupis nus que quam remporibus mint maiossit, sequi conihilit acerferit ex eiustotat.

Itatquid que nime simus moluptatur simporibus.