МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Научная статья

УДК 631.67:633.18

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-18-33

Эффективность импульсного орошения риса в условиях дефицита оросительной воды

Надежда Николаевна Малышева¹, Сергей Владимирович Кизинёк²,
Анна Евгеньевна Хаджиди³, Евгений Владимирович Кузнецов⁴

^{1, 3, 4}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
Краснодар, Российская Федерация

²Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» имени А. И. Майстренко –
филиал Федерального научного центра риса, Октябрьский, Российская Федерация

¹89284200126@mail.ru

²rgpzkr@mail.ru

³dtn-khanna@yandex.ru

⁴dtn-kuz@rambler.ru

Аннотация. **Цель:** исследование импульсного орошения риса в различные межфазные периоды для экономии водных ресурсов. **Материалы и методы.** Исследования проводились при различных импульсах подачи воды на посевы риса в течение вегетации. Наблюдения, учеты, натурные измерения проведены согласно методикам Кубанского государственного аграрного университета и Федерального научного центра риса. Режим орошения в контрольном варианте соответствовал технологии укороченного затопления. В экспериментальных вариантах импульсы «полив – осушение» проводились в фазы вегетации риса «прорастание – кущение», «трубкование – цветение», «созревание». **Результаты.** Установлено, что импульсный режим орошения в фазы «прорастание – кущение», «трубкование – цветение» и «созревание» позволяет сократить оросительную норму на 11,4; 5,1; 1,5 % соответственно по сравнению с контролем. Средняя урожайность по опыту составила 75,7 ц/га, что больше, чем на контроле, на 1,2 ц/га. Расчет экономической эффективности по вариантам показал, что дополнительная прибыль от прибавки урожая на экспериментальных участках составила от 1440 до 2880 руб./га, условно чистый доход – от 480 до 960 руб./га. Экономия затрат на оплату услуг по подаче воды варьировала по вариантам опыта от 69,83 до 530,71 руб./га. **Выводы.** Импульсное орошение в различные межфазные периоды вегетации риса при влажности почвы в конце каждого импульса не менее 85 % наименьшей влагоемкости не оказывает отрицательного влияния на урожайность зерна. В контрольном варианте опыта урожайность риса составила 74,5 ц/га, на импульсном орошении в фазе «прорастание – кущение» – 7,61 ц/га, «трубкование – цветение» – 75,6 ц/га, «созревание» – 75,3 ц/га. В целом экономия затрат при внедрении в производство импульсного режима орошения риса в различные межфазные периоды составила по вариантам опыта от 549,83 до 1490,71 руб./га.

Ключевые слова: рис, урожайность, оросительная норма, импульсное орошение, межфазный период, маловодье, водопользование, экономическая эффективность

Для цитирования: Эффективность импульсного орошения риса в условиях дефицита оросительной воды / Н. Н. Малышева, С. В. Кизинёк, А. Е. Хаджиди, Е. В. Кузнецов // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 18–33. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-18-33>.

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Original article

Impulse irrigation efficiency of rice under conditions of irrigation water shortage

Nadezhda N. Malysheva¹, Sergey V. Kizinyok², Anna E. Khadzhidi³,
Evgeny V. Kuznetsov⁴

^{1,3,4}Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar,
Russian Federation

²Krasnoarmeysky Rice Growing Pedigree Plant named after A. I. Maistrenko –
branch of the Federal Scientific Center of Rice, Octobr'skiy settlement, Russian Federation

¹89284200126@mail.ru

²rgpzkr@mail.ru

³dtn-khanna@yandex.ru

⁴dtn-kuz@rambler.ru

Abstract. Purpose: research of impulse irrigation of rice in different interphase periods for saving water resources. **Materials and methods.** The research was carried out at different water supply impulses to rice during the growing season. Observations, metering, field measurements were carried out according to technique of Kuban State Agrarian University and the Federal Scientific Rice Center. The irrigation regime in the control variant corresponded to the technology of shortened flooding. In the experimental variants, the impulses “watering – draining” were carried out in the phases of rice vegetation “germination – tillering”, “booting – flowering”, “ripening”. **Results.** It has been found that the impulse irrigation regime in the phases “germination – tillering”, “booting – flowering” and “ripening” can reduce the irrigation rate by 11.4; 5.1; 1.5 %, respectively, compared to control. The average yield by experience was 75.7 dt/ha, which is more than on control by 1.2 dt/ha. The calculation of economic efficiency by the options showed that the extra profit from the yield increase in the experimental plots was from 1440 to 2880 rubles/ha, the net income rose from 480 to 960 rubles/ha. Cost savings on water delivery service payment varied according to the experimental options from 69.83 to 530.71 rubles/ha. **Conclusions.** Impulse irrigation at different interphase periods of rice growing with soil moisture at the end of each pulse of at least 85 % of the lowest moisture capacity does not affect grain yield adversely. In the control variant of the experiment, the rice yield was 74.5 dt/ha, on impulse irrigation in the “germination – tillering” phase – 7.61 dt/ha, “booting – flowering” – 75.6 dt/ha, “ripening” – 75.3 dt/ha. In general, the cost savings were from 549.83 to 1490.71 rubles/ha when introducing an impulse irrigation regime for rice in various interphase periods in the experiment.

Keywords: rice, yield, irrigation rate, impulse irrigation, interphase period, low water, water use, economic efficiency

For citation: Malysheva N. N., Kizinyok S. V., Khadzhidi A. E., Kuznetsov E. V. Impulse irrigation efficiency of rice under conditions of irrigation water shortage. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(1):18–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-18-33>.

Введение. Устойчивое управление сельскохозяйственными угодьями и водными ресурсами имеет основополагающее значение для продовольственной безопасности как в глобальном мировом масштабе, так и в локальном региональном, в особенности в условиях изменения климата и не-

стабильных погодных явлений. Это способствует наращиванию объемов сельскохозяйственного производства и укреплению продовольственной безопасности при одновременном сохранении природных ресурсов [1].

Краснодарский край, несмотря на благоприятные природные условия для возделывания сельскохозяйственных культур, является зоной неустойчивого увлажнения, поэтому мелиорация земель для региона является актуальной [2]. Тем не менее ограниченные водные ресурсы диктуют необходимость внедрения на сельхозугодьях технологий, направленных на рациональное водопользование без снижения продуктивности посевов [3].

Анализ проведенных исследований статистической формы отчетности 2-ТП (водхоз) и технической отчетности ФГБУ «Управление «Кубань-мелиоводхоз» показывает, что наиболее водотребовательной культурой в регионе является рис, который возделывается на мелиоративных системах в нижнем течении р. Кубани. Ежегодно посевы риса занимают порядка 125 тыс. га, что составляет около 53 % севооборота, для них используется порядка 2,5 млрд м³ воды, в т. ч. 502,8 млн м³ повторной из коллекторно-дренажной сети (рисунок 1).

**Рисунок 1 – Объем водоподдачи на посевы риса
в Краснодарском крае**

Figure 1 – The delivery volume for rice in Krasnodar Territory

Исследованиями установлено, что оросительная норма риса достаточно высока и в среднем по мелиоративным системам Краснодарского края составляет 19,9 тыс. м³/га с максимальным значением за последние 5 лет 21,1 тыс. м³/га в 2019 г. (рисунок 2).

Рисунок 2 – Оросительная норма риса в Краснодарском крае

Figure 2 – Irrigation rate for rice in Krasnodar Territory

При этом проектная оросительная норма в среднем по рисовым оросительным системам, согласно данным краткого справочника «Водохозяйственное строительство в Краснодарском крае» (НИИ «Кубаньгипроводхоз», Краснодар, 1979 г.), составляет 16,52 тыс. м³/га.

Минимальное значение оросительной нормы наблюдалось в 2020 г. – 17,63 тыс. м³/га, что связано с маловодьем и недостатком водных ресурсов для нужд сельскохозяйственного водоснабжения в основном водоисточнике – Краснодарском водохранилище [4].

В этой связи цель работы – исследование импульсного (периодического) орошения риса в различные межфазные периоды для сокращения оросительной нормы и экономии водных ресурсов в маловодные годы. Достижение поставленной цели обусловлено решением задач по выявлению объема подачи воды в различные фазы роста и развития растений риса, определению урожайности сорта риса Рапан, расчету экономической эффективности импульсного орошения.

Материал и методы исследований. Объектом исследований являлся интенсивный сорт риса российской селекции Рапан, который занимает 65 % посевных площадей в регионе. Предмет исследований – водный режим рисового поля в период вегетации.

Исследования выполнены в 2018, 2019 гг. и в маловодный 2020 г. в системе рисового севооборота на базе рисоводческого предприятия «Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» имени А. И. Майстренко», территориально относящегося к Кубанской рисовой оросительной системе. Общая площадь экспериментальных участков составила 21,2 га. Применялся прямой сев риса в сухую почву с дальнейшей подачей воды и обеспечением водного режима рисового поля согласно вариантам опыта. Уходные работы в период вегетации проводились в соответствии с сортовой агротехникой, рекомендованной оригинатором сорта.

Режим орошения в контрольном варианте соответствовал технологии укороченного затопления, распространенной в рисосеющих предприятиях Краснодарского края. В экспериментальных вариантах импульс «полив – осушение» производился в следующие периоды вегетации растений риса: «прорастание – кущение», «трубкование – цветение», «налив зерна – созревание». Для обеспечения измерений расходов подаваемой воды была произведена топосъемка на элементах оросительной системы оптическим нивелиром CST/bergner BOSCH SAL 24X с целью определения отметок чеков и оголовков водовыпусков. Для определения расходов и объемов поданной воды во всех чеках были установлены водомерные рейки на чековых водовыпусках и сооружениях в картовом оросителе. В опыте определяли время затопления чека, а также время сработки слоя воды.

Уборка зерна проводилась малогабаритной техникой, учет урожая осуществлялся по методике профильного научно-технического центра риса (Краснодар). Расходная характеристика водовыпусков из оросителя в чек определялась расчетом согласно методическим рекомендациям Ку-

банского государственного аграрного университета, посредством натуральных измерений расходов воды при различных гидравлических напорах на сооружении [5].

Результаты и обсуждение. В процессе эксперимента установлены объемы подачи воды при постоянном и прерывистом затоплении. Определены параметры импульса, в т. ч. время затопления чека, время просушки и продолжительность межимпульсного периода.

В течение периода вегетации согласно схеме опыта осуществлено по 1–2 импульса. Среднее значение продолжительности затопления чека составило 2–3 сут, время просушки чека – 10–12 сут, межимпульсный период – 5–10 сут.

Известно, что рис чувствителен к ненасыщенным водой почвенным условиям и требует поддержания влажности почвы на чеке при периодических поливах не менее 85 % наименьшей влагоемкости (НВ) [6, 7]. Это согласуется с нашими результатами опыта. При достижении влажности почвы в корнеобитаемом слое 15 см 85 % НВ открывали водовыпуск на сооружениях из оросителя в чек для осуществления следующего импульса подачи воды. Это защищало посевы риса от чрезмерного пересыхания и излишних потерь воды в почве [8–10]. Для контроля влажности почвы после сработки слоя воды на чеке с импульсным орошением использовался влагомер Aquaterr M-300.

Согласно данным измерений и расчетов, проведенных в период вегетации риса в эксперименте, оросительная норма в контрольном варианте опыта составила 18621,03 м³/га, при поддержании прерывистого режима орошения в фазы «прорастание – кущение» – 16498,20 м³/га, «трубкование – цветение» – 17671,37 м³/га, «созревание» – 18341,71 м³/га (таблица 1).

Таким образом, переход на прерывистый режим орошения в периоды вегетации риса «прорастание – кущение», «трубкование – цветение» и

«созревание» позволил сократить оросительную норму на 2122,83; 949,66 и 279,32 м³/га, или на 11,4; 5,1; 1,5 % соответственно.

Таблица 1 – Объем водоподачи и оросительная норма риса сорта Рапан

Table 1 – The delivery volume and irrigation rate for rice Rapan varieties

Вариант эксперимента / Experiment option	Площадь чека, га / Paddy field area, ha	Объем водоподачи, м ³ / Delivery volume, m ³	Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha	+/- к контролю, м ³ /га / +/- to control, m ³ /ha
Контроль / Control	6,0	111726,15	18621,03	–
Импульс «прорастание – кущение» / Impulse “germination – tillering”	5,2	85790,64	16498,20	2122,83
Импульс «трубкование – цветение» / Impulse “booting – flowering”	4,2	74219,74	17671,37	949,66
Импульс «созревание» / Impulse “ripening”	5,8	106381,89	18341,71	279,32

Результатом работы в растениеводстве является получение валового сбора зерна, который зависит от урожайности культуры на единице площади. Доказано, что урожайность любой культуры, в т. ч. и риса, является интегральным показателем и зависит от множества факторов, как агрономических, так и почвенно-климатических [11, 12]. Тем не менее в рисоводстве режим орошения рисового поля как элемент технологии возделывания риса играет существенную роль, обеспечивая физиологическую потребность растений в воде, обусловленную генетическими особенностями культуры [13].

В нашем эксперименте результаты уборки зерна риса показали, что средняя урожайность по опыту составила 75,7 ц/га, это больше, чем на контроле, на 1,2 ц/га (таблица 2).

Анализ данных таблицы 2 показывает, что минимальное значение урожайности наблюдалось в контрольном варианте с укороченным режимом орошения – 74,5 ц/га. В экспериментальных вариантах с прерывистым орошением в фазы вегетации «прорастание – кущение», «трубкование –

цветение», «созревание» значение показателя урожайности практически не различалось, составив 76,1; 75,6 и 75,3 ц/га соответственно. Межвариантные различия по сравнению с контролем составили от 0,8 до 1,6 ц/га (1,0–2,1 %). Тем не менее полученные в нашем эксперименте данные об урожайности 75,3 ц/га, что больше, чем на контроле, на 0,8 ц/га, при импульсе в период созревания зерна риса согласуются с результатами зарубежных исследований, в которых указывается, что сушка почвы во время фазы «налив зерна» может повысить урожайность, способствуя более быстрой мобилизации углерода и увеличению корневой системы для максимального поглощения питательных веществ [14–16].

Таблица 2 – Урожайность зерна риса сорта Рапан по вариантам эксперимента

Table 2 – The yield of rice grain Rapan variety by the experimental options

Вариант эксперимента / Experiment option	Площадь, га / Area, ha	Валовой сбор, ц / Gross yield, dt	Урожайность, ц/га / Crop yield, dt/ha
Контроль / Control	6,0	447,0	74,5
Импульс «прорастание – кущение» / Impulse “germina- tion – tillering”	5,2	395,7	76,1
Импульс «трубкование – цветение» / Impulse “booting – flowering”	4,2	317,5	75,6
Импульс «созревание» / Impulse “ripening”	5,8	436,7	75,3

Кроме того, косвенным показателем эффективности импульсного орошения, особенно в период созревания зерна, могут также служить статистические данные об урожайности риса в Краснодарском крае за последние 10 лет с 2011 по 2020 г. (рисунок 3).

Анализ данных, приведенных на рисунке 3, показывает, что, несмотря на маловодье и минимальные объемы водозабора из бассейна р. Кубани для нужд сельскохозяйственного водоснабжения, на фоне введения межсистемных водооборотов с начала вегетационного периода, которые обеспечили режим полива риса на протяжении всего периода вегетации по си-

стеме альтернативного смачивания (полива) и сушки (Alternate Wetting and Drying (AWD)) [17, 18], и полного прекращения подачи воды во второй декаде августа в период «налив – созревание зерна» в регионе получена рекордная урожайность за всю историю рисоводства на Кубани 66,3 ц/га. Это больше на 2,0 ц/га, чем в 2019 г., когда режим орошения риса не нарушался, а водоподача осуществлялась стабильно на протяжении всего периода вегетации согласно планам водопользования.

Рисунок 3 – Урожайность риса в Краснодарском крае
Figure 3 – Rice yield in Krasnodar Territory

Любой агроприем, используемый в технологии производства риса, должен быть экономически оправдан. Эффективность ведения сельскохозяйственной деятельности требует экономического обоснования. Экономическая эффективность определяется путем сопоставления полученного эффекта (результата), использованных ресурсов или затрат, результатов реализации полученной продукции [19, 20].

В этой связи нами проведен расчет экономической эффективности применяемых режимов орошения с импульсной подачей воды в различные фазы роста и развития растений риса, она складывалась из прибавки урожая по вариантам эксперимента и экономии оросительной воды (таблицы 3, 4).

Так, при себестоимости производства 1 т риса в рисоводческом предприятии «Красноармейский», на базе которого проводились исследования,

12,0 тыс. руб./т и сложившейся в регионе цене реализации 18,0 тыс. руб./т условно чистый доход по сравнению с контролем составил при импульсе в фазах «прорастание – кущение» 960 руб./га, «трубкавание – цветение» – 660 руб./га и «созревание» – 480 руб./га.

Таблица 3 – Экономический эффект от прибавки урожая сорта риса Рапан по вариантам эксперимента

Table 3 – The economic effect of yield increase of rice Rapan variety by the experimental options

Вариант эксперимента / Experiment option	Прибавка урожайности к контролю, ц/га / Additional yield to control, dt/ha	Дополнительная прибыль, руб./га / Additional profit, rub./ha	Затраты на производство дополнительного урожая, руб./га / Production costs of additional yield, rub./ha	Условно чистый доход, руб./га / Net income, rub./ha
Импульс «прорастание – кущение» / Impulse “germination – tillering”	1,6	2880	1920	960
Импульс «трубкавание – цветение» / Impulse “booting – flowering”	1,1	1980	1320	660
Импульс «созревание» / Impulse “ripening”	0,8	1440	960	480

Таблица 4 – Снижение затрат на оплату услуг по подаче воды по вариантам эксперимента

Table 4 – Costs reduction on water delivery by experiment options

Вариант эксперимента / Experiment option	Оросительная норма, м³/га / Irrigation rate, m³/ha	+/- к контролю, м³/га / +/- to control, m³/ha	Экономия затрат на оплату подачи воды, руб./га / Savings on the costs of water delivery, rub./ha
Контроль / Control	18621,03	–	–
Импульс «прорастание – кущение» / Impulse “germination – tillering”	16498,20	2122,83	530,71
Импульс «трубкавание – цветение» / Impulse “booting – flowering”	17671,37	949,66	237,42
Импульс «созревание» / Impulse “ripening”	18341,71	279,32	69,83

Экономия оросительной воды также выгодна для рисосеющих хозяйств, поскольку в настоящее время в России предприятия, занимающиеся производством риса, оплачивают услуги по подаче воды на инженерные рисовые оросительные системы эксплуатирующей организации, в т. ч. производят плату за электроэнергию при подаче воды на поля механическим способом с использованием насосно-силового оборудования. Расчетное значение стоимости 1 м³ воды в среднем по мелиоративным системам в Краснодарском крае составляет 0,25 руб.

Исходя из показателей оросительной нормы в вариантах эксперимента по сравнению с контролем нами рассчитана экономия затрат на производство риса, которая составила от 69,83 руб./га при импульсе в период созревания зерна до 530,71 руб./га при импульсе в фазе роста и развития растений «прорастание – кущение» (таблица 4).

Таким образом, расчеты показывают, что общая экономия затрат при внедрении в производство импульсного режима орошения в различные межфазные периоды вегетации риса составит от 549,83 до 1490,71 руб./га (таблица 5).

Таблица 5 – Снижение затрат при импульсном орошении риса сорта Рапан в различные фазы роста и развития растений
Table 5 – Cost reduction with impulse irrigation of Rapan rice variety in different phases of plant growth and development

Вариант эксперимента / Experiment option	Условно чистый доход от прибавки урожая, руб./га / Net income on ad- ditional yield, rub./ha	Экономия затрат на оплату услуг по по- даче воды, руб./га / Savings on the costs of water delivery, rub./ha	Всего, руб./га / Total, rub./ha
Контроль / Control	–	–	–
Импульс «прорастание – кущение» / Impulse “germination – tillering”	960	530,71	1490,71
Импульс «трубкавание – цветение» / Impulse “booting – flowering”	660	237,42	897,42
Импульс «созревание» / Impulse “ripening”	480	69,83	549,83

Результаты экспериментов и расчеты показывают, что наиболее целесообразно использовать импульсное орошение риса в фазе роста и развития растений «прорастание – кущение», получая при этом не только прибавку урожая и экономию водных ресурсов, но и экономический эффект, снижая затраты на производство культуры и получая дополнительную прибыль.

Выводы. Исследования показали, что применение прерывистого (импульсного) режима орошения в различные межфазные периоды вегетации риса при влажности почвы в конце каждого импульса не менее 85 % НВ не оказывает отрицательного влияния на урожайность зерна риса. В контрольном варианте при укороченном режиме орошения средняя урожайность риса составила 74,5 ц/га, при импульсном орошении в фазах «прорастание – кущение» – 76,1 ц/га, «трубкование – цветение» – 75,6 ц/га, «созревание» – 75,3 ц/га.

При импульсном режиме орошения выявлена экономия оросительной воды, не снижающая продуктивность растений и урожайность риса. Оросительная норма в контрольном варианте составила 18621,03 м³/га, в эксперименте при импульсе в различные периоды роста и развития растений риса: «прорастание – кущение», «трубкование – цветение» и «созревание» – 16498,20; 17671,37 и 18341,71 м³/га соответственно. Экономия оросительной воды в зависимости от применяемого комбинированного режима орошения варьировала от 949,66 до 2122,83 м³/га.

Выявлено, что дополнительная прибыль от прибавки урожая по вариантам опыта составила от 1440 до 2880 руб./га, условно чистый доход – от 480 до 960 руб./га. Кроме того, экономия финансовых средств на оплату услуг по подаче воды для полива риса составит от 69,83 до 530,71 руб./га. Общий экономический эффект от внедрения в производство импульсного режима орошения риса в различные межфазные периоды роста и развития растений составляет от 549,83 до 1490,71 руб./га.

Список источников

1. Bouman B. A. M., Lampayan R. M., Tuong T. P. Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity / International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. 2007. 258 p.
2. Владимиров С. А., Малышева Н. Н., Хатхоху Е. И. Парадигма сбалансированного водопотребления при эксплуатации рисовых оросительных систем в Краснодарском крае // Рисоводство. 2019. № 3(44). С. 88–94.
3. Временные нормативы водопотребления риса и водоотведения с рисовых оросительных систем в различных агроклиматических зонах России / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, В. Ц. Челахов, С. Н. Якуба, Н. Н. Малышева, С. В. Кизинёк. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 122 с.
4. К вопросу развития мелиорации на Кубани и водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур / Н. Н. Малышева, С. В. Кизинёк, А. А. Баранов, О. Н. Каданцев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2(82). С. 10–16.
5. Попов В. А., Островский Н. В. Методика полевых мелиоративных опытов в рисоводстве: монография. Краснодар: КубГАУ, 2012. 57 с.
6. Продукционный процесс и его особенности у интенсивных и экстенсивных сортов риса / М. А. Скаженник, Н. В. Воробьев, В. С. Ковалев, Т. С. Пшеницына // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ. 2018. С. 366–369.
7. Скаженник М. А., Воробьев Н. В. Формирование урожая сортов риса // Энтузиасты аграрной науки: сб. ст. по материалам междунар. конф. 2018. С. 54–65.
8. Adaptation and sustainability of water management for rice agriculture in temperate regions: The Italian case-study / F. M. Zampieri, A. Ceglar, G. Manfron, A. Toreti, G. Duveiller, M. Romani, C. Rocca, E. Scoccimarro, Z. Podrascanin, V. Djurdjevic // Land Degradation & Development. 2019. Vol. 30, iss. 17. P. 2033–2047. DOI: 10.1002/ldr.3402.
9. Oliver M. M. H., Talukder M. S. U., Ahmed M. Alternate wetting and drying irrigation for rice cultivation // J. Bangladesh Agric. Univ. 2008. 6. P. 409–414. DOI: 10.3329/jbau.v6i2.4841.
10. Studying soil-reclamation state of rice agricultural landscapes / N. Malysheva, S. Kizinek, A. Khadzhidi, L. Kravchenko, V. Chegge, D. Sarkisian, S. Saakian // E3S Web of Conferences – ITSE-2020. 2020. 210. 04006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021004006>.
11. Сравнительная оценка урожайности суходольных образцов риса при разных режимах орошения / П. И. Костылев, А. В. Аксенов, Е. В. Краснова, Е. В. Дубина // Рисоводство. 2020. № 4(49). С. 22–27.
12. Зеленский А. Г., Гненный Е. Ю., Зеленский Г. Л. Изменчивость количественных признаков среднеспелых сортов риса в условиях конкурсного испытания // Рисоводство. 2021. № 1(50). С. 6–12.
13. Попов В. А., Алексеенко И. В. Оросительная норма и урожайность риса при прерывистом затоплении посевов // Рисоводство. 2005. № 8. С. 67–69.
14. Postanthesis moderate wetting drying improves both quality and quantity of rice yield / H. Zhang, S. Zhang, J. Yang, J. Zhang, Z. Wang // Agron. J. 2008. 100. P. 726–734. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0169>.
15. An alternate wetting and moderate soil drying regime improves root and shoot growth in rice / H. Zhang, Y. Xue, Z. Wang, J. Yang, J. Zhang // Crop Sci. 2009. 49. P. 2246–2260. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.02.0099>.
16. Water use efficiency and physiological response of rice cultivars under alternate wetting and drying conditions / Y. Zhang, Q. Tang, S. Peng, D. Xing, J. Qin, R. C. Laza, B. R. Punzalan // Sci. World J. 2012. 287907. P. 1–10. <https://doi.org/10.1100/2012/287907>.

17. Paul P. L. C., Rashid M. A. Refinement of alternate wetting and drying irrigation method for rice cultivation // *Bangladesh Rice J.* 2013. 17. P. 37–41.
18. Agronomic evaluation of rice cultivation systems for water and grain productivity / V. Geethalakshmi, T. Ramesh, A. Palamuthirsolai, Lakshmanan // *Arch. Agron. Soil Sci.* 2011. 57. P. 159–166. <https://doi.org/10.1080/03650340903286422>.
19. The economic viability of alternate wetting and drying irrigation in Arkansas rice production / L. L. Nalley, B. Linquist, K. F. Kovacs, M. M. Anders // *Agron. J.* 2015. 107. P. 579–587. DOI: 10.2134/agronj14.0468.
20. Малышева Н. Н., Кизинёк С. В. Экономические аспекты производства риса на мелиоративных системах Краснодарского края // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2020. № 1(37). С. 200–216. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=646&id=659> (дата обращения: 01.08.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-1-200-216.

References

1. Bouman B.A.M., Lampayan R.M., Tuong T.P., 2007. *Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity*. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 258 p.
2. Vladimirov S.A., Malysheva N.N., Hatkhohu E.I., 2019. *Paradigma sbalansirovanogo vodopotrebleniya pri ekspluatatsii risovykh orositel'nykh sistem v Krasnodarskom krae* [The paradigm of balanced water consumption during the rice irrigation systems operation in Krasnodar Territory]. *Risovodstvo* [Rice Growing], no. 3(44), pp. 88–94. (In Russian).
3. Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Chelakhov V.Ts., Yakuba S.N., Malysheva N.N., Kizinek S.V., 2019. *Vremennyye normativy vodopotrebleniya risa i vodootvedeniya s risovykh orositel'nykh sistem v razlichnykh agroklimaticheskikh zonakh Rossii* [Temporary Standards for Rice Water Consumption and Water Disposal from Rice Irrigation Systems in Various Agro-climatic Zones of Russia]. Novocherkassk, RosNIIPM, 122 p. (In Russian).
4. Malysheva N.N., Kizinek S.V., Baranov A.A., Kadantsev O.N., 2021. *K voprosu razvitiya melioratsii na Kubani i vodoobespechennosti posevov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [On land reclamation development in the Kuban region and water supply for agricultural crops]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(82), pp. 10–16. (In Russian).
5. Popov V.A., Ostrovsky N.V., 2012. *Metodika polevykh meliorativnykh opytov v risovodstve: monografiya* [Technique of Field Reclamation Experiments in Rice Growing: monograph]. Krasnodar, KubGAU, 57 p. (In Russian).
6. Skazhennik M.A., Vorobiev N.V., Kovalev V.S., Pshenitsyna T.S., 2018. *Produktionnyy protsess i ego osobennosti u intensivnykh i ekstensivnykh sortov risa* [The production process and its features in intensive and extensive varieties of rice]. *Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, priurochennoy k 65-letiyu kafedry agrokhimii i fiziologii rasteniy Stavropol'skogo GAU* [Proc. of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University], pp. 366–369. (In Russian).
7. Skazhennik M.A., Vorobiev N.V., 2018. *Formirovaniye urozhaya sortov risa* [Formation of harvest of rice varieties]. *Entuziasty agrarnoy nauki: sbornik statey po materialam mezhdunarodnoy konferentsii* [Enthusiasts of Agrarian Science: Proc. of International Conference], pp. 54–65. (In Russian).
8. Zampieri F.M., Ceglar A., Manfron G., Toreti A., Duveiller G., Romani M., Rocca C., Scoccimarro E., Podrascanin Z., Djurdjevic V., 2019. Adaptation and sustainability of water management for rice agriculture in temperate regions: The Italian case-study. *Land Degradation & Development*, vol. 30, iss. 17, pp. 2033–2047, DOI: 10.1002/ldr.3402.

9. Oliver M.M.H., Talukder M.S.U., Ahmed M., 2008. Alternate wetting and drying irrigation for rice cultivation. J. Bangladesh Agric. Univ., no. 6, pp. 409-414, DOI: 10.3329/jbau.v6i2.4841.
10. Malysheva N., Kizinek S., Khadzhidi A., Kravchenko L., Chegge V., Sarkisian D., Saakian S., 2020. Studying soil-reclamation state of rice agricultural landscapes. E3S Web of Conferences – ITSE-2020, 210, 04006, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021004006>.
11. Kostylev P.I., Aksenov A.V., Krasnova E.V., Dubina E.V., 2020. *Sravnitel'naya otsenka urozhaynosti sukhodol'nykh obraztsov risa pri raznykh rezhimakh orosheniya* [Comparative assessment of the upland rice varieties under different irrigation regimes]. *Risovodstvo* [Rice Growing], no. 4(49), pp. 22-27. (In Russian).
12. Zelensky A.G., Gnenny E.Yu., Zelensky G.L., 2021. *Izmenchivost' kolichestvennykh priznakov srednespelykh sortov risa v usloviyakh konkursnogo ispytaniya* [Variability of quantitative traits of mid-season rice varieties under competitive testing]. *Risovodstvo* [Rice Growing], no. 1(50), pp. 6-12. (In Russian).
13. Popov V.A., Alekseenko I.V., 2005. *Orositel'naya norma i urozhaynost' risa pri preryvistom zatoplenii posevov* [Irrigation rate and rice yield during crop intermittent flooding]. *Risovodstvo* [Rice Growing], no. 8, pp. 67-69. (In Russian).
14. Zhang H., Zhang S., Yang J., Zhang J., Wang Z., 2008. Postanthesis moderate wetting drying improves both quality and quantity of rice yield. *Agron. J.*, 100, pp. 726-734, <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0169>.
15. Zhang H., Xue Y., Wang Z., Yang J., Zhang J., 2009. An alternate wetting and moderate soil drying regime improves root and shoot growth in rice. *Crop Sci.*, 49, pp. 2246-2260, <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.02.0099>.
16. Zhang Y., Tang Q., Peng S., Xing D., Qin J., Laza R.C., Punzalan B.R., 2012. Water use efficiency and physiological response of rice cultivars under alternate wetting and drying conditions. *Sci. World J.*, 287907, pp. 1-10, <https://doi.org/10.1100/2012/287907>.
17. Paul P.L.C., Rashid M.A., 2013. Refinement of alternate wetting and drying irrigation method for rice cultivation. *Bangladesh Rice J.*, 17, pp. 37-41.
18. Geethalakshmi V., Ramesh T., Palamuthirsolai A., Lakshmanan, 2011. Agronomic evaluation of rice cultivation systems for water and grain productivity. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 57, pp. 159-166, <https://doi.org/10.1080/03650340903286422>.
19. Nalley L.L., Linquist B., Kovacs K.F., Anders M.M., 2015. The economic viability of alternate wetting and drying irrigation in Arkansas rice production. *Agron. J.*, 107, pp. 579-587, DOI: 10.2134/agronj14.0468.
20. Malysheva N.N., Kizinek S.V., 2020. [Economic aspects of rice production on reclamation systems of Krasnodar Territory]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(37), pp. 200-216, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=646&id=659> [accessed 01.08.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-1-200-216. (In Russian).

Информация об авторах

Н. Н. Малышева – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук;

С. В. Кизинёк – директор, доктор сельскохозяйственных наук;

А. Е. Хаджиди – профессор, доктор технических наук;

Е. В. Кузнецов – заведующий кафедрой гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, доктор технических наук, профессор.

Information about the authors

N. N. Malysheva – Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences;

S. V. Kizinyok – Director, Doctor of Agricultural Sciences;

A. E. Khadzhidi – Professor, Doctor of Technical Sciences;

E. V. Kuznetsov – Head of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Doctor of Technical Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.09.2021; одобрена после рецензирования 30.11.2021; принята к публикации 21.12.2021.

The article was submitted 01.09.2021; approved after reviewing 30.11.2021; accepted for publication 21.12.2021.