10. Vdovenko S. A., Palamarchuk I. I., Pantsyreva H. V. Energy efficient growing of red beet in the conditions of central forest steppe of Ukraine // Ukrainian Journal of Ecology. 2018. V. 8(4). P. 34-40.
11. Yadav Vinay Evaluation of the performance of onion varieties in response to organic cultivation // International Journal of Advanced Research. 2015. V. 3. Pp.1558-1562.
12. Yolando Pino-Saavedra White Onion Journal of Agronomy and Crop Science // JOURNAL AGRON CROP SCI. 2019. P.137-142.

Authors Information

Bondarenko Anastasia Nikolaevna, K. N., Head of the Laboratory of Agricultural Technologies of Vegetable Crops. FSBNU PAFNTS RAS 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORSID ID № 0000-0003-4816-5667)

Kostyrenko Oksana Vladimirovna, m.n.s. Laboratories of agricultural technologies of vegetable crops. FSBNU PAFNTS RAS 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0002-9650-9674)

Информация об авторах

Бондаренко Анастасия Николаевна, к.г.н., зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORSID ID № 0000-0003-4816-5667)

Костыренко Оксана Владимировна, м.н.с. лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0002-9650-9674)

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-14

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN RICE CULTIVATION

V. G. Grin², A.S. Ovchinnikov¹, A. S. Shishkin², A.A. Pahomov¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar*

Received 25.03.2021

Submitted 24.05.2021

Summary

The article presents the results of the influence of electrohydraulic treatment on the intensification of soil processes and the rate of soil desolation

Abstract

This article deals with the problem of water resources use in rice cultivation. A seedling technology of rice cultivation using pre-planting electrohydraulic tillage is proposed. The treatment modes and their influence on the soil mechanical composition, the content of the main mineral nutrition elements and the process of desalinization are determined. **Introduction.** The Krasnodar Territory occupies a leading position in Russia in the rice production. Rice cultivation requires a large amount of irrigation water. During the irrigation period, the volume of more than 4.2 billion cubic meters of irrigation water is withdrawn from the Kuban River annually [1]. Subsequently, in the form of waste water, there is a return to the water receivers. The waste water has increased mineralization, biogenic elements and herbicides concentration. This has a negative impact on the environmental situation of the water intake areas, which are often used as recreational areas. In the Russian Federation, the seedling technology of rice cultivation is constrained mainly by the lack of special equipment, and this factor entails large costs of manual labor. The issue of rational use of natural resources and improvement of the ecological situation both in the systems themselves and in the adjacent territories is considered last. The introduction of peasant farms in the structure of farming on agricultural land increased the likelihood of implementing the proposed technology, which allows to significantly save irrigation water, reduce the dose of mineral fertilizers and herbicides, increase and stabilize the yields of rice and related crops.

Object. The object of research was the soil, chemical ameliorant in the form of semi-aqueous gypsum and rice plants in the vegetation experiment. The aim of the study is the effect of electrohydraulic soil and gypsum processing on changes in their mechanical composition, the content of mineral nutrients, the rate of desalination, the growth and development of rice plants under seedling technology. **Materials and methods.** We used standard methods in combination with empirical (observation, descrip-

tion, comparison, measurement) and theoretical (analysis and synthesis) methods. **Results and conclusions.** The optimal modes of soil and gypsum tillage under electrohydraulic treatment are determined. Data on the effect of electrohydraulic tillage on the main nutrients content and their transformation are obtained. Irrigation norms for different rice irrigation regimes are determined.

Key words: *rice irrigation regimes, rice irrigation rate, electrohydraulic tillage of rice field soil, methods of chemical ameliorants application and treatment.*

Citation. Grin V. G., Ovchinnikov A.S., Shishkin A. S., Pahomov A.A. Innovative technologies in rice cultivation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 131-143 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-14.

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 631.67:632.931.1(470.620)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РИСА

В. Г. Гринь¹, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор

А. С. Овчинников², академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

А. С. Шишкин¹, старший преподаватель

А. А. Пахомов², доктор технических наук, профессор

¹Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.03.2021

Дата принятия к печати 24.05.2021

Аннотация. В статье рассматривается проблема использования водных ресурсов при выращивании риса. Предлагается рассадная технология возделывания риса с использованием предпосадочной электрогидравлической обработки почвы. Определены режимы обработки и их влияние на механический состав почвы, содержание основных элементов минерального питания и процесса рассолонцевания.

Актуальность. Краснодарский край занимает ведущие позиции в России по производству риса. Выращивание риса требует больших затрат оросительной воды. В период орошения ежегодно из реки Кубань изымается объем свыше 4,2 миллиардов кубических метров оросительной воды [7]. В последующем в виде сбросных вод происходит возврат в водоприемники. У сбросных вод повышена минерализация, концентрация биогенных элементов и гербицидов. Это негативно влияет на экологическую обстановку акватории водоприемников, которые зачастую используются в качестве рекреационных зон. В Российской Федерации рассадная технология возделывания риса сдерживается в основном отсутствием специальной техники, а этот фактор влечет за собой большие затраты ручного труда. Вопрос рационального использования природных ресурсов и улучшения экологической обстановки как на самих системах, так и на прилегающих территориях рассматривается в последнюю очередь. Введение в структуру хозяйствования на сельскохозяйственных землях крестьянских фермерских хозяйств повысило вероятность внедрения предлагаемой технологии, позволяющей значительно экономить оросительную воду, сократить дозы минеральных удобрений и гербицидов, увеличить и стабилизировать урожаи риса и сопутствующих культур. **Объект.** Объектами исследований являлись почва, химический мелиорант в виде полуводного гипса и растения риса в вегетационном опыте. **Цель.** Исследование влияния электрогидравлической обработки почвы и гипса на изменение их механического состава, содержание элементов минерального питания, скорость рассолонцевания, рост и развитие растений риса при рассадной технологии. **Материалы и методы.** В работе использовались стандартные методики в сочетании с методами эмпирического (наблюдение, описание, сравнение, измерение) и теоретического (анализ и синтез) уровней. **Результаты и выводы.** Определены оптимальные режимы обработки почвы и гипса при элек-

трогидравлической (ЭГ) обработке. Получены данные о влиянии ЭГ обработки почвы на содержание основных питательных элементов и их трансформацию. Определены оросительные нормы при различных режимах орошения риса.

Ключевые слова: режимы орошения риса, оросительная норма риса, электрогидравлическая обработка почвы рисового поля, способы внесения химических мелиорантов, химические мелиоранты.

Цитирование. Гринь В.Г., Овчинников А.С., Шишкин А. С., Пахомов А.А. Инновационные технологии при выращивании риса. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 131-143.
DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-14.

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. В настоящее время наибольшее распространение на рисовых оросительных системах Кубани получил режим укороченного затопления. Величина оросительной нормы для условий Краснодарского края колеблется в зависимости от природно-климатических условий от 14 770 до 28 450 м³/га [3, 5].

Подробный анализ оросительной нормы и ее расходных отдельных статей при укороченном режиме орошения показывает, что порядка 70 % оросительной воды теряется на непроизводительные сбросы за период посева – кущения [2, 6].

В целях экономии оросительной воды разработан комбинированный режим орошения, предусматривающий создание на этапе посева – кущения наиболее благоприятных по требованиям растений водного, температурного и питательного режимов. Это достигается проведением поливов дождеванием в период посева – кущения А, далее затопление рисового поля по достижении растениями риса фазы полного кущения. Величина оросительной нормы при комбинированном режиме орошения риса сократилась на 4125 м³/га., а урожай повысился на 12,2 ц с га [3, 5].

В дальнейшем коллективом ученых, работающих под руководством академиков РАН И. П. Кружилина, В. В. Бородычева и доктора сельскохозяйственных наук Е. П. Борового, доказана целесообразность возделывания риса с применением периодических поливов дождеванием в различных природно-климатических условиях на рисовых инженерных гидромелиоративных системах Волгоградской области, Краснодарского края, Республики Калмыкия и в условиях южной зоны Приамурья. Величина оросительных норм при периодических поливах риса на оросительных системах общего назначения составила 4600 – 8600 м³/га, а урожай риса колеблется от 44 до 53,5 ц с га [1, 2, 4].

Применение дождевания как основного способа полива на рисовых оросительных системах Кубани имеет ограниченный ареал, так как значительная часть их имеет сложную мелиоративную обстановку, в частности близко расположенные к дневной поверхности грунтовые воды с высокой концентрацией солей, а реконструкция оросительной сети для проведения поливов дождеванием требует значительных капитальных затрат.

В настоящее время имеется опыт применения рассадной технологии возделывания риса, который показывает ее высокую эффективность [8, 10].

Предлагается режим орошения риса, основанный на производстве рассады риса до фазы кущения в закрытом или открытом грунте с поддержанием влажности почвы в этот период не менее 80 % от наименьшей влагоемкости дождеванием. А после высадки рассады в подготовленную почву (обработанную ЭГУ) и создание слоя воды до фазы развития растения риса – молочно-восковой спелости.

Высадка рассады производится после уборки сопутствующей культуры. В предлагаемом севообороте таковой может являться озимый ячмень. Перед посадкой рассады риса почва рисового поля подвергается электрогидравлической обработке в процессе планировки затопленного чека с использованием устройства, представленного на рисунке 1.

Основным механизмом электрогидравлического диспергирования являются первичные и вторичные ударные волны, высокоскоростные потоки, кавитационные и широкий спектр звуковых и электромагнитных воздействий.

Рисунок 1 – Устройство для мелиорации почв с применением электрогидравлической обработки (А.С. № 1026718)

Figure 1 – Device for soil reclamation using electrohydraulic treatment
(Copyright Certificate No. 1026718)

Высоковольтные разряды в смеси жидкости и почвы ускоряют окислительно-восстановительные реакции, вызывают внутримолекулярные перегруппировки веществ, способствуют синтезу атмосферного азота, кроме этого, электрогидравлическая (ЭГ) обработка почвы дает возможность активировать процессы перевода труднорастворимых соединений, содержащихся в почве, в доступные для растений риса.

При ЭГ-обработке происходит гибель сорной растительности и переработка пожнивных остатков предшествующей культуры.

В работе использованы данные вегетационных опытов, выполненных на вегетационной площадке Кубанского ГАУ.

При закладке вегетационных опытов, последующих наблюдениях и обработке полученных данных применялись методики [4].

Почва для заполнения вегетационных сосудов бралась с рисовой оросительной системы учебно-опытного хозяйства «Кубань».

Физические и агрохимические свойства почвы представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Физические свойства лугово-черноземовидной почвы

Table 1 – Physical properties of meadow-black earth soils

Горизонт, см / Layer, cm	Содержание агрегатов в % от массы воздушно-сухой почвы / Content of aggregates in % of air- dry soil weight		Объемная мас- са, т/м ³ / Volumetric mass, t/m ³	Удельная масса, т/м ³ / specific mass, t/m ³	Скважность, % / porosity, %
	> 0,01	<0,01			
0-10	32,77	67,23	1,17	2,53	53,76
10-20	36,39	63,70	1,34	2,58	48,01
20-30	40,98	59,02	1,39	2,67	47,95

Таблица 2 – Содержание гумуса и азота в лугово-черноземовидной почве,
мг/100 г абсолютно сухой почвы

Table 2 – Humus and nitrogen content in meadow-black earth soil, mg/100 g absolutely dry soil

Глубина отбора, см / Selection depth, cm	Гумус, % / Humus, %	Азот / nitrogen				
		общий/ the general	минеральный/ mineral	легко гидролизуемый/ easily hydrolyzable	трудно гидролизуемый/ difficult hydrolyzable	негидролизующий/ not hydrolyzed
0-10	3,67	207	5,24	14,82	62,09	126,43
10-20	3,45	193,63	4,91	14,77	58,70	115,23
20-30	3,13	184,66	3,31	15,05	56,03	109,58

Содержание подвижного фосфора в почве составило 69,16 мг $P_2 O_5$ на кг почвы.

В контрольном варианте производился высея семян риса сорта «Флагман» – 5 растений на сосуд.

В опытном варианте производилась высадка рассады того же сорта в фазе полного кушения, при этом 1 кг почвы в вегетационном сосуде (общий вес почвы в сосуде 9 кг) подвергался электрогидравлической (ЭГ) обработке. Рабочее напряжение установки – 6 кВ, емкость батареи конденсаторов – 12 мкФ при концентрации почва : вода – 1 : 5.

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы: общая поверхность частиц почвы после обработки 15 импульсами увеличилась с 37 м²/г, до 83 м²/г, то есть увеличилась в 2,24 раза по сравнению с необработанной почвой. Дальнейшая обработка до 25 импульсов приводит к незначительному росту общей поверхности почвы – 92 м²/г. Если в первом случае интенсивность нарастания поверхности частиц почвы составляла 3,07 м²/г на один импульс, то при дальнейшем вводе энергии интенсивность прироста значительно сокращается до 0,9 м²/г за один импульс. Авторы считают, что оптимальным числом импульсов, в данном случае – 15 импульсов на 1 кг почвы. Эти выводы подтвердились при обработке гипса. Изменение механического состава почвы представлено на диаграммах 2-4.

Максимум функции зависимости поверхности частиц почвы от числа импульсов.

Получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур при современных технологиях возделывания базируется на применении высоких доз минеральных удобрений [9]. Их производство сопряжено с проблемами как энергетического, так и экологического характера.

Синтез 1 кг азотных удобрений требует 86,8 МДж, фосфорных – 12,6 и калийных – 8,3 МДж энергии [8]. Кроме этих затрат, требуются дополнительные затраты на транспортирование, последующее хранение и внесение.

Предлагаемая технология обработки почвы способствует снижению доз внесимых минеральных удобрений за счет повышения концентрации питательных элементов в результате ЭГ обработки почвы, активизации микрофлоры почвы, что позволит ускорить процесс переработки растительных остатков в гумус [8].

Анализ данных, полученных в ходе опытов, иллюстрируется диаграммой 5 и позволяет сделать выводы о том, что при воздействии высоковольтными импульсами почвенная вытяжка обогащается растворимыми соединениями азота и калия. Следует отметить, что количество соединений азота выросло почти в 2 раза за счет синтеза атмосферного азота и перевода его аммиачной формы в нитратную. Ближайшим резервом азота для питания растений является азот легкогидролизуемых соединений, но изменение их содержания в почве рисового поля в обычных условиях незначительное.

Рисунок 2 – Механический состав почвы без электрогидравлической обработки

Figure 2 – Mechanical composition of soil without electrohydraulic treatment

Рисунок 3 – Механический состав почвы после 15 импульсов электрогидравлической обработки

Figure 3 – Mechanical composition of soil after 15 pulses of electrohydraulic treatment

Рисунок 4 – Механический состав почвы после 25 импульсов электрогидравлической обработки

Figure 4 – Mechanical composition of soil after 25 pulses of electrohydraulic treatment

Рисунок 5 – Количество соединений азота и калия в водной вытяжке, мг/100 г почвы

Figure 5 – Quantity of nitrogen and potassium compounds in water extract, mg/100 g of soil

Применение электрогидравлической обработки почвы приводит к переводу легкогидролизуемых форм азота в доступную для растений форму. Данное обстоятельство указывает на улучшение условий для растений риса по азотному питанию. Одним из экологически безвредных путей повышения эффективности азотных удобрений и увеличения продуктивности риса является применение ингибиторов нитрификации. Наиболее широко распространены нитрапирин, дициандиамида, триазины. Применение данных препаратов способствует подавлению жизнедеятельности нитрифицирующих микроорганизмов. Дальнейшее увеличение затрат энергии при обработке почвы не привело к увеличению концентрации соединений азота.

Почвы зоны рисосеяния Кубани, в силу особенностей минералогического состава, богаты калием. Несмотря на большие валовые запасы, лишь небольшая его часть может использоваться растениями. Учитывая исключительную роль обменного калия проводились наблюдения за его концентрацией в ходе опытов. Содержание растворимого калия увеличивается пропорционально числу импульсов. Это объясняется диспергированием почвы при электрогидравлической обработке и переходе в растворимое состояние этого элемента, содержащегося в составе глинистых материалов почвы.

Лугово-черноземные почвы рисовых полей характеризуются достаточно высокими запасами фосфора, содержание которого составляет от 57,93 до 63,23 мг/кг почвы. [4]. Учитывая достаточную обеспеченность данным элементом концентрация его при проведении опытов не проводилась.

Данные обстоятельства указывают на улучшение условий для роста и развития растений риса по азотному и калийному питанию при разрядно-импульсной обработке рисовой почвы.

Сложные гидрогеологические условия, сложившиеся на рисовых оросительных системах вследствие различных технических и экономических проблем, привели к ухудшению их мелиоративного состояния. Одной из основных причин является подъем уровня грунтовых вод, а следовательно, вторичное засоление и осолонцевание.

Почвы с неблагоприятными водно-физическими и агрохимическими свойствами имеют низкую продуктивность. Удаление избытка солей достигается промывками почвы, что и происходит при выращивании риса, или применением различных типов дренажей с дополнительным внесением химических мелиорантов.

Современные способы внесения гипса и гипсодержащих химических мелиорантов – соединений можно подразделить на два вида: «мокрые» и «сухие». При «сухом» внесении гипса осуществляется в сухом виде – разбрасывание гипсодержащих

соединений на посевной площади. Такая технология обладает недостатками: неравномерность распределения вносимого гипса и недостаточный контакт частиц почвы с частицами агента.

При «мокрой» технологии гипс вносится в почву с последующей его ЭГ обработкой в смеси с почвой, насыщенной оросительной водой. В результате ускоряется реакция замещения, благодаря наиболее равномерному распределению гипса и увеличению площадей контакта частиц почвы и реагента (гипса), а также увеличению степени его миграции в почвенном профиле.

Опытные данные по влиянию ЭГ обработки на степень диспергирования гипса приведены на диаграммах 6-8.

Рисунок 6 – Механический состав гипса без электрогидравлической обработки

Figure 6 – Mechanical composition of gypsum without electrohydraulic treatment

Рисунок 7 – Механический состав гипса после 15 импульсов электрогидравлической обработки

Figure 7 – Mechanical composition of gypsum after 15 pulses of electrohydraulic treatment

Следует обратить внимание на возможность получения железа и микроэлементов в процессе электроимпульсной обработки. Из числа соединений, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях в почвах рисовых полей, от которых в большой степени зависит судьба урожая риса, особый интерес представляют окисное и закисное железо. Окисное железо является активным детоксикатором, способным

уменьшать концентрацию сероводорода в затопленной почве. Другие микроэлементы: бор, кобальт, медь, марганец, молибден и цинк – могут входить в состав электродов и выделяться в процессе обработки почвы. [8].

Рисунок 8 – Механический состав гипса после 25 импульсов электрогидравлической обработки

Figure 8 – Mechanical composition of gypsum 25 pulses of electrohydraulic treatment

Анализ данных, полученных в результате лабораторного опыта, позволил разработать математическую модель зависимости степени дробления гипса от количества затраченной энергии.

Введем следующие обозначения:

E – энергия, вводимая в канал разряда;

n – число импульсов

N – энергия единичного импульса;

S_0 – начальная общая поверхность частиц;

S_K – конечная общая поверхность частиц;

L – степень дробления.

Тогда можно записать:

$$E = E_0; S = S_0 \text{ при } E = E_K, S = S_K, \\ \frac{dS}{dE} = F(S), dS = F(S)dE, \quad (1)$$

в данном случае $F(S) = -L(S_K - S_0)$, тогда

$$\frac{dS}{dE} = -L(S_K - S_0), \text{ откуда } S(E) = (S_K - S_0)(1 - e^{-LE}) \quad (2)$$

$$\frac{S(E)}{(S_K - S_0)} = 1 - e^{-LE}, \quad (3)$$

$$e^{-LE} = 1 - \frac{S(E)}{(S_K - S_0)}, \quad (4)$$

$$-LE = \ln 1 - \frac{S(E)}{S_K - S_0}, \quad (5)$$

$$L = -\frac{1}{E} - \ln 1 - \frac{S(E)}{S_K - S_0} \quad (6)$$

$$S_K = 249,6 - 179,6 e^{-0,064n} \quad (7)$$

В данной модели для определения степени дробления необходимо знать исходную общую поверхность частиц S_0 , конечную S_k и количество затраченной энергии. Зная емкость конденсаторной батареи и рабочее напряжение, можно определить энергию единичного импульса, а следовательно, и общую энергию, необходимую для обработки.

В вегетационных опытах исследовалась возможность применения разрядно-импульсной технологии (РИТ) в процессах измельчения гипса, установление оптимального режима обработки гипса, скорости рассолонцевания почвы и степени измельчения растительных остатков предшествующей культуры (соломы ячменя).

Своеобразный водно-воздушный режим рисового поля в значительной степени сказывается на гумусообразовании и гумусонакоплении. Основным источником образования гумуса являются растительные остатки, трансформируемые почвенной макро- и микрофлорой в органическую часть почвы [11].

Ускорение процесса гумусообразования является одним из основных вопросов земледелия [12]. В данном случае в опытном варианте проводилась ЭГ подготовка соломы при ее внесении в почву в качестве органического удобрения.

Дозы внесения: гипса – 5 т/га; соломы – 5 т/га. Число импульсов для обработки: гипса и соломы – 15. Данные о влиянии различных способов внесения пожнивных остатков и полуводного гипса на урожай риса в вегетационном опыте представлен в таблице 3. Следует обратить внимание на тот факт, что, кроме соломы, обработке подвергались корни клубнекамыша, ставшие питательной средой для анаэробных, а в дальнейшем – для аэробных микроорганизмов.

Таблица 3 – Влияние ЭГ-обработки гипса, почвы и рисовой соломы на урожай риса при возделывании на почвах солонцового типа

Table 3 – Effect of EG treatment of gypsum, soil and rice straw on rice harvest when cultivated on salt-type soils

Вариант опыта / Experience Option	Урожайность риса, ц/га / Rice yield, c/ha	Прибавка, % / Increase, %
Контроль / control	27,4	-
Внесение гипса и соломы по традиционной технологии / Application of gypsum and straw using traditional technology	30,5	11,3
Внесение ЭГ-обработанного гипса и соломы + на фоне ЭГ-обработанной почвы / Introduction of EG - treated gypsum and solo + on the background of EG of treated soil	54,6	99,3

Выводы. При использовании предложенной технологии сокращение величины оросительной нормы риса составило $4972 \text{ м}^3/\text{га}$ по сравнению с укороченным режимом орошения.

Электрогидравлическая обработка почвы перед посадкой рассады риса 15 импульсами на 1 кг почвы при рабочем напряжении 6 кВ и емкости конденсатора – 200 мкФ – позволяет:

- увеличить общую поверхность частиц почвы с $37 \text{ м}^2/\text{г}$ до $83 \text{ м}^2/\text{г}$, что способствует переводу в доступные формы соединения азота и калия, содержащиеся в почве, и благотворно сказывается на росте и развитии растений риса;

- экономия оросительной воды обусловлена сокращением времени пребывания слоя воды на чеке и уменьшением фильтрационных потерь за счет увеличения содержания илистых частиц, образующих противоточный экран, при дальнейших исследованиях следует обратить внимание на снижение слоя воды вследствие увеличения концентрации питательных элементов в почве рисового поля, что приведет к дальнейшей экономии оросительной воды;

- режим обработки гипса является оптимальным при мелиорации почв солонцового комплекса;

- электрогидравлическая обработка гипса позволяет увеличить скорость рассолонцевания за счет увеличения деятельной поверхности как почвы, так и гипса, оптимальный режим обработки гипса аналогичен режиму обработки почвы и составляет 15-20 импульсов на 1 кг;

- разработанная математическая модель степени дробления гипса позволяет оптимизировать процесс внесения его в целях улучшения мелиоративного состояния на рисовых системах;

- процесс гумификации растительных остатков при электрогидравлической их обработке ускоряется за счет увеличения деятельной поверхности соломы и получаемых при обработке соединений азота, а также интенсификации жизнедеятельности почвенной биоты в результате так называемого «бактериального взрыва». Попадающие в зону действия высокого давления зерна и корни сорняков теряют свою жизнеспособность и в дальнейшем служат питательным субстратом для микроорганизмов.

Предлагаемая технология возделывания риса позволяет увеличить экономическую эффективность включением в севооборот озимых сортов ячменя за счет переноса даты высадки рассады риса.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Шабанов Р. М. Технология возделывания риса на мелиоративных системах общего назначения при орошении дождеванием // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 1-5.
2. Водопользование на рисовых гидромелиоративных системах Нижней Кубани: монография / Ю. А. Свистунов, А. Ю. Галкин, А. Ю. Свистунов, С. Н. Якуба. Краснодар: КубГАУ, 2014. 295 с.
3. Дедова Э. Б., Белопухов С. Л., Шабанов Р. М. Режим орошения и продуктивность маловодопотребного риса в условиях пустынной зоны Калмыкии // Бутлеровские сообщения. 2013. Т. 33. № 2. С. 41-47.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Продуктивность суходольного риса при капельном орошении / Н. Н. Дубенок, И. П. Кружилин, Н. М. Абду, М. А. Ганиев, К. А. Родин // Известие Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 92-100.
6. Развитие безгербицидного рисоводства на основе режима постоянного затопления и автоматизации полива риса / А. С. Овчинников, Н. В. Островский, В. О. Шишкин, А. А. Пахомов, В. В. Островский. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020.
7. Сельское хозяйство Краснодарского края 2014: статистический сборник. Краснодар: Краснодарстат, 2015. 236 с.
8. Ladha J. K. New Paradigms of Growing Rice to Address Emerging Shortages of Water and Labor // IRRI. Science at the 4th International Rice Congress IRC. New Delhi, 2014.
9. Medley J. C., Wilson L. T. Sub-surface drip irrigation of rice in Texas // USA. 4th International Rice Congress. Bangkok, Thailand. 2014.
10. Rice root system spatial distribution characteristics at flowering stage and grain yield under plastic mulching drip irrigation/ H. B. He, R. Yang, L. Chen, H. Fan, X. Wang, S. Y. Wang, H.W. Cheng, F. Y. Ma // Journal of Animal & Plant Sciences. 2014. Vol. 24 (1). P. 290-301.
11. Soman P. Drip fertigation for rice cultivation: Jain's experiences // 4th International Rice Congress 27 Oct. - 1 Nov Bangkok, Thailand. 2014.
12. USDA. Crop Values Final Estimates (2007-2012). 2014.

Conclusion.

Using the proposed technology, the rice irrigation rate reduction was 4972 m³/ha compared to the shortened irrigation regime.

Electrohydraulic treatment of soil before planting rice seedlings with 15 pulses per 1 kg of soil at operating voltage of 6 kV and capacitance of condenser - 200 μ F allows:

- increase the total surface area of soil particles from 37 m²/g to 83 m²/g, which contributes to the conversion into accessible forms of nitrogen and potassium compounds contained in the soil and has beneficial effects on the growth and development of rice plants;

- the saving of irrigation water is due to the reduction of the residence time of the water layer on the check and the reduction of filtration losses due to the increase in the content of silty particles forming the anti-filtration screen, further studies should pay attention to the decrease in the water layer due to the increase in the concentration of nutrients in the rice field soil, which will lead to further savings in irrigation water;

- gypsum treatment is optimal in soil reclamation of the salt complex;

- electrohydraulic treatment of gypsum allows increasing the rate of brine separation due to increasing the active surface of both soil and gypsum, the optimal mode of gypsum treatment is similar to that of soil treatment and is 15-20 pulses per 1 kg;

- the developed mathematical model of the degree of gypsum crushing makes it possible to optimize the process of applying it in order to improve the reclamation state on rice systems;

- the process of humification of plant residues during electrohydraulic treatment is accelerated by increasing the active surface of straw and nitrogen compounds obtained during treatment, as well as intensifying the vital activity of soil biota as a result of the so-called "bacterial explosion," grains falling into the zone of action of high pressure and weed roots lose their viability and subsequently serve as a nutrient substrate for microorganisms.

Proposed technology of rice cultivation makes it possible to increase economic efficiency by including winter barley varieties in crop rotation due to transfer of date of rice seedlings planting.

References

1. Borodychev V. V., Dedova J. B., Shabanov R. M. Tehnologiya vzdelyvaniya risa na meliorativnyh sistemah obshchego naznacheniya pri oroshenii dozhddevaniem // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa : nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 1 (45). P. 1-5.
2. Vodopol'zovanie na risovyh gidromeliorativnyh sistemah Nizhnej Kubani: monografiya / Yu. A. Svistunov, A. Yu. Galkin, A. Yu. Svistunov, S. N. Yakuba. Krasnodar: KubGAU, 2014. 295 p.
3. Dedova J. B., Belopuhov S. L., Shabanov R. M. Rezhim orosheniya i produktivnost' malovodopotrebnogo risa v usloviyah pustynnoj zony Kalmykii // Butlerovskie soobscheniya. 2013. T. 33. № 2. P. 41-47.
4. Dosphehov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. Moskva : Agropromizdat, 1985. 351 p.
5. Produktivnost' suhodol'nogo risa pri kapel'nom oroshenii / N. N. Dubenok, I. P. Kruzhilin, N. M. Abdu, M. A. Ganiev, K. A. Rodin // Izvestie Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2015. № 6. P. 92-100.
6. Razvitie bezgerbicidnogo risovodstva na osnove rezhima postoyannogo zatopleniya i avtomatizacii poliva risa / A. S. Ovchinnikov, N. V. Ostrovskij, V. O. Shishkin, A. A. Pahomov, V. V. Ostrovskij. Volgograd: Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020.
7. Sel'skoe hozyajstvo Krasnodarskogo kraja 2014: statisticheskij sbornik. Krasnodar: Krasnodarstat, 2015. 236 p.
8. Ladha J. K. New Paradigms of Growing Rice to Address Emerging Shortages of Water and Labor // IRRI. Science at the 4th International Rice Congress IRC. New Delhi, 2014.

9. Medley J. C., Wilson L. T. Sub-surface drip irrigation of rice in Texas // USA. 4th International Rice Congress. Bangkok, Thailand. 2014.
10. Rice root system spatial distribution characteristics at flowering stage and grain yield under plastic mulching drip irrigation/ H. B. He, R. Yang, L. Chen, H. Fan, X. Wang, S. Y. Wang, H.W. Cheng, F. Y. Ma // Journal of Animal & Plant Sciences. 2014. Vol. 24 (1). P. 290-301.
11. Soman P. Drip fertigation for rice cultivation: Jain's experiences // 4th International Rice Congress 27 Oct. - 1 Nov Bangkok, Thailand. 2014.
12. USDA. Crop Values Final Estimates (2007-2012). 2014.

Author's Information

Grin Valentin Grigorievich, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Candidate of Agricultural Sciences, Professor e-mail: grin_v_g@inbox.ru Phone 8 905 401 69 15

Alexey Ovchinnikov, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University", Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: shvig31@mail.ru. Phone +7 (8442) 41-81-53

Shishkin Alexander Sergeevich, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin", Senior Lecturer, e-mail: schischa@inbox.ru. Phone 8 962 878 37 49

Pakhomov Alexander Alekseevich, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University", Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: shvig31@mail.ru. Phone +7 (8442) 41-81-53

Информация об авторах

Гринь Валентин Григорьевич, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: grin_v_g@inbox.ru. Телефон 8 905 401 69 15.

Овчинников Алексей Семенович, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: shvig31@mail.ru. Телефон +7 (8442) 41-81-53.

Шишкин Александр Сергеевич, старший преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), e-mail: schischa@inbox.ru. Телефон 8 962 878 37 49.

Пахомов Александр Алексеевич, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, e-mail: shvig31@mail.ru. Телефон +7 (8442) 41-81-53.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-15

PRODUCTIVITY OF SAFLOR «*Cárthamus tinctorius*» IN VARIOUS MOISTURE SECURITY CONDITIONS

N. A. Zaitseva, E.V. Yachmeneva, I.I. Klimova, A.S. Dyakov

*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Astrakhan region, Russia*

Received 03.02.2021

Submitted 15.05.2021

Summary

The results of a comparative assessment of safflower varieties in contrasting moisture conditions in the north of the Astrakhan region are presented. On the basis of the studies carried out and the obtained experimental material, the most promising ones were identified among the introduced samples, which can be used as a source material for breeding work. The data obtained showed that under irrigation conditions, the yield increased on average for 2019-2020. by 0.03 ... 0.57 t / ha in comparison with rainfed, but its absolute level was still low and was in the range of 0.23 ... 1.05 t / ha.