СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-02

INFLUENCE OF WATER AND FOOD REGIMES ON RICE AGROCENOSIS DURING DRIP IRRIGATION IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE VOLGA UPLAND

I. P. Kruzhilin, M. A. Ganiev, K. A. Rodin, A. B. Nevezhina, E. S. Vorontsova

Federal State Budget Science Center

«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture»

Received 10.03.2020

Submitted 15.08.2020

Abstract

Introduction. Rice is the most water-consuming crop, hence the problem of reducing available water resources on a global scale, and as a result, there is a shortage of irrigation water in the agricultural production industry and other needs. In our country, this affected the Krasnodar territory, the Rostov region, in others - the countries of South-East Asia, Spain, Italy, etc. This actualized the need to develop water-saving methods that reduce rice water consumption. One of the ways to solve this problem is seen in the development and development of less water-consuming technology for rice irrigation, irrigation through certain periods when there is a decrease in soil moisture to a certain pre-irrigation threshold. **Object.** The object of research was an early-maturing variety of rice Volgograd. The norms of the variety's reaction to water and food regimes of the soil were studied. The purpose of the research was to justify the possibility of cultivating periodically watered rice on drip irrigation systems, differentiated by interphase periods of the water regime of the soil and ensuring its regulation of irrigation, doses of fertilizers that contribute to the planned yield. **Materials and methods.** The research was conducted at the experimental site of the Federal State Budget Science Center «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture». According to the first factor, the water regime of the soil: 1) during the growing season of rice, the humidity of the active soil layer of 0.6 m was maintained by 100-80% MWHC; 2) before the end of tillering of rice by option 1 in the layer 0.4 m from the beginning of tubing layer of drenching increased to 0.6 m; 3) water regime under option 2 until the beginning of wax ripeness of grain, and after a decrease in pre-irrigation moisture up to 100-70% HB. In the second factor, 3 doses of fertilizers were used: to obtain a yield of 5 t/ha of grain ($N_{109} P_{62} K_{75}$); 6 t/ha ($N_{131} P_{74} K_{90}$) and 7 t/ha ($N_{157} P_{90} K_{108}$). The research was accompanied by observations, accounting and measurements performed in compliance with the requirements of experimental techniques (B.A. Dospekhov, 1985; V.N. Pleshakov, 1983). Water-physical and agrophysical properties of the soil were determined by A. N. Kachinsky (1956) and A.A. Rode (1969), total water consumption - A.N. Kostyakov (1960), irrigation norms for drip irrigation - A.N. Kostyakov modified by I.P. Kruzhilin and others (2003). **Results and conclusions.** The most biologized water regime was formed when maintaining soil moisture in a layer of 0.4 m 100-80% HB from sowing to the end of tillering, and with the onset of tubulation, its increase to 0.6 m. If the average daily water consumption of plants decreases at the beginning of grain waxing, the threshold of soil moisture can be reduced from 100-80 to 100-70% MWHC. Provided such a water regime of soil in different weather conditions years of holding 13 or 16 irrigation, including from 2 to 5 was the norm of 250 m³/ha, 8-10 irrigations with norm of 370 m³/ha and irrigation norm 1 550 m³/ha. The average irrigation rate for 3 years was 4920 m³/ha, and the water consumption for irrigation of 1 ton of grain was 950 m³. This is by the first indicator 437 m³/ha less than the second option and approximately equal to the first. According to the second indicator, in the third variant of the water regime, the cost of irrigation water for obtaining 1 ton of grain was 50 m³ lower than the first and second, which contributes to saving irrigation water at least 250 m³/ha. The minimum yield, on average for 3 years 4.88 t / ha of grain, was obtained in the water regime option number one with the introduction of $N_{109} P_{62} K_{75}$ (5.0 t/ha). Maximum, 6.95 t/ha, in option number three when making $N_{157} P_{90} K_{108}$ (7.0 t/ha). The cost of irrigation water for the formation of 1 ton of grain with a yield close to 5 t/ha was 959-1011 m³, at 6 t/ha they decreased to 805-860 m³, 7 t/ha –

716-771 m³. Drip irrigation of rice is characterized by an effective reduction in irrigation water costs compared to the traditional method of cultivation in the Russian Federation, when the field is flooded with a layer of water in 3-5 or more times, sprinkling by 15-20%, the profitability of cultivation of this crop at different levels of productivity varied within 45-90 %.

Key words: *rice, water regime, drip irrigation, water consumption, mineral fertilizers, productivity.*

Citation. Kruzhilin I. P., Ganiev M. A., Rodin K. A., Nevezhina B. A., Vorontsova E. S. Irrigation of rice during drip irrigation in the conditions of the southern slope of the Volga upland. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(59). 25-34 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-02.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674.6:633.18

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО И ПИЩЕВОГО РЕЖИМОВ НА РИСОВЫЙ АГРОЦЕНОЗ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО СКЛОНА ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

И. П. Кружилин, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

М. А. Ганиев, кандидат технических наук

К. А. Родин, кандидат сельскохозяйственных наук

А. Б. Невежина, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. С. Воронцова

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»,
г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.03.2020

Дата принятия к печати 15.08.2020

Актуальность. Рис – самая водопотребляющая культура, отсюда возникает проблема сокращения имеющихся водных ресурсов в глобальном масштабе и, как следствие, дефицит оросительной воды в сельскохозяйственной производственной отрасли. В нашей стране это коснулось Краснодарского края, Ростовской области, в других – стран Юго-Восточной Азии, Испании, Италии и др. Это актуализировало необходимость разработки водосберегающих методов, снижающих водопотребление риса. Одним из путей решения этой проблемы является разработка и освоение менее водотребовательной технологии орошения риса, проведение поливов через определённые периоды, когда происходит снижение влажности почвы до определённого предполивного порога. **Объект.** Объектом исследований был раннеспелый сорт риса Волгоградский. Изучались нормы реакции сорта на водные и пищевые режимы почвы. Целью исследований было обоснование возможности возделывания периодически поливаемого риса на системах капельного орошения, дифференцированного по межфазным периодам водного режима почвы и обеспечивающих его регламент поливов, доз внесения удобрений, способствующих получению планируемой урожайности. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке ВНИИОЗ. По первому фактору, водный режим почвы: 1) в период вегетации риса влажность активного слоя почвы 0,6 м поддерживалась 100-80 % НВ; 2) до конца кущения риса по варианту номер 1 в слое 0,4 м с начала трубкования слой промачивания увеличивался до 0,6 м; 3) водный режим по варианту 2 до начала восковой зрелости зерна, а после с снижением предполивной влажности до 100-70 % НВ. Во втором факторе были использованы 3 дозы удобрений: на получение урожайности 5 т/га зерна (N₁₀₉ P₆₂ K₇₅); 6 (N₁₃₁ P₇₄ K₉₀) и 7 т/га (N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈). Исследования сопровождались наблюдениями, учёт и измерениями, выполненными при соблюдении требований методик опытного дела (Доспехов Б. А., 1985; Плешаков В. Н., 1983). Водно-физические и агрофизические свойства почвы определялись по А. Н. Качинскому (1956) и А. А.

Роде (1969), суммарное водопотребление – А. Н. Костякову (1960), поливные нормы при капельном орошении – А. Н. Костякову в модификации И. П. Кружилина и др. (2003). **Результаты и выводы.** Наиболее биологизированный водный режим сложился при поддержании почвенной влаги в слое 0,4 м 100-80 % НВ от посева до конца кущения, а с наступлением трубкования – увеличением его до 0,6 м. При снижении среднего за сутки потребления воды растениями в начале восковой зрелости зерна порог почвенной влажности можно снизить с 100-80 до 100-70 % НВ. Обеспечивался такой водный режим почвы в разные по погодным условиям годы проведением 13 или 16 поливов, в числе которых от 2 до 5 были нормой 250 м³/га, 8-10 поливов нормой 370 м³/га и 1 полив нормой 550 м³/га. Оросительная норма при этом в среднем за 3 года составила 4920 м³/га, а затраты воды на орошение 1 т зерна – 950 м³. Это по первому показателю на 437 м³/га меньше по сравнению со вторым вариантом и примерно равновелико с первым. По второму показателю в третьем варианте водного режима затраты оросительной воды на получение 1 т зерна, сложились на 50 м³ ниже первого и второго, что способствует экономии оросительной воды не менее 250 м³/га. Минимальная урожайность, в среднем за 3 года 4,88 т/га зерна, была получена в варианте водного режима номер один при внесении N₁₀₉ P₆₂ K₇₅ (5,0 т/га). Максимальная – 6,95 т/га – в варианте под номером три при внесении N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈ (7,0 т/га). Затраты оросительной воды на образование 1 т зерна при урожайности, близкой к 5 т/га, составляли 959-1011 м³, при 6 т/га они снижались до 805-860 м³, 7 т/га – 716-771 м³. Капельное орошение риса характеризуется эффективным снижением затрат оросительной воды по сравнению с традиционным способом возделывания в Российской Федерации, когда поле затапливается слоем воды в 3-5 и более раз, дождеванием – на 15-20 %, рентабельность культивирования этой культуры при разных уровнях урожайности изменялась в пределах 45-90 %.

Ключевые слова: *капельное орошение риса, водопотребление риса, минеральные удобрения, урожайность риса, рентабельность возделывания риса.*

Цитирование. Кружилин И. П., Ганиев М. А., Родин К. А., Невежина А. Б., Воронцова Е. С. Влияние водного и пищевого режимов на рисовый агроценоз при капельном орошении в условиях южного склона Приволжской возвышенности. *Известия НВ АУК.* 2020. 3(59). 25-34. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-02.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Рис – одна из самых важных зерновых культур. Несмотря на значительное производство во всём мире, он является самой водопотребляющей культурой. В большей части рис культивируют на затапливаемых слоем воды полях, оросительная норма при этом колеблется от 15 до 20 тыс. м³/га и более [1, 2, 3-6, 10]. И это при том что потребность рисового агроценоза в воде на эвапотранспирацию, т.е. испарение с водной и почвенной поверхности, изменяется в пределах 6-8 тыс. м³/га [3-6, 10].

В большинстве рисоводческих зон в связи с большими затратами воды на орошение возникает проблема сокращения имеющихся водных ресурсов в глобальном масштабе и, как следствие, дефицит оросительной воды в сельскохозяйственной производственной отрасли [7, 12]. В нашей стране это коснулось Краснодарского края, Ростовской области, других в регионах – стран Юго-Восточной Азии, Испании, Италии и др. Это актуализировало необходимость разработки водосберегающих методов, снижающих водопотребление риса [9, 11].

Вопросами научного обоснования орошения риса периодическими поливами Всероссийский НИИ орошаемого земледелия занимается с 1999 г. Основываясь на результатах исследований в ранние годы (Витте П. А., 1930; Абраменко В. Г., Багров М. Н., 1957; Величко Е. Б., Шумакова К. П., 1972; Ганиев М. А., Жезмер В. Б., 1995), одним из направлений исследований было выведение новых, так называемых аэробных

сортов, способных произрастать без создания слоя воды на поле [8]. Одновременно с этим решались вопросы оценки норм реакции периодически поливаемого риса на водный режим почвы, дозы удобрений, сочетание управляемых факторов роста и развития для получения различных уровней урожайности, при различных способах полива в разные по условиям увлажнения годы. Анализ результатов исследователей (Кружилин И. П., Ганиев М. А., Родин К. А., Любушкин С. Н., 1999-2013), которые занимались орошением риса поверхностным поливом по полосам и бороздам, дождеванием, показывает, что получить на посевах периодически поливаемого риса урожайность на уровне 4-6 т/га зерна возможно при экономии оросительной воды в 3-5 раз по сравнению с постоянным поддержанием слоем воды на поле.

Материалы и методы. На опытном участке ФГБНУ ВНИИОЗ почвы светло-каштановые тяжелосуглинистые, содержание гумуса 1,6-1,8 %, азота – низкое, подвижного фосфора – среднее, обменного калия – повышенное. Наименьшая влагоёмкость почвы для расчётных слоёв 0,0-0,4 и 0,0-0,6 м составляет 24,9 и 23,8 % массы сухой почвы, плотность почвы – соответственно 1,27 и 1,29 т/м³.

Исследования проводились в 2013-2015 гг. на посевах риса сорта Волгоградский (патент № 2681). Посев осуществляли в третьей декаде апреля и первой декаде при прогревании почвы до 14 °С с помощью сеялки СН-16. Полив производился путем капельной системы «Netafim». Расстояние между капельными линиями составляло 0,6 м, между капельницами – 0,4 м, расход воды – 2,2 л/час.

Во время проведения исследования суммарное количество среднесуточной температуры воздуха с апреля по сентябрь составило в 2013 г. 3605,7 °С; в 2014 г. – 3637,3 °С и в 2015 г. – 3574,7 °С, а сумма атмосферных осадков – соответственно 306,9 мм; 104,9 мм и 235,4 мм. Таким образом, период вегетации в 2013 г. по уровню обеспеченности осадками оценивается как влажный, в 2014 г. – среднесухой, в 2015 г. – средневлажный.

Схема опыта включала в себя два фактора, первым из которых являлись три варианта водного режима почвы: 1) в период вегетации риса влажность активного слоя почвы 0,6 м поддерживалась 100-80 % НВ; 2) до конца кущения риса по варианту 1 в слое 0,4 м с начала трубкования слой промачивания увеличивался до 0,6 м; 3) водный режим по варианту 2 до начала восковой зрелости зерна с последующим снижением предполивной влажности до 100-70 % НВ. Второй фактор заключался в использовании трех вариантов доз внесения удобрений: на получение урожайности 5 т/га зерна (N₁₀₉ P₆₂ K₇₅); 6 (N₁₃₁ P₇₄ K₉₀) и 7 т/га (N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈).

Данное исследование проводилось в соответствии со стандартными методиками полевого опыта (Плешаков В.Н., 1983; Доспехов Б.А., 1985 и др.) в трехкратной повторности и закладывалось при одноярусном систематическом расположении вариантов по режимам орошения и рандомизированно по дозам внесения удобрений.

Результаты и обсуждение. Обработка результатов исследований показала, что для поддержания первого водного режима почвы, по годам 2013, 2014 и 2015 г., нужно 12, 15 и 13 поливов каждый нормой 370 м³/га, при общей норме 4440, 5550 и 4610 м³/га.

Во втором варианте количество поливов нормой 370 м³/га снизилось до 10, 13 и 13, но прибавилось по 4, 5 и 2 поливов каждый нормой 250 м³/га.

В варианте номер три количество поливов нормой 250 м³/га было таким же, как и во втором, а вот нормой 370 м³/га – снизилось до 8, 10 и 10. Но в период межфазья воскового-полного формирования зерна был проведен 1 полив нормой 550 м³/га.

В среднем за 2013-2015 гг. максимальная урожайность 6,95 т/га зерна была получена в варианте номер два водного режима при внесении N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈ (рисунок 1).

Минимальная урожайность в среднем за 3 года 4,88 т/га зерна была получена в варианте номер один водного режима с внесением удобрений N₁₀₉ P₆₂ K₇₅ (5,0 т/га). В варианте водного режима под номером три урожайность риса при сравнении с вариантом под номером два снизилась на 80 кг/га, но была больше по сравнению с вариантом водного режима под номером один на 230 кг/га.

Необходимо обратить внимание на то, что урожайность 5 и 6 т/га зерна сформировалась при 1, 2 и 3 водных режимах при внесении N₁₀₉ P₆₂ K₇₅ и N₁₃₁ P₇₄ K₉₀. Урожайность 7 т/га зерна была сформирована в этих же водных режимах, но внесение удобрений увеличилось до N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈. Однако минимальные отклонения от планируемой урожайности риса получены во втором и третьем вариантах водного режима (таблица 2).

Представленная информация в таблице 2 указывает на то, что при почвенной влажности 100-80 % НВ второй водный режим до окончания кущения в слое 0,4 м и снижением его до 0,6 м с началом трубкования риса, затраты поданной на поле воды на единицу формируемого урожая были самыми высокими. Менее водотребовательный по затратам оросительной воды был третий вариант водного режима, где почвенная влажность держалась по второму варианту до начала восковой зрелости зерна, а после снижалась до 100-70 % НВ.

НСР₀₅: 2013 г. – 0,2563; 2014 г. – 0,1424; 2015 г. – 0,1767
NSR₀₅: 2013 - 0.2563; 2014 - 0.1424; 2015 - 0.1767

Рисунок 1 – Влияние антропогенно-регулируемых факторов на урожайность риса, т/га

Figure 1 – Influence of anthropogenic-regulated factors on rice yield, t/ha

Таблица 2 – Сочетание управляемых факторов для получения планируемой урожайности риса (среднее за 2013-2015 гг.)

Table 2 – A combination of controlled factors for obtaining the planned rice yield (average for 2013-2015)

Урожайность, т/га / Yield, t/ha		Отклонение от планируемой, % / Deviation from planned, %	Сочетание факторов / Combination of factors		Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha	Затраты оросительной воды, м ³ /т / The cost of irrigation wa-
планируемая / planned	фактическая / actual		предполивная влажность почвы, % НВ / pre-irrigation soil mois-	дозы минеральных удобрений, кг д.в./га / doses of mineral fertilizers,		

			ture, % MWHC	kg d. V./ha		ter, m ³ /t
5,00	4,88	-2,4	80, h = 0,6 м	N ₁₀₉ P ₆₂ K ₇₅	4933	1011
	5,29	+5,8	80, h = 0,4 и 0,6 м		5357	1013
	5,13	+2,6	80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м		4920	959
6,00	5,70	-3,0	80, h = 0,6 м	N ₁₃₁ P ₇₄ K ₉₀	4933	854
	6,23	+3,8	80, h = 0,4 и 0,6 м		5357	860
	6,11	+1,83	80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м		4920	805
7,00	6,64	-5,1	80, h = 0,6 м	N ₁₅₇ P ₉₀ K ₁₀₈	4933	743
	6,95	-0,71	80, h = 0,4 и 0,6 м		5357	771
	6,87	-1,86	80 и 70, h = 0,4 и 0,6 м		4920	716

Обеспечивался такой водный режим почвы в разные по погодным условиям годы проведением 13 или 16 поливов, в числе которых от 2 до 5 были нормой 250 м³/га, 8-10 поливов – нормой 370 м³/га и 1 полив – нормой 550 м³/га. Оросительная норма при этом в среднем за 3 года составила 4920 м³/га, а затраты воды на орошение 1 т зерна – 950 м³. Это по первому показателю на 437 м³/га меньше по сравнению со вторым вариантом и примерно равновелико с первым. По второму показателю в третьем варианте водного режима затраты оросительной воды на получение 1 т зерна, сложились на 50 м³ ниже первого и второго, что способствует экономии оросительной воды не менее 250 м³/га.

Эффективность капельного орошения риса характеризуется уменьшением количества затраченной на орошение воды в 3-5 и более раз по сравнению с традиционным в Российской Федерации затоплением чеков слоем воды, на 15-20 % по сравнению с дождеванием. Рентабельность возделывания данной культуры в зависимости от уровня урожайности изменяется в пределах 45-90 %.

Выводы. При подведении научных результатов исследований можно утверждать, что культивирование риса на системах капельного орошения связано со снижением подаваемой на поле оросительной воды и высокой рентабельностью. Дальнейшее его культивирование по менее водотребовательной технологии связано с увеличением сортов толерантных к отсутствию слоя воды на поверхности почвы, также по возможности посевы риса распределять на очищенных от сорных растений полях, при необходимости вносить химические средства защиты культурных растений от сорняков, сочетать оптимальный водный режим почвы с дозами внесения удобрений, рассчитанных на получение планируемой урожайности.

Согласно проведенному исследованию, самым рациональным вариантом стал водный режим с поддержанием в почвенном слое 0,4 м влажности на уровне 100-80 % НВ с последующим его увеличением при наступлении трубкования до 0,6 м. При уменьшении среднего за сутки потребления воды растениями в начале восковой зрелости зерна порог почвенной влажности можно снизить с 100-80 % НВ до 100-70 % НВ.

Для поддержания данной схемы водного режима почвы на системах капельного орошения в разные по сумме и распределению осадков годы в условиях Нижнего Поволжья требуется проведение 13-16 поливов: поливной нормой 250 м³/га – 2-5 поливов; 370 м³/га – 8-10 поливов и 550 м³/га – 1 полив. Доза удобрений N₁₀₉ P₆₂ K₇₅ совместно с приведенным выше водным режимом почвы способствует получению

урожайности риса на уровне 5,0 т/га с превышением в среднем за три года на 2,6%; на фоне N₁₃₁ P₇₄ K₉₀ – 6,0 т/га с превышением на 1,8% и N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈ – 7 т/га с недобором до планируемого уровня на 1,9 %.

Эффективность капельного орошения риса характеризуется уменьшением количества затраченной на орошение воды в 3-5 и более раз по сравнению с традиционным в Российской Федерации затоплением чеков слоем воды, на 15-20 % – по сравнению с дождеванием. Рентабельность возделывания данной культуры в зависимости от уровня урожайности изменяется в пределах 45-90 %.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Докучаева Л. М. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водопотребления с рисовых оросительных систем // Научный журнал: Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3(31). С. 1-22. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-1-22.
2. Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Шабанов Р. М. Технология возделывания риса на мелиоративных системах общего назначения при орошении дождеванием // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 20-29.
3. Водный режим почвы и дозы макроудобрений при возделывании риса на системах капельного орошения / И. П. Кружилин, М. А. Ганиев, К. А. Родин, Н. Н. Дубенок, Н. М. Абду // Научно-теоретический журнал: Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 12-15.
4. ИONOBA Л. П., АРыКБАЕВ Р. К. Агробиологические и экономические аспекты выращивания Российских и Иранских сортов риса рассадным способом при прерывистом орошении в условиях дельты Волги // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 3. С. 43-56.
5. Менее водозатратная и экологически предпочтительная технология орошения риса периодическими поливами / И. П. Кружилин, М. А. Ганиев, К. А. Родин, Н. В. Кузнецова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 49-55. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-4.
6. Сочетание природных и антропогенно-регулируемых условий для получения различной урожайности риса с использованием систем капельного орошения / И. П. Кружилин, Н. Н. Дубенок, М. А. Ганиев, В. В. Мелихов, Н. М. Абду, К. А. Родин // Научно-теоретический журнал: Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 41-44.
7. Agronomic growth performance of super rice under water-saving irrigation methods with different water-controlled thresholds in different growth stages / C. Zheng, Z. Zhang, S. Hao, Y. Pan, Z. Wang // Agronomy. 2020. V. 10. I. 2. P. 239. DOI: 10.3390/agronomy10020239.
8. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice / T. Parthasarathi, K. S. Vanitha, S. Mohandass, Senthilvel, Eli Vered // Indian Journal of Plant Physiology. 2015. V. 20. P. 50-56.
9. Influence of water stress on phenological development, biomass production and yield of Malaysian aerobic and lowland rice / N. K. Zaman, M. Y. Abdullah, S. Othman, N. K. Zaman // Australian Journal of Crop Science. 2019. V. 13. P. 1927-1935. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.12.p1384.
10. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin, N. N. Doubenok, M. A. Ganiev, A. S. Ovchinnikov, V. V. Melikhov, N. M. Abdou, K. A. Rodin, S. D. Fomin // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.
11. Selected soil water tensions at phenological phases and mineral content of trace elements in rice grains – mitigating arsenic by water management / J. T. da Silva, F. P. Paniz, F. E. S. Sanchez, J. M. Barbat Parfitt, B. L. Batista // Agricultural Water Management. 2020. V. 228 (20). 105884. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105884.
12. Schneider P., Asch F. Rice production and food security in Asian Mega deltas-A review on characteristics, vulnerabilities and agricultural adaptation options to cope with climate change // Journal of Agronomy and Crop Science. 2020. V. 206. N.4. P. 491-503. DOI: 10.1111/jac.12415.

Conclusions. The results obtained in the course of research have shown that it is possible to cultivate rice on drip irrigation systems with a significant reduction in irrigation rates and high

profitability. The main conditions for the successful development of the recommended innovative rice irrigation technology are the presence of aerobic or tolerant varieties to unsaturated soil, the placement of crops in fields cleared of weeds, the use, if necessary, of a system for protecting crops from weeds, and the combination of an optimal water regime of the soil with doses of fertilizers calculated to obtain the planned yield. The most rational water regime proved to be the option where the soil moisture was maintained at 100-80% MWHC from sowing to the end of the tillering phase in a layer of 0.4 m with subsequent increase to 0.6 m. In the phase of the beginning of waxy maturation of grain due to a decrease in the average daily water consumption of plants, the pre-irrigation threshold of soil moisture should be reduced from 100-80 to 100-70% MWHC. To maintain the water regime of the soil according to this scheme, drip irrigation systems in different years of precipitation in the Lower Volga region require from 13 to 16 watering operations, including 2-5 watering operations with the norm of 250 m³/ha, 8-10-with the norm of 370 m³/ha and 1 - with the norm of 550 m³/ha. The combination of this water regime with a fertilizer dose of N₁₀₉ P₆₂ K₇₅ ensures a rice yield of 5.0 t/ha with an average increase of 2.6% over three years, against the background of N₁₃₁ P₇₄ K₉₀-6.0 t/ha with an excess of 1.8% and a dose of N₁₅₇ P₉₀ K₁₀₈ – 7 t/ha with a shortfall to the planned level of 1.9%. The efficiency of drip irrigation of rice is characterized by a decrease in irrigation water consumption compared to the traditional in the Russian Federation flooding checks with a layer of water by 3-5 or more times, sprinkling by 15-20%, the profitability of cultivation of this crop, depending on the level of productivity, varied in the range of 45-90%.

Reference

1. Balakaj G. T., Dokuchaeva L. M. K voprosu razrabotki norm vodopotrebnosti risa i vodopotrebleniya s risovyh orositel'nyh sistem // Nauchnyj zhurnal: Rossijskogo NII problem melioracii. 2018. № 3(31). P. 1-22. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-1-22.
2. Borodychev V. V., Dedova Je. B., Shabanov R. M. Tehnologiya vozdel'yvaniya risa na meliorativnyh sistemah obshchego naznacheniya pri oroshenii dozhddevaniem // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 1 (45). P. 20-29.
3. Vodnyj rezhim pochvy i dozy makroudobrenij pri vozdel'yvanii risa na sistemah kapel'nogo orosheniya / I. P. Kruzhilin, M. A. Ganiev, K. A. Rodin, N. N. Dubenok, N. M. Abdu // Nauchno-teoreticheskij zhurnal: Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. № 2. P. 12-15.
4. Ionova L. P., Arykbaev R. K. Agrobiologicheskie i jekonomicheskie aspekty vyraschivaniya Rossijskih i Iranskih sortov risa rassadnym sposobom pri preryvistom oroshenii v usloviyah del'ty Volgi // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 3. P. 43-56.
5. Menee vodozatravnaya i jekologicheski predpochtitel'naya tehnologiya orosheniya risa periodicheskimi polivami / I. P. Kruzhilin, M. A. Ganiev, K. A. Rodin, N. V. Kuznecova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 2 (54). P. 49-55. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-4.
6. Sochetanie prirodnyh i antropogenno-reguliruemym uslovij dlya polucheniya razlichnoj urozhajnosti risa s ispol'zovaniem sistem kapel'nogo orosheniya / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, M. A. Ganiev, V. V. Melihov, N. M. Abdu, K. A. Rodin // Nauchno-teoreticheskij zhurnal: Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2016. № 5. P. 41-44.
7. Agronomic growth performance of super rice under water-saving irrigation methods with different water-controlled thresholds in different growth stages / C. Zheng, Z. Zhang, S. Hao, Y. Pan, Z. Wang // Agronomy. 2020. V. 10. I. 2. P. 239. DOI: 10.3390/agronomy10020239.
8. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice / T. Parthasarathi, K. S. Vanitha, S. Mohandass, Senthilvel, Eli Vered // Indian Journal of Plant Physiology. 2015. V. 20. P. 50-56.
9. Influence of water stress on phenological development, biomass production and yield of Malaysian aerobic and lowland rice / N. K. Zaman, M. Y. Abdullah, S. Othman, N. K. Zaman // Australian Journal of Crop Science. 2019. V. 13. P. 1927-1935. DOI: 10.21475/ajcs.19.13.12.p1384.
10. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, M. A. Ganiev, A. S. Ovchinnikov, V. V. Melikhov, N. M. Abdou, K. A. Rodin, S. D. Fomin // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.

11. Selected soil water tensions at phenological phases and mineral content of trace elements in rice grains – mitigating arsenic by water management / J. T. da Silva, F. P. Paniz, F. E. S. Sanchez, J. M. Barbat Parfitt, B. L. Batista // *Agricultural Water Management*. 2020. V. 228 (20). 105884. DOI: 10.1016 / j.agwat.2019.105884.

12. Schneider P., Asch F. Rice production and food security in Asian Mega deltas-A review on characteristics, vulnerabilities and agricultural adaptation options to cope with climate change // *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2020. V. 206. N.4. P. 491-503. DOI: 10.1111/jac.12415.

Authors Information

Kruzhilin Ivan Panteleevich -chief scientific officer of the Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002 Volgograd, Timiryazev str., 9), Academician of the Russian Academy of Sciences, tel: (8442) 60-24-36, e-mail: vnioz@yandex.ru.

Ganiev Muslim Abdulayevich-senior researcher, Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), A candidate of technical Sciences, tel: (8442) 60-24-39, e-mail: vnioz@yandex.ru.

Rodin Konstantin Anatolyevich, senior research fellow of the Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002 Volgograd, Timiryazev str., 9), A candidate of agricultural Sciences, tel. 8 (8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Nevezhina Ainagul Berkbaevna, research associate of the Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), A candidate of agricultural Sciences, tel.8(8442) 60-23-22, e-mail: aina.kanaeva@mail.ru.

Vorontsova Elena Sergeevna, Researcher, Federal state budgetary scientific institution All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), tel.8(8442) 60-23-22, e-mail: esvoronts@mail.ru

Информация об авторах

Кружилин Иван Пантелеевич, главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), академик Российской академии наук, тел: (8442) 60-24-36, e-mail: vnioz@yandex.ru.

Ганиев Муслим Абдулаевич, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат технических наук, тел: (8442) 60-24-39, e-mail: vnioz@yandex.ru.

Родин Константин Анатольевич, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Невежина Айнагуль Беркбаевна, научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: aina.kanaeva@mail.ru.

Воронцова Елена Сергеевна, научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: esvoronts@mail.ru