АГРОХИМИЯ

Научная статья

УДК 635.655:631.82:631.445.4

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-206-220

Влияние минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность сои на лугово-черноземных почвах Ростовской области

Рита Евгеньевна Юркова¹, Лидия Михайловна Докучаева²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

¹rita6161@list.ru, <https://orcid/0000-0001-4831-7640>

²dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid/0000-0001-8275-5834>

Аннотация. Цель: выявить влияние разных доз минеральных удобрений (МУ) на рост, развитие и урожайность сои на лугово-черноземных почвах Ростовской области. **Материалы и методы.** Исследования проводились на лугово-черноземных почвах Октябрьского района Ростовской области в 2019–2020 гг. Наблюдения за влиянием разных доз МУ на рост, развитие растений, учеты урожайности, статистическая обработка результатов проводились по общепринятым методикам проведения полевых опытов. **Результаты.** Установлено, что в среднем за 2 года наибольший рост растений наблюдался в варианте с расчетной дозой МУ на планируемую урожайность 5,0 т/га. Высота растений в этом варианте в фазе ветвления в среднем за 2 года составляла 24,8 см, в фазе цветения – 54,7 см, а в фазе налива бобов – 117,6 см. Это соответственно на 23, 21 и 13 % выше контроля. Выявлены наибольшие прибавки площади листовой поверхности в этом варианте: в среднем за 2 года они составили 13 % в фазах ветвления и налива бобов и 18 % в фазе цветения. При этом в варианте с дозой МУ на урожайность 4,0 т/га прибавки к контролю соответственно были равны 9, 16, 13 %, а в варианте с МУ на урожайность 3,5 т/га – соответственно 6, 12, 8 %. В накоплении сухой надземной биомассы выявлены аналогичные изменения. **Выводы.** Наибольшее влияние на высоту растений сои оказало внесение МУ дозой, рассчитанной на планируемую урожайность 5,0 т/га. В среднем за 2 года высота растений в этом варианте составила в фазе налива бобов 117,6 см, что на 13 % выше, чем в варианте без удобрений. Такая же тенденция прослеживается и при определении площади листовой поверхности и накопления сухой биомассы по вариантам в фазах наблюдений. Таким образом, лучшие условия для формирования урожая сложились в варианте с расчетной дозой на планируемую урожайность 5,0 т/га. Как результат, в среднем за 2 года урожайность сои в этом варианте на 109 % выше контроля.

Ключевые слова: лугово-черноземные почвы, минеральные удобрения, доза, урожайность, фаза развития, соя

AGRICULTURAL CHEMISTRY

Original article

Impact of mineral fertilizers on soybean growth, development and productivity on meadow-chernozem soils of Rostov region

Rita Ye. Yurkova¹, Lidiya M. Dokuchayeva²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹rita6161@list.ru, <https://orcid/0000-0001-4831-7640>

²dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid/0000-0001-8275-5834>

Abstract. Purpose: to reveal the effect of different doses of mineral fertilizers (MF) on the growth, development and productivity of soybeans on meadow-chnozem soils of Rostov region. **Materials and methods.** The studies were carried out on meadow-chnozem soils of Oktyabrsky district Rostov region in 2019–2020. Observations of the effect of different doses of MF on the growth, development of plants, yield records, statistical processing of the results were carried out according to generally accepted methods of conducting field experiments. **Results.** It was found that, on average for 2 years, the greatest plant growth was observed in the variant with the calculated MF dose for the planned yield of 5.0 t/ha. The height of plants in this variant in the branching phase averaged 24.8 cm for 2 years, in the flowering phase – 54.7 cm, and in the phase of bean filling – 117.6 cm. This is, respectively, 23, 21 and 13 % higher than the control. The largest increases in leaf surface area in this variant were revealed: on average for 2 years, they amounted to 13% in the phases of branching and filling of beans and 18 % in the flowering phase. At the same time, in the variant with the MF dose for the yield of 4.0 t/ha, the increments to the control were respectively equal to 9, 16, 13 %, and in the variant with the MF for the yield of 3.5 t/ha – 6, 12, 8 %, respectively. Similar changes were revealed in the accumulation of dry aboveground biomass. **Conclusions.** The greatest impact on the height of soybean plants was exerted by the application of MF with a dose calculated for the planned yield of 5.0 t/ha. On average, for 2 years, the height of plants in this variant was 117.6 cm in the phase of filling the beans, which is 13 % higher than in the variant without fertilizers. The same tendency can be traced when determining the leaf surface area and accumulation of dry biomass according to the options in the observation phases. Thus, the best conditions for the yield formation were formed in the variant with the calculated dose for the planned yield of 5.0 t/ha. As a result, on average for 2 years, the soybean yield in this variant is 109 % higher than the control.

Keywords: meadow chernozem soils, mineral fertilizers, dose, yield, development phase, soy

Введение. В России с каждым годом растет интерес к возделыванию сои. Эту культуру выращивают не только на Дальнем Востоке, в Центрально-Черноземном районе, так называемых традиционных регионах соевосаждения, но и в северных областях Нечерноземья, а также на Северном Кавказе и в Поволжье. Площади сои в России на настоящий момент составляют около 3 млн га. Но с увеличением посевных площадей этой культуры в различных регионах возникает много вопросов к технологии возделывания сои, особенно подбору минеральных удобрений (МУ). Соя, как известно, высокобелковая культура, но чтобы произвести белок, для нее требуется много азота, который она получает благодаря клубеньковым бактериям, запускающим процесс биологической азотной фиксации. Чаще всего такого азота не хватает для развития сои, поэтому сельхозпроизводители дополнительно вносят азотные удобрения. Соотношение биологического, получаемого при азотфиксации, и минерального азота в питании сои

зависит от почвенного плодородия и погодных условий. Минеральный азот соя потребляет из почвенных запасов и удобрений [1].

Соя может произрастать на самых различных почвах, кроме солончаков, сильно заболоченных и кислых. Для нее лучшими являются почвы оструктуренные, влагоемкие, незасоленные, несолонцеватые, плодородные с высоким запасом питательных элементов и высокогумусированные с нейтральной реакцией почвенной среды (рН) [2].

Исходя из этого, при возделывании сои особое внимание следует уделять ее минеральному питанию, несмотря на то, что бытует мнение о ненужности ее в удобрениях [3–5].

Для формирования 1 т семян сои требуется около 70–90 кг азота, 15–20 кг фосфора, 30–40 кг калия, 8–10 кг магния, 18–21 кг кальция, 17–40 кг серы. Кроме этого для работы ферментативной системы, которая обеспечивает симбиоз клубеньковых бактерий, требуются микроэлементы – бор, молибден, кобальт, цинк [6]. Как видно, система минерального питания сои состоит во внесении макро-, мезо- и микроэлементов. Оно осуществляется в три этапа. Первый, основной этап проводится осенью под зяблевую вспашку или ранней весной. В этот период вносятся только фосфорные и калийные удобрения. Если в расчетах для планируемого урожая сои требуются большие дозы азотных удобрений, их можно внести в этот этап не более 30 кг/га. При недостатке серы в почву вносят сульфат аммония в это время или используют фосфогипс [7].

Второй этап – припосевное удобрение почвы, при необходимости обеспечение ее фосфором и азотом. Для этого этапа оставляют 10–15 кг/га P_2O_5 . Третий этап – это прикорневые и внекорневые подкормки.

Для эффективной азотфиксации важны несколько факторов. Например, заражение клубеньковыми бактериями происходит при температуре 14–15 °С. Если она ниже или выше, то азотфиксация замедляется или прекращается. При рН менее 5 ед. азотфиксации не происходит. Поэтому необ-

ходимо постоянно следить за этим процессом. Нормой считается, если в фазе 4-го тройчатого листа на корню образуются 20–25 клубеньков, которые на разрезе должны быть розоватыми. Если их менее пяти на одно растение и внутри они имеют сероватый цвет, то требуется внесение азотных удобрений. Стартовые дозы азотных удобрений составляют от 10 до 30 кг/га [8].

Особенностью питания сои является неравномерная ее потребность в элементах питания по фазам развития растения. Выделяются три критических периода в питании сои – цветение, формирование бобов и налив семян. В эти периоды почва должна быть особо обеспечена элементами питания. При разработке системы питания сои предпочтение следует отдавать бесхлорным удобрениям, так как ион хлора ингибирует нитрогенозную систему, в результате чего замедляется симбиотическая фиксация азота. Кроме этого, не следует применять жидкие комплексные удобрения из-за их токсичности для микроорганизмов.

Большинство исследователей считают, что при установлении доз удобрений для сои более правильно рассчитывать их на планируемый урожай с учетом их наличия в почве [9–12].

Таким образом, соя является сложной культурой по отношению к минеральному питанию, которое не только зависит от биологических особенностей самого растения, но и определяется климатическими и почвенными условиями. По этому вопросу учеными получены противоречивые данные, из чего следует, что для каждого региона должна разрабатываться своя система минерального питания сои.

Цель исследований – выявить влияние разных доз минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность сои на лугово-черноземных почвах Ростовской области.

Материалы и методы. Исследования, посвященные изучению влияния разных доз МУ на рост, развитие и урожайность сои, проводились на землях Октябрьского района Ростовской области в 2019–2020 гг.

Опытный участок находится на правобережной пойменной террасе р. Аксай. Сумма активных температур выше 10 °С составляет 3252 °С, среднемноголетняя годовая сумма осадков – 400–500 мм, в вегетативный период – 270–300 мм. Испаряемость за год достигает 840 мм, а радиационный баланс – 2693 МДж/м² в год [13].

В 2019 и 2020 гг. ГТК составлял соответственно 0,42 и 0,41, что характеризует их как очень засушливые. В связи с недостатком осадков и высокой испаряемостью соя возделывалась при орошении. Источник орошения – р. Аксай, вода которой относится к II классу по С. Я. Бездниной с минерализацией 0,7–0,9 г/дм³.

Почвенный покров на опытном участке однороден и представлен лугово-черноземными почвами. По водно-физическим и физико-химическим свойствам почвы вполне пригодны для возделывания сои. Опыт проводился с расчетом доз МУ на планируемую урожайность с учетом запасов питательных элементов в почве [14].

Схема опыта с различными дозами МУ, рассчитанными на планируемый урожай, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты опыта с различными дозами минеральных удобрений при возделывании сои

Вариант, планируемая урожайность, т/га	Доза МУ, кг д. в./га	
	2019 г.	2020 г.
3,5	N ₆₀ P ₆₆ K ₇₀	N ₃₀ P ₁₃ K ₂₀
4,0	N ₆₆ P ₇₆ K ₈₅	N ₃₅ P ₁₅ K ₂₇
5,0	N ₈₃ P ₉₄ K ₁₀₈	N ₄₅ P ₂₀ K ₃₅
Контроль (без удобрения)	0	0

Сорт сои – СК Оптима. Фосфорные и калийные удобрения вносились осенью 2018–2019 гг. под зяблевую вспашку, азот в виде подкормок в период вегетации – перед фазой цветения и перед фазой налива бобов. Семена сои перед посевом обработаны инокулянтом Нитрофорс Ж для стимулирования образования клубеньков. Норма высева 500 шт./га. Способ посева – широкорядный с междурядьями 70 см.

В почве наблюдалось высокое содержание бора и серы, поэтому применен регулятор роста Микромак А для насыщения почвы необходимыми для сои микроэлементами – цинком, кобальтом, железом.

Опыт проведен при орошении с поддержанием увлажнения на уровне 80–100 % НВ в слое 0,6 м. Поливы проводились дождевальными машинами Valley. Для подавления сорняков применялся системный гербицид Гезагارد, КС нормой внесения 2,5–3,5 л/га до появления всходов сои.

Полевые исследования на опытном участке проводились по общепринятым методикам [15–19]. Отбор почвенных образцов осуществлялся с целью оценки состояния почв на опытном участке, для расчета доз внесения МУ на планируемый урожай. Определялись азот, фосфор, калий, сера, микроэлементы, а также состав водной вытяжки, почвенного поглощающего комплекса (ППК) для выявления негативных свойств, гранулометрический и микроагрегатный составы для уточнения водно-физических свойств почв по соответствующим стандартам и методикам. Оценку состояния почв проводили с использованием «Руководства по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель» 2017 г. [20].

Результаты и обсуждение. Результаты фенологических наблюдений за посевами сои представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Высота растений по фазам развития сои в зависимости от доз минеральных удобрений

Вариант			Высота растений по фазам развития, см		
Планируемая урожайность, т/га	Год	Доза МУ, кг д. в./га	Ветвление	Цветение	Налив бобов
3,5	2019	N ₆₀ P ₆₆ K ₇₀	21,3	66,8	115,2
	2020	N ₃₀ P ₁₃ K ₂₀	19,5	61,2	105,2
4,0	2019	N ₆₆ P ₇₆ K ₈₅	22,7	69,5	116,7
	2020	N ₃₅ P ₁₅ K ₂₇	21,3	64,5	109,3
5,0	2019	N ₈₃ P ₉₄ K ₁₀₈	24,8	74,8	117,6
	2020	N ₄₅ P ₂₀ K ₃₅	24,7	74,5	117,5
Контроль (без удобрений)	2019	0	20,1	63,3	108,4
	2020	0	18,2	55,6	95,4

Из данных таблицы 2 видно, что, несмотря на аналогичные метеорологические условия, рост сои был разным. Установлено, что высота расте-

ний в 2019 г. на контроле без удобрений на 10–12 % выше, чем в 2020 г. Внесение МУ несколько сглаживает эту разницу: в варианте с дозой на планируемый урожай 3,5 т/га она составляет в фазе ветвления 9 %, цветения – 8 %, налива бобов – 9 %. В варианте с урожайностью 4,0 т/га эти данные соответственно равняются 6, 7 и 7 %, а при дозе МУ на планируемый урожай 5,0 т/га соответственно 1, 1 и 0,5 %, т. е. чем выше доза МУ, тем меньше разница в высоте растений по годам. В среднем за 2 года наибольший рост растений наблюдался в варианте с дозой МУ, рассчитанной на урожайность 5,0 т/га (рисунок 1).

Рисунок 1 – Высота растений сои в среднем за 2019–2020 гг. по фазам развития

Высота растений в этом варианте в фазе ветвления в среднем за 2 года составляла 24,8 см, в фазе цветения – 54,7 см, а в фазе налива бобов – 117,6 см. Это соответственно на 23, 21 и 13 % выше контроля. В варианте с дозой МУ на 4,0 т/га увеличение роста по сравнению с контролем соответственно составило 12, 12 и 10 %, с дозами МУ для получения урожайности 3,5 т/га соответственно всего 7, 7 и 8 %.

Рост растений и потенциальная урожайность сои во многом определяются площадью листовой поверхности и условиями, обеспечивающими процессы фотосинтеза. Результаты исследования площади листовой по-

верхности по фазам развития сои в зависимости от дозы МУ представлены в таблице 3 и на рисунке 2. Согласно данным, разницы в нарастании листовой поверхности по годам практически не отмечено. В то же время существенная разница в этом показателе отмечена при сравнении вариантов МУ с контролем как по годам, так и в среднем за 2 года.

Таблица 3 – Площадь листовой поверхности по фазам развития сои в зависимости от дозы минеральных удобрений

В тыс. м²/га

Вариант			Площадь листовой поверхности		
Планируемая урожайность, т/га	Год	Доза МУ, кг д. в./га	Ветвление	Цветение	Налив бобов
3,5	2019	N ₆₀ P ₆₆ K ₇₀	17,6	30,8	64,7
	2020	N ₃₀ P ₁₃ K ₂₀	17,7	31,0	65,1
4,0	2019	N ₆₆ P ₇₆ K ₈₅	18,1	31,4	66,3
	2020	N ₃₅ P ₁₅ K ₂₇	18,5	32,1	67,5
5,0	2019	N ₈₃ P ₉₄ K ₁₀₈	18,9	32,5	68,1
	2020	N ₄₅ P ₂₀ K ₃₅	19,3	33,3	69,3
Контроль (без удобрений)	2019	0	16,5	27,0	59,4
	2020	0	16,8	27,4	60,3

Рисунок 2 – Площадь листовой поверхности по фазам развития сои (2019–2020 гг.)

Из данных рисунка 2 видно, что наибольшая площадь листовой поверхности во всех изучаемых фазах отмечена в варианте с самой высокой дозой МУ, рассчитанной на урожайность сои 5,0 т/га. Прибавки площади листовой поверхности в этом варианте в среднем за 2 года составили 13 %

в фазах ветвления и налива бобов и 18 % в фазе цветения. В варианте с МУ на урожайность 4,0 т/га показатель соответственно равен 9, 16, 13 %, а в варианте с МУ на урожайность 3,5 т/га – соответственно 6, 12, 8 %.

Накопление сухой надземной биомассы изменялось аналогично двум предыдущим показателям, т. е. наилучшие результаты получены в варианте с наибольшей дозой МУ (таблица 4, рисунок 3). В этом варианте прирост биомассы по фазам развития составили 37,3 и 25 % по сравнению с контролем.

Таблица 4 – Накопление сухой надземной биомассы растениями в зависимости от дозы минеральных удобрений по фазам развития сои

Вариант			В т/га		
			Сухая надземная биомасса сои по фазам развития		
Планируемая урожайность, т/га	Год	Доза МУ, кг д. в./га	Ветвление	Цветение	Налив бобов
3,5	2019	N ₆₀ P ₆₆ K ₇₀	2,20	7,07	11,30
	2020	N ₃₀ P ₁₃ K ₂₀	1,78	5,72	9,15
4,0	2019	N ₆₆ P ₇₆ K ₈₅	2,63	8,03	12,60
	2020	N ₃₅ P ₁₅ K ₂₇	2,09	6,33	9,94
5,0	2019	N ₈₃ P ₉₄ K ₁₀₈	3,27	8,88	13,70
	2020	N ₄₅ P ₂₀ K ₃₅	2,64	7,15	11,0
Контроль (без удобрений)	2019	0	2,03	6,15	10,1
	2020	0	1,68	5,10	8,36

Рисунок 3 – Накопление сухой надземной биомассы растениями сои в среднем за 2019–2020 гг.

Интегральным показателем развития растений является урожайность сои (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность сои в зависимости от дозы минеральных удобрений

Вариант, планируемая урожайность, т/га	2019 г.			2020 г.			В среднем за 2 года		
	Урожайность	Прибавка		Урожайность	Прибавка		Урожайность	Прибавка	
	т/га	т/га	%	т/га	т/га	%	т/га	т/га	%
3,5	3,21	1,28	66	3,75	1,27	51	3,48	1,27	57
4,0	3,69	1,76	91	4,04	1,56	63	3,86	1,65	75
5,0	4,24	2,31	120	5,02	2,54	102	4,63	2,42	109
Контроль (без удобрений)	1,93	0	0	2,48	0	0	2,21	0	0
НСР ₀₅ , т/га	–	0,11	–	–	0,25	–	–	–	–
НСР ₀₅ , %	–	–	4	–	–	6	–	–	–

Во всех вариантах урожайность сои в 2020 г. была выше, чем в 2019 г., на 9–18 %, а на контроле – на 28 %. Несмотря на то, что по ГТК 2019 и 2020 гг. практически были одинаковыми, урожайность сои получилась разной. На наш взгляд, причина состоит в том, что в 2019 г. в период налива бобов (август) прослеживалась сильная засуха из-за отсутствия осадков. Видимо, это сказалось на формировании бобов и в целом на урожайности. При этом внесенные удобрения сдержали негативное воздействие этого фактора и содействовали увеличению урожая по сравнению с контролем на 120 % в 2019 г. и на 109 % в среднем за 2 года в варианте с наибольшей нормой МУ на планируемую урожайность 5,0 т/га. В варианте с расчетной дозой МУ на 3,5 т/га прибавка урожая сои соответственно составила 66 и 57 %, а в варианте со средней дозой МУ на 4,0 т/га соответственно 91 и 75 %.

Данные проведенных исследований позволили определить взаимосвязи между урожайностью сои, высотой, площадью листовой поверхности и накоплением сухой массы растений, подтверждающие тесную связь и влияние их на продуктивность сои (рисунки 4, 5).

Рисунок 4 – Взаимосвязь между урожайностью сои, высотой и площадью листовой поверхности растений

Рисунок 5 – Взаимосвязь между урожайностью сои и накоплением сухой надземной биомассы растений

Выводы. Установлено, что наибольшее влияние на высоту растений сои оказало внесение расчетной дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0 т/га. В среднем за 2 года высота растений в этом варианте составила в фазе налива бобов 117,6 см, что на 13 % выше, чем в варианте без удобрений. Такая же тенденция прослеживается и при определении площади листовой поверхности и накопления сухой биомассы по вариантам в фазах наблюдений, т. е. лучшие условия для формирования урожая сложились в варианте с расчетной дозой на планируемую урожайность 5,0 т/га. Как результат, в среднем за 2 года урожайность сои в этом варианте на 109 % выше контроля.

Список источников

1. Ёрматова Д. Е., Рахимова Х. М., Ибрагимова С. У. Рост и развитие сои при совместном внесении азотных удобрений с инокуляцией // Молодой ученый. 2018. № 17(203). С. 148–150.
2. Сопина Е. В., Зубкова Е. Н., Литвинова М. Ю. Влияние минеральных и органических удобрений на свойства чернозема и урожайность сои // Современные научные исследования и инновации [Электронный ресурс]. 2016. № 11(67). С. 292–294. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2016/11/74492> (дата обращения: 10.03.2021).
3. Синеговская В. Т., Наумченко Е. Т. Зависимость урожайности сои от эколого-агрохимических факторов // Российская сельскохозяйственная наука [Электронный ресурс]. 2019. № 3. С. 16–18. URL: <http://journals.eco-vector.com/2500-2627/article/view/14286> (дата обращения: 25.03.2021). <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019316-18>.
4. Балакай Г. Т., Селицкий С. А. Технология возделывания сои в Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 3(59). С. 212–216.
5. Increasing farmer's income and water use efficiency as affected by long-term fertilization under a rainfed and supplementary irrigation in a soybean-wheat cropping system of Indian mid-Himalaya / S. Panday, M. Choudhary, S. Singh, V. S. Meena, D. Mahanta, R. P. Yadav, A. Pattanayak, J. K. Bisht // Journal Field Crops Research [Electronic resource]. 2018. Vol. 219. P. 214–221. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429017311310> (date of access: 24.03.2021). <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.004>.
6. Соя в России: монография / В. А. Федотов [и др.]. М.: Агролига России, 2013. 429 с.
7. Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Локтионов М. Ю. Агроэкологическая эффективность фосфогипса на посевах кукурузы и сои в условиях Северо-Западного Кавказа на черноземе выщелоченном // Плодородие. 2013. № 1(70). С. 16–20.
8. Бородычев В. В. Особенности применения минеральных удобрений сои при орошении в условиях Нижнего Поволжья // Плодородие. 2015. № 1(82). С. 33–35.
9. Исупова Ю. А. Минеральные удобрения на посевах сои // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2013. № 92(08). С. 1–10. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/92.pdf> (дата обращения: 23.03.2021).
10. Муравьев А. А., Демидова А. Г. Урожай и качество семян сортов сои в лесостепи ЦЧР на разнородных фонах // Земледелие. 2018. № 3. С. 22–25.
11. Пути усовершенствования элементов технологии возделывания сои / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. А. Селицкий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 4(36). С. 100–120. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=638> (дата обращения: 23.03.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-100-120.
12. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Особенности минерального питания сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 1. С. 192–210. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1186> (дата обращения: 20.03.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-192-210.
13. Агроклиматические ресурсы Ростовской области / З. М. Русеева [и др.]; под ред. З. М. Русеевой. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 252 с.
14. Балакай Г. Т., Селицкий С. А. Оценка агробиологических свойств сортов сои для орошаемых земель Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 1. С. 47–66. URL: <http://www.ros->

niipm-sm.ru/article?n=1177 (дата обращения: 20.03.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-47-66.

15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Кн. по требованию, 2012. 352 с.

16. Горянский М. М. Методика полевых опытов на орошаемых землях. Киев: Урожай, 1970. 84 с.

17. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: Росинформагротех, 2003. 240 с.

18. Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко [и др.]. М.: Колос, 1996. 336 с.

19. Синеговская В. Т., Наумченко Е. Т., Кобозева Т. П. Методы исследований в полевых опытах с соей: учеб.-метод. пособие. Благовещенск: ОДЕОН, 2016. 115 с.

20. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с.

References

1. Ermatova D.E., Rakhimova Kh.M., Ibragimova S.U., 2018. *Rost i razvitie soi pri sovmestnom vnesenii azotnykh udobreniy s inokulyatsiey* [Growth and development of soybeans with the combined application of nitrogen fertilizers with inoculation]. *Molodoy ucheny* [Young Scientist], no. 17(203), pp. 148-150. (In Russian).

2. Sopina E.V., Zubkova E.N., Litvinova M.Yu., 2016. *Vliyanie mineral'nykh i organicheskikh udobreniy na svoystva chernozema i urozhaynost' soi* [Influence of mineral and organic fertilizers on the properties of chernozem and the soybean yield]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii* [Modern Scientific Research and Innovations], no. 11(67), pp. 292-294, available: <https://web.snauka.ru/issues/2016/11/74492> [accessed 10.03.2021]. (In Russian).

3. Sinegovskaya V.T., Naumchenko E.T., 2019. *Zavisimost' urozhaynosti soi ot ekologo-agrokhimicheskikh faktorov* [Dependence of soybean yield on ecological and agrochemical factors]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* [Russian Agricultural Science], no. 3, pp. 16-18, available: <http://journals.eco-vector.com/2500-2627/article/view/14286> [accessed 25.03.2021], <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019316-18>. (In Russian).

4. Balakay G.T., Selitskiy S.A., 2015. *Tekhnologiya vozdel'yvaniya soi v Rostovskoy oblasti* [Soybean cultivation technology in Rostov region]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(59), pp. 212-216. (In Russian).

5. Panday S., Choudhary M., Singh S., Meena V.S., Mahanta D., Yadav R.P., Pattanayak A., Bisht J.K., 2018. Increasing farmer's income and water use efficiency as affected by long-term fertilization under a rainfed and supplementary irrigation in a soybean-wheat cropping system of Indian mid-Himalaya. *Journal Field Crops Research*, vol. 219, pp. 214-221, available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429017311310> [accessed 24.03.2021], <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.004>.

6. Fedotov V.A. [et al.], 2013. *Soya v Rossii: monografiya* [Soybeans in Russia: monograph]. Moscow, Russian Agroliga Publ., 429 p. (In Russian).

7. Sheudzhen A.Kh., Onishchenko L.M., Loktionov M.Yu., 2013. *Agroekologicheskaya effektivnost' fosfogipsa na posevakh kukuruzy i soi v usloviyakh Severo-Zapadnogo Kavkaza na chernozeme vyshchelochennom* [Agroecological efficiency of phosphogypsum on corn and soybeans in the North-West Caucasus on leached chernozem]. *Plodorodie* [Fertility], no. 1(70), pp. 16-20. (In Russian).

8. Borodychev V.V., 2015. *Osobennosti primeneniya mineral'nykh udobreniy soi pri oroshenii v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya* [Application features of mineral fertilizers at the cultivation of soybean under irrigation in the Lower Volga region]. *Plodorodie* [Fertility], no. 1(82), pp. 33-35. (In Russian).
9. Isupova Yu.A., 2013. [Mineral fertilizers on soybean crops]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politematicheskiy setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 92(08), pp. 1-10, available: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/92.pdf> [accessed 23.03.2021]. (In Russian).
10. Murav'yov A.A., Demidova A.G., 2018. *Urozhay i kachestvo semyan sortov soi v lesostepi TSCHR na raznoudobrennykh fonakh* [Yield and grain quality of soybean varieties in the forest-steppe of the central chernozem region against backgrounds with different fertilization]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 3, pp. 22-25. (In Russian).
11. Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.Ye., Selitskiy S.A., 2019. [Ways of improving the elements of soybean cultivation technology]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(36), pp. 100-120, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=638> [accessed 23.03.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-100-120. (In Russian).
12. Babichev A.N., Babenko A.A., 2021. [Peculiarities of mineral nutrition of agricultural crops]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, vol. 11, no. 1, pp. 192-210, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1186> [accessed 20.03.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-192-210. (In Russian).
13. Ruseeva Z.M. [et al.], 1972. *Agroklimaticheskie resursy Rostovskoy oblasti* [Agroclimatic Resources of Rostov Region]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 252 p. (In Russian).
14. Balakay G.T., Selitskiy S.A., 2021. [Assessment of agrobiological properties of soybean varieties for irrigated lands of Rostov region]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, vol. 11, no. 1, pp. 47-66, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1177> [accessed 20.03.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-47-66. (In Russian).
15. Dospekhov B.A., 2012. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Method of Field Experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Book on Demand Publ., 352 p. (In Russian).
16. Goryansky M.M., 1970. *Metodika polevykh opytov na oroshaemykh zemlyakh* [Methodology of Field Experiments on Irrigated Lands]. Kiev, Harvest Publ., 84 p. (In Russian).
17. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Methodological Guidelines for Comprehensive Monitoring of Soil Fertility of Agricultural Lands]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 2003, 240 p. (In Russian).
18. Moiseychenko V.F. [et al.], 1996. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v agronomii* [Fundamentals of Scientific Research in Agronomy]. Moscow, Kolos Publ., 336 p. (In Russian).
19. Sinegovskaya V.T., Naumchenko E.T., Kobozeva T.P., 2016. *Metody issledovaniy v polevykh opytakh s soey: uchebno-metodicheskoe posobie* [Research Methods in Field Experiments with Soy: textbook]. Blagoveshchensk, ODEON Publ., 115 p. (In Russian).
20. Shchedrin V.N., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., Tabala G.I., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guidelines for Irrigated Lands Soil Fertility Control and Regulation]. Novocherkassk, RosNIIPM, 137 p. (In Russian).

Информация об авторах

Р. Е. Юркова – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;
Л. М. Докучаева – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

R. Ye. Yurkova – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;
L. M. Dokuchayeva – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.03.2021; одобрена после рецензирования 26.05.2021; принята к публикации 04.06.2021.

The article was submitted 29.03.2021; approved after reviewing 26.05.2021; accepted for publication 04.06.2021.