

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПИТАНИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ СОИ

Евгения Валерьевна Банецкая, кандидат сельскохозяйственных наук

Валентина Тимофеевна Синеговская, академик РАН, профессор, заслуженный деятель науки РФ

Екатерина Тарасовна Наумченко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», г. Благовещенск, Амурская область, Россия

E-mail: valsino9@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты эксперимента в длительном стационарном опыте с минеральными удобрениями, заложенном в 1962–1964 годах на луговой черноземовидной почве в с. Садовое Тамбовского района Амурской области (2020–2022 годы). Объект изучения — посевы скороспелого сорта сои Сентябрька (четвертая культура в пятипольном севообороте). Цель работы — оценка влияния внешних факторов на поступление и содержание питательных элементов, продуктивность и биологическую урожайность семян сои в системе длительного применения удобрений. Из абиотических факторов положительное действие на рост и развитие растений оказали накопление тепла и количество осадков. Лучшие условия для формирования высокого урожая сложились в 2021 году из-за выпадения достаточного количества осадков в июле (104 мм) и августе (194 мм), что способствовало активному формированию бобов и семян. Антропогенный фактор внесения удобрений благоприятно воздействовал на количество и массу семян с одного растения. Среднегодовые нагрузки $N_{24}P_{30}K_{24}$, $N_{42}P_{48}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т/га обеспечили увеличение, по сравнению с контролем, количества семян на 3,6–3,7, массы — 2,3–3,4%, массы 1000 семян — 0,9–4,8 г. Положительное влияние удобрений на питание растений привело к повышению биологической урожайности семян, самая высокая — в 2020 и 2021 годах. В среднем за три года отмечена стабильная тенденция к ее увеличению на фоне действия и последствия удобрений на 0,23–0,68 т/га с коэффициентами варьирования от 2,1 до 10,4% в зависимости от среднегодовой нагрузки удобрениями.

Ключевые слова: соя, минеральное питание, удобрения, урожайность, длительный стационарный опыт

ASSESSMENT OF THE ABIOTIC AND ANTHROPOGENIC FACTORS INFLUENCE ON SOYBEAN NUTRITION AND YIELD

E.V. Banetskaya, PhD in Agricultural Sciences

V.T. Sinegovskaya, Academician of the RAS, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation

E.T. Naumchenko, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Amur region, Russia

E-mail: valsino9@gmail.com

Abstract. The research was carried out in a long-term stationary experiment with mineral fertilizers, laid in 1962–1964 on meadow chernozem-like soil in Sadovoye village of the Tambov district of the Amur region, in 2020–2022. The object of the study was the crops of the precocious soybean variety Sentyabrinka, which is the fourth crop of the five-field crop rotation. The aim of the research was to study the influence of external factors on the intake and content of nutrients, productivity and biological yield of soybean seeds in the system of long-term use of fertilizers. Of the abiotic factors, the accumulation of heat and precipitation had a positive effect on the growth and development of soybean plants of the September variety, the intake of mineral nutrition elements from the soil. The most favorable conditions for the formation of a high yield were formed in 2021, due to sufficient precipitation in July (104 mm) and August (194 mm), which contributed to the active formation of beans and seeds in early-ripening plants. The anthropogenic factor of fertilization had a positive effect on the number and weight of seeds from one plant. The average annual loads of $N_{24}P_{30}K_{24}$, $N_{42}P_{48}$ and $N_{24}P_{30}$ + manure 4.8 t/ha provide an increase in the number of seeds by 3.6–3.7 compared to the control, and the weight by 2.3–3.4%, depending on the average annual load of fertilizers. At the same time, the mass of 1000 seeds was greater than in the control by 0.9–4.8 g. The positive effect of fertilizers on plant nutrition led to an increase in the biological yield of seeds, which was the highest in the weather conditions of 2020 and 2021. On average, over 3 years of research, there was a stable tendency to increase biological yield against the background of the action and aftereffect of fertilizers by 0.23–0.68 t/ha with coefficients varying by years from 2.1 to 10.4%, depending on the average annual load of fertilizers.

Keywords: soy, mineral nutrition, fertilizers, yield, long-term stationary experience

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур возможно, если использовать средства воспроизводства почвенного плодородия. [11, 15] Минеральное питание — один из основных регулируемых факторов, применяемых для целенаправленного управления ростом и развитием растений. Необходимо создание оптимальной по сбалансированности элементов системы удо-

брений, эффективность действия которой можно оценить по экспериментальным данным за десятки лет. [5, 9, 12, 13, 16]

Цель работы — изучить влияние внешних факторов на поступление и содержание питательных элементов, продуктивность и биологическую урожайность семян сои в системе длительного применения удобрений.

Таблица 1.

Схема длительного стационарного опыта

Вариант	Внесено удобрений, кг д. в.		Овес	Соя	Пшеница	Соя	Пшеница
	в среднем за год на 1 га с/о площади	в сумме за ротацию					
1	Без удобрений	Без удобрений	-	-	-	-	-
2	P ₃₀	P ₁₅₀	P ₃₀	P ₆₀	P ₆₀	-	-
3	N ₂₄	N ₁₂₀	N ₆₀	N ₃₀	N ₃₀	-	-
4	N ₂₄ P ₃₀	N ₁₂₀ P ₁₅₀	N ₆₀ P ₃₀	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀	P ₆₀	-
5	N ₂₄ P ₃₀ K ₂₄	N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀	P ₆₀	-
6	N ₄₂ P ₄₈	N ₂₁₀ P ₂₄₀	N ₆₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₉₀	N ₆₀ P ₉₀	-	N ₃₀
7	N ₄₂ P ₄₈	N ₂₁₀ P ₂₄₀	N ₆₀ P ₆₀	N ₃₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₆₀	P ₃₀	N ₃₀ P ₃₀
8	N ₄₂ P ₄₈	N ₂₁₀ P ₂₄₀	N ₆₀ P ₉₀	P ₆₀	N ₆₀ P ₃₀	P ₃₀	N ₆₀ P ₃₀
9	N ₂₄ P ₃₀ + навоз 4,8т	N ₁₂₀ P ₁₅₀ + навоз 24т	N ₆₀ P ₃₀ + навоз 12 т	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀	P ₆₀ + навоз 12 т	-

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в длительном стационарном опыте ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, заложенном в 1962–1964 годах на луговой черноземовидной почве в с. Садовое Тамбовского района Амурской области (2020–2022 годы). Объект изучения — посевы скороспелого сорта сои *Сентябринка*, четвертой культуры пятипольного севооборота (табл. 1).

Повторность в опыте трехкратная, общая площадь делянки — 180 м², учетная — 60 м². Посев — III декада мая при прогреве почвы до 10°C по зяблевой вспашке в комплексе с весенней культивацией и боронованием, норма высева — 550 тыс. всх. сем./га. Фосфорные удобрения применяли в форме двойного суперфосфата в соответствии со схемой опыта. В качестве органического удобрения вносили полуперепревший навоз крупного рогатого скота. Почвенные образцы отбирали по фазам развития сои тростевидным буром в 17...20 точках учетной площади делянки. Подвижный фосфор и калий определяли по А.Т. Кирсанову, минеральный азот (сумма обменного аммония и нитратного азота) — методом ЦИНАО. Биологическую урожайность и продуктивность растений сои устанавливали методом отбора снопов с постоянных площадок каждой делянки опыта. [14] Статистическую обработку урожайных и агрохимических данных проводили по Б.А. Доспехову. [3] Коэффициент варьирования урожайности по годам исследования рассчитывали по формуле, предложенной И.В. Кобозевым, В.А. Тюльдюковым и Н.В. Парахиным [8]:

$$K_B = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} |\bar{Y} - Y_t|}{\bar{Y} \cdot t \cdot 2} \cdot 100 \%$$

где $\bar{Y}$ — средняя урожайность (содержание элемента питания); Y_t — урожайность в каждом году; t — число лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели элементов продуктивности растений зависят от антропогенных факторов (внесение минеральных удобрений) и погодно-климатических условий выращивания. Недостаток влаги в почве негативно сказывается на процесс формирования

корневой системы и работу клубеньковых бактерий сои, от которых зависит количество фиксируемого азота воздуха в симбиозе с растениями и поступление питательных веществ. [7]

Положительное влияние на рост и развитие растений сои сорта *Сентябринка* в период всходы-третий тройчатый лист оказали накопление тепла и количество осадков в июне 2020 и 2022 годов (табл. 2).

Суммы активных температур и осадков создавали благоприятные условия для начального роста и развития растений сои, а также нарастания вегетативных и репродуктивных органов в дальнейшем. Для формирования генеративных органов и плодотворения сои необходима оптимальная (18...22°C) среднесуточная температура воздуха. [2, 4] В 2020 и 2022 годах среднемесячная температура воздуха в июле превышала оптимальную на 2,1...5,4°C, а влажность почвы опытного участка была несколько ниже необходимой, однако это не оказывало негативного влияния на поступление минераль-

Таблица 2.

Погодные условия в период вегетации сои

Год	Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °C	Сумма осадков, мм	Сумма активных температур, °C	ГТК
2020	июнь	17,0	140	512	2,73
	июль	24,1	43	747	0,58
	август	18,2	175	564	3,10
	сентябрь	14,0	110	402	2,74
	июнь — сентябрь	18,3	468	2225	2,10
2021	июнь	20,2	57	566	1,01
	июль	23,4	104	725	1,43
	август	18,8	194	584	3,32
	сентябрь	14,2	36	407	0,88
	июнь — сентябрь	19,2	391	2282	1,71
2022	июнь	19,5	100	586	1,71
	июль	23,4	38	725	0,52
	август	18,8	120	582	2,06
	сентябрь	13,1	39	334	1,17
	июнь — сентябрь	18,7	297	2227	1,33

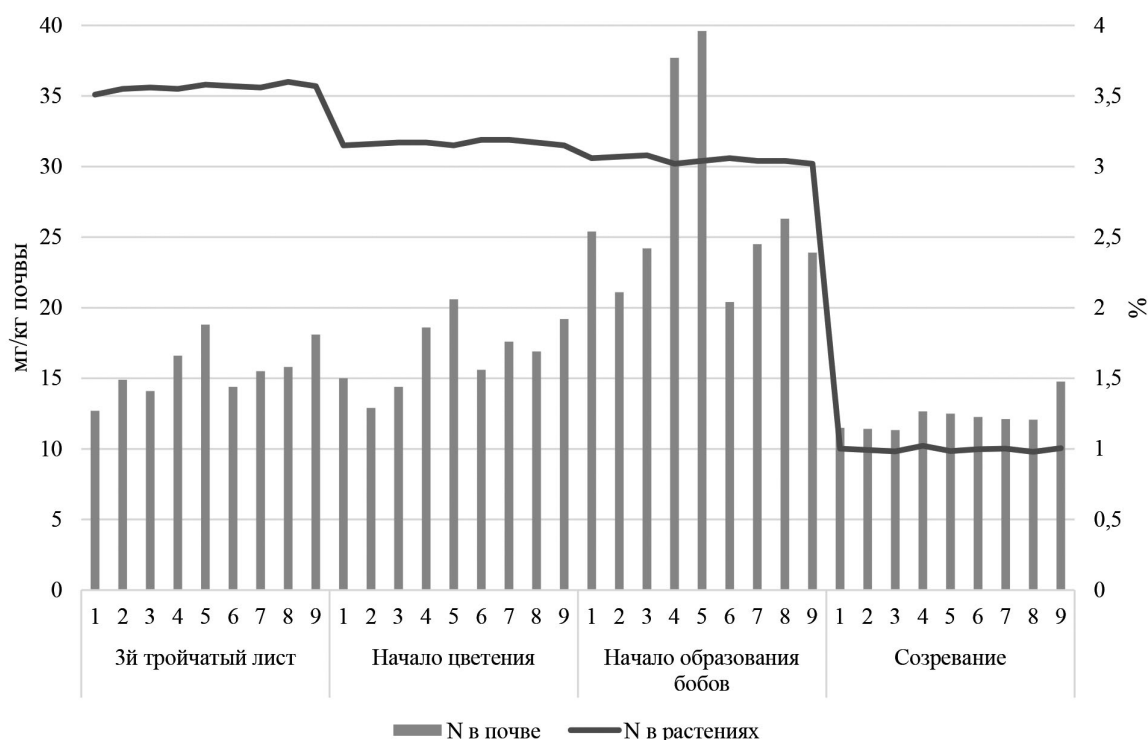


Рис. 1. Динамика содержания азота в почве (мг/кг) и растениях сои (%) в зависимости от дозы внесения удобрений (варианты 1...9, см. табл. 1), среднее за 2020–2022 годы.

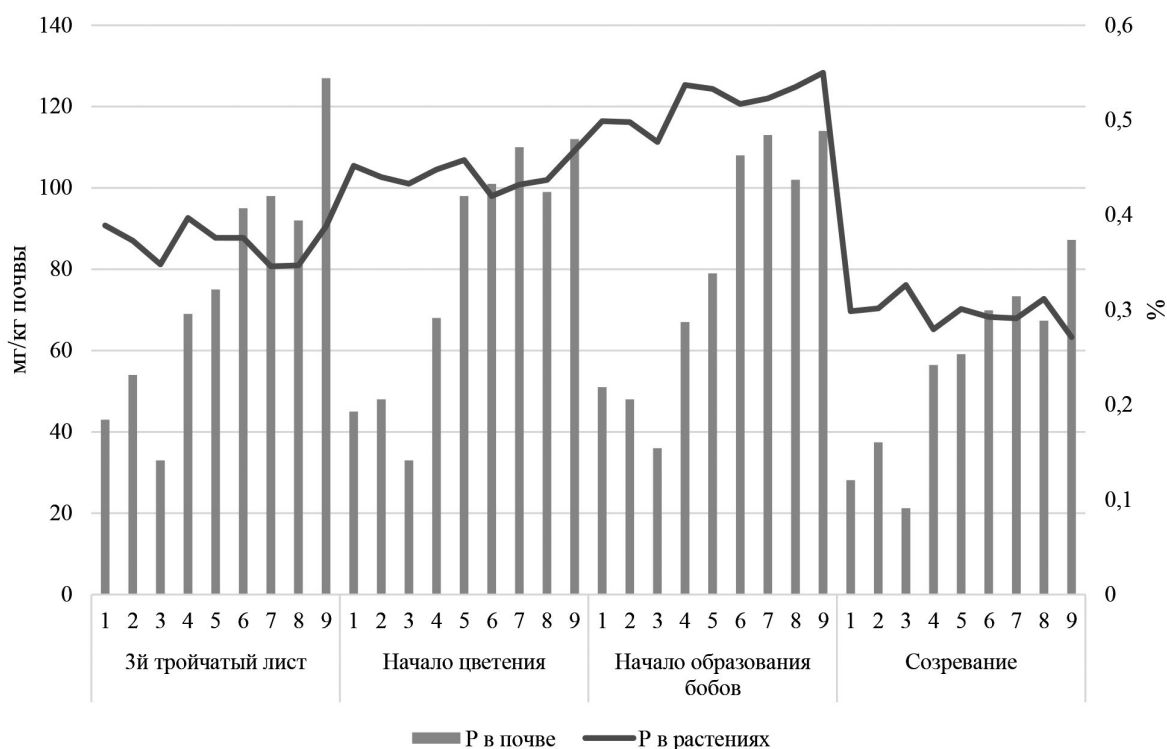


Рис. 2. Динамика содержания фосфора в почве (мг/кг) и растениях сои (%) в зависимости от дозы внесения удобрений (варианты 1...9, см. табл. 1), среднее за 2020–2022 годы.

ных веществ из почвы в растения. Наиболее благоприятные условия для формирования высокого урожая сложились в 2021 году из-за выпадения достаточного количества осадков в июле (104 мм) и августе (194 мм), что способствовало активному формированию бобов и семян у растений скороспелого сорта.

Наличие и доступность элементов питания в период вегетации необходимы для нормального роста и развития растений сои, находятся в тесной взаимосвязи с погодными условиями. Однако эти абиотические факторы не всегда можно регулировать, поэтому основная роль в оптимизации минерального питания отводится применению удобрений. Исследованиями

по влиянию их длительного внесения на динамику элементов питания в посевах сои выявлено, что в период от фазы третьего тройчатого листа до начала образования бобов наибольшее содержание минерального азота в почве было в посевах с предпосевным внесением P_{60} (варианты 4 и 5) по фону последствия средних доз минеральных удобрений (рис. 1).

В фазе третьего тройчатого листа установлена корреляционная связь количества азота в надземной массе сои с его содержанием в почве ($R = 0,59$, $R^2 = 0,35$). Поступление азота в вегетативную массу на 35% определялось содержанием его в почве. В дальнейшем эта зависимость снижалась, и к фазе образования бобов она уже была обратной ($R = -0,52$, $R^2 = 0,27$), так как в этот период увеличивается поглощение растениями биологического азота (симбиотическая азотфиксация из воздуха). Это подтверждается данными авторов, которые отмечают, что в период цветения сои часто наблюдается снижение поступления нитратов из почвы и его транспорта в растение. [6] Установлено, что потребность растений сои в фосфоре возрастает, начиная с цветения, и достигает максимума в период образования — налива бобов. [10, 14] Обеспеченность растений сои фосфором, в отличие от азота, в значительной степени определяется условиями присутствия подвижных форм этого элемента при внесении удобрений. Наибольшее поступление фосфора из почвы в растения сои было на фоне минеральных и органических удобрений (вариант 9), наименьшее — в варианте 3 с внесением под предшествующую культуру азотных удобрений (рис. 2). Применение только азотных удобрений приводило к нарушению соотношения $N : P$ в надземной массе растений сои, по сравнению с контролем, в связи с превышением азота и снижением поступления в растения фосфора.

Содержание подвижного калия в почве с внесением полного минерального удобрения за ротацию (вариант 5) и совместного с навозом (вариант 9) превышало эти показатели в зависимости от фазы развития сои на 12...37 мг/кг относительно контрольного варианта (рис. 3). Поступление в растения калия не зависело от его содержания в почве и постепенно снижалось от фазы третьего тройчатого листа до начала образования бобов. В созревших растениях содержание калия, находящегося преимущественно в семенах, составляло от 0,27 до 0,32% по вариантам опыта. Изменение его количества подтверждается данными исследователей, установивших снижение его поступления в процессе созревания бобов из-за перераспределения питательных веществ из листьев в репродуктивные органы. [1]

Результаты биометрического анализа растений сои показали значительное влияние погодных условий на развитие репродуктивных органов. Больше всего ветвей, бобов и семян на растениях было сформировано в посевах всех вариантов опыта при погодных условиях 2021 года, по сравнению с 2020 и 2022 (табл. 3). Недостаток влаги во время всходов в июне 2021 года (57 мм) привел к изреженности посевов сои, поэтому в июле и августе при благоприятных условиях растения имели большую площадь питания, что способствовало лучшему ветвлению и увеличению числа бобов.

Длительное применение удобрений положительно повлияло на продуктивность растений. Наибольшие значения количества, массы семян с одного растения и массы 1000 семян получены при внесении $N_{24}P_{30}K_{24}$, $N_{42}P_{48}$ и $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т/га (варианты 5, 7, 9), превышение по сравнению с контролем (вариант 1) — на 3,6...3,7, 2,3...3,4% и 0,9...4,8 г соответственно в зависимости от среднегодовой нагрузки удобрениями. Положительное действие удобрений

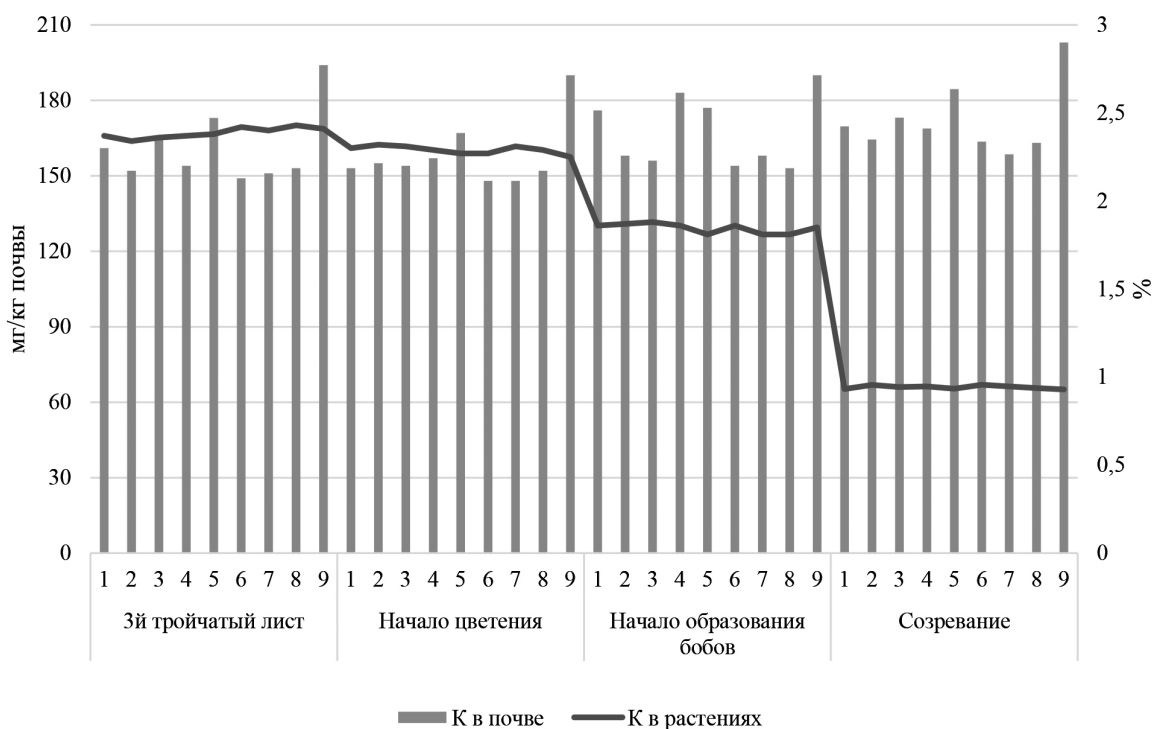


Рис. 3. Динамика содержания калия в почве (мг/кг) и растениях сои (%) в зависимости от дозы внесения удобрений (варианты 1...9, см. табл. 1), среднее за 2020–2022 годы.

Таблица 3.

Биометрические показатели растений сои в зависимости от дозы внесения удобрений

Вариант	Количество, шт./раст.												Масса семян, г/раст.				Масса 1000 семян, г, средняя за 2020–2022 годы
	ветвей				бобов				семян								
	2020	2021	2022	среднее	2020	2021	2022	среднее	2020	2021	2022	среднее	2020	2021	2022	средняя	
1	0,6	1,5	0,4	0,8	21	42	19	27	46	102	44	64	7,3	15,6	7,6	10,2	160,8
2	0,4	1,5	0,5	0,8	20	39	21	26	44	97	49	63	6,5	14,4	8,0	9,6	154,7
3	0,6	1,5	0,4	0,8	20	37	18	25	48	90	45	61	6,8	13,7	7,2	9,3	152,3
4	0,6	0,8	0,5	0,6	21	33	21	25	47	80	48	58	7,2	12,5	8,1	9,3	159,5
5	0,7	1,6	0,4	0,9	22	43	21	29	47	106	47	67	7,3	16,3	7,9	10,5	161,7
6	0,6	1,3	0,4	0,8	20	41	17	26	45	104	43	64	6,7	14,9	7,4	9,7	156,8
7	0,6	1,5	0,5	0,8	23	44	20	29	49	107	43	66	7,6	15,8	7,8	10,4	165,2
8	0,7	1,5	0,3	0,8	20	43	18	27	47	104	42	64	7,0	15,4	6,9	9,8	155,6
9	0,6	1,4	0,5	0,8	22	38	20	27	49	97	45	64	8,2	15,5	7,7	10,4	163,8
НСР ₀₅	0,3	0,5	0,2	0,3	3	8	4	4	7	26	11	10	1,0	2,9	1,3	1,3	10,1

на питание растений привело к повышению биологической урожайности семян, которая была самой высокой в 2020 и 2021 годах (табл. 4). В 2020 году она варьировала от 3,45 т/га, при внесении одних азотных удобрений, до 4,71 т/га — со среднегодовой нагрузкой минеральных удобрений $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т/га.

В 2021 году погодные условия способствовали формированию высокой биологической урожайности даже без применения удобрений. Наибольшей она была в вариантах 5, 7, 8. При внесении под сою только фосфора (P_{30} и P_{60}) она увеличилась на 1,29 и 1,19 т/га соответственно. В 2022 году положительное влияние на урожайность семян с внесением только фосфорных удобрений отмечено в посевах варианта 4, наибольшая (4,40 и 4,56 т/га) получена при последствии одних азотных и одних фосфорных удобрений. В среднем за три года во всех посевах наблюдали стабильную тенденцию к повышению биологической урожайности (0,23...0,68 т/га) на фоне действия и последствия удобрений относительно контроля. Несмотря на существенные различия в агроклиматических условиях коэффициент варьирования урожайности по годам был невысоким — 2,1...10,4% в зависимости от нагрузки удобрениями.

Выводы. Поступление азота в вегетативную массу до фазы третьего тройчатого листа на 35% определялось содержанием его минеральных форм в почве ($R = 0,59$, $R^2 = 0,35$), в период образования бобов установлена обратная связь этих показателей ($R = -0,52$, $R^2 = 0,27$), что доказывает повышение роли биологического азота в питании растений. Наибольшее поступление фосфора из почвы в растения сои было при совместном действии минеральных и органических удобрений, наименьшее — с внесением под предшествующую культуру азотных удобрений. Из абиотических факторов существенное влияние на поступление минеральных форм азота, фосфора и калия оказали накопление тепла и влажность почвы, что обеспечило самую высокую урожайность из-за большего количества и массы семян с растения. В среднем за три года отмечена стабильная тенденция к повышению биологической урожайности (0,23...0,68 т/га), по сравнению с контролем, на фоне действия и последствия удобрений с коэффициентами варьирования от 2,1 до 10,4% в зависимости от среднегодовой нагрузки удобрениями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Агафонов Е.В., Агафонова Л.Н., Гужвин С.А. Питание и удобрение сои на черноземе обыкновенном. Пос. Персиановский, ДонГАУ, 2004. 133 с. ISBN 5-98252-019-5.
- Белолюбцев А.И., Сенников В.А. Биоклиматический потенциал агроэкосистем. М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. 161 с. ISBN 978-5-9675-0642-0.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс, 2011. 350. ISBN 978-5-903034-96-3.
- Золотницкий В.А. Соя на Дальнем Востоке. Хаб. книжное изд-во, 1962. 248 с.
- Иванов А.И., Иванова Ж.А., Воробьев В.А., Цыганова Н.А. Агроэкологические последствия длительного применения дефицитных систем удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. 2016. № 4. С. 10–17.
- Князев Б.М., Князева Д.Б. Источники азота в период формирования бобов и семян сои // Труды Кубанско-

Таблица 4. Биологическая урожайность сои в зависимости от дозы внесения удобрений, т/га

Вариант	Доза удобрений	Биологическая урожайность, т/га						Коэффициент варьирования, %
		2020	2021	2022	средняя	+/-	к контролю	
1	—	3,74	4,27	3,83	3,95	—	2,7	
2	—	3,80	4,43	4,40	4,21	0,26	3,2	
3	—	3,45	4,30	4,56	4,10	0,15	5,3	
4	P_{60}	3,90	4,24	4,36	4,17	0,22	2,1	
5	P_{60}	4,58	5,46	3,86	4,63	0,68	5,9	
6	—	3,48	4,13	3,59	3,73	-0,22	3,5	
7	P_{30}	4,59	5,56	3,47	4,54	0,59	7,9	
8	P_{30}	3,47	5,51	3,62	4,20	0,25	10,4	
9	P_{60} + навоз 12 т	4,71	4,59	3,24	4,18	0,23	7,5	
НСР ₀₅		0,92	1,56	1,40	0,97			

- го государственного аграрного университета. 2021. № 90. С. 59–63. DOI: 10.21515/1999-1703-90-59-63.
7. Князев Б.М., Назранов Х.М., Князева Д.Б. Симбиотическая и фотосинтетическая деятельность растений сои в зависимости от влажности почвы в степной зоне // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. № 4 (38). С. 15–20. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-15-20.
8. Кобозев И.В., Тюльдюков В.А., Парахин Н.В. Предотвращение критических ситуаций в агроэкосистемах. М.: Изд-во МСХА, 1995. 264 с.
9. Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р. Динамика содержания подвижного фосфора в черноземе обыкновенном под посевом яровой твердой пшеницы в длительном стационарном опыте // Агрохимия. 2013. № 3. С. 32–35.
10. Кузьмин А.А., Наумченко Е.Т., Никульчев К.А. и др. 100 вопросов и ответов о возделывании сои (рекомендации для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий) / под общей ред. М.О. Синеговского. Благовещенск: ООО «Одеон», 2021. 79 с. ISBN: 978-5-6040714-5-8.
11. Лукин С.В. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв Юго-Западной части Центрально-Черноземных областей России // Почвоведение. 2017. № 11. С. 1367–1376. DOI: 10.7868/S0032180X17110090.
12. Никитишен В.И., Личко В.И. Эффективность прямого действия и последствия длительного применения удобрений на серой лесной почве // Агрохимия. 2011. № 1. С. 11–19.
13. Новичихин А.М., Мухина С.В., Турусов О.В. Эффективность минеральных удобрений на черноземах каменной степи с различной обеспеченностью элементами питания // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 5. С. 34–36.
14. Синеговская В.Т. Посевы сои в Приамурье как фотосинтезирующие системы. Благовещенск: Изд-во «Зея», 2005. 120 с.
15. Cruz A.F., Hamel Ch., Hanson K., Selles F., Zentner R.P. Thirty-seven years of soil nitrogen and phosphorus fertility management shapes the structure and function of the soil microbial community in a Brown Chernozem // Plant and Soil. 2009. Vol. 315. P. 173–184. DOI: 10.1007/s11104-008-9742-x.
16. Panfilova A., Korkhova M., Markova N. Optimization of elements of the technology of Triticum aestivum L. cultivation Kolchuga variety in the conditions southern steppe of Ukraine // AgroLife Scientific Journal. 2019. Vol. 8. No. 2. PP. 112–121.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). Izd. 6-e, ster., perepech. s 5-go izd. 1985 g. M.: Al'yans, 2011. 350. ISBN 978-5-903034-96-3.
4. Zolotnickij V.A. Soya na Dal'nem Vostoke. Hab. knizhnoe izd-vo, 1962. 248 s.
5. Ivanov A.I., Ivanova Zh.A., Vorob'ev V.A., Cyganova N.A. Agroekologicheskie po-sledstviya dlitel'nogo primeneniya deficitnyh sistem udobreniya na horosho okul'turenyh dernovo-podzolistyh pochvah // Agrohimiya. 2016. № 4. S. 10–17.
6. Knyazev B.M., Knyazeva D.B. Istochniki azota v period formirovaniya bobov i semyan soi // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 90. S. 59–63. DOI: 10.21515/1999-1703-90-59-63.
7. Knyazev B.M., Nazranov H.M., Knyazeva D.B. Simbioticheskaya i fotosinteticheskaya deya-tel'nost' rastenij soi v zavisimosti ot vlazhnosti pochvy v stepnoj zone // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova. 2022. № 4 (38). S. 15–20. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-4-38-15-20.
8. Kobozev I.V., Tyul'dyukov V.A., Parahin N.V. Predotvrashchenie kriticheskikh situa-cij v agroekosistemah. M.: Izd-vo MSKHA, 1995. 264 s.
9. Kryuchkov A.G., Eliseev V.I., Abdrashitov R.R. Dinamika soderzhaniya podvizhnogo fosfora v chernozeme obyknovennom pod posevom yarovoj tverdoj pshenicy v dli-tel'nom stacionarnom opyte // Agrohimiya. 2013. № 3. S. 32–35.
10. Kuz'min A.A., Naumchenko E.T., Nikul'chev K.A. i dr. 100 voprosov i otvetov o vozdeleyvanii soi (rekommendacii dlya rukovoditelej i specialistov sel'skohozyajstvennyh predpriyatij) / pod obshchej red. M.O. Sinegovskogo. Blagoveshchensk: ООО «Odeon», 2021. 79 s. ISBN: 978-5-6040714-5-8.
11. Lukin S.V. Dinamika agrohimicheskikh pokazatelej plodorodiya pahotnyh pochv Yugo-Zapadnoj chasti Central'no-Chernozemnyh oblastej Rossii // Pochvovedenie. 2017. № 11. S. 1367–1376. DOI: 10.7868/S0032180X17110090.
12. Nikitishen V.I., Lichko V.I. Effektivnost' pryamogo dejstviya i posledejstviya dli-tel'nogo primeneniya udobrenij na seroj lesnoj pochve // Agrohimiya. 2011. № 1. S. 11–19.
13. Novichihin A.M., Muhina S.V., Turusov O.V. Effektivnost' mineral'nyh udobre-nij na chernozemah kamennoj stepi s razlichnoj obespechennost'yu elementami pita-niya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2012. № 5. S. 34–36.
14. Sinegovskaya V.T. Posevy soi v Priamur'e kak fotosinteziruyushchie sistemy. Blagoveshchensk: Izd-vo «Zeya», 2005. 120 s.
15. Cruz A.F., Hamel Ch., Hanson K., Selles F., Zentner R.P. Thirty-seven years of soil nitrogen and phosphorus fertility management shapes the structure and function of the soil microbial community in a Brown Chernozem // Plant and Soil. 2009. Vol. 315. P. 173–184. DOI: 10.1007/s11104-008-9742-x.
16. Panfilova A., Korkhova M., Markova N. Optimization of elements of the technology of Triticum aestivum L. cultivation Kolchuga variety in the conditions southern steppe of Ukraine // AgroLife Scientific Journal. 2019. Vol. 8. No. 2. PP. 112–121.

REFERENCES

Поступила в редакцию 06.10.2023
Принята к публикации 20.10.2023