



НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ

Научная статья

УДК 631.6

doi: 10.55186/25876740_2025_68_4_462

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПУСТОЗЕРНОСТИ РИСА В ПЕРИОД ЦВЕТЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ НА ЮГЕ РОССИИ

И.А. Приходько, М.А. Бандурин, Г.А. Молчанова, Р.В. Огаджанян

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,

Краснодар, Россия

Аннотация. В настоящее время на территории Юга России наряду с дефицитом водных ресурсов наблюдается повышение количества климатических отклонений и ущербение неблагоприятных природных явлений, что приводит к снижению качества и количества получаемого урожая риса. Следовательно, получение устойчивых урожаев в сложившихся природно-климатических условиях является задачей первостепенной, а ее решение позволит укрепить продовольственную безопасность России и ее международное положение, как одного из ведущих мировых лидеров по производству и поставки зерна на мировые рынки. Поэтому целью наших исследований является изучение и прогноз влияния пониженных температур во время периода цветения на процесс образования пустозерноти риса. Исследования выполнялись авторами по отчетным многолетним данным мониторинга производственно-хозяйственной деятельности рисоводческих хозяйств Краснодарского края за 2019-2023 гг. в Красноармейском районе (ООО «СХП им. Ленина»), Калининском районе (ООО «АФ «Курчанская», ООО «ЮВИКС-ПРО»), Славянском районе (ООО «Черноерковское», ООО «Мелиоратор», ООО АПФ «Кубань», ООО АПФ «Кубань»), Абинском районе (ООО СХП «Кубань», ООО «Рис»), Темрюкском районе (ГУП КК «Кубанские продукты», ГУП КК «Кубанские продукты»). Объектом исследования является рисовая оросительная система. Предметом исследований является исследование зависимости пустозерноти риса в период цветения. В связи с тем, что пустозерноти является одной из основных причин потерь урожая во многих регионах, где культивируется рис, в статье изучается влияние пониженных температур, которые оказывают существенное влияние на процесс образования пустозерноти, и изучаются механизмы и факторы, регулирующие этот процесс. Авторами представлены результаты комплексного исследования, которое основывалось на теоретических и экспериментальных методах, с использованием многолетних данных по различным сортам риса и показателям окружающей среды. Установлено, что пониженные температуры во время периода цветения риса оказывают существенное влияние на процесс образования пустозерноти. Выявлено, что при снижении температуры происходит ухудшение пыльцевания и опыления, что приводит к неполной оплодотворяемости цветков риса. Также наблюдалось замедление процессов деления и дифференциации клеток зерна при низких температурах, что приводит к торможению роста зародыша и образованию пустозерноти. Установлено, что зависимость пустозерноти от пониженных температур может быть усиlena или ослаблена в зависимости от сортовой принадлежности риса. Некоторые сорта риса, обладающие более высокой устойчивостью к низким температурам, в меньшей степени подвержены образованию пустозерноти, что открывает перспективы для селекционной работы и повышения устойчивости сортов риса к пониженным температурам. В заключении статьи представлены практические рекомендации по оптимальной температуре обработки и ухода за рисовыми полями в период цветения для минимизации риска образования пустозерноти и повышения урожайности риса.

Ключевые слова: рис, климатические аномалии, температура, пустозерноти, сорта риса, рисосеяние, урожайность риса

Благодарности: исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 24-26-20003.

Original article

STUDY OF THE DEPENDENCE OF RICE GRAIN EMPTINESS DURING THE FLOWERING PERIOD UNDER CONDITIONS OF CLIMATIC ANOMALIES IN THE SOUTH OF RUSSIA

I.A. Prikhodko, M.A. Bandurin, G.A. Molchanova, R.V. Ogadzhanyan

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

Abstract. Currently, in the territory of the South of Russia, along with a shortage of water resources, there is an increase in the number of climatic deviations and an increase in the frequency of adverse natural phenomena, which leads to a decrease in the quality and quantity of the rice crop. Consequently, obtaining sustainable yields in the current natural and climatic conditions is a priority task, and its solution will strengthen Russia's food security and its international position as one of the world's leading producers and suppliers of grain to world markets. Therefore, the purpose of our research is to study and predict the impact of low temperatures during the flowering period, which affects the process of empty grain formation in rice. The studies were carried out by the authors based on long-term monitoring data on the production and economic activities of rice farms for 2019-2023. in Krasnoarmeysky district (ООО SKHP im. Lenin), Kalininsky district (ООО AF Kurchanskaya, ООО YUVIKS-PRO), Slavyansky district (ООО Chernoerkovskoye, ООО Meliorator, ООО АПФ Kuban, ООО АПФ Kuban), Abinsky district (ООО SKHP Kuban, ООО Ris), Temryuk district (GUP KK Kubanskie Produkty, GUP KK Kubanskie Produkty). The object of the study is the rice irrigation system. The subject of the research is the study of the dependence of the empty grains of rice during the flowering period. Due to the fact that empty grains are one of the main causes of yield losses in many regions where rice is cultivated, the article studies the effect of low temperatures, which have a significant impact on the process of empty grain formation, and studies the mechanisms and factors regulating this process. The authors present the results of a comprehensive study based on theoretical and experimental methods, using long-term data on various rice varieties and environmental parameters. It has been established that low temperatures during the rice flowering period have a significant impact on the process of empty grain formation. It has been revealed that with a decrease in temperature, pollination and pollination deteriorate, which leads to incomplete fertilization of rice flowers. A slowdown in the processes of division and differentiation of grain cells at low temperatures was also observed, which leads to inhibition of embryo growth and the formation of empty grains. It has been established that the dependence of empty grains on low temperatures can be strengthened or weakened depending on the rice variety. Some rice varieties with a higher resistance to low temperatures are less susceptible to the formation of empty grains, which opens up prospects for breeding work and increasing the resistance of rice varieties to low temperatures.



The article concludes with practical recommendations on the optimal temperature for processing and caring for rice fields during the flowering period to minimize the risk of empty grain formation and increase rice yield.

Keywords: rice, climatic anomalies, temperature, empty grains, rice varieties, rice sowing, rice yield

Acknowledgments: the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation No. 24-26-20003.

Введение. В современном мире производство зерновых культур является приоритетным показателем [1, 2], а его выполнение гарантирует продовольственную безопасность [3]. Важнейшей мировой, в том числе и в России, зерновой культурой является рис [4]. Рис служит основным источником пищи для миллиардов людей по всему миру, особенно в регионах с суровыми климатическими условиями [5]. Однако производство риса является очень ресурсоемким [6], требует большой поливной нормы [7] и сильно зависит от климатических условий возделывания [8]. Так, например, понижение температур в период цветения риса провоцирует у растения повышенную пустозерность, что существенно ухудшает качество и количество получаемого зерна [9].

Период цветения является ключевым этапом в развитии рисовых растений [10]. От успешности этого этапа зависит формирование зерновых зародышей и, соответственно, пустозерности риса [11]. Главной особенностью этого периода является его высокая чувствительность к температурным колебаниям [12]. Однако пониженные температуры во время цветения могут негативно повлиять на формирование и оплодотворение пыльцы, что приводит к возникновению пустых зерновых зародышей [13].

Изучение зависимости пустозерности риса от пониженных температур периода цветения имеет важное значение для повышения устойчивости этой культуры к неблагоприятным климатическим условиям. Учитывая растущую потребность в этой культуре [14], необходимо разработать эффективные методы и стратегии для минимизации пустозерности и увеличения урожайности риса в условиях пониженных температур.

Сокращение процента пустозерности риса имеет огромное значение для обеспечения стабильности поставок этой культуры на внутренний и мировой рынки. Поэтому разработка эффективных методов и стратегий для устранения этой проблемы позволит повысить урожайность и качество риса в условиях неблагоприятных климатических условий, обеспечивая надежный источник пищи для миллионов людей.

Пустозерность является частным случаем стерильности и представляет собой явление, когда по тем или иным причинам завязь на разных этапах формирования прекращает свое развитие и в колоске не образуются зерновки.

Ранее установлено несколько видов пустозерности — зачаточная, цветения, налива. Отмечалось, что образование ее связано с неблагоприятными внешними условиями в период развития метелки, цветения и налива зерна. Возникновение пустозерности связано с пониженными температурами в период развития элементов цветка и налива зерна, пониженной влажностью почвы, а также пониженной освещенностью. Отрицательное действие указанных факторов может проявиться с изменением их даже на протяжении короткого времени (8-12 дней). Причем действие одного фактора может усиливаться воздействием второго. Процент пустозерности значительно возрастает при сильном засорении поля, в частности просянками, при засолении почвы, при воздействии

жестких излучений. Нарушения в агротехнике выращивания риса, приводящие в итоге к ослаблению и полеганию растений, также вызывают увеличение процента пустозерности.

Пустозерность может рассматриваться как одно из проявлений пониженной жизнеспособности генеративных органов, что в большинстве случаев обусловлено избыточному накоплению в метелке ряда аминокислот. Вместе с тем пустозерность, как и вообще стерильность, связана с проявлением генотипа.

В процессе изучения мировой коллекции отмечено, что пустозерность в условиях отечественного рисосеяния присуща всем формам мировой коллекции риса. Ее величина у образца может быть самая различная и изменяться по годам. Так, если у одних форм пустые колоски составляют единицы, то у других они достигают десятков процентов (50-70%). Такая реакция образцов мировой коллекции объясняется тем, что не все они могут быть приспособлены к определенным условиям выращивания и генетическая обусловленность усиливается экологическими факторами.

Материалы и методы. Для решения проблемы пустозерности риса есть несколько подходов. Одним из подходов к решению этой проблемы может быть генетическая селекция [15], направленная на создание новых сортов риса, более устойчивых к пониженным температурам во время цветения. Другим подходом, который мы предлагаем в нашей работе, является оптимизация агротехнических приемов и условий выращивания риса, переход на природоподобные, ресурсосберегающие технологии, чтобы обеспечить посевам риса оптимальные условия для полноценного оплодотворения.

Для формирования новых теоретических и методологических направлений натурано-экспериментальных исследований возделывания риса с учетом природно-климатических и техногенных угроз на Юге России нами использовались статистические, теоретические, полевые и экспериментальные методы исследования, а также сведения из информационной базы исходных данных.

Результаты исследований. В рисоводческих хозяйствах Краснодарского края: ООО «СХП» им. Ленина» (Красноармейский

район), ООО «АФ «Курчанская» (Калининский район), ООО «ЮВИКС-ПРО» (Калининский район), ООО «Черноерковское» (Славянский район), ООО «Мелиоратор» (Славянский район), ООО АПФ «Кубань» (Славянский район), ООО АПФ «Кубань» (Славянский район), ООО СХП «Кубань» (Абинский район), ООО «Рис» (Абинский район), ГУП КК «Кубанские продукты» (Темрюкский район), ГУП КК «Кубанские продукты» (Темрюкский район) на основании проведенных полевых исследования в 2019-2023 гг. и выполненной статистической обработки данных мониторинга за изменениями пустозерности у сортов селекции на протяжении пяти лет авторами получены осредненные данные биометрического анализа растений модельных снопов, результаты исследований представлены в таблице 1.

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что отечественным сортам присуща пустозерность, отличающиеся по процентной величине, которая также изменяется по годам.

Данные одного года о величине пустозерности могут быть приняты относительным показателем лишь для первичной оценки сорта и отнесения его к группе фертильных или пустозерных. Более полное заключение может быть сделано на основании 2-х или 3-летних данных мониторинга, поскольку колебания климатических условий в разные годы могут достигать чуть ли не тройной кратности. Характер изменений величины пустозерности по годам оказывается одинаковым для всех сортов, между ними сохраняется постоянное соотношение в степени пустозерности. Несколько нарушают это соотношение данные пустозерности 2021 г. Так, сорт Исток уменьшил процент пустозерности, в то время как остальные сорта увеличили показатель по сравнению с предшествующим годом.

В связи с этим возник вопрос: могут ли быть растения риса без пустых колосков, то есть формирующими только выполненные? В этих целях нами были в отдельности проанализированы растения различных форм мировой коллекции, а также отечественных сортов и номеров риса, находящихся на разных этапах процесса. При этом было еще раз подтверждено, что ни одна из популяций не была полностью фертильной. Находятся лишь отдельные растения, у которых некоторые

Таблица 1. Осредненная пустозерность сортов риса в условия Кубани (2019-2023 гг.), %
Table 1. Average empty grain content of rice varieties in Kuban conditions (2019-2023), %

Сорта	Годы исследований				
	2019	2020	2021	2022	2023
Исток	21	19	16,5	17,5	18,5
Рапан	14,5	12	13,5	14,5	14
Наутилус	11,5	10,5	12,5	12	10
Патриот	7,4	6,2	8,1	8	7
Лиман	9	8,5	10,5	10,2	8,7
Рубин	6	5,5	7,3	7,1	5,8
Южная ночь	7,5	6,5	8,5	7,1	6
Регул	9,3	8,5	10,4	7,5	8,3
Черный жемчуг	6,7	5	7	4,8	6,1
Хазар	5,5	4	7	5	4,8



Таблица 2. Процент пустозерности при выращивании риса сорта Рапан при различных фонах
Table 2. Percentage of hollowness when growing rice variety Rapan on different backgrounds

Варианты	Фон	% пустозерности	
		2019 г.	2020 г.
Монокультура	Без удобрений	25	16
Монокультура	Сидераты	15,8	15,3
Монокультура	Удобрено	10	9
Монокультура	Сидераты+удобрения	22,3	6,1
Пласт многолетних трав	Без удобрений	18,0	20,3
Пласт многолетних трав	Удобрено	14,0	27,0
Оборот пласта многолетних трав	Без удобрений	29,8	14,7
Оборот пласта многолетних трав	Удобрено	20,2	14,1
3-й год после многолетних трав	Без удобрений	13,5	6,2
3-й год после многолетних трав	Удобрено	19,7	5,6
4-й год после многолетних трав	Без удобрений	14,8	17,0
4-й год после многолетних трав	Удобрено	27,6	12,4
1-й год после пара	Без удобрений	14,9	12,6
1-й год после пара	Удобрено	21,9	22,3
2-й год после пара	Без удобрений	14,0	12,0
2-й год после пара	Удобрено	26,9	19,5
3-й год после пара	Без удобрений	8,7	14,9
3-й год после пара	Удобрено	17,2	15,4
4-й год после пара	Без удобрений	19,0	21,2
4-й год после пара	Удобрено	36,0	20,4

Таблица 3. Процент пустозерности риса сорта Рапан при разных температурах в вегетационный период в Славянском районе Краснодарского края

Table 3. Percentage of hollowness of rice variety Rapan at different temperatures during the growing season in the Slavyansky district of the Krasnodar region

Год	Среднесуточная температура за лето, °C			среднее значение	% пустозерности
	июнь	июль	август		
2019	26	23	24,5	24,5	14,5
2020	23,5	26,5	25	25	12
2021	21,5	26,5	26	24,6	13,5
2022	23,5	24	27	24,8	14,5
2023	22	24,5	27,5	24,7	14

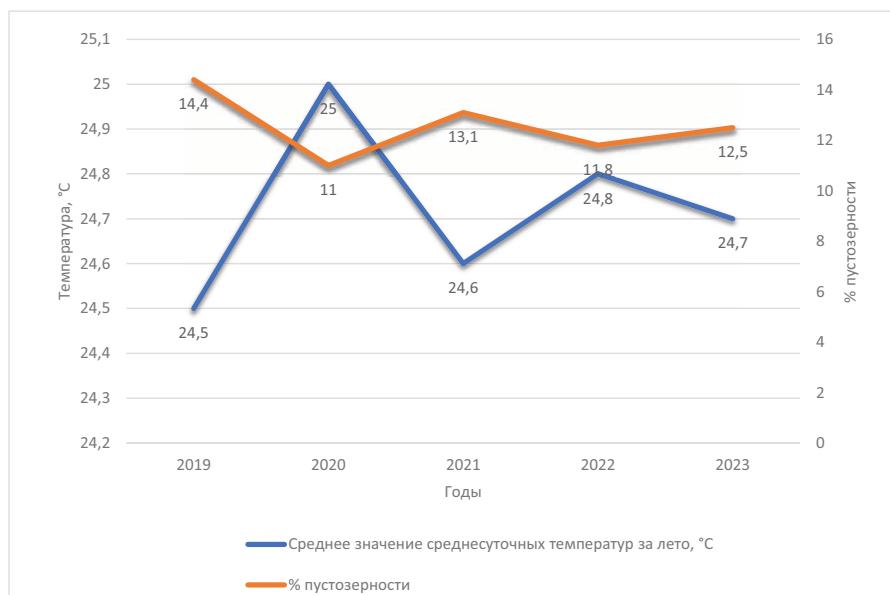


Рисунок. Процент пустозерности риса сорта Рапан при разных температурах во время созревания в Славянском районе Краснодарского края

Figure. Percentage of hollowness of rice variety Rapan at different temperatures during ripening in the Slavyansky district of the Krasnodar region

метелки куста формируют только выполненные колоски. Так, из всего урожая растений сорта Рапан (2019 г.) всего 80-100 колосков являются полными. В урожае 2020 г. 110-130 колосков считаются выполненными. Среди тысяч растений, взятых из гибридных популяций старших поколений, лишь отдельные метелки куста не имели пустых колосков, также выявлены случаи, когда растения в целом не имеют пустых колосков. Однако такие растения встречаются редко — одно из 500-700. Несмотря на редкость появления полностью fertильных растений, такие факты указывают на возможность создания сортов с очень низким процентом пустозерности. Пустые колоски риса располагаются в самых различных частях метелки, но у сортов с большим процентом пустозерности они чаще всего обнаруживаются в нижней части. Однако это нельзя отнести за счет воздействия неблагоприятных погодных условий в последние дни цветения, поскольку пустые колоски обнаруживаются как у позднеспелых, так и скороспелых образцов. Пустозерность метелок различных побегов риса с возрастанием порядка побега увеличивается. У одного и того же сорта доля пустых колосков в общем урожае изменяется при выращивании риса в различных условиях. В таблицу 2 сведены данные опытов по выращиванию риса сорта Рапан в разных полях рисового севооборота (табл. 2).

Приведенные в таблице 2 2-годичные данные свидетельствуют о том, что процент пустозерности находится в определенной зависимости и от плодородия почв, от их обеспеченности азотным питанием. Нужно отметить, что выращивание риса при повышенных дозах азота увеличивает общее число колосков на метелке, но оказывает отрицательное влияние на fertильность цветков, приводит к возрастанию процента пустых колосков.

В результате исследования установлено, что процент пустозерности изменяется не только от удобрений, но и от температур (табл. 3).

По данным таблицы 3 можно сделать вывод, что в большинстве случаев при повышении температуры воздуха процент пустозерности риса уменьшается, но не стоит ссылаться только на эти показатели, ведь процент пустозерности зависит от совокупности многих факторов и температура только один из них.

Изобразим данные таблицы 3 на графике (рис.).

Высокая пустозерность резко сказывается на урожае различных сортов риса, что особенно проявилось в 2021 г. Пустозерность тогда возросла по всем районам рисосеяния и сортам. Особенно увеличилось количество пустых колосков у сорта Хазар.

Снижение урожая в 2021 г. отмечено не только в Славянском районе, но и в Красноармейском и Темрюкском районах, о чем наглядно свидетельствуют данные таблицы 4. Для выяснения причин резкого увеличения пустозерности в 2021 г. нами были собраны пробы пустых колосков некоторых сортов, в том числе сорта Рапан, данные о температуре воздуха перед выметыванием и в период созревания. По каждому образцу были отобраны четыре пробы по 100 пустых колосков, которые проанализированы на соотношение видов пустозерности — цветения и налива. При этом регистрировалась окраска завязи и степень смыкания цветковых чешуй. В результате обобщения и анализа метеорологических данных оказалось, что условия 2021 г. характеризовались невысокими температурами,



Таблица 4. Урожай риса по годам
Table 4. Rice harvest by year

Сорт-участки	Сорта	Урожай, ц/га				
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Абинский район	Рубин	51,4	61,6	57,0	65,3	62,6
	Регул	58,4	50,0	52,0	63,5	56,2
	Рапан	—	48,5	50,0	62,5	53,7
Темрюкский район	Рубин	74,1	68,3	39,2	56,2	54,5
	Регул	70,7	62,6	41,0	60,0	56,7
	Рапан	61,5	54,7	39,3	50,9	59,2
Славянский район	Лиман	83,6	72,4	54,1	43,8	52,9
	Регул	—	57,8	54,8	47,9	52,7
	Черный жемчуг	—	58,0	38,6	53,0	42,7

низкими показателями как в период цветения, так и в предшествующий и последующий периоды, что отрицательно влияло на формирование зерновок риса.

Выполненный анализ воздействия низких температур в период цветения на генеративные органы риса показал, что он был много-кратным. К тому же отрицательное воздействие суточных колебаний температуры усугубилось критически низкой относительной влажностью температуры. Однако прямой зависимости между относительной влажностью и величиной пустозерности не установлено. Так, например, в Славянском районе у сорта Рапан процент пустозерности при температуре воздуха 10,7°C и относительной влажности 36% в один из периодов цветения составил 20%; а в условиях Темрюкского района цветение проходило при такой же влажности воздуха, но при температурах 8,3-9,7°C и процент пустых колосков оказался выше и составил 22%.

В результате анализа пустых колосков выяснилось, что наибольший процент их приходится на более ранний этап формирования зерновок. Процент пустозерности цветения оказался значительно выше пустозерности налива. Такая закономерность была выявлена по всем сортам, независимо от места их произрастания. При этом было отмечено, что у колосков, у которых завязь равнялась 1 мм, цветковые чешуи не были сомкнутыми. Процент разомкнутых колосков соответствовал проценту пустозерности цветения.

Наблюдениями прошлых лет установлено, что разомкнутость цветковых чешуй возникает при низкой относительной влажности воздуха или же при низкой температуре воздуха. Следовательно, можно сказать, что разомкнутость колосков характеризует собой неблагоприятный исход формирования зерновок на ранних стадиях развития. Однако низкая относительная влажность воздуха оказывает действие на завязь и особенно на ее рыльца, препятствуя нормальному оплодотворению. А низкая температура воздуха действует и на завязь, и на лодикулы. В силу этого при низких температурах цветочные чешуйки колосков не смыкаются в день цветения и остаются открытыми — или до часов цветения следующего дня, или же на протяжении всего времени созревания. В условиях 2021 г. наиболее критическое значение для цветения и оплодотворения имела температура, так как снижение составило около 2-4°C по сравнению с обычной летней температурой, а ночью могла опуститься до 7-9°C, что также оказывало влияние на развитие растений.

В целом зависимость пустозерности риса от пониженных температур в период цветения является серьезной проблемой, которая требует

внимания и научных исследований. Только путем разработки эффективных методов и практик можно повысить устойчивость рисовых культур к погодным условиям и обеспечить стабильное производство питательного и качественного риса для мировой популяции.

Выводы. В результате выполненных исследований установлено, что пустозерность риса является проблемой, которая прямо пропорционально зависит от пониженных температур в период цветения.

Исследования показывают, что низкие температуры негативно влияют на процесс оплодотворения и образования зерна у рисовых растений.

Установлено, что пониженная температура приводит к замедлению развития полиний и их низкой жизнеспособности, что снижает вероятность успешного оплодотворения.

Доказано, что низкие температуры могут вызывать частичное или полное отмирание пыльцы, что еще больше ограничивает возможность формирования качественного зерна.

Проведенные исследования показали, что пустозерность имеет серьезные последствия для сельского хозяйства, снижает урожайность и качество получаемого зерна и может оказаться негативное влияние на продовольственную безопасность России.

Следовательно, необходимо проведение дальнейших исследований и разработка специализированных методов выращивания риса, адаптированных к неблагоприятным погодным явлениям и дефициту водных ресурсов.

Рекомендуется использовать в севооборотах сорта риса, более устойчивые к холodu, а также технологии и практики, способствующие сохранению тепла во время цветения, например, укрытие растений или использование специальных полизиленовых покрытий. Также необходимо улучшить системы предупреждения и прогнозирования пониженных температур, чтобы сельскохозяйственные производители могли принимать своевременные меры для защиты растений от неблагоприятных климатических условий.

Исследование вносит важный вклад в понимание механизма формирования пустозерности риса и может быть использовано в сельскохозяйственной практике для улучшения производства этой важной культуры.

Список источников

1. Мирная Д.С., Романова А.С., Бандурин М.А. Совершенствование мониторинга механического оборудования Грушевского распределителя Большого Ставропольского канала // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях, Краснодар,

01 марта 2022 г. / отв. за выпуск А.Г. Кошаев. Часть 1. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. С. 594-597.

2. Degtyareva, O.G., Safronova, T.I., Rudchenko, I.I., Prikhodko, I.A. (2019). Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Kislovodsk, 01-05 October 2019, vol. 698 (2). Kislovodsk, Institute of Physics Publishing, p. 022015. doi: 10.1088/1757-899X/698/2/022015

3. Приходько И.А., Анненко А.Д. Инновационные технологии возделывания риса в условиях Краснодарского края // Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам V Международной научной экологической конференции, Краснодар, 30 декабря 2020 г. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. С. 139-145.

4. Safronova, T., Vladimirov, S., Prikhodko, I. (2020). Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields. *E3S Web of Conferences*: 13, Rostov-on-Don, February 26-28, 2020. Rostov-on-Don, p. 09011. doi: 10.1051/e3sconf/202017509011

5. Демьянов С.И., Владимиров С.А. Основные направления перехода рисоводства Кубани на экологически безопасное устойчивое производство // Инновационные решения социальных, экономических и технологических проблем современного общества: сборник научных статей по итогам круглого стола со всероссийским и международным участием, Москва, 15-16 августа 2021 г. Т. 4. М.: ООО «Конверт», 2021. С. 23-25.

6. Приходько И.А., Бандурин М.А., Якуба С.Н. Пути решения совершенствования рационального природопользования в границах мелиоративно-водохозяйственного комплекса Нижней Кубани // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной безопасности, Москва, 14-15 апреля 2022 г. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2022. С. 100-107.

7. Приходько И.А., Парфенов А.В., Александров Д.А. Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования в рисоводстве Кубани // Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, Чебоксары, 22 октября 2021 г. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2021. С. 150-152.

8. Мирная Д.С., Романова А.С., Ариничева И.В. Математическое моделирование гидрологических процессов речного потока // Будущее науки-2020: сборник научных статей 8-й Международной молодежной научной конференции. В 5-ти томах, Курск, 21-22 апреля 2020 г. Том 5. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. С. 29-32.

9. Крылова Н.Н., Иванов Н.А., Огрызко В.А. Совершенствование способа полива риса // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. 2019. № 2 (февраль). URL: <http://akademnova.ru/page/87550>

10. Романова А.С., Руденко А.А., Бандурин М.А. Пути минимизации негативного воздействия катастрофических паводков на реках Юга России // Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам VI Международной научной экологической конференции, Краснодар, 22 декабря 2021 г. / отв. за выпуск Н.Н. Мамась. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. С. 144-148.

11. Кружилин И.П., Ганиев М.А., Кузнецова Н.В., Родин К.А. Водопотребление риса и удельные затраты на формирование урожая зерна при разных способах полива // Известия Нижневолжского аграрного университета: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 108-117. doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117

12. Романова А.С., Бандурин М.А. Факторы преждевременного выхода из строя металлических конструкций гидротехнических сооружений при их эксплуатации // Рациональное использование природных ресурсов: теория, практика и региональные проблемы: материалы II Всероссийской (национальной) конференции, Омск, 26 мая 2022 г. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. С. 253-260.





13. Приходько И.А., Бандурин М.А., Степанов В.И. Задача выбора рациональных технологических операций при возделывании риса // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359
14. Владимиров С.А., Дронов М.В., Александров Д.А. Оценка изменений водных ресурсов в бассейне реки Кубань // Актуальные вопросы аграрной науки: материалы Национальной научно-практической конференции, Ульяновск, 20-21 октября 2021 г. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. С. 148-152.
15. Бандурин М.А., Романова А.С. Совершенствование режимов орошения для повышения экологических свойств почв степных агроландшафтов // Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам VI Международной научной экологической конференции, Краснодар, 22 декабря 2021 г. / отв. за выпуск Н.Н. Мамась. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. С. 33-38.
- References**
1. Mirnaya, D.S., Romanova, A.S., Bandurin, M.A. (2022). Sovershenstvovanie monitoringa mekhanicheskogo oborudovaniya Grushevskogo raspredelitelya Bol'shogo Stavropol'skogo kanala [Improving the monitoring of mechanical equipment of the Grushevsky distributor of the Great Stavropol Canal]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statei po materialam 77-i nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov po itogam NIR za 2021 god. V 3-kh chastyakh, Krasnodar, 01 marta 2022 g.* [Scientific support of the agro-industrial complex: collection of articles based on the materials of the 77th scientific and practical conference of students on the results of the research for 2021. In 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022]. Part 1. Krasnodar, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, pp. 594-597.
2. Degtyareva, O.G., Safronova, T.I., Rudchenko, I.I., Prikhodko, I.A. (2019). Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kislovodsk, 01-05 October 2019*, vol. 698 (2). Kislovodsk, Institute of Physics Publishing, p. 022015. doi: 10.1088/1757-899X/698/2/022015
3. Prikhod'ko, I.A., Annenko, A.D. (2021). Innovatsionnye tekhnologii vozdeystvaniya risa v usloviyakh Krasnodarskogo kraya [Innovative technologies of rice cultivation in the conditions of the Krasnodar territory]. *Ekologiya rechnykh landshaftov: sbornik statei po materialam V Mezhdunarodnoi nauchnoi ekologicheskoi konferentsii, Krasnodar, 30 dekabrya 2020 g.* [Ecology of river landscapes: a collection of articles based on the materials of the V International scientific ecological conference, Krasnodar, December 30, 2020]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, pp. 139-145.
4. Safronova, T., Vladimirov, S., Prikhodko, I. (2020). Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields. *E3S Web of Conferences: 13, Rostov-on-Don, February 26-28, 2020*. Rostov-on-Don, p. 09011. doi: 10.1051/e3sconf/202017509011
5. Dem'yanov, S.I., Vladimirov, S.A. (2021). Osnovnye napravleniya perekhoda risovodstva Kubani na ehkologicheski bezopasnoe ustochivoe proizvodstvo [The main directions of the transition of Kuban rice farming to environmentally safe sustainable production]. *Innovatsionnye resheniya sotsial'nykh, ekonomicheskikh i tekhnologicheskikh problem sovremennogo obshchestva: sbornik nauchnykh statei po itogam krugloglosta so vserossiiskim i mezhdunarodnym uchastiem, Moskva, 15-16 avgusta 2021 g.* [Innovative solutions to social, economic and technological problems of modern society: a collection of scientific articles based on the results of the round table with All-Russian and international participation, Moscow, August 15-16, 2021]. Moscow, LLC "Konvert", vol. 4, pp. 23-25.
6. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Yakuba, S.N. (2022). Puti resheniya sovershenstvovaniya ratsional'nogo prirodopol'zovaniya v granitsakh meliorativno-vodokhozyaistvennogo kompleksa Nizhnei Kubani [Ways to solve the improvement of rational nature management within the boundaries of the reclamation and water management complex of the Lower Kuban]. *Rol' melioratsii v obespechenii prodovol'stvennoi bezopasnosti, Moskva, 14-15 aprelya 2022 g.* [The role of reclamation in ensuring food security, Moscow, April 14-15, 2022]. Moscow, All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov, pp. 100-107.
7. Prikhod'ko, I.A., Parfenov, A.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Ekologo-meliorativnye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya v risovodstve Kubani [Ecological and meliorative aspects of rational nature management in the Kuban rice growing]. *Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya intellektual'nogo potentsiala sel'skogo khozyaistva regionov Rossii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu FGBOU VO Chuvashskii GAU, Cheboksary, 22 oktyabrya 2021 g.* [Scientific and educational environment as the basis for the development of the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, October 22, 2021]. Cheboksary, Chuvash State Agrarian University, pp. 150-152.
8. Mirnaya, D.S., Romanova, A.S., Arinicheva, I.V. (2020). Matematicheskoe modelirovaniye gidrologicheskikh protsessov rechnogo potoka [Mathematical modeling of hydrological processes of river flow]. *Budushchee nauki-2020: sbornik nauchnykh statei 8-i Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii. V 5-i tomakh, Kursk, 21-22 aprelya 2020 g.* [The future of science-2020: collection of scientific articles of the 8th International youth scientific conference. In 5 volumes, Kursk, April 21-22, 2020]. Vol. 5. Kursk, South-West State University, pp. 29-32.
9. Krylova, N.N., Ivanov, N.A., Ogryzko, V.A. (2019). Sovershenstvovanie sposoba poliva risa [Improving the method of watering rice]. *Akademiya pedagogicheskikh idei «Novatsiya». Seriya: Studencheskii nauchnyi vestnik [Academy of Pedagogical Ideas "Innovation". Series: Student scientific bulletin]*, no. 2 (February). Available at: <http://akademnova.ru/page/87550>
10. Romanova, A.S., Rudenko, A.A., Bandurin, M.A. (2022). Puti minimizatsii negativnogo vozdeistviya katastroficheskikh pavodkov na rekakh Yuga Rossii [Ways to minimize the negative impact of catastrophic floods on the rivers of the South of Russia]. *Ekologiya rechnykh landshaftov: sbornik statei po materialam VI Mezhdunarodnoi nauchnoi ekologicheskoi konferentsii, Krasnodar, 22 dekabrya 2021 g.* [Ecology of river landscapes: collection of articles based on the materials of the VI International scientific environmental conference, Krasnodar, December 22, 2021]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, pp. 144-148.
11. Krushilin, I.P., Ganiev, M.A., Kuznetsova, N.V., Rodin, K.A. (2018). Vodopotreblenie risa i udel'nye zatraty na formirovaniye urozhaya zerna pri raznykh sposobakh poliva [Rice water consumption and unit costs for grain yield formation with different irrigation methods]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education], no. 1 (49), pp. 108-117. doi: 10.32786/2071-9485-2018-02-108-117
12. Romanova, A.S., Bandurin, M.A. (2022). Faktory prezhdevremennogo vyuksoda iz stroya metallicheskikh konstruktsii gidrotehnicheskikh sooruzhenii pri ikh ehkspluatatsii [Factors of premature failure of metal structures of hydraulic structures during their operation]. *Ratsional'noe ispol'zovaniye prirodykh resursov: teoriya, praktika i regional'nye problemy: materialy II Vserossiiskoi (natsional'noi) konferentsii, Omsk, 26 maya 2022 g.* [Rational use of natural resources: theory, practice and regional problems: materials of the II All-Russian (national) conference, Omsk, May 26, 2022]. Omsk, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, pp. 253-260.
13. Prikhod'ko, I.A., Bandurin, M.A., Stepanov, V.I. (2021). Zadacha vybora ratsional'nykh tekhnologicheskikh operatsii pri vozdeystvii na risa [The task of choosing rational technological operations in rice cultivation]. *International Agricultural Journal*, vol. 64, no. 5. doi: 10.24411/2588-0209-2021-10359
14. Vladimirov, S.A., Dronov, M.V., Aleksandrov, D.A. (2021). Otsenka izmenenii vodnykh resursov v basseine reki Kuban' [Assessment of changes in water resources in the Kuban River basin]. *Aktual'nye voprosy agrarnoi nauki: materialy Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Ul'yanovsk, 20-21 oktyabrya 2021 g.* [Topical issues of agricultural science: materials of the National scientific and practical conference, Ulyanovsk, October, 20-21, 2021]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, pp. 148-152.
15. Bandurin, M.A., Romanova, A.S., Aleksandrov, D.A. (2021). Sovershenstvovanie rezhimov orosheniya dlya povysheniya ehkologicheskikh svoistv pochyv stepnykh agrolandshaftov [Improving irrigation regimes to increase the ecological properties of soils in steppe agricultural landscapes]. *Ekologiya rechnykh landshaftov: sbornik statei po materialam VI Mezhdunarodnoi nauchnoi ekologicheskoi konferentsii, Krasnodar, 22 dekabrya 2021 g.* [Ecology of river landscapes: collection of articles based on the materials of the VI International scientific environmental conference, Krasnodar, December 22, 2021]. Krasnodar, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, pp. 33-38.

Информация об авторах:

Приходько Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-код: 4011-7185, prihodkoigor2012@yandex.ru

Бандурин Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, декан факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, Scopus ID: 57201780087, SPIN-код: 6451-2467, chepura@mail.ru

Молчанова Галина Александровна, бакалавр 1 курса бакалавриата факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-7219-6141>, galya.molchanova.05@inbox.ru

Огаджанян Роман Вартанович, бакалавр 3 курса бакалавриата факультета гидромелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-5244-4584>, ogadzhanyanr69@gmail.com

Information about the authors:

Igor A. Prikhodko, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of construction and operation of water facilities, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, Scopus ID: 57214098822, Researcher ID: AAH-1647-2021, SPIN-code: 4011-7185, prihodkoigor2012@yandex.ru

Mikhail A. Bandurin, doctor of technical sciences, associate professor, Honored inventor of the Russian Federation, dean of the faculty of hydro-reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, Scopus ID: 57201780087, SPIN-code: 6451-2467, chepura@mail.ru

Galina A. Molchanova, 1st year bachelor's degree of the faculty of hydro-reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-7219-6141>, galya.molchanova.05@inbox.ru

Roman V. Ogadzhanyan, 3st year bachelor's degree of the faculty of hydro-melioration, ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-5244-4584>, ogadzhanyanr69@gmail.com