

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-28-34>

УДК 633.34:631.67 (470.44)



СЕМЕНОВОДСТВО СОИ НА ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Г. Загоруйко^{1✉}, М.Е. Бельшкينا¹, М.С. Садаев²¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5, Россия²Саратовский государственный университет генетики, биотехнологий и инженерии имени Н.И. Вавилова; 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3, Россия

Аннотация. Рассмотрены основные этапы возделывания сои с использованием орошения в засушливых условиях Левобережья Саратовской области. Цель работы – проанализировать технологию возделывания сои на орошении в засушливых условиях Саратовской области, установить оптимальные периоды и нормы полива. Представлена краткая технологическая схема, включающая в себя подготовку почвы, посев, орошение, уборку и послеуборочную доработку сои. В условиях Левобережья Саратовской области необходимо возделывать сою на семенные цели с использованием районированных сортов, строго в соответствии с агротехнологией и на орошении. Критическими для сои фазами развития по чувствительности к недостатку влаги являются фазы цветения-образования бобов-налива семян, длительность которых составляет 1,5-2 месяца. В этот период влажность почвы в слое 0,5-0,7 м должна быть не ниже 60-65%, наименьшая влагоемкость (НВ) – на легких почвах, 70% НВ – на средних, 75-80% НВ – на тяжелых почвах. При этом необходимо учитывать глубину залегания грунтовых вод, чтобы избежать их смыкания с поливной водой. Суммарная водопотребность с учетом коэффициента использования воды (КИВ) и коэффициента полезного действия оросительной системы (КПД) орошаемых участков составляет для полива сои 296-518 тыс. м³ за поливной период в зависимости от условий влагообеспеченности вегетационного периода. При этом последний полив, проводимый в условиях саратовского Левобережья в августе, должен осуществляться строго с учетом прогнозируемых погодных условий.

Ключевые слова: соя, технология возделывания, орошение, семеноводство

Формат цитирования: Загоруйко М.Г., Бельшкينا М.Е., Садаев М.С. Семеноводство сои на орошении в условиях Левобережья Саратовской области // Природообустройство. 2024. № 2. С. 28-34. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-28-34>

Scientific article

SEED PRODUCTION OF SOYBEANS UNDER IRRIGATION IN THE CONDITIONS OF THE LEFT BANK OF THE SARATOV REGION

M.G. Zagoruiko^{1✉}, M.E. Belyshkina¹, M.S. Sadaev²¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 109428, Moscow, 1st Institute Pas., 5, Russia²Saratov state university of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov; 410012, Saratov, prospect named after Petr Stolypin, bld. 4, constr. 3, Russia

Abstract. The article discusses the main stages of soybean cultivation using irrigation in the arid conditions of the Left Bank of the Saratov region. The purpose of the work is to analyze the technology of soybean cultivation under irrigation in the arid conditions of the Saratov region, to establish optimal irrigation periods and norms. A brief technological scheme is presented, including soil preparation, sowing, irrigation, harvesting and post-harvest refinement of soybeans. In the conditions of the Left Bank of the Saratov region, it is necessary to cultivate soybeans for seed purposes using zoned varieties, strictly in accordance with agro technology and irrigation. Compliance with agro technological techniques allows you to obtain stable soybean yields with minimal application of herbicides and rational use of irrigation water. Depending on the conditions of moisture availability of the growing season, from 3 to 5 watering is carried out with a rate of 450-600 m³ / ha. Watering is usually carried out from mid-June to mid-August. If dry conditions form after germination, the first watering is carried out even earlier – in the phases of formation of 2-3 nodes on the plant. Critical phases of development

for soybeans in terms of sensitivity to lack of moisture are the phases of flowering – bean formation – seed filling, this period lasts the duration of which is 1.5-2 months. During that period, the soil moisture in the 0.5-0.7 m layer should be at least 60-65% the lowest moisture capacity (LC) on light soils, 70% LC on medium and 75-80% LC on heavy soils. At the same time, it is necessary to take into account the depth of groundwater in order to avoid their contact with irrigation water. The total water demand, taking into account the coefficient of water use (CWU) and the efficiency of irrigated areas, is 296-518 thousand for soybean irrigation m^3 per irrigation period, depending on the conditions of moisture availability during the growing season. At the same time, the last watering carried out in the conditions of the Saratov Left Bank in August should be carried out strictly taking into account the predicted weather conditions.

Keywords: soybeans, cultivation technology, irrigation, seed production

Format of citation: Zagoruiko M.G., Belyshkina M.E., Sadaev M.S. Seed production of soybeans under irrigation in the conditions of the Left Bank of the Saratov region // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 2. P. 28-34. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-28-34>

Введение. Соя является уникальным инновационным продуктом, который решает проблему нехватки белка в целом ряде сфер. Помимо пищевого направления, соя активно используется при получении животного белка. Например, при производстве кормов в животноводстве используются шрот, жмых, молоко, зеленый корм, соя экстрадированная. За последние два года мощности по глубокой переработке сои возросли на 2,5 млн т [1]. Повышенный спрос со стороны маслоэкстракционных заводов и животноводов удерживают цены на соевое сырье круглогодично на высоком уровне. Семена сои содержат протеин в количестве 32-40%, витамины группы А, В, D, жиры и углеводы [2].

При высокой стоимости товарной сои, стабильной урожайности и обеспечении высокого качества семян при возделывании культуры на орошении, при условии субсидирования по программам Минсельхоза России, на фоне намечающегося снижения поставок семенного материала особенно актуальным является развитие семеноводства сои на орошении в условиях Левобережья Саратовской области.

В 2023 г. в Саратовской области под соей была занята площадь в 47,1 тыс. га. При этом в области реализуется проект «Международная кооперация и экспорт» в рамках федеральной программы «Экспорт продукции АПК», которая субсидирует затраты на ввод орошаемых земель [3]. В 2023 г. в области было введено 10,6 тыс. га орошаемых земель. Опыт возделывания сои на орошении показывает весомое увеличение урожайности до уровня 2,5-3,5 т/га при средней урожайности по России на уровне 1,5 т/га.

В условиях санкционного давления в настоящее время нарушены поставки семян сои. Согласно материалам аналитического агентства Ruseed импорт семян сои в Российской

Федерации снижен на 25% [4]. По данным агентства, обеспеченность сельскохозяйственных предприятий Дальнего Востока семенами собственного производства составляет около 75%, но в Поволжье данный показатель значительно выше, что говорит об актуальности семеноводства сои на орошении.

Материалы и методы исследований. Полевые исследования проводили на полях УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Вавиловского университета (с. Степное Энгельсского района Саратовской области), УНПК «Агроцентр» Вавиловского университета.

Результаты и их обсуждение. На территории Левобережья Саратовской области ежегодно устанавливается высокая температура, и уже начиная с середины мая для региона характерны частые суховеи и отсутствие влаги в критически важные фазы вегетационного периода растений. Засухи могут носить как локальный (до 30% территории), так и чрезвычайный (до 100% территории) характер распространения [5, 6]. Поддержание запланированной урожайности сои на территории Левобережья Саратовской области может быть обеспечено только с использованием орошения.

В весеннее время необходимо провести работы по боронованию и предпосевной культивации почвы. Боронование, по исследованиям А.Г. Бойко, способствует эффективному сохранению влаги в почве, что в последующем снижает оросительные расходы [7]. Потеря влаги в боронованной почве находится на уровне $15 m^3/га$, что в 3 раза меньше аналогичных потерь без применения данного приема. Дополнительным приемом, используемым для улучшения распределения воды при обработке почвы под орошение, является щелевание. Проводится нарезка щелей на глубину 35-40 см с расстоянием между щелями 1,2-1,5 м.

Применяются щелерезы ЩНБ-5,4, ПБФР-5(Щ) или аналоги.

Одним из важнейших факторов, влияющих на будущую урожайность, является выбор способа посева и нормы высева, который обеспечивает равномерный доступ растений к питательным веществам и влаге [8]. При этом необходимо подбирать оптимальную густоту растений на единицу площади, чтобы не допустить снижения потенциальной урожайности. Формирование густоты растений сои определяется особенностями формирования габитуса растений – в зависимости от того, к какому типу (детерминантному или индетерминантному) они относятся.

В условиях сухостепной зоны были проведены исследования по возделыванию на орошении сортов сои Бара, Соер 4, Самер 1, Самер 3, Арлета и формы Л-009-0077, и урожайность составила 3,2-3,9 т/га (рис. 1) [9]. Ширина междурядий варьировала от 15 до 30 см. В результате исследований было установлено, что ширина междурядий оказала значительное влияние на форму Л-09-0077, сорта Самер 1, Самер 2 и Соер 4, разница достигала 30%. Так, если при междурядье 15 см урожайность формы Л-09-0077 составила 2,3 т/га, то при междурядье 30 см – 3,5 т/га. Сорта Самер 3, Арлета и Бара сформировали практически одинаковую урожайность при обоих вариантах ширины междурядий, которая составила 2,5-3,0 т/га.

Ключевым фактором при выращивании сои в условиях Левобережья Саратовской области является поддержание оптимального водного режима орошением. С помощью данного приема можно независимо от погодных условий управлять основополагающими характеристиками, обеспечивая запланированную урожайность и содержание белка [10]. Для сои являются оптимальными следующие режимы орошения: 70%

НВ – в период от всходов до начала цветения; 80% НВ – в критический период цветения-налива семян с последующим снижением до 70% НВ [11].

Рациональная норма полива сои – от 300 до 550 м³/га. В зависимости от условий влагообеспеченности вегетационного периода проводится от 3 до 5 поливов с нормой 450-600 м³/га. Полив проводится, как правило, с середины июня до середины августа. Если после всходов формируются засушливые условия, первый полив производят еще раньше – в фазы формирования 2-3 узлов на растении. Критическими для сои фазами развития по чувствительности к недостатку влаги являются фазы цветения-образования бобов-налива семян, длительность которых составляет 1,5-2 месяца. В этот период влажность почвы в слое 0,5-0,7 м должна быть не ниже 60-65% НВ на легких почвах, 70% НВ – на средних, 75-80% НВ – на тяжелых почвах. При этом необходимо учитывать глубину залегания грунтовых вод, чтобы избежать их смыкания с поливной водой.

В Саратовском государственном университете генетики, биотехнологий и инженерии имени Н.И. Вавилова создаются экспериментальные полигоны с участками орошения на базе учебно-опытных хозяйств УНПО «Поволжье», УНПО «Муммовское», УНПК «Агроцентр». Структура семеноводческого хозяйства УНПО «Поволжье» приведена на рисунке 2.

Полигон представлен полями общей площадью 5291,11 га с производственными посевами на площади 3725 га и семеноводческими посевами на площади 1214 га. На базе учхоза сформирован мелиоративный участок с двумя круговыми и одной фронтальной машиной.

Эксперименты проводятся преимущественно с соей на орошении с учетом районирования. Три поля общей площадью

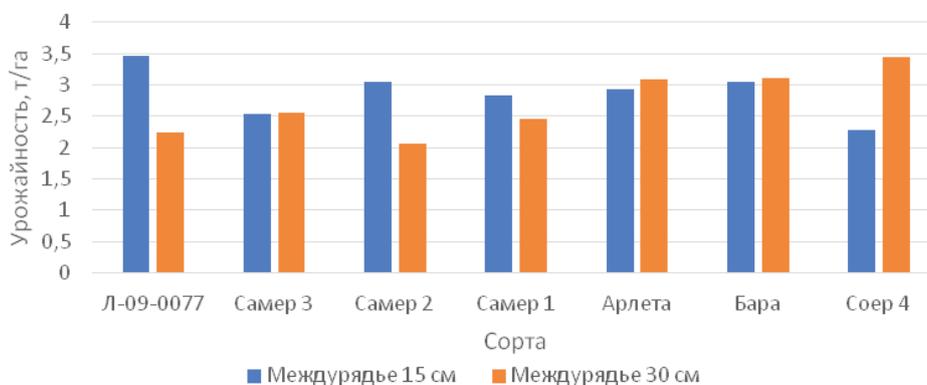


Рис. 1. Урожайность сои на орошении в зависимости от междурядий по исследованиям ученых Вавиловского университета и ВолжНИИГиМ

Fig. 1. Soybean yield under irrigation depending on row spacing according to research by scientists at Vavilov University and VolzhNIIGiM

267,9 га представляют собой орошаемый участок, который находится на хазарской террасе (QII-hz) реки Волги. Поверхность террасы – полого-наклонная с общим уклоном в сторону Волги, величина уклона составляет 0,002-0,003. Грунтовые воды на территории рассматриваемого массива орошения вскрыты на глубине от 3,7 до 16,0 м. Воды пресные гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатно-хлоридные имеют различный катионный состав. Грунты зоны аэрации опробованы в основном до глубины 4,0 м и в большинстве своем характеризуются как незасоленные гидрокарбонатно-хлоридного и гидрокарбонатно-сульфатного типов засоления по всему разрезу. Почвы участка представлены темно-каштановым типом, среднесуглинистые по гранулометрическому составу. Рельеф орошаемого участка спокойный с небольшим уклоном (до 0,005) в юго-восточном направлении, с разностью отметок 0,1-0,6 м. Отметки варьируются от 337,1 м усл. до 337,7 м усл. Микрорельеф слабовыраженный с микровозвышениями и микротапинами в пределах 0,5 м. Источником орошения является существующая Гагаринская оросительная система ФГБУ «Управление Саратовмелиоводхоз».

Эффективно в условиях Левобережья области проводить дифференцированный полив, позволяющий поддерживать разные уровни влажности и глубины увлажняемого слоя в зависимости от развития корневой системы. Период полива (Т) площади (S) рассчитывается по формуле:

$$T = S \cdot m \cdot K / 3,6Q \cdot t \cdot \beta, \quad (1)$$

где S – площадь полива д.м., га; Q – расход д.м., л/с; t – период работы д.м., сут.; K – коэффициент испарения (1, 2); β – коэффициент рабочего времени (0,9).

Полив не должен вызывать неблагоприятные изменения почвы и подъем грунтовых вод. С целью прогнозирования этих процессов производится расчет подъема грунтовых вод по формуле баланса грунтовых вод:

$$1000 \cdot \Delta H_{op} \mu = \pm q + \Pi - Q, \text{ м}, \quad (2)$$

где H_{op} – подъем уровня грунтовых вод, м; 1000 – переводной коэффициент, мм; μ – коэффициент водоотдачи, которые равны отношению количество объема отданной воды к полному количеству, для песков 0,19-0,24, для суглинков 0,1-0,05, для глинистых грунтов менее 0,05; $\pm q$ – водообмен почвенных и грунтовых вод, мм; Π , Q – подземный приток и отток соответственно, мм.

Принимая, что $\Pi = 0$ и $Q = 0$, подъем УГВ рассчитываем по формуле:

$$\Delta H_{op} = (q/\mu) \cdot 10^{-3}. \quad (3)$$

Значение водообмена определяется по формуле Ю.Н. Никольского [15]:

$$q = K_{\phi} \cdot T \cdot (\Theta)^n, \quad (4)$$

где T – расчетный период времени, равный вегетационному периоду (для сои T = 92 сут.); n – параметр, зависящий от типа почвы (для суглинков n = 6,0).

$$\Theta = \frac{W_{opt} - W_0}{ПВ - W_0} \quad (5)$$

где W_{opt} – оптимальная влагоемкость почвы, % объема; для кукурузы $W_{opt} = 18,9$, для сои $W_{opt} = 19,6$; W_0 – максимальная молекулярная влагоемкость, $W_0 = 13$; ПВ – полная влагоемкость, % объема; ПВ = 33.

Мелиоративный полигон УНПО «Поволжье» Вавиловского университета оборудован дождевальными машинами фирмы Lindsay (США) Zimmatic кругового действия, Zimmatic фронтального действия и ДМ «Кубань-ЛК1М» (Каскад) кругового действия [12].



Рис. 2. Структура посева на полигоне УНПО «Поволжье» в 2023 г.

Fig. 2. The structure of sowing at the UNPO «Volga region» landfill in 2023

Суммарная водопотребность с учетом КИВ и КПД орошаемых участков составляет для полива сои 296-518 тыс. м³ за поливной период в зависимости от условий влагообеспеченности вегетационного периода [13]. При этом последний полив, проводимый в условиях саратовского Левобережья в августе, должен осуществляться строго с учетом прогнозируемых погодных условий [14]. В последней фазе созревания сои избыточное увлажнение в сочетании с холодной температурой может привести к растрескиванию семян за счет высокой влажности бобов. Данный фактор способствует снижению урожайности до 15% и выбраковке семенного материала сои при ее сортировке.

Урожайность сортов сои на богаре и поливных участках на базе полигона УНПО «Поволжье» в 2019-2021 гг. представлена на рисунке 3 [15]. Наиболее продуктивным был сорт сои Соер 7 в варианте с орошением, его урожайность составила по годам исследований от 4,6 до 5,0 т/га. Далее следовал сорт Командор в варианте с орошением с урожайностью от 3,0 до 3,5 т/га. Наименьшая урожайность была у сорта Натали, в обоих вариантах составив 1,7-2,2 т/га.

В условиях повышенной влажности в период созревания сои и сохранения ее на уровне 45-47% необходимо провести десикацию. Применяются препараты Торнадо 500 (изопропиламинная соль), Торнадо 540 (калиевая соль), Суховей, Реглон Супер (дикват), Баста (глюфосинат аммония). Оптимальное время проведения обработки – при побурении 70-75% бобов.

Процесс уборки сои производится прямым комбайнированием зерновыми комбайнами с барабанной, роторной или гибридной системами обмолота [16]. Большое значение имеют подбор и настройка жатки, так как при осуществлении уборочных технологических операций на сое более 80% потерь связано с ее работой, что обусловлено высотой крепления нижнего боба, которая составляет 10-12 см. Максимально эффективно производить уборку жаткой типа Flex, так как данная технология уборки зернобобовых культур помогает эффективно в автоматическом режиме регулировать минимальную высоту среза стеблей на неровных поверхностях почвы [17]. Отечественные образцы представлены моделями Ростсельмаш Float Stream 700, ЖЗС-6 Flex, иностранные образцы – CLAAS Convio Flex, John Deere 630 Hydra Flex.

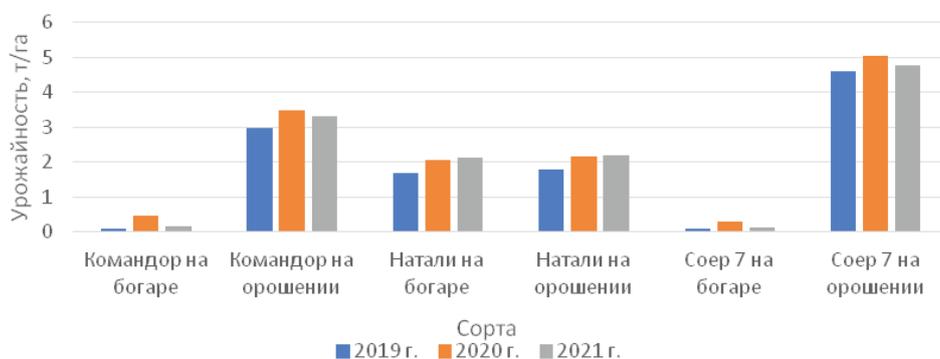


Рис. 3. Урожайность сои на орошении, полученная на полигоне Вавиловского университета в 2019-2021 гг.

Fig. 3. The yield of soybeans under irrigation obtained at the landfill of Vavilov University in 2019-2021

Выводы

В условиях Левобережья Саратовской области необходимо возделывать сою на семенные цели с использованием районированных сортов строго в соответствии с агротехнологией и с применением орошения. Соблюдение агротехнологических приемов позволяет получать стабильную урожайность сои при минимальном внесении гербицидов и рациональном расходовании оросительной воды.

В зависимости от условий влагообеспеченности в течение вегетационного периода производится от 3 до 5 поливов с нормой

450-600 м³/га с середины июня до середины августа. Если после всходов формируются засушливые условия, первый полив производят при сформировавшихся 2-3 узлах на растении. Критическими для сои фазами развития по чувствительности к недостатку влаги являются фазы цветения-образования бобов-налива семян, продолжительность которых составляет 1,5-2 месяца. В этот период влажность почвы в слое 0,5-0,7 м должна быть не ниже 60-65% НВ на легких почвах, 70% НВ – на средних, 75-80% НВ – на тяжелых почвах.

Список использованных источников

1. Бельшкينا М.Е., Гуреева Е.В. Сравнительный анализ биохимического состава сортов сои северного эко-типа и оценка их пригодности для переработки // Аграрная Россия. 2020. № 1. С. 35-39.
2. Ravelombola F., Acuña A., Florez-Palacios L., Wu Ch., Harrison D., deOliveira M., Winter J., DaSilva M., Roberts T., Henry Ch., Grignola F., Shakiba E., Mozzoni L. Impact of delaying irrigation on wilting, seed yield, and other agronomic traits of determinate MG5 soybean // *Agronomy*. 2022. Т. 12, № 5. С. 1115.
3. Министерство сельского хозяйства Саратовской области. [Электронный ресурс]. URL: https://www.minagro.saratov.gov.ru/development/index.php?ELEMENT_ID=12513 (дата обращения: 01.10.2023).
4. Ruseed прогнозирует снижение импорта семян сои на четверть. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/41381-ruseed-prognoziruet-snizheniya-importa-semyan-soi-na-chetvert/?ysclid=Irozwr9qe8280389390> (дата обращения: 16.11.2023).
5. Дорохов А.С., Бельшкينا М.Е. Агроклиматическая характеристика регионов Нечерноземной зоны Российской Федерации и оценка пригодности для возделывания современных раннеспелых сортов сои // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (55). С. 34-39.
6. Иванова Г.Ф., Ливичкая Н.Г., Демакина И.И. Пространственно-временные особенности формирования засух в условиях меняющегося климата Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Науки о Земле». 2016. Т. 16. Вып. 4. С. 200-204.
7. Бойко А.Г. Основные приемы агротехники сои на орошаемых землях предгорий Алатау: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Алма-Ата: Казахстанский научно-исследовательский институт земледелия имени В.Р. Вильямса, 1973. 26 с.
8. Булавинцев Р.А. Эффективность возделывания сои в зависимости от способа сева и нормы высева / Головин С.И., Стебаков В.А., Полохин А.М. и др. // Вестник аграрной науки. 2023. Вып. 1 (100). С. 56-58.
9. Шадских В.А., Кравчук А.В. Возделывание семенных посевов перспективных сортов сои на орошение в сухостепной зоне Поволжья // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 4 (20). С. 5-8.
10. Behtari B., Ghassemi Golezani K., Dabbagh Mohammadi Nasab A., Zehtabe Salmasi S., Toorchi M. Oil and protein response of soybean (*Glycine max* L.) seeds to water deficit // *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2011. № 3. С. 247-255.
11. Шадских В.А. Экологически обоснованные параметры дифференцированных режимов орошения основных сельскохозяйственных культур степной сухостепной зон Поволжья / Кизжаева В.Е., Романова Л.Г., Рассказова О.Л. // Орошаемое земледелие. 2019. № 2. С. 58-61.
12. Задорожный Р.Н., Романов И.В. Повышение эффективности ирригации путем подбора конструкции дождевальных машин // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 4. С. 82-86.
13. 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. 2019. № 3 (35). С. 80-97.

References

1. Belyshkina M.E., Gureeva E.V. Comparative analysis of the biochemical composition of soybean varieties of the northern ecotype and assessment of their suitability for processing // *Agrarian Russia*. 2020. No. 1. P. 35-39.
2. Ravelombola F., Acuña A., Florez-Palacios L., Wu Ch., Harrison D., deOliveira M., Winter J., DaSilva M., Roberts T., Henry Ch., Grignola F., Shakiba E., Mozzoni L. Impact of delaying irrigation on wilting, seed yield, and other agronomic traits of determinate MG5 soybean // *Agronomy*. 2022. Vol. 12. No. 5. P. 1115.
3. The Ministry of Agriculture of the Saratov region. [Electronic resource] – URL: https://www.minagro.saratov.gov.ru/development/index.php?ELEMENT_ID=12513 (date of issue: 01.10.2023)
4. Ruseed predicts a decrease in soybean seed imports by a quarter. [Electronic resource] – URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/41381-ruseed-prognoziruet-snizheniya-importa-semyan-soi-na-chetvert/?ysclid=Irozwr9qe8280389390> (accessed: 11/16/2023)
5. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E. Agro-climatic characteristics of the regions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation and assessment of suitability for cultivation of modern early-ripening soybean varieties // *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021. № 3 (55). P. 34-39.
6. Ivanova G.F., Livitskaya N.G., Demakina I.I. Spatial and temporal features of the formation of droughts in the changing climate of the Saratov region // *Proceedings of the Saratov University A new series. Earth Science Series*. 2016. Vol. 16. Issue 4. P. 200-204.
7. Boyko A.G. Basic techniques of soybean agrotechnics on irrigated lands of the Alatau foothills: Abstract. diss. ... candidate of Agricultural Sciences. Alma-Ata.: Kazakh Scientific Research Institute of Agriculture named after V.R. Williams, 1973. 26 p.
8. Bulavintsev R.A., Golovin S.I., Stebakov V.A., Polokhin A.M., Volzhentsev A.V., Kozlov A.V., Pupavtsev I.E. Efficiency of soybean cultivation depending on the method of sowing and seeding rate // *Bulletin of Agrarian Science*. Issue. 1 (100). 2023. P. 56-58.
9. Shadskikh V.A., Kravchuk A.V. Cultivation of seed crops of promising soybean varieties for irrigation in the dry steppe zone of the Volga region // *Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems*. № 4 (20). 2015. P. 5-8.
10. Behtari B., Ghassemi Golezani K., Dabbagh Mohammadi Nasab A., Zehtabe Salmasi S., Toorchi M. Oil and protein response of soybean (*Glycine max* L.) seeds to water deficit // *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2011. No. 3. P. 247-255.
11. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Romanova L.G., Rasskazova O.L. Environmentally justified parameters of differentiated irrigation regimes of main agricultural cultures of steppe and dry-steppe zone of the Volga region // *Irrigated agriculture*. 2019. № 2. P. 58-61.
12. Zadorozhny R.N., Romanov I.V. Improving irrigation efficiency by selecting the design of sprinkler machines // *Agricultural machines and technologies*. 2023. vol. 17. No. 4. P. 82-86.
13. Balakai G.T., Selitsky S.A. Yield of soybean varieties during irrigation by sprinkling and drip irrigation systems in the Rostov region // *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Melioration*. 2019. № 3 (35). P. 80-97.

14. **Соловьев Д.А.** Результаты создания дождевальной машины «Фрегат», работающей в режимах при низких напорах / Загоруйко М.Г., Елисеев М.С., Колганов Д.А. // *Аграрный научный журнал*. 2017. № 2. С. 67-69.

15. **Кожкарлова Т.С.** Сравнительный анализ раннеспелых сортов сои в условиях юга России / Зейлигер А.М., Зинченко Е.В., Ермолаева О.С. // *Успехи современного естествознания*. 2022. № 6. С. 15-20.

16. **Бельшклина М.Е., Старостин И.А., Загоруйко М.Г.** Пути совершенствования технологии уборки и послеуборочной доработки сои // *Аграрный научный журнал*. 2020. № 8. С. 4-9.

17. **Липкань А.В.** Методика определения потерь зерна за жаткой и молотилкой комбайна при уборке сои / Кувшинов А.А., Усанов В.С., Смолянинова Н.О., Сахаров В.А. // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16, № 1. С. 69-77.

14. **Soloviev D.A.** The results of creating a sprinkler machine «Frigate» operating in modes at low pressures / Zagoruiko M.G., Eliseev M.S., Kolganov D.A. // *Agrarian Scientific Journal*. 2017. No. 2. P. 67-69.

15. **Koshkarova T.S.** Comparative analysis of early-ripening soybean varieties in the conditions of southern Russia / Zeiliger A.M., Zinchenko E.V., Ermolaeva O.S. // *Successes of modern natural science*. No. 6. 2022. P. 15-20.

16. **Belyshkina M.E., Starostin I.A., Zagoruiko M.G.** Ways to improve the technology of harvesting and post-harvest refinement of soybeans // *Agrarian Scientific Journal*. No. 8. 2020. P. 4-9.

17. **Lipkan A.V.**, Methodology for determining grain losses behind the harvester and thresher of a combine harvester during soybean harvesting / Kuvshinov A.A., Usanov V.S., Smolyaninova N.O., Zakharov V.A. // *Agricultural machines and technologies*. T. 16. No 1. 2022. Pp. 69-77.

Об авторах

Михаил Геннадьевич Загоруйко, канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-7826-3773, WoS Resercher ID: AAF-6639-2021, Scopus ID: 57220182022, РИНЦ AuthorID: 323776; zagoruiko.misha2013@yandex.ru

Марина Евгеньевна Бельшклина, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-2876-1031, WoS Resercher ID: AAI-7539-2021, Scopus ID: 57221306773, РИНЦ AuthorID: 675431; vimsoya@yandex.ru

Максим Сергеевич Садаев, аспирант; Msadaev@cofcointernational.com

Author information

Mikhail G. Zagoruiko, CSc (Eng), associate professor, leading researcher; ORCID: 0000-0001-7826-3773, WoS Resercher ID: AAF-6639-2021, Scopus ID: 57220182022, RSCI AuthorID: 323776; zagoruiko.misha2013@yandex.ru

Marina E. Belyshkina, DSc (Agro), leading researcher; ORCID: 0000-0001-7826-3773, WoS Resercher ID: AAF-6639-2021, Scopus ID: 57220182022, RSCI AuthorID: 323776; vimsoya@yandex.ru

Maxim S. Sadaev, post graduate student; Msadaev@cofcointernational.com

Критерии авторства / Authorship criteria

Загоруйко М.Г., Бельшклина М.Е., Садаев М.С. выполнили экспериментальные и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare that there are no conflicts of interests

клад авторов / Contribution of authors

Все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации / All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 30.01.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 14.02.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 14.02.2024

Zagoruiko M.G., Belyshkina M.E., Sadaev M.S. carried out experimental and theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, they have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.