

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.67:635.655

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-204-217

Влияние режимов орошения на водопотребление, развитие и урожайность сои

Рита Евгеньевна Юркова¹, Сергей Артурович Селицкий²,
Лидия Михайловна Докучаева³

^{1, 2, 3}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹rita6161@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8275-5834>

²ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

³dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4831-7640>

Аннотация. **Цель:** изучить влияние режимов орошения на водопотребление, развитие и урожайность сои. **Материалы и методы.** Исследования проведены на лугово-черноземных почвах Октябрьского района Ростовской области в 2021–2022 гг. Опыт состоит из пяти вариантов: 1) контроль 1 м; 2) 1,2 м; 3) 0,8 м; 4) 0,6 м; 5) без орошения. Полевые опыты и статобработка данных проведены в соответствии с общепринятыми методиками с учетом зональных особенностей. **Результаты.** Определено влияние поливных режимов на высоту растений сои, формирование урожайности и структуру суммарного водопотребления. Установлено, что в слабозасушливом 2021 г. поливной режим сложился из проведения четырех поливов, а в очень засушливом 2022 г. – шести поливов. Поливная норма на контроле составила 450 куб. м на гектар. Оросительные нормы в 2021 г. изменялись от 1080 до 2160 куб. м на гектар, а в 2022 г. – от 1620 до 3240 куб. м на гектар в зависимости от режима орошения и влагообеспеченности вегетационного периода. Наиболее интенсивный рост растений сои наблюдался после фазы цветения, и максимальных значений высота достигала в фазе налива бобов. Режимы орошения с увеличенной и уменьшенными поливными нормами привели к снижению урожайности сои на 7–40 %. В среднем максимальная урожайность получена в контрольном варианте (1 м) – 4,18 т/га. В неорошаемом варианте урожайность составила 1,97 т/га, что ниже контрольного на 53 %. Суммарный расход воды за период вегетации изменялся от 3132 до 5472 куб. м на гектар в зависимости от условий влагообеспеченности. В структуре суммарного водопотребления на долю оросительной воды приходилось от 31 до 49 %, а осадков – от 48 до 84 %. **Выводы.** В среднем за 2 года наибольшая урожайность сои получена в контрольном варианте (1 м) – 4,18 т/га. Уменьшение поливной нормы на 20 % обеспечило снижение урожайности на 7 % и экономию оросительной воды в размере 450 куб. м на гектар. Суммарное водопотребление посевов составило в зависимости от вариантов от 3132 до 5472 куб. м на гектар.

Ключевые слова: соя, режим орошения, суммарное водопотребление, урожайность, поливная норма, оросительная норма, ресурсосбережение

Для цитирования: Юркова Р. Е., Селицкий С. А., Докучаева Л. М. Влияние режимов орошения на водопотребление, развитие и урожайность сои // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 204–217. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-204-217>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Irrigation regimes impact on soybean water consumption, development and yield

Rita Ye. Yurkova¹, Sergey A. Selitskiy², Lidiya M. Dokuchayeva³

^{1, 2, 3}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹rita6161@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8275-5834>

²ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

³dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4831-7640>

Abstract. Purpose: to study the impact of irrigation regimes on soybean water consumption, development and yield. **Materials and methods.** The studies were carried out on meadow-chernozem soils of Oktyabrsky district Rostov region in 2021–2022. Experience consists of five options: 1) control 1 m; 2) 1.2 m; 3) 0.8 m; 4) 0.6 m; 5) without irrigation. Field experiments and statistical processing of data were carried out in accordance with generally accepted methods, taking into account zonal features. **Results.** The influence of irrigation regimes on soybean plants height, the yields formation and the structure of net consumptive water use was determined. It has been determined that in the slightly dry year 2021, the irrigation regime consisted of four irrigations, and in the very dry year 2022 there were six irrigations. Watering rate on the control was 450 cubic meters per hectare. Irrigation rate in 2021 changed from 1080 to 2160 cubic meters per hectare, and in 2022 – from 1620 to 3240 cubic meters per hectare, depending on the irrigation regime and the moisture supply of the growing season. The most intensive growth of soybean plants was observed after the flowering phase, and the height reached its maximum values in the bean filling phase. Irrigation regimes with increased and reduced irrigation rates led to a decrease in soybean yield by 7–40 %. On average, the maximum yield was obtained in the control variant (1 m) – 4.18 t/ha. In the non-irrigated variant, the yield was 1.97 t/ha, which is 53 % lower than the control one. The net consumptive water use during the growing season varied from 3132 to 5472 cubic meters per hectare, depending on the conditions of moisture supply. In the structure of net consumptive water use irrigation water accounted for 31 to 49 %, and precipitation – from 48 to 84 %. **Conclusions.** On average for 2 years, the highest soybean yield was obtained in the control variant (1 m) – 4.18 t/ha. A 20 % reduction in irrigation rate resulted in a 7 % yield reduction and irrigation water savings of 450 cubic meters per hectare. The net consumptive water use of crops was from 3132 to 5472 cubic meters per hectare, depending on the options.

Keywords: soybean, irrigation regime, consumptive water use, yield, watering rate, irrigation rate, resource conservation

For citation: Yurkova R. Ye., Selitskiy S. A., Dokuchayeva L. M. Irrigation regimes impact on soybean water consumption, development and yield. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(4):204–217. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-204-217>.

Введение. Ценная белково-масличная культура соя имеет кормовое, пищевое и техническое значение. В России имеются необходимые агро-климатические условия для расширения посевных площадей и увеличения валового производства этой культуры. В 2022 г. посевные площади соста-

вили 3,47 млн га, что является рекордным, начиная с 1990 г.¹ Это во многом связано с благоприятной ценовой конъюнктурой и ростом спроса на соевые бобы и продукты их переработки. Одним из ключевых регионов является Южный федеральный округ, где площади возделывания сои составляют около 200 тыс. га. Основная часть региона находится в зоне недостаточного увлажнения, где величина испаряемости в значительной степени превосходит количество выпадающих осадков. Запасы влаги в почве, накопленные за осенне-зимний период, и осадки, выпадающие в период вегетации, обеспечивают только 50 % суммарного водопотребления. Недостающую часть водного баланса восполняют поливами. Оросительная норма при этом колеблется от 500 м³/га во влажные годы до 3900 м³/га в острозасушливые и составляет в среднем для среднеспелых сортов около 2200 м³/га [1–3].

В этих условиях значительное повышение урожайности сои возможно с применением технологии ее возделывания на орошаемых землях, одним из элементов которой является режим орошения, обеспечивающий достаточную влагообеспеченность растений.

Исследования многих ученых доказали, что соя отзывчива на орошение и наиболее эффективным по влиянию на урожайность сои является режим орошения с поддержанием уровня предполивной влажности почвы не ниже 80 % НВ (наименьшей влагоемкости) [4–6].

Поливной режим сои должен удовлетворять потребности растений во влаге, особенно в критические периоды развития, поскольку низкая влажность почвы и воздуха, прежде всего в период цветения и налива бобов, является основной причиной опадания цветков и завязей.

Расчет поливных норм производят на заданную глубину увлажнения

¹Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) // Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 10.10.2022).

с учетом водно-физических свойств почв и влагозапасов. При проведении поливов нельзя допускать поверхностного стока, важно также учитывать, что большие нормы негативно сказываются на свойствах почв, проявляются процессы уплотнения, солонцеватость и др. [7–9].

В течение вегетационного периода потребность сои в водных ресурсах очень дифференцирована и зависит от фазы развития. Наибольшая потребность в воде наблюдается при прорастании семян, но особенно в периоды цветение – бобообразование – налив бобов [10–12]. Несоблюдение требований культуры сои к тепло- и влагообеспеченности, почвенным условиям приводит к снижению эффективности поливов.

В связи с этим актуальной является разработка дифференцированных режимов орошения, обеспечивающих потребность сои в необходимом количестве воды в критические периоды развития, а также ресурсосбережение.

Цель исследований – изучить влияние режимов орошения на водопотребление, развитие и урожайность сои.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились на опытном участке ООО «Агропредприятие «Бессергеновское», расположенном на территории Октябрьского района Ростовской области, в 2021–2022 гг. Орошаемый участок находится на правобережной пойменной террасе р. Аксай. Если рассматривать влагообеспеченность вегетационных периодов по гидротермическому коэффициенту (ГТК) Г. Т. Селянинова, в 2021 г. количество осадков было достаточным, а период характеризовался как слабозасушливый ($ГТК = 1,14$), в 2022 г. количество осадков было недостаточным, а вегетационный период относится к очень засушливым ($ГТК = 0,52$).

Источник орошения – р. Аксай, вода II класса с минерализацией 0,7–0,9 г/дм³. Почва лугово-черноземная, по гранулометрическому составу это суглинок тяжелый, с глубины 130–160 см переходящий в суглинок сред-

ний. Структурное состояние при сухом просеивании и водопрочность агрегатов отличные. НВ почвы для слоя 0–60 см составляла от 28,1 до 28,3 % по годам исследований и характеризуется как хорошая, плотность сложения почвы для такого же слоя составляла от 1,33 до 1,35 т/м³. По физико-химическим свойствам почвы имеют сульфатный тип засоления, относятся к категории незасоленных, нещелочные. Содержание кальция в почвенно-поглощающем комплексе в пределах 79–82 % в слое 0–40 см. По степени солонцеватости почвы относятся к несолонцеватым, но содержание обменного натрия 3–5 % в слое 0–40 см показывает на достижение предельно допустимых параметров по этому показателю.

По агрохимическим свойствам опытные участки были в достаточной степени обеспечены питательными элементами: в среднем в слое 0–40 см более 20 мг/кг нитратного азота, фосфора – более 50 мг/кг, калия около 500 мг/кг и выше. Содержание гумуса в среднем в слое 0–40 см от 2,52 до 3,82 % и оценивается как низкое.

Схема опыта состоит из пяти вариантов:

1) контроль 1 *m* – поддержание влажности почвы по периодам развития сои: в период всходов – начала цветения – не ниже 70 % НВ в слое 0–0,4 м, в период цветения – начала налива бобов – не ниже 80 % НВ в слое 0–0,6 м, в период налива бобов – созревания – не ниже 80 % НВ в слое 0–0,6 м;

2) 1,2 *m* (увеличение поливной нормы на 20 % от 1 *m*);

3) 0,8 *m* (уменьшение поливной нормы на 20 % от 1 *m*);

4) 0,6 *m* (уменьшение поливной нормы на 40 % от 1 *m*);

5) без орошения.

Возделывался ранний сорт сои СК Оптима. Расчетная норма высева семян 500 тыс. шт./га, способ посева широкорядный с междурядьями 0,7 м. Перед посевом проведена инокуляция семян. Поливы проводились дождеванием с применением дождевальнoй машины Valley. Для установления и

корректировки сроков полива сельскохозяйственных культур использовался термостатно-весовой метод определения влажности почвы². Полевые опыты проведены в соответствии с общепринятыми методиками с учетом зональных особенностей^{3, 4}. Статистическая обработка данных проведена по методике полевого опыта Б. А. Доспехова³, расчеты показателей водопотребления – по методу водного баланса А. Н. Костякова⁵.

Результаты и обсуждение. Соя – тепло- и влаголюбивая культура, но в условиях Ростовской области запасов влаги в почве и осадков недостаточно для обеспечения требуемого количества влаги. Применение поливов не только восполнит недостающую часть водного баланса, но и позволит увеличить урожайность по сравнению с богарой.

Ввиду того, что годы исследований были различными по условиям влагообеспеченности, для создания заданного уровня увлажнения почвы согласно вариантам опыта потребовалось проведение разного количества поливов в течение вегетации, это в итоге повлияло на величину оросительной нормы.

В слабозасушливый вегетационный период 2021 г. поливной режим сложился из проведения четырех поливов. В контрольном варианте 1 *m* в период развития сои от всходов до начала цветения и в периоды от цветения до начала налива бобов, от налива бобов до созревания поливная норма составила 450 м³/га. В вариантах 3 и 4 величина поливных норм составила 360 и 270 м³/га соответственно.

²ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. Введ. 1990-06-01. М.: Стандартинформ, 2006. 6 с.

³Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Кн. по требованию, 2012. 352 с.

⁴Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013–2020 гг.). В 3 ч. Ч. 1 / А. П. Авдеенко [и др.]; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. Ростов н/Д., 2012. 233 с.

⁵Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. М.: Колос, 1999. 432 с.

В очень засушливом 2022 г. было проведено по шесть поливов в орошаемых вариантах.

Оросительные нормы по вариантам в годы исследований за вегетационные периоды сои представлены на рисунке 1.

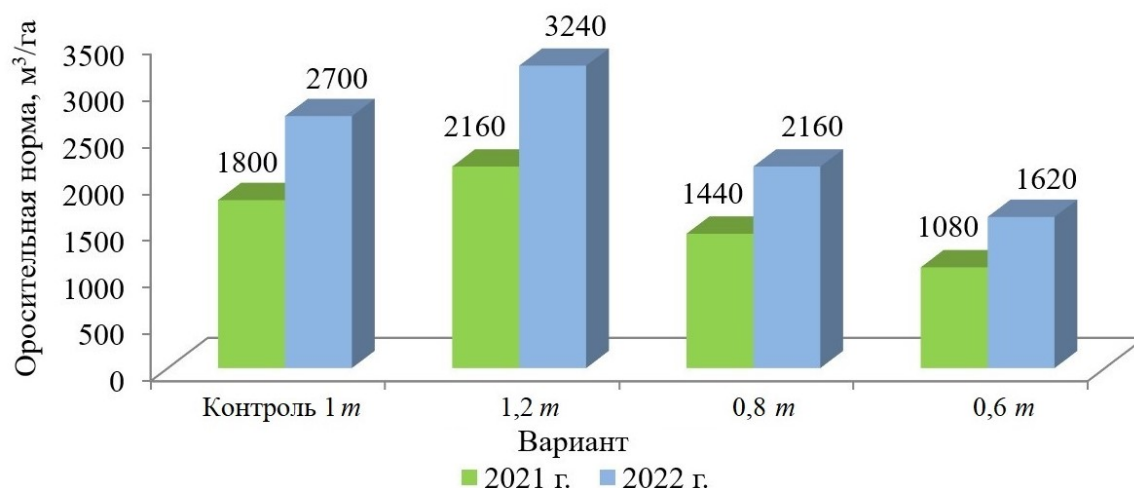


Рисунок 1 – Оросительные нормы при поливе дождеванием сои

Figure 1 – Irrigation rates during soybean sprinkling

В 2021 г. оросительная норма в контрольном варианте 1 м (70–80 % НВ) составила 1800 м³/га. В варианте с увеличенной поливной нормой на 20 % оросительная норма составила 2160 м³/га, что на 360 м³/га выше, чем на контроле. В вариантах 3 и 4 со снижением поливной нормы на 20 и 40 % сокращение оросительной нормы в сравнении с контролем составило 360 и 720 м³/га соответственно.

В 2022 г. в контрольном варианте оросительная норма составила 2700 м³/га. Увеличение и уменьшение поливных норм на 20 % (варианты 2 и 3) соответственно привели к изменению оросительной нормы на 540 м³/га по сравнению с контролем. В варианте 0,6 м оросительная норма составила 1080 м³/га, что меньше на 1620 м³/га, чем в контрольном варианте.

Биометрические наблюдения в течение вегетации позволили установить динамику высоты растений сои по фазам развития в среднем за годы исследований (рисунок 2).

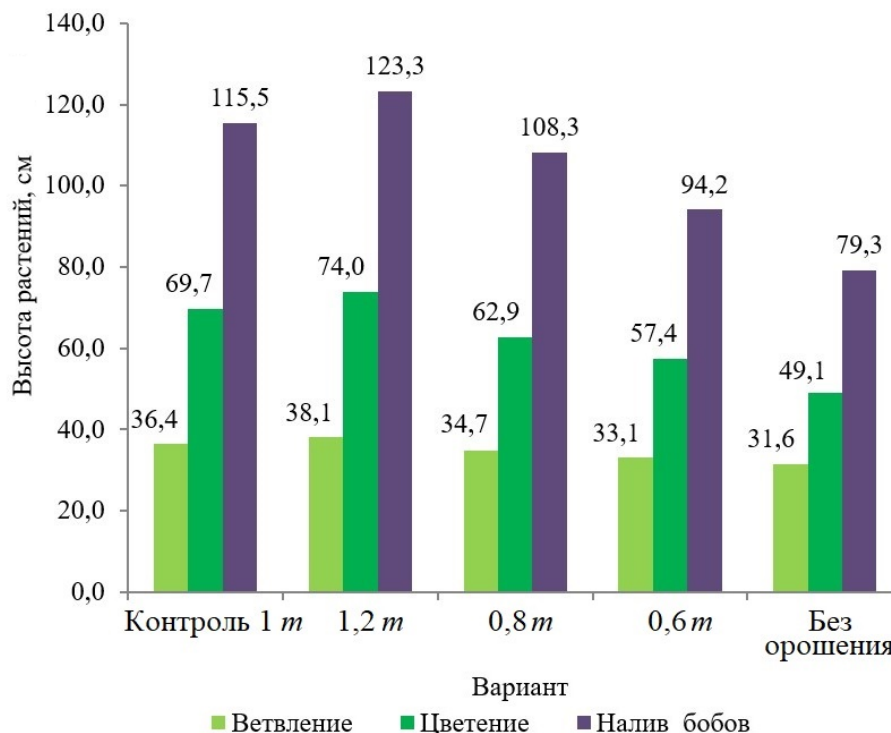


Рисунок 2 – Динамика высоты растений сои по фазам развития в среднем за 2021–2022 гг.

Figure 2 – Soybean plant height dynamics by development phases in 2021–2022 average

Характерным в развитии сои является замедленный рост в начале вегетации, когда развивается в первую очередь корневая система. В период от всходов до ветвления высота растений изменялась от 31,6 см в неорошаемом варианте до 38,1 см в варианте 1,2 м. В период от ветвления до цветения наблюдался более интенсивный рост растений сои. На этом этапе высота растений изменялась от 49,1 до 74,0 см в зависимости от уровня увлажнения.

Как видно из данных рисунка 2, наибольший линейный рост сои к фазе налива бобов определен в варианте 2. Он составил 123,3 см в среднем за 2 года, что на 44,1 см выше, чем в варианте без орошения, и на 7,8 см выше контроля. Снижение уровня влагообеспеченности определило разницу значений высоты растений сои. Уменьшение оросительной нормы на 20 и 40 % соответственно привело к снижению роста растений на 7,3 и 21,4 см по сравнению с контрольным вариантом 1 м.

Таким образом, поддержание водного баланса своевременными поливами оказало положительное влияние на линейный рост сои.

Интенсивность линейного роста относится к тем показателям, от которых зависит урожайность культуры, она определяет эффективность возделывания сельскохозяйственных культур. Урожайность сои при различных режимах орошения представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность сорта сои СК Оптима по вариантам опыта
Table 1 – SK Optima soybean variety yield according to experimental options

Вариант	Урожайность, т/га		Средняя урожайность, т/га	Прибавка	
	2021 г.	2022 г.		$\pm\Delta$, т/га	%
1) контроль 1 м (70–80 % НВ)	4,44	3,91	4,18	0	0
2) 1,2 м	3,20	2,94	3,07	–1,11	27
3) 0,8 м	4,14	3,66	3,90	–0,28	7
4) 0,6 м	2,75	2,3	2,53	–1,66	40
5) без орошения	2,22	1,71	1,97	–2,22	53
НСР ₀₅ , т/га	0,72	0,64			

Как видно из данных таблицы 1, благоприятные погодные условия, в особенности по влагообеспеченности, в 2021 г. положительно отразились на уровнях урожайности сои. Так, в контрольном варианте (1 м) достигнут результат 4,44 т/га, превышающий урожайность в вариантах 2, 3 и 4 соответственно на 1,24; 0,30 и 1,69 т/га, а разница с вариантом без орошения составила 2,22 т/га, или 50 %.

В 2022 г. уровень урожайности сои во всех вариантах был ниже предыдущего года. Наибольший результат получен в варианте 1 – 3,91 т/га, что ниже на 0,53 т/га показателя 2021 г.

Следует отметить, что в среднем за 2 года увеличение поливной нормы на 20 %, как и уменьшение поливной нормы на 40 %, способствовало значительному снижению урожайности – на 1,11 и 1,65 т/га соответственно (на 27 и 40 %). Видимо, такие режимы с избытком и недостатком влаги не создавали оптимальных условий для развития сои. При снижении влагообеспеченности на 20 % в сравнении с контролем урожайность

уменьшилась на 7 %, но в то же время экономия водных ресурсов составила 20 % в среднем за 2 года. Такой режим допустим для сохранения почвенного плодородия [13].

Таким образом, при возделывании сои для получения планируемого урожая рекомендуется дифференцированный по периодам развития сои режим орошения, позволяющий снижать водную нагрузку на 20 % и сохранять плодородие почвы.

Для установления роли вегетационных поливов в повышении урожайности сои необходимо оценить суммарное водопотребление (E) и коэффициент водопотребления (K_v).

Суммарное водопотребление нами определялось по водному балансу, основными приходными статьями которого являются оросительная норма, осадки и почвенная влага. Расчет структуры суммарного водопотребления сои показал, что в орошаемых вариантах основными составляющими являются оросительная норма и осадки (таблица 2).

Таблица 2 – Структура суммарного водопотребления сои в среднем за 2021–2022 гг.

Table 2 – The structure of soybean net consumptive water use on average for 2021–2022

Вариант	Суммарное испарение E , м ³ /га	Оросительная норма		Осадки		Использовано влаги из почвы	
		м ³ /га	% от E	м ³ /га	% от E	м ³ /га	% от E
1) контроль 1 m	5083	2250	44	2622	52	211	4
2) 1,2 m	5472	2700	49	2622	48	150	3
3) 0,8 m	4726	1800	38	2622	56	304	6
4) 0,6 m	4385	1350	31	2622	60	413	9
5) без орошения	3132	0	0,0	2622	84	510	16

На долю оросительной воды приходится от 31 до 49 % от суммарного водопотребления в зависимости от условий увлажнения почвы, а на долю осадков – от 48 до 60 %, причем их значимость возрастала со снижением оросительной нормы. На неорошаемом участке значительная доля суммарного водопотребления приходится на осадки – 84 %.

Суммарное водопотребление сои в вариантах с орошением варьировало от 4385 до 5472 м³/га. Наименьшее количество влаги было потрачено на формирование урожая сои в варианте без орошения – 3132 м³/га.

При изучении суммарного водопотребления важными показателями являются коэффициент водопотребления (K_v) и расход поливной воды на единицу выращенной продукции ($P_{п.в.}$) (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициент водопотребления и расход поливной воды на 1 т сои

Table 3 – Water consumption coefficient and irrigation water consumption per 1 ton of soy

Вариант	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления K_v , м ³ /т	Расход поливной воды на единицу продукции $P_{п.в.}$, м ³ /т
1) контроль 1 т (70–80 % НВ)	4,18	1216,0	538
2) 1,2 т	3,07	1782,4	879
3) 0,8 т	3,90	1211,8	462
4) 0,6 т	2,53	1733,2	534
5) без орошения	1,97	1589,8	0

На получение 1 т зерна сои больше всего было израсходовано влаги в варианте с увеличенной поливной нормой (1,2 т) (в среднем за 2 года – 1782,4 м³/т, что на 566,4 м³/т больше, чем в контрольном варианте). В варианте со снижением поливной нормы на 20 % коэффициент водопотребления составил 1211,8 м³/т. В варианте без орошения коэффициент водопотребления составил 1589,8 м³/т.

Минимальными затраты оросительной воды на создание 1 т урожая сои были при снижении поливной нормы на 20 % – 462 м³/т, а наибольшими в варианте 1,2 т – 879 м³/т.

Выводы. В среднем за 2 года наибольшая урожайность сои получена в вариантах с дифференцированным режимом орошения (1 т) и составила 4,18 т/га. Уменьшение поливной нормы на 20 % обеспечило снижение урожайности на 7 % и экономию оросительной воды на 450 м³/га. Увеличение поливной нормы на 20 % не способствовало росту урожайности, как

и снижение поливной нормы на 40 % (в сравнении с контролем урожайность в этих вариантах снижалась на 27 и 40 % соответственно).

В структуре суммарного водопотребления сои в среднем за 2 года исследований доля оросительной воды составляла от 31 до 49 %, доля осадков варьировала от 48 до 60 %, доля влаги из почвы составила от 3 до 9 %. В неорошаемом варианте эти показатели соответственно равнялись 84 и 16 %.

Оптимальные с учетом урожая коэффициенты водопотребления и расходы поливной воды на 1 т зерна сои получены в контрольном варианте и варианте со снижением оросительной нормы на 20 %.

Список источников

1. Энеев М. Д. Орошение сои в засушливой степной зоне Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 4(96). С. 72–77. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-4-96-72-77.
2. Балакай Г. Т., Бабичев А. Н., Селицкий С. А. Особенности роста и развития сортов сои при возделывании на орошаемых землях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 3. С. 158–175. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1299> (дата обращения: 26.09.2022). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-158-175>.
3. Горносталь Р. Г., Давыдов А. С. Влияние режимов орошения на водопотребление сои // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 7(189). С. 27–32.
4. Давыдов А. С., Тиньгаев А. В., Горносталь Р. Г. Влияние режимов орошения на эффективность производства сои // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 8(190). С. 22–28.
5. Ушакова Е. В. Управление водным режимом почвы и продуктивность сои при капельном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 1(33). С. 101–106.
6. Григоров М. С., Григоров С. М. Режим орошения сои в различных регионах Российской Федерации // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2013. № 1(153–154). С. 75–78.
7. Шишхаев И. Я. Влияние режимов орошения на продуктивность сои // Вестник Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова. 2017. № 3(27). С. 55–58.
8. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 1–21. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543> (дата обращения: 25.09.2022).
9. The long-term impact of irrigation on selected soil properties and grain production / H. Sun, X. Liu, X. Zhang, Z. Ju // Journal of Soil and Water Conservation. 2018. № 73(3). P. 310–320. <https://doi.org/10.2489/jswc.73.3.310>.

10. Сортовая отзывчивость сои на режим орошения / В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Т. С. Кошкарлова, Н. М. Плющева, И. В. Кожухов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 128–133.

11. Влияние различных сортов и режимов орошения на биоэнергетическую эффективность производства сои / Т. С. Кошкарлова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 192–198.

12. Балакай Г. Т., Селицкий С. А. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 3(35). С. 80–97. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1002> (дата обращения: 15.09.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97.

13. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Уровни увлажнения черноземов, способствующие сохранению почвенного плодородия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 2. С. 144–157. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1201> (дата обращения: 22.09.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-144-157.

Reference

1. Eneev M.D., 2020. *Oroshenie soi v zasushlivoy stepnoy zone Kabardino-Balkarii* [Soybean irrigation in the arid steppe zone of Kabardino-Balkaria]. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proc. of Kabardino-Balkarian Scientific Center of Russian Academy of Sciences], no. 4(96), pp. 72-77, DOI: 10.35330/1991-6639-2020-4-96-72-77. (In Russian).

2. Balakay G.T., Babichev A.N., Selitsky S.A., 2022. [Soybean varieties growth and development characteristics when cultivated on irrigated lands of Rostov region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 3, pp. 158-175, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1299> [accessed 26.09.2022], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-158-175>. (In Russian).

3. Gornostal R.G., Davydov A.S., 2020. *Vliyanie rezhimov orosheniya na vodopotrebleniye soi* [The impact of irrigation regimes on soybean water consumption]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Altai State Agrarian University], no. 7(189), pp. 27-32. (In Russian).

4. Davydov A.S., Tingaev A.V., Gornostal R.G., 2020. *Vliyanie rezhimov orosheniya na effektivnost' proizvodstva soi* [The impact of irrigation regimes on soybean growing efficiency]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Altai State Agrarian University], no. 8(190), pp. 22-28. (In Russian).

5. Ushakova E.V., 2014. *Upravlenie vodnym rezhimom pochvy i produktivnost' soi pri kapel'nom oroshenii* [Soil water regime management and soybean productivity under drip irrigation]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 1(33), pp. 101-106. (In Russian).

6. Grigorov M.S., Grigorov S.M., 2013. *Rezhim orosheniya soi v razlichnykh regionakh Rossiyskoy Federatsii* [Soybean irrigation regime in various regions of the Russian Federation]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* [Oil Cultures. Scientific and Technical Bulletin of All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds], no. 1(153-154), pp. 75-78. (In Russian).

7. Shishkhaev I.Ya., 2017. *Vliyanie rezhimov orosheniya na produktivnost' soi* [Influence of irrigation regimes on soybean productivity]. *Vestnik Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta im. A. A. Kadyrova* [Bull. of Chechen State University named after A. A. Kadyrov], no. 3(27), pp. 55-58. (In Russian).

8. Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. [Negative soil processes at continuous irrigation of various types of soil]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(30), pp. 1-21, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543> [accessed 25.09.2022]. (In Russian).

9. Sun H., Liu X., Zhang X., Ju Z., 2018. The long-term impact of irrigation on selected soil properties and grain production. *Journal of Soil and Water Conservation*, no. 73(3), pp. 310-320, <https://doi.org/10.2489/jswc.73.3.310>.

10. Tolokonnikov V.V., Kantser G.P., Koshkarova T.S., Plusheva N.M., Kozhukhov I.V., 2018. *Sortovaya otzyvchivost' soi na rezhim orosheniya* [Soya sole response to irrigation]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 3(51), pp. 128-133. (In Russian).

11. Koshkarova T.S., Tolokonnikov V.V., Kantser G.P., Plusheva N.M., 2019. *Vliyanie razlichnykh sortov i rezhimov orosheniya na bioenergeticheskuyu effektivnost' proizvodstva soi* [Influence of different varieties and irrigation regimes on bioenergy efficiency of soybean production]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education], no. 3(55), pp. 192-198. (In Russian).

12. Balakai G.T., Selitsky S.A., 2019. [Soybean varieties yield by sprinkling and drip irrigation in Rostov region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(35), pp. 80-97, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1002> [accessed 15.09.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97. (In Russian).

13. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2021. [Chernozem moisture levels contributing to soil fertility conservation]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, vol. 11, no. 2, pp. 144-157, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1201> [accessed 22.09.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-144-157. (In Russian).

Информация об авторах

Р. Е. Юркова – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;
С. А. Селицкий – старший 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;
S. A. Selitskiy – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;
L. M. Dokuchayeva – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.10.2022; одобрена после рецензирования 27.10.2022; принята к публикации 02.11.2022.

The article was submitted 18.10.2022; approved after reviewing 27.10.2022; accepted for publication 02.11.2022.