

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 633.15:631.67

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-17-29

Водосберегающие поливы кукурузы на мелиорированных землях Ростовской области

Ирина Владимировна Гурина¹, Николай Васильевич Михеев²,
Константин Георгиевич Гурин³

¹Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

^{2,3}Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹i-gurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480>

²k081266m@yandex.ru

³gurin.knstantin@gmail.com

Аннотация. Цель: на основании полевых исследований разработать водосберегающий режим орошения кукурузы на зерно, гарантирующий получение стабильной продуктивности при дефиците водных ресурсов. **Материалы и методы.** Исследования проводились в Ростовской области по общепринятым методикам. Почва участка – чернозем обыкновенный. По водно-физическим и агрохимическим показателям она пригодна для возделывания культур. Схема опыта включала три варианта: на варианте 1 (контроль) применялся ранее разработанный режим орошения; на вариантах 2 и 3 от начала вегетации до фазы выбрасывания метелки поливные нормы выдавались полностью (как на варианте 1), а затем снижались на 15 и 30 % соответственно. **Результаты.** Предположительный порог влажности почвы в слое 0–60 см поддерживался на уровне 70–75 % наименьшей влагоемкости. Водный режим почвы оказывал влияние на рост и развитие растений. С фазы выбрасывания метелки наблюдались отличия в наступлении фаз вегетации растений. Фаза полной спелости раньше наступала на варианте 3, затем на варианте 2. Наибольший линейный рост в фазе цветения (269 см) был зафиксирован на варианте 1, что на 3,7 и 5,2 % соответственно превышало показатели вариантов 1 и 2. Биологическая урожайность кукурузы на варианте 1 составила 12,9 т/га, что на 10,1 и 16,3 % превышало показатели водосберегающих вариантов. Согласно расчетам экономической эффективности, при снижении норм полива на 15 % возделывание кукурузы на зерно выгодно. **Выводы.** В результате исследований разработан и рекомендован сельскохозяйственному производству водосберегающий режим орошения кукурузы на зерно, предусматривающий девять вегетационных поливов: первый и второй – по 300 куб. м/га каждый, третий – 400 куб. м/га, с четвертого по девятый полив орошение проводится сниженными на 15 % нормами – 425 куб. м/га. Оросительная норма – 3550 куб. м/га.

Ключевые слова: кукуруза на зерно, водосбережение, орошение, водосберегающий режим орошения, поливная норма, оросительная норма

Для цитирования: Гурина И. В., Михеев Н. В., Гурин К. Г. Водосберегающие поливы кукурузы на мелиорированных землях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 3. С. 17–29. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-17-29>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Water-saving irrigation of corn on the reclaimed lands in Rostov region

Irina V. Gurina¹, Nikolay V. Mikheev², Konstantin G. Gurin³

¹Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

^{2,3}Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

¹i-gurina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480>

²k081266m@yandex.ru

³gurin.knstantin@gmail.com

Abstract. Purpose: to develop a water-saving regime for irrigating corn for grain, which guarantees sustainable productivity with a shortage of water resources on the basis of field research. **Materials and methods.** The studies were carried out in Rostov region according to generally accepted methods. The soil of the plot is ordinary chernozem. According to water-physical and agrochemical indicators, it is suitable for crop cultivation. The experiment scheme included three options: in option 1 (control), a previously developed irrigation regime was used; in options 2 and 3, from the beginning of the growing season to the phase of tasselling, irrigation rates were given out completely (as in option 1), and then decreased by 15 and 30 %, respectively. **Results.** The pre-irrigation soil moisture limit in the 0–60 cm layer was maintained at the level of 70–75 % of the minimum water capacity. The soil water regime influenced the plant growth and development. The differences in the onset of plant vegetation phases were observed from the phase of tasselling. The grain firm ripe stage occurred in variant 3 earlier, then in variant 2. The largest linear growth in the flowering phase (269 cm) was recorded in variant 1, which was 3.7 and 5.2 % higher than the indicators of the variants 1 and 2, respectively. The biological yield of corn in option 1 was 12.9 t/ha, which is 10.1 and 16.3 % higher than the water-saving options. According to the calculations of economic efficiency, with a decrease in irrigation rates by 15 %, the cultivation of corn for grain is profitable. **Conclusions.** As a result of the research, a water-saving irrigation regime for corn for grain was developed and recommended for agricultural production, which provides for nine vegetation irrigations: the first and second – 300 cubic meters/ha each, the third – 400 cubic meters/ha, from the fourth to the ninth ones, irrigation is carried out at a rate reduced by 15 % – 425 cubic meters/ha. Irrigation rate is 3550 cubic meters/ha.

Keywords: corn for grain, water saving, irrigation, water-saving irrigation regime, watering rate, irrigation rate

For citation: Gurina I. V., Mikheev N. V., Gurin K. G. Water-saving irrigation of corn on the reclaimed lands in Rostov region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(3):17–29. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-17-29>.

Введение. Орошение – дорогостоящий, но вместе с тем один из наиболее эффективных приемов интенсификации сельскохозяйственного производства [1]. В настоящее время на 20 % орошаемых земель планеты производится более 40 % мировых запасов продовольствия, что позволяет обеспечивать продовольственную безопасность в мире [2, 3]. Следует от-

метить, что в XXI в. во многих регионах наблюдается дефицит доступных для орошения водных ресурсов, это является огромной проблемой мирового орошаемого земледелия. В настоящее время эта проблема затрагивает более 50 % населения земного шара, проживающего в засушливых и полужасушливых регионах [4, 5].

Дефицит воды в орошаемом земледелии является причиной самых больших потерь урожая сельскохозяйственных культур в мире и, по прогнозам, будет только усугубляться [6]. Следует также отметить, что применяемые в сельскохозяйственном производстве режимы орошения разрабатывались в условиях полной обеспеченности ресурсами, в связи с чем оросительные нормы часто были завышены на 15–20 % [7]. В реалиях сегодняшнего дня необходима оптимизация режимов орошения с учетом изменяющихся условий.

В связи с этим повышение эффективности использования водных ресурсов при возделывании сельскохозяйственных культур является актуальной целью современного сельского хозяйства.

Для сокращения объемов оросительной воды при сохранении сельскохозяйственного производства во многих странах применяется дефицитное или водосберегающее орошение. При этом возделываемые сельскохозяйственные культуры сознательно подвергаются водному стрессу, что может привести к некоторому снижению их урожайности по сравнению с условиями неограниченной водообеспеченности [3–5]. Суть этого подхода состоит в экономии затрачиваемых при производстве сельскохозяйственной продукции водных ресурсов за счет оптимизации режимов орошения возделываемых культур. Это позволяет сохранить сельскохозяйственное производство на орошаемых землях, сэкономить водные ресурсы, увеличить эффективность использования оросительной воды, а также улучшить мелиоративное состояние земель [8–10].

Методологической основой может служить закон убывающей до-

ходности (убывающей производительности), согласно которому добавочные вложения ресурса (в данном случае – оросительной воды) выполняются, пока стоимость величины предельной урожайности, полученной от дополнительных вложений ресурса, будет покрывать стоимость последней единицы вкладываемого ресурса. Это позволяет принимать управленческие решения об объемах воды, направляемых на поливы, о приоритетных в плане поливов культурах при составлении графиков водоподачи, а также о распределении сэкономленных объемов оросительной воды для полива других культур орошаемого севооборота [1].

Вышеизложенное предопределило цель работы – провести полевые исследования и разработать водосберегающий режим орошения кукурузы на зерно, гарантирующий получение стабильной продуктивности при дефиците водообеспеченности.

Материалы и методы. Исследования велись на опытном участке в Семикаракорском районе Ростовской области по общепринятым методикам^{1, 2, 3, 4}. Почвенный покров участка – черноземы обыкновенные, которые характеризовались следующими показателями: наименьшая влагоемкость в слое 0,6 м – 27,2 %; плотность сложения в слое 0,6 м – 1,33 г/см³; общая скважность в слое 0–100 см – 50 %; максимальная гигроскопичность – 10,5 %. Содержание питательных веществ в слое 0–40 см было следующим: P₂O₅ – 40,8 мг/кг, K₂O – 483 мг/кг, NO₃ – 10,6 мг/кг. Анализ водной вытяжки показал, что избытка солей в почве не наблюдается, почва пригодна для возделывания сельскохозяйственных культур, в т. ч. и кукурузы.

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2014. 351 с.

²Шевченко П. Д., Ольгаренко Г. В., Иванова Н. А. Практическое руководство по методике проведения опытов на степных агроландшафтах. Новочеркасск, 2001. 114 с.

³Ясониди О. Е., Ясониди Е. О., Ясониди А. О. Лабораторно-полевые исследования при орошении земель: монография. Новочеркасск: Лик, 2015. 102 с.

⁴Плешаков В. Н. Методика полевого опыта в условиях орошения: рекомендации. Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. 149 с.

Посевы поливались дождеванием: круговой дождевальная машиной Valley (рисунок 1).



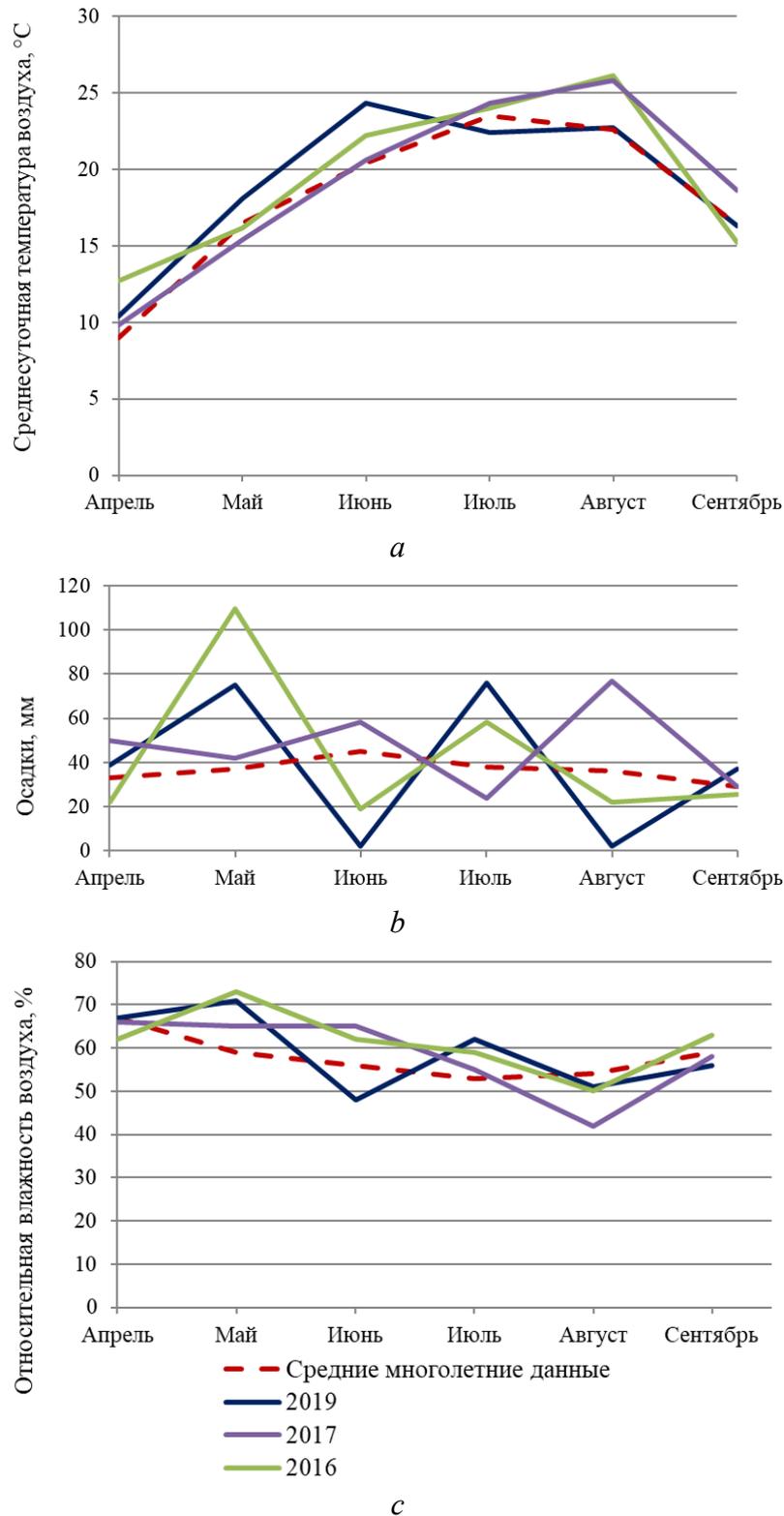
**Рисунок 1 – Опытный участок в ООО «Исток-1», 2019 г.
(автор фото Н. В. Михеев)**

Figure 1 – Experimental plot in Istok-1 LLC, 2019 (photo by N. V. Mikheev)

Грунтовые воды на участке залегали на глубинах более 5–10 м и на изучаемую культуру не влияли.

Схемой полевого опыта было предусмотрено три варианта: на варианте 1 (контроль) применялся режим орошения, разработанный по результатам исследований 2013–2015 гг. [11]; на вариантах 2 и 3 от начала вегетации до фазы выбрасывания метелки поливные нормы выдавались полностью (как на варианте 1), а затем выполнялось снижение норм полива на 15 и 30 % соответственно.

Метеорологические показатели вегетационных периодов 2016, 2017 и 2019 гг. в сравнении со средними многолетними данными приведены на рисунке 2. Также климатические условия вегетационных периодов лет проведения исследований оценивались на основе гидротермического коэффициента (ГТК) (таблица 1).



**Рисунок 2 – Метеорологические показатели лет исследований
 (a – среднесуточная температура воздуха, °C; b – осадки, мм;
 c – относительная влажность воздуха, %)**

**Figure 2 – Meteorological indicators over the years of research
 (a – average daily air temperature, °C; b – precipitation, mm;
 c – relative air humidity, %)**

Таблица 1 – Характеристики лет проведения исследований по гидротермическому коэффициенту

Table 1 – Characteristics of years of research by hydrothermic coefficient

Год	2016	2017	2019
Значения ГТК	0,71	0,84	0,69
Характеристика	засушливый	полузасушливый	засушливый

Анализ выполненных расчетов показал, что периоды вегетации 2016 и 2019 гг. были засушливыми, 2017 г. – полузасушливым.

Исследования включали определение водно-физических свойств почвы, агрохимический анализ почвенных образцов, изучение динамики влажности почвы, фенологические наблюдения за растениями, учет урожая, оценку эффективности возделывания кукурузы на зерно.

Результаты и обсуждение. Назначение поливных норм в наших исследованиях проводилось дифференцированно. Это позволило в среднем за годы исследований экономить от 8 до 22 % оросительной воды.

В результате наблюдений за динамикой влажности почвы на посевах кукурузы было установлено, что в среднем за годы исследований предполивной порог в слое 0–60 см поддерживался на уровне 70–75 % наименьшей влагоемкости.

Складывающийся водный режим почвы на посевах кукурузы влиял на жизнедеятельность растений. За годы исследований была зафиксирована следующая тенденция: начиная с фазы выбрасывания метелки были установлены некоторые отличия в наступлении фаз вегетации растений кукурузы (таблица 2). Фаза полной спелости раньше наблюдалась у растений на варианте 3 со снижением величин поливных норм на 30 %, затем на варианте 2 со снижением норм полива на 15 %. Позже всего данная фаза у растений кукурузы наступала на варианте 1 (контрольном), на котором посевы поливались полными нормами. Уборка проводилась 25.09.

Проводимые наблюдения за ростом и развитием кукурузы (рисунок 3) позволили отметить, что наибольший линейный рост растений изучаемой

культуры был зафиксирован на варианте 1, на котором поливы проводились полными нормами (рисунок 4). В фазе цветения высота растений на контрольном варианте опыта в среднем за 3 года исследований составила 269 см, что на 3,7 и 5,2 % превышало показатели водосберегающих вариантов 2 и 3 со снижением норм полива на 15 и 30 % соответственно.

Таблица 2 – Даты наступления фаз вегетации кукурузы на зерно по вариантам опыта, среднее за 2016, 2017, 2019 гг.

Table 2 – Dates of the onset of the vegetative stages of corn for grain according to the experimental options, average for 2016, 2017, 2019

Фаза вегетации	Вариант опыта		
	1 (контроль)	2	3
Всходы	12.05	12.05	12.05
3-й лист	24.05	24.05	24.05
4–5-й лист	02.06	02.06	02.06
6–7-й лист	09.06	09.06	09.06
8–9-й лист	22.06	22.06	22.06
10–12-й лист	28.06	28.06	28.06
Выбрасывание метелки	12.07	10.07	08.07
Цветение	18.07	16.07	14.07
Молочная спелость	28.07	26.07	24.07
Восковая спелость	17.08	14.08	11.08
Полная спелость	15.09	12.09	10.09
Период вегетации, сут	126	123	121



**Рисунок 3 – Измерение линейного роста кукурузы, 2019 г.
(автор фото К. Г. Гурин)**

**Figure 3 – Measuring the linear growth of corn, 2019
(photo by K. G. Gurin)**

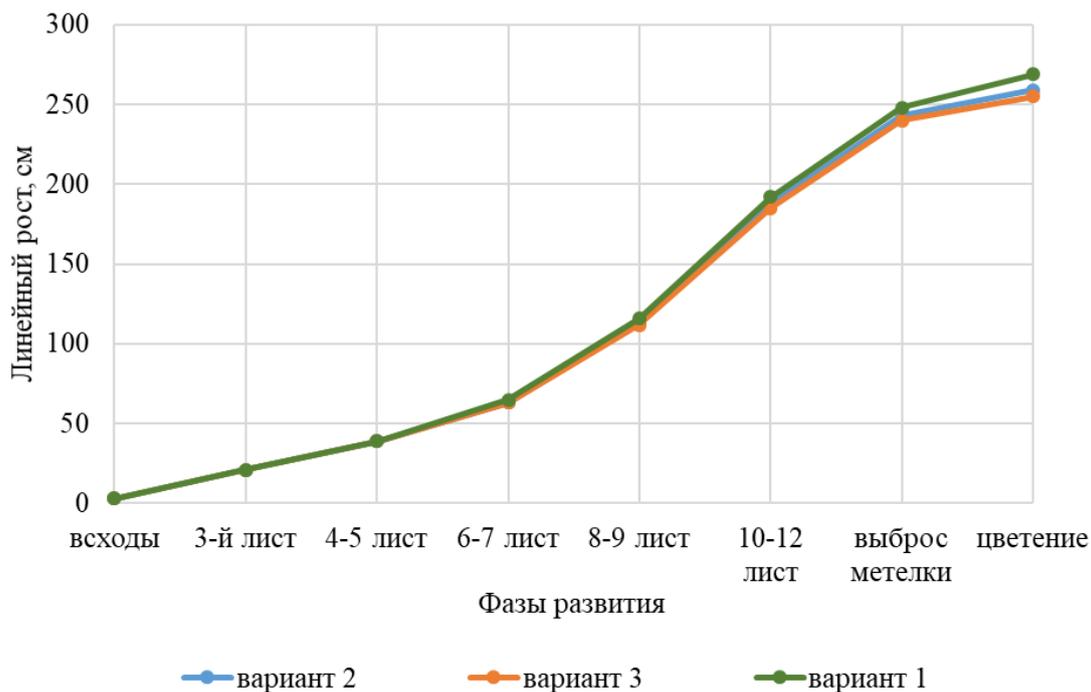


Рисунок 4 – Линейный рост кукурузы по вариантам опыта, среднее за 2016, 2017, 2019 гг.

Figure 4 – Linear growth of corn by experiment options, average for 2016, 2017, 2019

В среднем за 3 года исследований биологическая урожайность кукурузы на контрольном варианте, на котором поливы проводились полными нормами, составила 12,9 т/га. При использовании водосберегающего режима орошения со снижением величин поливных норм на 15 % урожайность зерна уменьшалась на 10,1 % по сравнению с вариантом, на котором поливы проводились полными нормами. Дальнейшее снижение поливных норм до 30 % приводило к недобору 16,3 % урожайности.

Расчеты экономической эффективности позволили установить, что возделывание кукурузы на зерно в условиях дефицита водных ресурсов выгодно. Наилучшие показатели были получены на варианте 2 со снижением величин поливных норм на 15 %. В среднем за годы исследований прибыль на единицу площади составила 72,1 тыс. руб./га, прибыль на единицу оросительной воды – 20,3 руб./м³, рентабельность производства зерна кукурузы в условиях ограниченных водных ресурсов – 373 % (расчеты в

ценах 2019 г.). Расход оросительной воды на создание 1 т зерна кукурузы в среднем составил 306 м³/т.

Результаты проведенных исследований позволили разработать и рекомендовать сельскохозяйственному производству водосберегающий режим орошения кукурузы на зерно со снижением величин поливных норм на 15 % (вариант 2) (таблица 3).

Таблица 3 – Режимы орошения кукурузы на зерно

Table 3 – Irrigation regimes of corn for grain

Номер полива	Дата проведения	Поливная норма, м ³ /га
Вариант 1 (контроль)		
1	30.05	300
2	10.06	300
3	21.06	400
4	29.06	500
5	06.07	500
6	14.07	500
7	25.07	500
8	03.08	500
9	13.08	500
Оросительная норма, м ³ /га	–	4000
Вариант 2		
1	30.05	300
2	10.06	300
3	21.06	400
4	29.06	425
5	06.07	425
6	14.07	425
7	25.07	425
8	03.08	425
9	13.08	425
Оросительная норма, м ³ /га	–	3550
Вариант 3		
1	30.05	300
2	10.06	300
3	21.06	400
4	29.06	350
5	06.07	350
6	14.07	350
7	25.07	350
8	03.08	350
9	13.08	350
Оросительная норма, м ³ /га	–	3100

Выводы. Исследованиями, проведенными на мелиорированных землях Ростовской области, установлено, что в условиях дефицита водных ресурсов возделывание кукурузы на зерно экономически эффективно. Сокращение подаваемых поливных норм на 15 % с четвертого по девятый полив (с фазы 10–12-го листа и до начала созревания) позволяет экономить оросительную воду, при этом падение урожайности составляет 10,1 % при урожайности на контроле 12,9 т/га.

На основании проведенных полевых исследований сельскохозяйственному производству рекомендован водосберегающий режим орошения кукурузы на зерно, который предусматривает проведение девяти вегетационных поливов следующими нормами: первый и второй – по 300 м³/га каждый, третий – 400 м³/га. С четвертого по девятый полив орошение следует проводить сниженными на 15 % поливными нормами, равными 425 м³/га. Оросительная норма кукурузы на зерно составляет 3550 м³/га. Расход оросительной воды на создание 1 т зерна кукурузы в среднем составил 306 м³/т.

Список источников

1. Михеев П. А., Гурина И. В. Экономия водных ресурсов при орошении сельскохозяйственных культур // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения: сб. науч. тр.: посвящается Году экологии в России и 50-летию Ин-та вод. проблем РАН / ИВП РАН, РосИНИВХЦ. Новочеркасск: Лик, 2017. С. 586–590.
2. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021 / FAO. Rome, 2021. 368 p. <https://doi.org/10.4060/cb4477en>.
3. Water productivity under strategic growth stage-based deficit irrigation in maize / L. H. Comas, T. J. Trout, K. C. DeJonge, H. Zhang, S. M. Gleason // Agricultural Water Management. 2019, Febr. Vol. 212. P. 433–440. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.015>.
4. Implementing sustainable irrigation in water-scarce regions under the impact of climate change / G. Nikolaou, D. Neocleous, A. Christou, E. Kitta, N. Katsoulas // Agronomy. 2020. Vol. 10, iss. 8. 1120. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081120>.
5. Improving the water-use efficiency and the agricultural productivity: An application case in a modernized semiarid region in North-Central Mexico / J. González-Trinidad, H. E. Júnez-Ferreira, C. Bautista-Capetillo, L. Á. Dávila, C. O. Robles Rovelo // Sustainability. 2020. Vol. 12, iss. 19. 8122. <https://doi.org/10.3390/su12198122>.
6. The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water / UNESCO. 2021. 206 p.
7. Повышение эффективности использования оросительной воды природно-техническими системами в сельскохозяйственном производстве / В. Л. Бондаренко,

Н. А. Иванова, А. В. Кувалкин, Г. Л. Лобанов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2015. № 3(19). С. 171–186. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=817> (дата обращения: 01.07.2023).

8. Инновационные технологии орошения овощных культур / А. Ю. Федосов, А. М. Меньших, М. И. Иванова, А. А. Рубцов. М.: Ким Л. А., 2021. 306 с.

9. Троицкая М. С., Гурина И. В. Водосберегающий режим орошения кукурузы на зерно при поливах зарубежной дождевальной техникой // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 3(71). С. 52–56.

10. Новикова И. В., Сенчуков Г. А., Лунева Е. Н. Оросительные нормы сельскохозяйственных культур при хозяйственно-экономических и экологических ограничениях // Орошаемое земледелие. 2015. № 3. С. 17–18.

11. Gurina I. V., Mikheev N. V., Shchirenko A. I. Science-based regimes of corn irrigation for grain in the reclaimed lands of Rostov region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 341. 012108. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012108.

References

1. Mikheev P.A., Gurina I.V., 2017. *Ekonomiya vodnykh resursov pri oroshenii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Saving water resources during the irrigation of agricultural crops]. *Vodnye resursy: novye vyzovy i puti resheniya: sb. nauch. trudov: posvyashchaetsya Godu ekologii v Rossii i 50-letiyu Instituta vodnykh problem RAN* [Water Resources: New Challenges and Solutions: collect. of scientific papers, dedicated to the Year of Ecology in Russia and the 50th anniversary of the Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences]. Novocherkassk, Lik Publ., pp. 586-590. (In Russian).

2. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021. FAO, Rome, 2021, 368 p., <https://doi.org/10.4060/cb4477en>.

3. Comas L.H., Trout T.J., DeJonge K.C., Zhang H., Gleason S.M., 2019. Water productivity under strategic growth stage-based deficit irrigation in maize. *Agricultural Water Management*, Febr., vol. 212, pp. 433-440, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.015>.

4. Nikolaou G., Neocleous D., Christou A., Kitta E., Katsoulas N., 2020. Implementing sustainable irrigation in water-scarce regions under the impact of climate change. *Agronomy*, vol. 10, iss. 8, 1120, <https://doi.org/10.3390/agronomy10081120>.

5. González-Trinidad J., Júnez-Ferreira H.E., Bautista-Capetillo C., Dávila L.Á., Robles Roveló C.O., 2020. Improving the water-use efficiency and the agricultural productivity: An application case in a modernized semiarid region in North-Central Mexico. *Sustainability*, vol. 12, iss. 19, 8122, <https://doi.org/10.3390/su12198122>.

6. The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water. UNESCO, 2021, 206 p.

7. Bondarenko V.L., Ivanova N.A., Kuvalkin A.V., Lobanov G.L., 2015. [Increasing the efficiency of irrigation water use by natural and technical systems in agricultural production]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(19), pp. 171-186, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=817> [accessed 01.07.2023]. (In Russian).

8. Fedosov A.Yu., Men'shikh A.M., Ivanova M.I., Rubtsov A.A., 2021. *Innovatsionnye tekhnologii orosheniya ovoshchnykh kul'tur* [Innovative Technologies for Vegetable Crops Irrigation]. Moscow, Kim L.A. Publ., 306 p. (In Russian).

9. Troitskaya M.S., Gurina I.V., 2018. *Vodosberegayushchiy rezhim orosheniya kukuрузы na zerno pri polivakh zarubezhnoy dozhdeval'noy tekhnikoy* [Water-saving irrigation modes of corn for grain when irrigated with foreign sprinklers]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(71), pp. 52-56. (In Russian).

10. Novikova I.V., Senchukov G.A., Luneva E.N., 2015. *Orositel'nye normy sel'sko-*

khozyaystvennykh kul'tur pri khozyaystvenno-ekonomicheskikh i ekologicheskikh ograni-cheniyakh [Irrigation rates of agricultural crops under economic and environmental re-strictions]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 3, pp. 17-18. (In Russian).

11. Gurina I.V., Mikheev N.V., Shchirenko A.I., 2019. Science-based regimes of corn irrigation for grain in the reclaimed lands of Rostov region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 341, 012108, DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012108.

Информация об авторах

И. В. Гурина – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
Н. В. Михеев – профессор кафедры мелиорации земель, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
К. Г. Гурин – заведующий кафедрой водоснабжения и использования водных ресурсов, кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

I. V. Gurina – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;
N. V. Mikheev – Professor of the Department of Land Reclamation, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
K. G. Gurin – Head of the Department of Water Supply and Use of Water Resources, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

*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 06.07.2023; одобрена после рецензирования 03.08.2023;
принята к публикации 10.08.2023.*

*The article was submitted 06.07.2023; approved after reviewing 03.08.2023; accepted for
publication 10.08.2023.*