

В.А. Свирина ✉
В.Г. Черногаев

Институт семеноводства и агротехнологий — филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Подвьежье, Рязанская обл., Россия

✉ svirina-vera@mail.ru

Поступила в редакцию: 20.12.2023

Одобрена после рецензирования: 13.02.2024

Принята к публикации: 29.02.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-380-3-124-128

Vera A. Svirina ✉
Vitaly G. Chernogaev

Institute of Seed Production and Agrotechnologies — branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Podvyezhe, Ryazan region, Russia

✉ svirina-vera@mail.ru

Received by the editorial office: 20.12.2023

Accepted in revised: 13.02.2024

Accepted for publication: 29.02.2024

Влияние минерального питания и предшественников на урожайность и качество семян сои в звене севооборота

РЕЗЮМЕ

Исследования, проведенные в Рязанской области, показали, что на урожай сои чрезвычайно важное значение оказывает как наличие минерального питания, так и характер предшественников в севообороте. Опыт проводился на шестипольных севооборотах с двумя фонами удобрений — без удобрений и с внесением (NPK)₉₀. В качестве объекта исследования использовали сою сорта Георгия, которая является пятым звеном в севооборотах. В каждом из севооборотов присутствовали ячмень, озимая пшеница, различные многолетние травы. Для пополнения органического вещества в почве органическая масса растений в виде пожнивных остатков после уборки основной части урожая и многолетних трав, включенных в севооборот, измельчалась и заделывалась в почву. В каждом севообороте на момент выращивания сои исследовались почвенное плодородие, урожайность и качества семян сои с целью выявления наилучших предшественников. Выявлено, что наибольшая урожайность достигается в севообороте с бобово-злаковыми травами с применением (NPK)₉₀ — наибольшая прибавка по отношению к неудобренным вариантам составила 14%, 11% и 22,8%. Варианты с удобрениями демонстрируют лучшие показатели качества семян сои по содержанию белка и масла, где наибольших значений достигают севообороты с бобово-злаковыми травами. Выявлено, что все удобренные варианты характеризовались лучшими показателями почвенного плодородия по сравнению с неудобренными. Делается вывод, что наличие многолетних сидеральных трав положительно сказывается на плодородии почв и способствует повышению урожайности сои.

Ключевые слова: соя, севооборот, предшественник, минеральные удобрения, урожайность, качество семян, плодородие, бобово-злаковые травы

Для цитирования: Свирина В.А., Черногаев В.Г. Влияние минерального питания и предшественников на урожайность и качество семян сои в звене севооборота. *Аграрная наука*. 2024; 380(3): 124–128.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-124-128>

© Свирина В.А., Черногаев В.Г.

Influence of mineral nutrition and predecessors on the yield and quality of soybean seed in the crop rotation link

ABSTRACT

Studies conducted in the Ryazan region have shown that both the presence of mineral nutrition and the nature of the predecessors in the crop rotation are extremely important for the soybean yield. The experiment was carried out on six-field crop rotations with two backgrounds of fertilizers — without fertilizers and with the application of (NPK)₉₀. The soybean of the Georgiy variety, which is the fifth link in crop rotations, was used as an object of study. Barley, winter wheat, and various perennial grasses were present in each of the crop rotations. To replenish organic matter in the soil, the organic mass of plants in the form of crop residues after harvesting the main part of the crop and perennial grasses included in the crop rotation was crushed and incorporated into the soil. In each crop rotation at the time of soybean cultivation, soil fertility, yield and quality of soybean seed were studied in order to identify the best predecessors. It was revealed that the highest yield is achieved in a crop rotation with legume-grass grasses using (NPK)₉₀ — the largest increase in relation to unfertilized options was 14%, 11% and 22.8%. Variants with fertilizers also demonstrate the best indicators of soybean seed quality in terms of protein and oil content, where crop rotations with legumes and grasses also reach the highest values. It was revealed that all fertilized variants with were characterized by better indicators of soil fertility compared to unfertilized ones. It is concluded that the presence of perennial sideral grasses has a positive effect on soil fertility and contributes to an increase in soybean yields.

Key words: soybean, crop rotation, predecessor, mineral fertilizers, productivity, seed quality, fertility, legume-cereal grasses

For citation: Svirina V.A., Chernogaev V.G. Influence of mineral nutrition and predecessors on the yield and quality of soybean seed in the crop rotation link. *Agrarian science*. 2024; 380(3): 124–128 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-124-128>

© Svirina V.A., Chernogaev V.G.

Введение/Introduction

Соя — одна из ценнейших сельскохозяйственных культур, имеющая важное продовольственное (в том числе диетическое), кормовое и техническое значение [1–3]. При возделывании сои особое внимание уделяют сбалансированному минеральному питанию [4–6] и севооборотам [7]. Необходимость исследований по влиянию минеральных удобрений и регуляторов роста растений на продуктивность сельскохозяйственных культур, в частности сои, вызвана, с одной стороны, слабой изученностью данного вопроса в условиях Рязанской области, с другой — ростом площадей посевов сои в последнее время.

Несмотря на значительные успехи в исследованиях по рассматриваемой проблеме, повышать урожайность культуры можно путем научно обоснованного применения пестицидов, внедрять в сельскохозяйственное производство биологические препараты.

Для условий Центрального региона России это особенно актуально, так как своеобразие климатических условий, управление ростом и развитием растений при помощи регуляторов роста приобретает актуальное значение, в связи с тем что они повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям и позволяют существенно увеличить урожайность при минимальных затратах.

Интенсификация процесса симбиотической азотфиксации является актуальной проблемой при создании новых и перспективных сортов сои.

Для сои характерны неравномерное накопление надземной массы и потребление элементов питания в зависимости от фаз развития. В период «всходы — ветвление» накопление идет достаточно медленно, а в период цветения оно усиливается. Большое влияние на развитие надземной массы сои оказывает внесение минеральных удобрений.

Как показывают проведенные исследования, удобренные варианты имеют существенное преимущество перед неудобренными в урожайности [8–11]. Немаловажное значение на рост и урожайность сои оказывают климатические условия [3].

Следует отметить значение севооборота и роль предшественников по отношению к изучаемой культуре. Исследования показали, что эта роль чрезвычайно важна, так как в зависимости от предшественников наблюдается повышение урожайности культур, особенно в случае наличия многолетних, злаковых и бобовых трав в севообороте [11]. Известно, что севооборот увеличивает урожайность сои на 16% по сравнению с монокультурой сои [12]. Соя, выращенная в трехлетних севооборотах

с кукурузой и озимой пшеницей, дает самые большие урожаи [13].

Цели исследований — изучение влияния длительного применения минеральных удобрений и различных предшественников в севооборотах на урожайность сои и содержание белка и масла в семенах.

Полученные экспериментальные данные позволяют разработать сортовые технологии возделывания высокопродуктивной сои в условиях Центрального Нечерноземья России.

Впервые в условиях Южной части Нечерноземной зоны РФ на темно-серой лесной почве выявлена отзывчивость сои на последствие предшественников в севооборотах, а также проанализировано их влияние на урожайность и качество сои.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

В условиях южной части Нечерноземья России был развернут долгосрочный стационарный опыт, где изучали влияние различных севооборотов и минеральных удобрений на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве, который входит в систему Географической сети опытов с удобрениями. Опыт был включен в «Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации»¹.

Исследования проводили в институте семеноводства и агротехнологий на территории семеноводства и агротехнологий — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» на территории Рязанского района Рязанской области. Для выявления влияния предшественников на урожайность сои были проанализированы данные за 2021–2022 гг.

Пространственная реализация опыта (табл. 1) была осуществлена методом расщепленных делянок² на шестипольных севооборотах с двумя фонами удобрений — без удобрений и с внесением (NPK)₉₀. Учетная площадь делянок — 156 м², повторность в опыте — четырехкратная, площадь — 1,5 га.

В качестве объекта исследования использовали раннеспелый сорт сои Георгия, которая является пятым звеном в севооборотах. В каждом из севооборотов присутствовали ячмень, озимая пшеница, различные многолетние травы. За контроль был принят севооборот № 1.

Агротехника возделывания сои и других культур — общепринятая для Центрально-Черноземного региона³. Посев проводился сеялкой СЗ-5,4А-06 с транспортным устройством и системой контроля высева (Россия).

Таблица 1. Схема опыта

Table 1. Experience scheme

Сев. № 1	Сев. № 2	Сев. № 3	Сев. № 4	Сев. № 5	Сев. № 6
Ячмень	Ячмень + клевер	Ячмень + клевер	Ячмень + злаковые травы	Ячмень + пожнивная культура (горчица белая на сидерат)	Ячмень + бобово-злаковые травы
Овес	Клевер 1-го года пользования	Клевер 1-го года пользования	Злаковые травы 1-го года пользования	Ячмень + клевер	Бобово-злаковые травы 1-го года пользования
Черный пар	Ячмень	Клевер 2-го года пользования	Злаковые травы 2-го года пользования	Клевер 1-го года пользования	Бобово-злаковые травы 2-го года пользования
Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница	Озимая пшеница
Соя (вместо кукурузы)	Соя (вместо кукурузы)	Соя (вместо кукурузы)	Соя (вместо кукурузы)	Соя (вместо кукурузы)	Соя (вместо кукурузы)
Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница	Яровая пшеница

¹ Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации / В.А. Романенков, Л.К. Шевцова, Л.В. Никитина, Л.Ю. Бурлакова; Всероссийский научно-исследовательский институт удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. М.: Агроконсалт. 2002; 240. EDN VUGQFV

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1985; 385.

³ Инновационная технология возделывания сои в хозяйствах Центрального района Нечерноземной зоны / Е.В. Гуреева, Т.А. Фомина, В.З. Веневцев, М.П. Гуреева. Москва. 2008; 34. EDN UAGBPR

Норма высева семян — 600 тыс. шт/га. Для пополнения органического вещества в почве органическая масса растений в виде пожнивных остатков после уборки основной части урожая и многолетних трав после второго укоса измельчалась и заделывалась в почву.

На момент выращивания сои (2021–2022 гг.) были проведены комплексные исследования плодородия почвы в слое 0–30 см, в ходе которых были выявлены следующие агрохимические показатели: содержание общего гумуса (по Тюрину⁴) — 2,89–3,05%, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову⁵) — 123–167 мг/кг, содержание обменного калия (по Кирсанову⁵) — 112–147 мг/кг, гидролитическая кислотность (по Каппену⁶) — 3,12–4,11 мг-экв. / 100 г почвы, pH солевой вытяжки⁷ — 4,5–4,9 ед.

Уборку урожая проводили прямым методом прямого комбайнирования (комбайн «Сампо-130» (Финляндия). Зерно с каждой делянки взвешивали. Урожайность пересчитывали на 100%-ную чистоту и стандартную влажность. В зерне определяли содержание жира и сырого протеина в семенах на анализаторе цельного зерна Infratec™ 1241 (Дания) методом инфракрасной спектроскопии⁸.

Статистическую обработку полученных результатов, включающую сравнение выборок при помощи критерия Стьюдента и нахождение наименьшей существенной разности, проводили с использованием программ Microsoft Office Excel (США).

Климатические условия в период исследований характеризовались в целом как неблагоприятные (табл. 2) — в течение вегетационного периода наблюдались дефицит влаги и превышение среднесезонных температур.

Вегетационный период 2021 года был весьма засушливым (ГТК = 0,3–0,83) — особенный недостаток влаги отмечался во второй его половине. Минимум выпавших осадков (24,8 мм) отмечался в августе (ГТК = 0,3), в то время как июнь был влажным (ГТК = 0,83) с наибольшим количеством выпавших осадков — 72,3 мм.

Май характеризовался как засушливый (ГТК = 0,83), июль — очень засушливый (ГТК = 0,53). Средняя суточная температура за вегетационный период составила +21,1 °С, что превышает среднесезонный показатель на 6,1 °С.

Засушливым был вегетационный период 2022 года, его ГТК колебался от 0,16 до 1,24. Если май был влажным (ГТК = 1,24), то к августу недостаток влаги усилился, достигнув критического значения (ГТК = 0,16). Средняя суточная температура (+22,5 °С) за вегетационный период превысила среднесезонное значение на 4,7 °С.

Таблица 2. Метеорологические условия в период исследований (2021–2022 гг.)

Table 2. Meteorological conditions during the research period (2021–2022)

Месяц	Сумма выпавших осадков, мм			Среднесуточная температура воздуха, °С			ГТК	
	2021 г.	2022 г.	Среднесезонные данные	2021 г.	2022 г.	Среднесезонные данные	2021 г.	2022 г.
Май	42,5	49,6	40,0	+17,1	+13,4	+12,7	0,83	1,24
Июнь	72,3	40,7	55,0	+23,2	+21,5	+17,0	1,04	0,83
Июль	41,1	16,0	64,0	+25,9	+24,0	+18,8	0,53	0,22
Август	24,8	12,8	55,0	+23,7	+25,5	+17,1	0,30	0,16
Итого за вегетационный период	Σ = 180,7	Σ = 119,1	Σ = 214,0	m = +22,5	m = +21,1	m = +16,4	m = 0,68	m = 0,61

⁴ ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

⁵ ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

⁶ ГОСТ 26212-91 Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.

⁷ ГОСТ 26483-85 Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

⁸ ГОСТ 32749-2014 Межгосударственный стандарт. Семена масличных, жмыхи и шроты. Определение влаги, жира, протеина и клетчатки методом спектроскопии в ближней инфракрасной области.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Систематическое внесение минеральных удобрений привело в период развития сои, в звене севооборота привело к увеличению содержания питательных веществ в почве (табл. 3).

Во всех севооборотах содержание гумуса, подвижного фосфора и подвижного калия выше на вариантах с удобрением фоном в севооборотах с клевером и бобово-злаковыми травами. Максимальное содержание гумуса в среднем за два года отмечено в севооборотах № 3 — 3,62%, что превосходило контроль на 0,54%, № 4 и № 5 — 3,54%.

На всех вариантах опыта содержание подвижного фосфора в почве было больше, чем на контроле, но наибольшее его количество (246 мг / кг почвы) в варианте № 6, севообороте № 2 — 230,0 мг/кг. Увеличение содержания обменного калия отмечено в вариантах № 5 и № 6 — 151,7 мг/кг и 156,1 мг/кг соответственно. Минеральные удобрения оказали дополнительное положительное действие (табл. 3).

В целом по опыту соя положительно отзывалась на внесение минеральных удобрений и различных предшественников. Наибольшая урожайность сои в среднем за два года была получена при внесении удобрений в севообороте № 6 с бобово-злаковыми травами — 1,89 т/га, в севообороте № 3 с клевером — 1,75 т/га. Прибавка была существенной к контролю (севооборот № 1) и составила 0,48–0,34 т/га).

В вариантах без удобрений урожайность сои варьировала от 1,34 до 1,56 т/га.

В среднем за два года исследований самым низким урожай был на неудобренном контроле (вариант 1), который составил 1,26 т/га (табл. 4).

Таблица 3. Основные показатели почвенного плодородия в слое почвы 0–30 см (в среднем за 2021–2022 гг.)

Table 3. Main indicators of soil fertility in the soil layer 0–30 cm (average for 2021–2022)

№ сево-оборота	Минеральный фон	Гумус, %	pH сол. ед.	Нг, мг-экв./100 г почвы	Подвижный фосфор, мг/кг	Подвижный калий, мг/кг
1	–	2,95	5,15	2,71	115,9	116,0
	(NPK) ₉₀	3,28	5,10	3,43	189,0	150,0
2	–	3,15	4,92	3,56	121,0	121,0
	(NPK) ₉₀	3,23	4,84	4,21	230,0	139,5
3	–	3,16	5,23	2,66	136,5	104,5
	(NPK) ₉₀	3,62	5,10	3,46	197,5	130,0
4	–	3,27	5,29	2,46	121,5	103,0
	(NPK) ₉₀	3,54	5,07	3,82	203,0	149,0
5	–	3,34	5,28	2,82	124,3	121,6
	(NPK) ₉₀	3,54	5,10	3,58	214,5	151,7
6	–	3,37	4,85	3,09	139,6	135,5
	(NPK) ₉₀	3,49	4,70	3,65	246,0	156,1

Анализ биометрических показателей растений сои свидетельствует, что внесение минеральных удобрений влияли на развитие сои (табл. 5).

Анализ структуры урожая сои за 2022–2023 гг. позволяет отметить положительный характер влияния вносимых минеральных удобрений.

В результате исследований установлено, что число растений сои на 1 м² увеличивается от 60 до 72 растений в вариантах с минеральными удобрениями, при этом наименьшие значения (58–66 шт.) наблюдались в вариантах, где не применялись удобрения (табл. 5).

Число бобов и семян в одном бобе — показатели, в большей степени обусловленные биологическими особенностями культуры, однако под действием погоды и условий выращивания способны значительно варьировать. По всем показателям структуры прослеживается положительная тенденция. Число бобов на одно растение сформировалось больше в вариантах с минеральными удобрениями — от 12,8 до 18,3 шт.

Максимальное число бобов сформировалось по предшественнику № 6 с бобово-злаковыми травами на фоне с минеральными удобрениями — 18,3 шт/растение, на 5,5 шт. больше, чем в контроле.

В среднем за годы исследований число семян сои в одном бобе достоверно увеличивалось до 1,48 шт. (с удобрениями) в сравнении с вариантом без удобрений (1,21 шт.).

Масса 1000 семян сои в большей степени зависела от уровня минерального питания, существенно повышаясь со 116,2 до 126,9 г. Самые крупные семена сои на варианте № 6 с удобрениями — 126,9 г, что больше на 10,0 г в сравнении с контролем (без удобрений). Близкие значения наблюдались в севооборотах со злаковыми травами и клевером (варианты № 4 и 5).

В севообороте № 4 семян в одном бобе 1,32 шт. (без удобрений) и 1,46 шт. (с удобрениями), масса 1000 семян — 118,3 г (без удобрений) и 121,2 г (с удобрениями). В севообороте № 5 число семян в одном бобе 1,38 (без удобрений) и 1,44 (с удобрениями), масса 1000 семян — 119,5 г (без удобрений) и 122,7 г (с удобрениями).

Очевидно, что наличие клевера и бобово-злаковых трав в севооборотах на фоне с минеральными удобрениями способствует как увеличению урожайности, качества зерна сои, так и улучшению структуры урожая (табл. 6).

Совместное применение минеральных удобрений оказывало усиливающий эффект на качество продукции сои по севооборотам. По такому предшественнику

Таблица 4. Урожайность сои сорта Георгия под влиянием удобрений и севооборотов, т/га

Table 4. Yield of soybean variety Georgia under the influence of fertilizers and crop rotations, t/ha

№ сево-оборота	Минеральный фон	2021 г.	2022 г.	Среднее за 2021–2022 гг.	Прибавка к контролю (сев. № 1)		Прибавка удобренного варианта к неудобренному	
					т/га	%	т/га	%
1	–	1,34	1,17	1,26	–	–	0,09	6,9
	(NPK) ₉₀	1,50	1,32	1,41	–	–		
2	–	1,52	1,48	1,50	0,24	13,1	0,10	6,8
	(NPK) ₉₀	1,62	1,52	1,57	0,16	12,9		
3	–	1,50	1,61	1,56	0,30	16,1	0,22	14,0
	(NPK) ₉₀	1,75	1,74	1,75	0,34	24,5		
4	–	1,43	1,51	1,47	0,21	15,9	0,16	11,0
	(NPK) ₉₀	1,68	1,59	1,64	0,23	16,5		
5	–	1,41	1,43	1,42	0,16	11,5	0,18	11,0
	(NPK) ₉₀	1,67	1,59	1,63	0,22	17,3		
6	–	1,49	1,19	1,34	0,08	14,6	0,31	22,8
	(NPK) ₉₀	2,05	1,72	1,89	0,48	32,0		
HCP ₀₅ A		0,5	0,5	–	–	–	–	–
HCP ₀₅ B		0,3	0,5	–	–	–	–	–

Таблица 5. Структура урожая сои в зависимости от минерального питания и севооборотов в среднем за 2021–2022 гг.

Table 5. Structure of soybean yield depending on mineral nutrition and crop rotation on average for 2021–2022

№ сево-оборота	Минеральный фон	Число растений на 1 м ² , шт.	Число бобов на одно растение, шт.	Число семян в одном бобе, шт.	Масса 1000 семян, г
1	–	59	12,9	1,21	116,2
	(NPK) ₉₀	60	12,8	1,31	116,9
2	0-й	58	13,1	1,29	117,4
	(NPK) ₉₀	63	13,7	1,32	120,7
3	–	63	14,9	1,32	117,0
	(NPK) ₉₀	67	15,8	1,36	123,1
4	–	65	14,6	1,32	118,3
	(NPK) ₉₀	68	16,8	1,46	121,2
5	–	62	15,3	1,38	119,5
	(NPK) ₉₀	68	16,6	1,44	122,7
6	–	66	17,0	1,45	121,3
	(NPK) ₉₀	72	18,3	1,48	126,9
HCP ₀₅ A		0,5	0,6	0,02	1,6
HCP ₀₅ B		0,3	0,5	0,03	1,8

сои, как озимая пшеница, наблюдалось улучшение качества семян сои.

Максимальное и одинаковое содержание сырого протеина отмечается в севооборотах № 3 и 6 — 34,4%, № 5 — 34,0%, где отмечена прибавка к контролю на удобренном варианте в 3,6–3,2% соответственно (табл. 6).

Показатель качества зерна по маслу в опыте на удобренном варианте составил от 24,0 до 25,3%. Сбор сырого протеина и масла (т/га) максимальный в варианте N₉₀P₉₀K₉₀ и составляет по севообороту № 6 с бобово-злаковыми травами, соответственно, 0,56–0,40 т/га.

Выводы/Conclusion

Проведенные исследования показали, что наличие в севооборотах бобовых и бобово-злаковых трав способствует не только увеличению урожайности, но и повышению показателей качества семян сои — сырого протеина и жира.

Максимальная урожайность сои получена в севообороте № 6 с бобово-злаковыми травами на удобренном фоне — 1,89 т/га (прибавка 22,8% к фону без удобрений).

Таблица 6. Влияние севооборотов на содержание белка и жира в семенах сои (2021–2022 гг.)

Table 6. The influence of crop rotations on the protein and oil content of soybean seeds (2021–2022)

№ сево-оборота	Минеральный фон	Сырой протеин, %			Масло, %			Сбор белка, т/га	Сбор масла, т/га
		2021 г.	2022 г.	Среднее	2021 г.	2022 г.	Среднее		
1	–	31,9	30,0	30,8	23,2	21,4	22,3	0,34	0,23
	(NPK) ₉₀	32,0	33,6	32,8	25,7	22,7	24,2	0,39	0,29
2	–	31,3	32,8	32,0	25,3	22,3	23,8	0,48	0,31
	(NPK) ₉₀	32,9	33,2	33,0	25,6	22,6	24,1	0,52	0,33
3	–	32,4	34,1	33,3	25,8	21,8	23,8	0,52	0,32
	(NPK) ₉₀	33,9	34,7	34,3	24,9	23,9	24,4	0,59	0,37
4	–	32,6	32,9	33,1	24,9	22,0	23,4	0,48	0,30
	(NPK) ₉₀	32,5	33,6	33,0	25,7	23,1	24,0	0,45	0,33
5	–	32,8	34,1	33,5	24,0	22,7	23,3	0,42	0,29
	(NPK) ₉₀	33,3	34,7	34,0	25,8	23,8	24,8	0,40	0,35
6	–	31,6	33,2	32,4	24,0	23,2	23,6	0,40	0,29
	(NPK) ₉₀	33,9	34,8	34,4	25,9	25,7	25,3	0,56	0,40
HCP ₀₅ A		0,8	0,3	–	0,15	0,17	–	–	–
HCP ₀₅ B		0,9	0,6	–	0,22	0,19	–	–	–

В севообороте с бобово-злаковыми травами № 6 при улучшении условий минерального питания за счет внесения в севообороте минеральных удобрений улучшается качество с зерна сои. Содержание сырого протеина на минеральном фоне — 34,4%, масла — 25,3%.

В условиях опыта без внесения удобрений (вариант № 1) отмечается самая низкая урожайность сои — 1,26 т/га.

Исследования показали, что в севообороте № 6 с бобово-злаковыми травами при длительном

систематическом применении минеральных удобрений пахотный слой почвы (0–30 см) обогащается органическим веществом и подвижными соединениями фосфора, калия. Без применения удобрений почва ежегодно истощается по основным элементам питания. Это приводит к уменьшению сборов урожая сои.

Впервые на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве в опыте дано обоснование использования минеральных удобрений для создания высокопродуктивных посевов сои.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках длительного стационарного опыта по Геосети № 139 «Разработать севообороты, отвечающие требованиям земледелия при разных уровнях интенсификации с/х производства с подбором, соответствующим принципам ландшафтного земледелия».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аканова Н.И., Козлова А.В., Фокин С.А., Солнцев П.И. Эффективность применения магниевых удобрений при возделывании сои на различных типах почв. *Плодородие*. 2022; (5): 55–60. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.14>
2. Митрофанов Д.В. Зависимость урожайности зерна мягкой пшеницы от неустойчивого увлажнения почвы. *Аграрный научный журнал*. 2023; (1): 28–33. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i1pp28-33>
3. Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусное состояние почвы в длительном стационарном опыте. *Аграрная наука*. 2020; (10): 83–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
4. Рулева О.В., Семинченко Е.В. Влияние предшественников на формирование элементов продуктивности озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья. *Аграрная наука*. 2019; (4): 68–72. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-324-4-68-72>
5. Афонин Н.М., Сысоев Р.Г., Черемисин Д.В. Эффективность применения азотных удобрений на посевах сои при выращивании на черноземах Тамбовской области. *Наука и образование*. 2020; 3(3): 227. <https://elibrary.ru/qrsyoa>
6. Гладышева О.В., Свирина В.А. Элементы технологии воспроизводства почвенного плодородия. *Аграрная наука*. 2019; (7–8): 43–46. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-330-7-43-46>
7. Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Обшчи Е.Н. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на плодородие каштановой почвы. *Аграрная наука*. 2023; (7): 69–73. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-69-73>
8. Левкина О.В., Таранухо В.Г. Урожайность и экономическая эффективность выращивания сортов и селекционных образцов сои в условиях Северо-Восточной зоны Беларуси. *Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. Сборник статей по материалам XVIII Международной научно-практической конференции*. Горки: Белорусская ГСХА. 2021; 82–85. <https://elibrary.ru/wcaqvq>
9. Мамин В.Ф., Мелихова Н.П., Кривцов И.В., Зинченко Е.В. Научно обоснованные севообороты — основа эффективного использования орошаемой пашни и воспроизводства плодородия почвы в Нижнем Поволжье. *Плодородие*. 2010; (2): 55–56. <https://elibrary.ru/lmbufz>
10. Моисеев А.А., Пронина Л.Н. Влияние известкования и длительного применения минеральных удобрений в севооборотах на продуктивность сои в условиях лесостепи. *Бюллетень ВИАУ*. 2003; 7: 109–110.
11. Лукин С.М., Золкина Е.И., Марчук Е.В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота, содержание и качественный состав органического вещества почвы. *Плодородие*. 2021; (3): 93–98. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.18>
12. Kelley K.W., Long J.H.Jr., Todd T.C. Long-term crop rotations affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. *Field Crops Research*. 2003; 83(1): 41–50. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00055-8)
13. Agomoh I.V., Drury C.F., Yang X., Phillips L.A., Reynolds W.D. Crop rotation enhances soybean yields and soil health indicators. *Soil Science Society of America Journal*. 2021; 85(4): 1185–1195. <https://doi.org/10.1002/saj2.20241>

ОБ АВТОРАХ

Вера Алексеевна Свирина

старший научный сотрудник

svirina-vera@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0007-7250-4143>

Виталий Геннадьевич Черногаев

младший научный сотрудник

tchernogaev@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0006-0195-3462>

Институт семеноводства и агротехнологий — филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ул. Парковая, 1, с. Подвьязье, Рязанская обл., 390502, Россия

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The study was carried out as part of a long-term stationary experiment on Geonet № 139 “To develop crop rotations that meet the requirements of farming at different levels of intensification of agricultural production with selection corresponding to the principles of landscape farming”.

REFERENCES

1. Akanova N.I., Kozlova A.V., Fokin S.A., Solntsev P.I. The effectiveness of the use of magnesium fertilizers in the cultivation of soybean on various types of soils. *Plodородie*. 2022; (5): 55–60 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.14>
2. Mitrofanov D.V. Dependence of soft wheat grain yield on unstable soil moisture. *Agrarian Scientific Journal*. 2023; (1): 28–33 (in Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i1pp28-33>
3. Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyukhova O.A. Influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus state of the soil in a long-term stationary experiment. *Agrarian science*. 2020; (10): 83–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
4. Ruleva O.V., Seminchenko E.V. Influence of predecessors on the formation of elements of winter wheat productivity in the Lower Volga region. *Agrarian science*. 2019; (4): 68–72 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-324-4-68-72>
5. Afonin N.M., Sysoev R.G., Cheremisin D.V. Efficiency of application of nitrogen fertilizers on soybean crops when grown in the black soil of Tambov region. *Science and Agrarion*. 2020; 3(3): 227 (in Russian). <https://elibrary.ru/qrsyoa>
6. Gladysheva O.V., Svirina V.A. Elements of technology of reproduction of soil fertility. *Agrarian science*. 2019; (7–8): 43–46 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-330-7-43-46>
7. Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I.V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. The effect of crop rotations and mineral fertilizers on the fertility of chestnut soil. *Agrarian science*. 2023; (7): 69–73 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-69-73>
8. Levkina O.V., Taranukho V.G. Productivity and economic efficiency of growing soybean varieties and breeding samples in the conditions of the North-Eastern zone of Belarus. *Technological aspects of the cultivation of agricultural crops. Collection of articles based on the proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference*. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy. 2021; 82–85 (in Russian). <https://elibrary.ru/wcaqvq>
9. Mamin V.F., Melikhova N.P., Krivtsov I.V., Zinchenko E.V. Science-based crop rotations as the basis for the effective use of irrigated plowland and the reproduction of soil fertility in the Lower Volga region. *Plodородie*. 2010; (2): 55–56 (in Russian). <https://elibrary.ru/lmbufz>
10. Moiseev A.A., Pronina L.N. The influence of liming and long-term use of mineral fertilizers in crop rotations on soybean productivity in forest-steppe conditions. *VIUA Bulletin*. 2003; 7: 109–110 (in Russian).
11. Lukin S.M., Zolkina YE.I., Marchuk E.V. Influence of long-term fertilizers application on the crop rotation productivity, content and composition of soil organic matter. *Plodородie*. 2021; (3): 93–98 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.18>
12. Kelley K.W., Long J.H.Jr., Todd T.C. Long-term crop rotations affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. *Field Crops Research*. 2003; 83(1): 41–50. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00055-8)
13. Agomoh I.V., Drury C.F., Yang X., Phillips L.A., Reynolds W.D. Crop rotation enhances soybean yields and soil health indicators. *Soil Science Society of America Journal*. 2021; 85(4): 1185–1195. <https://doi.org/10.1002/saj2.20241>

ABOUT THE AUTHORS

Vera Alekseevna Svirina

Senior Researcher

svirina-vera@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0007-7250-4143>

Vitaly Gennadievich Chernogaev

Junior Researcher

tchernogaev@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0006-0195-3462>

Institute of Seed Production and Agrotechnologies — branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1 Parkovaya Str., Podv'yazye, Ryazan region, 390502, Russia