

Оригинальная статья

УДК 502/504: 631.6:633.18:631.165

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-44-51

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА УРОЖАЙНОСТЬ РИСА

ДОБРАЧЕВ ЮРИЙ ПАВЛОВИЧ, д-р техн. наук, главный научный сотрудник

dobrachev@yandex.ru

ФЕДОТОВА ЕКАТЕРИНА ВИКТОРОВНА ✉, младший научный сотрудник

katya_fedotova94@mail.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова; 125550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, стр. 2, Россия

Целью исследования является изучение аспектов управления гидротермическим режимом агроценоза риса. Выполнена оценка температурного режима, а именно накопленной посевом риса температуры, суммарного показателя температурной функции «Морфогенез» и доли солнечных дней за период с 2010 по 2020 гг. по данным метеостанции Краснодар/Круглик. В ходе анализа выявлены закономерности величины урожайности от температурного фактора в разные фазы роста и развития риса, выращиваемого в климатических условиях Нижней Кубани. Так, для фазы «прорастание, всходы, кущение» с ростом суммы высоких температур растет урожайность; для выхода в трубку и фазы выметывания-созревания происходит нарастание урожайности при снижении суммы накопленных высоких температур и повышении суммы умеренных температур воздуха.

Ключевые слова: гидротермический режим, агротехника риса, урожайность риса, суточный ход температуры, морфогенез

Формат цитирования: Добрачев Ю.П., Федотова Е.В. Факторный анализ влияния температурного режима на урожайность риса // Природообустройство. – 2021. – № 5. – С. 44-51. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-44-51.

© Добрачев Ю.П., Федотова Е.В., 2021

Original article

FACTOR ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE REGIME ON RICE YIELD

DOBRACHEV YURI PAVLOVICH, doctor of technical sciences, chief researcher

dobrachev@yandex.ru

FEDOTOVA EKATERINA VIKTOROVNA ✉, junior researcher

katya_fedotova94@mail.ru

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov; 125550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, bldg. 2. Russia

The purpose of the study is to study the aspects of the management of the hydrothermal regime of rice agroecosystem. An assessment of the temperature regime, namely the temperature accumulated by rice sowing, the total indicator of the temperature function «morphogenesis» and the proportion of sunny days for the period from 2010 to 2020, according to the weather station Krasnodar/Kruglik, was carried out. In the course of the analysis, the regularities of the yield value from the temperature factor in different phases of growth and development of rice grown in the climatic conditions of the Lower Kuban were revealed. In the course of the analysis, the regularities of the yield value from the temperature factor in different phases of growth and development of rice grown in the climatic conditions of the Lower Kuban were revealed. So far, the phases of germination, seedlings, tillering – with an increase in the sum of high temperatures, the yield increases, for entering the tube and sweeping-maturation – an increase in yield with a decrease in the sum of accumulated high temperatures and an increase in the sum of moderate air temperatures.

Keywords: water resources, hydrothermal regime, productivity, daily temperature variation, morphogenesis

Format of citation: Dobrachev Yu.P., Fedotova E.V. Factor analysis of the influence of temperature regime on rice yield // Prirodoobustrojstvo. – 2021. – № 5. – S. 44-51. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-44-51.

Введение. Вопросы согласования потребности орошаемых сельскохозяйственных культур в воде с выделенными лимитами забора и изъятия водных ресурсов являются одной из наиболее актуальных и сложных комплексных задач управления водопользованием при использовании водных мелиораций в растениеводстве. Связанное с этим комплексное решение возможно при достоверном прогнозировании водопотребления орошаемых полей, их продуктивности в зависимости от состояния посевов, запасов продуктивной влаги, ожидаемой динамики поступления водных ресурсов и погодных условий в течение всего периода вегетации.

Основным проблемным регионом, испытывающим острую нехватку воды для нужд сельского хозяйства в период маловодья, является Краснодарский край, мелиоративный комплекс которого представлен 386,4 тыс. га орошаемых земель, в том числе 234,4 тыс. га – это рисовый ирригированный фонд. Ежегодно на Кубани производится порядка 1,0 млн т риса (бункерный вес), а урожайность превышает 7,0 т/га. Рис выращивается на 12 мелиоративных системах в 8 муниципальных образованиях края [1].

Важнейшее место в агротехнике производства риса занимают водные ресурсы. При выращивании культуры прослеживается важная роль водного фактора на всех этапах производства. Различные режимы орошения позволяют обеспечить требуемый водный обмен растений, улучшить температурный режим на всех фазах развития посева, подавлять рост сорной растительности и осуществлять промывку засоленных почв. Любые изменения уровня воды в рисовом чеке (самопроизвольные или регулируемые) сопровождаются сменой температурного режима посева: распределение температуры в почве, в слое воды и воздуха внутри посева. Практикуемые в рисосеющих хозяйствах режимы орошения, организованные в технологические циклы с привязкой к фенофазам посевов, направлены, в том числе, на удовлетворение требований сортов риса к температурному фактору [2].

Рис также является теплолюбивой, чувствительной к температурному режиму культурой, для которой установлены по каждой

фазе диапазоны температур, необходимые для нормального развития растений, в пределах от 14 до 36°C. Оптимальные диапазоны температур для отдельных фаз вегетации достаточно узкие и составляют для прорастания, всходов, кущения, выметывания-цветения 24-28°C, для выхода в трубку – 19-22°C, а для фазы созревания – 18-26°C [3].

Выполненные ранее статистические исследования влияния температурного режима в период вегетации на урожайность риса выявили некоторые тенденции и закономерности и навели на мысль о дальнейшем, более углубленном изучении влияния температуры путем проведения аналогичного регрессионного анализа с использованием градаций накопленных сумм температур (выше и ниже 25°C) не только по месяцам, но и по фазам развития растений, сроки наступления которых за прошедший ретроспективный период можно найти в научной литературе [4, 5].

Материал и методы исследований. В качестве объекта исследования выбраны Кубанская оросительная система (КОС) и ее производственные показатели.

Для исследований использовался массив данных о производственных показателях КОС за 2010 и 2020 гг., предоставленный ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», о ходе температуры воздуха и количестве осадков с 3-часовым интервалом, полученный на метеостанции Краснодар/Круглик за период с 2010 по 2020 гг., с мая по август. Данные взяты из открытых интернет-ресурсов (rp5.ru и pogodaiklimat.ru).

Кубанская оросительная система является юго-западной частью Марьяно-Чебургольского водохозяйственного массива, входящего в состав Мелиоративно-водохозяйственного комплекса Нижней Кубани. Она расположена на правом берегу р. Кубань на территории Калининского и Красноармейского районов и введена в эксплуатацию в 1978 г. Площади орошения, которые используются в сельскохозяйственном производстве, составляют 31,5 тыс. га, из которых на 23,3 тыс. га выращивают зерновые культуры, в том числе рис. Годовой объем водозабора из р. Кубань и Англинского ерика составляет 519 тыс. м³. Выращивание риса на землях КОС осуществляется в условиях укороченного затопления [5, 6].

Суточный ход температуры. При анализе влияния температурного режима на урожайность риса в первую очередь был определен суточный ход температуры. Эта обработка данных выполнялась для того, чтобы в случае отсутствия полных рядов измерений температуры воздуха с 3-часовым интервалом была возможность их восстановить по аппроксимациям распределения температуры в течение суток при наличии данных о максимальной и минимальной температуре.

Для каждого месяца рассчитывались перепады температур относительно минимальной с 3-часовым интервалом:

$$\Delta T_i = T(i) - T_{min}, \quad (1)$$

где T_{min} – минимальная суточная температура; ΔT_i – разница между текущей температурой на i -й интервал и минимальной; $i = 1, 2, \dots, 8$ – номер временного интервала суток (0, 3, ..., 21).

Полученные данные, выраженные в долях от суточной амплитуды колебания для 5-10 суток, выстраиваются в ранжированные ряды от 0 до 1, и по каждой из 8 позиций рассчитывается среднее, которое принимается за характеристику распределения температуры воздуха с 3-часовым интервалом. На рисунке 1 представлено суточное распределение температуры в июне 2020 г.

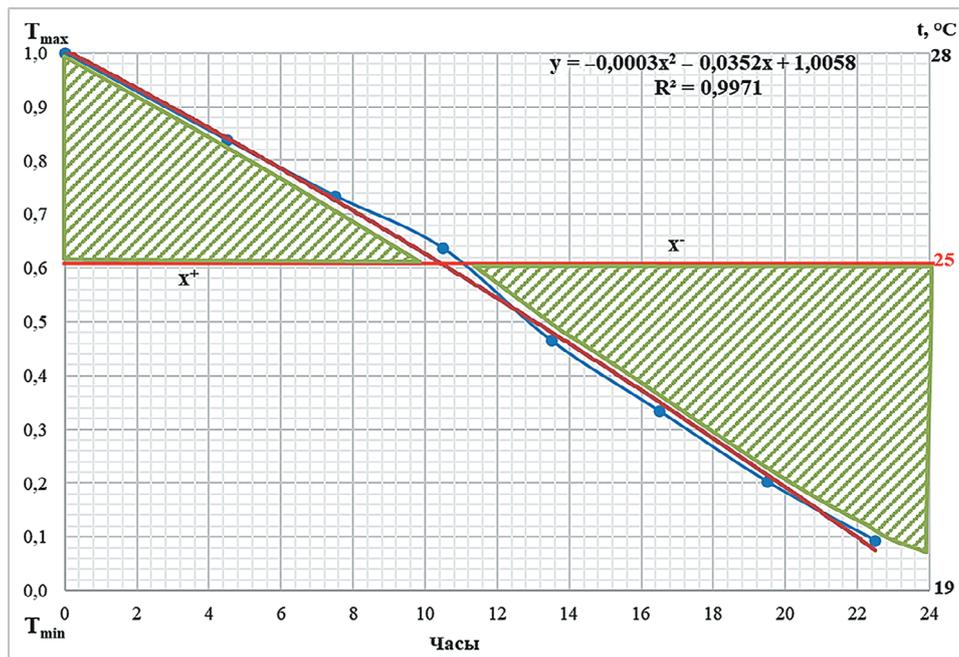


Рис. 1. Распределение температуры воздуха в течение суток в июне по данным метеостанции Краснодар/Круглик за 2020 г.

Fig. 1. Distribution of air temperature during the day in June according to the data of the weather station Krasnodar/Kruglik for 2020

В исследованиях за критическую температуру принята температура, равная 25°C , – точка перелома в оптимальной температурной области большинства фаз развития риса. Продолжительность времени, в течение которого температура воздуха выше или ниже 25°C , определялась по условиям:

1. Если $T_{max} < 25$ $T_{max} \leq 25^{\circ}\text{C}$, то $x^+ = 0$; $x^- = 24$, где x^+ – продолжительность «высокой» температуры (выше 25°C) в течение суток, ч, а x^- – соответственно длительность «низкой» (ниже 25°C).

2. Если $T_{max} \geq 25^{\circ}\text{C}$, то расчет продолжительности теплой температурной фазы суток выполняется с использованием уравнения аппроксимации, представленного на рисунке 1.

Разницу суточной температуры обозначим как $-\Delta T_d = (T_{max} - T_{min})$, уравнение для расчета x^+ представим в виде $\Delta T_d \cdot (ax^2 + bx + c) + T_{min} = 25$. Решением уравнения является точка пересечения горизонтальной линии (25°C) и параболы, аппроксимирующей суточный ход температуры:

$$x_{1,2} = \frac{-\Delta T_d \cdot b \pm \sqrt{(\Delta T_d \cdot b)^2 - 4 \cdot [a \cdot \Delta T_d \cdot (c \cdot \Delta T_d + T_{min} - 25)]}}{2 \cdot \Delta T_d \cdot a} \quad (2)$$

где x_1, x_2 – корни уравнения; a, b, c – коэффициенты регрессии. Выбирается корень уравнения, удовлетворяющий условию задачи. Искомый корень $24 > x > 0$; если $x_1 < 24$, то $x^+ = x_1$; $x^- = 24 - x_1$; если $x_1 > 24$, то $x^+ = x_2$; $x^- = 24 - x_2$.

Далее выполняется расчет накопленной температуры ($F^{P\pm}$) выше и ниже 25°C в градусо-днях за каждые сутки:

- при $T_{max} \geq 25^\circ\text{C}$

$$F^{P^+} = \left(\frac{T_{max} + 25}{2} \right) \cdot (x^+ / 24)^\circ\text{C сут.}; \quad (3)$$

$$F^{P^-} = \left(\frac{25 + T_{min}}{2} \right) \cdot (x^- / 24)^\circ\text{C сут.}; \quad (4)$$

- при $T_{max} < 25^\circ\text{C}$, $F^{P^+} = 0$; $x^+ = 1$ сут.;

$$F^{P^-} = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right)^\circ\text{C сут.}, \quad (5)$$

где $\left(\frac{T_{max} + 25}{2} \right)$ – средняя температура периода суток с превышением 25°C за время x^+ ; $T_M = \left(\frac{25 + T_{min}}{2} \right)$ – средняя температура за прохладный промежуток времени суток, равный x^- .

Функция морфогенеза. Для анализа влияния различных градаций температуры на составляющие структуры урожая (число продуктивных стеблей, число заложенных колосков и зерен, вес зерновки) были выделены следующие фазы роста и развития риса и календарные сроки их прохождения на КОС:

1. Посев-прорастание (календарные сроки – 5 мая-20 мая; продолжительность – 14-15 дней);
2. Всходы (21 мая-8 июня; 18-19 дней);
3. Кущение (10 июня-9 июля; 28-29 дней);
4. Выход в трубку (10 июля-1 августа; 22-23 дня);
5. Выметывание-цветение-созревание (уборка урожая) (2 августа-5 сентября; 34-36 дней).

Особое внимание к процессам морфогенеза генеративных органов вызвано присущим для них диапазоном сравнительно низких оптимальных температур порядка $19-22^\circ\text{C}$. С целью контрастирования этого этапа формирования структуры урожая, ответственного за количество зерен в метелке, в качестве фактора, влияющего на урожайность, предлагается использовать индекс температурной функции, рассчитанный по данным суточных рядов «низких» температур с накоплением за время прохождения фазы (рис. 2).

Функцию $f^M(T)$ для расчета влияния температуры на процесс морфогенеза в фазу выхода в трубку зададим в следующем виде [7]:

$$f^M(T) = -0,00032 \cdot T^3 + 0,0122 \cdot T^2 - 0,0727 \cdot T + 0,097 \quad (6)$$

где $T = T_M$; для $T_M \in [10 < T_M < 30]^\circ\text{C}$.

Приняв продолжительность благоприятных температурных условий для морфогенеза за сутки, равную $x^+ / 24$ сут., суммарный индекс морфогенеза (F^M), накопленный за фазу выхода в трубку длительностью n суток, определим как

$$F^M = \sum_{i=1}^n f^M(T_M^i) \cdot x^+(i) / 24. \quad (7)$$

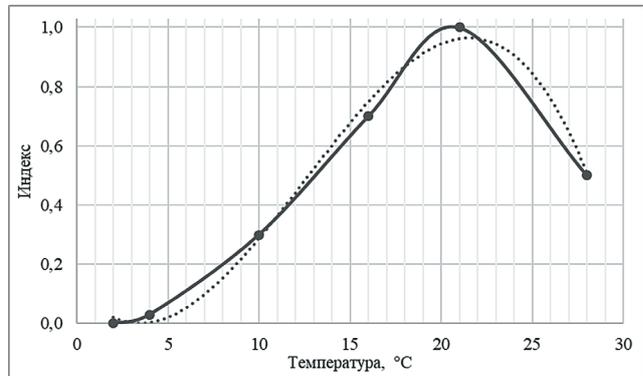


Рис. 2. Температурная функция морфогенеза риса в фазу выхода в трубку, построенная по описаниям и данным [1, 2, 6]

Fig. 2. The temperature function of rice morphogenesis in the phase of exit to the tube is built according to the descriptions and data [1, 2, 6]

Солнечная радиация. Для идентификации дней с безоблачной или малооблачной погодой в качестве критерия используют разницу максимальной и минимальной температуры воздуха. Пороговое значение критерия (ΔT_R) оценивали по средней за месяц разнице суточных температур для дней с осадками, полагая их пасмурными, для надежности добавляя $2,5^\circ\text{C}$.

Идентификация дней с высоким уровнем солнечной радиации (R) выполнялась согласно условиям: если $\Delta T > \Delta T_R$, то $R = 1$, иначе $R = 0$.

Результаты и обсуждение. Анализ влияния температурного режима фенологических фаз вегетации риса на продуктивность производственных посевов. Предварительная обработка рядов максимальной и минимальной суточной температуры воздуха, полученных в результате стандартных измерений на метеостанции Краснодар/Круглик за 2010-2020 гг., позволила сформировать выборки производных температурных характеристик, накопленных или осредненных за фазу вегетации, учитывающих динамику суточного хода температуры воздуха. По каждой фенологической фазе проведен расчет коэффициентов двухфакторной квадратичной регрессии, связывающей урожайность риса с представленными характеристиками температурного режима.

Уравнение квадратичной регрессии имеет вид:

$$Y = c + a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + a_3 \times x_1^2 + a_4 \times x_2^2 + a_5 \times x_1 \times x_2, \quad (8)$$

где Y – урожайность; c, a_1, a_2, \dots, a_n – коэффициенты регрессии.

По результатам расчетов для каждой фазы отобраны наиболее информативные регрессии, имеющие высокие значения коэффициентов корреляции и детерминации (R и R^2) (табл. 1).

Координаты особых точек на графиках полученных зависимостей представлены в таблице 2.

Таблица 1

Значения коэффициентов квадратичной регрессии

Table 1

Quadratic regression coefficient values

Фаза развития <i>Phase of development</i>	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	c	R	R^2
Посев прорастание: F^{P+}, F^{P-} <i>Sowing germination</i>	5,79	-1,6	0,02	0,003	-0,02	249,6	0,76	0,58
Всходы: F^{P+}, F^{P-} / <i>Seedlings</i>	1,93	-3,8	0,003	0,005	-0,006	734,7	0,88	0,77
Кущение: F^{P+}, R / <i>Tillering</i>	-0,07	1,1	-0,0001	-0,12	0,01	71,4	0,59	0,35
Выход в трубку: F^{P+}, F^M / <i>Exit to the tube</i>	-1,75	-40,7	0,0008	0,48	0,05	796,1	0,90	0,82
Выметывание-созревание (уборка урожая): F^{P+}, F^P <i>Sweeping-maturing (harvesting)</i>	12,12	-20,2	0,005	0,016	-0,01	6350,7	0,53	0,28

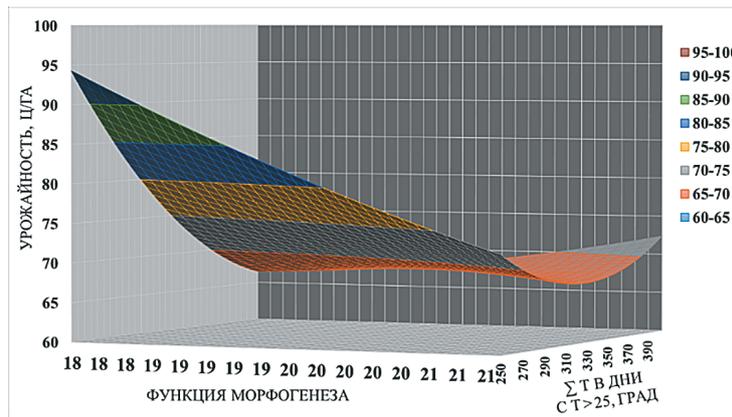


Рис. 3. График зависимости урожайность риса от накопленной суммы температур воздуха выше (F^{P+}) 25°C, градусо-дни, и показателя морфогенеза (F^M)

Fig.3. Graph of the dependence of rice yield on the accumulated sum of air temperature above (F^{P+}) 25°C in degrees-days and indicator of morphogenesis (F^M)

Таблица 2

Координаты точек максимума и минимума регрессионных зависимостей в границах действительных значений функции (урожайность) и факторов за фазу развития посева

Table 2

Coordinates of the points of maximum and minimum of regression dependencies within the boundaries of the actual values of the function (crop yield) and factors for the phase of sowing development

Координаты особых точек <i>Coordinates of special points</i>	Посев – прорастание <i>Sowing – germination</i>			Всходы <i>Seedlings</i>			Кущение <i>Tillering</i>			Выход в трубку <i>Exit to the tube</i>			Выметывание-созревание <i>Sweeping-maturing</i>		
	$Y, u/га$	F^{P+}	F^{P-}	$Y, u/га$	F^{P+}	F^{P-}	$Y, u/га$	F^{P+}	R	$Y, u/га$	F^{P+}	F^M	$Y, u/га$	F^{P+}	F^{P-}
max	>100	68	250	>80	150	300	>70	280	18	>95	250	18	>100	300	950
min	65	20	310	60	85	380	40	130	25	65	315	18	60	450	800

В представленных первых трех регрессиях хорошо прослеживается положительное влияние высокой температуры F^{P+} , накопленной за фазы прорастания, всходов, кущения, в сочетании с любым другим фактором – с ростом суммы высоких температур растет урожайность. Для фазы выхода в трубку и выметывания-созревания закономерность иная: нарастание урожайности наблюдается при снижении суммы накопленных высоких температур и повышении суммы умеренных температур воздуха, а также в границах значений накопленного индекса морфогенеза от 18-20 ед. При этом коэффициенты корреляции и детерминации сравнительно высокие и составляют 0,9 и 0,82, что свидетельствует о приемлемой достоверности результата.

Анализ влияния колебаний температурного режима и солнечной радиации по фенологическим фазам развития риса. При выполнении анализа влияния колебаний и перепадов температурного режима и доли солнечных дней за время прохождения фаз вегетации использовали регрессию в виде произведения степенных функций. Уравнение искомой зависимости имеет вид:

$$Y = c \times x_1^{a_1} \times x_2^{a_2} \times \dots \times x_n^{a_n}, \quad (9)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – факторы внешней среды во время прохождения фазы (F^{P+} , F^{P-} , R).

Для линейной функции, полученной путем логарифмирования обеих частей уравнения (9) методом наименьших квадратов, определим коэффициенты регрессии (c, a_1, a_2, \dots, a_n).

Используемые величины анализируемых факторов в расчетах представлены безразмерным нормированным отношением фактического (табличного) значения факторов каждой фазы к минимальному значению за весь период исследования – 2010-2020 гг. Нормирование используемых в расчетах выборок позволяет оценить вклад каждого фактора в величину урожайности с учетом статистической значимости, определяемой коэффициентами корреляции и детерминации для полученной регрессии.

По результатам расчетов отобраны наиболее информативные регрессии, имеющие высокие значения коэффициентов корреляции и детерминации, среди которых оказались варианты расчетов по колебанию температуры выше 25°C и показателя солнечной радиации ($R = 0,68$ и $R = 0,67$).

Результаты вклада вариаций температур, накопленных по фазам развития, показывают, что наибольшая реакция прослеживается на накопленные низкие температуры

ниже 25°C против колебаний сумм высоких температур и количества солнечных дней за фазу.

На следующем этапе проведен аналогичный анализ сравнительного влияния вариаций различных факторов, отличающийся тем, что для каждой фазы использован свой фактор, который показал наиболее достоверное влияние на урожайность согласно выполненным ранее оценкам.

Установленные в расчетах комбинации служили критериями для выбора назначения отдельного изучаемого фактора для каждой фазы вегетации в отдельности. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Выводы

При обсуждении результатов следует отметить методические трудности, вызванные недостаточным количеством исходной информации, полученной по отчетной документации филиала Кубанской оросительной системы, охватывающей большие посевные площади (33 тыс. га) рисосеющих хозяйств за короткий 10-летний период. Принятые нами допущения о синхронности полевых работ (сев, уборка), возделывании только среднеспелых сортов риса с одновременным прохождением фаз вегетации на полях всей оросительной системы, с совпадающими при этом с данными литературы и повторяющимися из года в год могут вызвать недоверие к полученным результатам.

Очевидно, что в действительности фенологические фазы посевов сдвинуты относительно друг друга по времени и не повторяются в точности по датам из года в год. Поэтому реакция посевов на температурные колебания будет отличаться на различных полях оросительной системы, сглаживая эффект их влияния и также растягивая его по времени. Уровень воды в чеках также будет отличаться на полях различных хозяйств в соответствии с технологическим циклом водоподачи и сброса, что также способствует разнообразию реальных условий, в том числе температурного режима.

Результаты выполненного статистического анализа хорошо согласуются с известными для риса требованиями к тепловому фактору, температурным диапазонам для наиболее благоприятного протекания основных этапов формирования продуктивного посева.

Выполненный анализ показал, что естественные колебания температурных условий вызывают варьирование урожайности в целом по региону до 8-10%, а на отдельных полях это влияние может достигать и больших значений. Следовательно, поиск технологических путей

решения задачи по регулированию температурного режима заслуживает внимания как один из наиболее значимых факторов урожайности. Решение этой проблемы видится в первую очередь в многоцелевом использовании поливной воды, оптимизации режима орошения, обеспечивающего более благоприятный температурный режим для каждой конкретной фазы развития растений. Изучение гидротермического режима посевов риса в зависимости от архитектоники, биометрических и морфологических характеристик, уровня воды в чеке, с учетом метеорологических факторов, стадии технологического цикла водоподачи и сброса

поливной воды позволит найти приемлемый способ регулирования температуры в посевах.

Выполненные исследования показывают возможное направление дальнейшего совершенствования агротехники выращивания риса, нуждающейся в регулировании температурного режима. Перспектива сопряжения режима орошения с метеорологическими и агрометеорологическими условиями может быть реализована на основе эколого-физиологических характеристик сорта и применения динамических агрофизических моделей формирования условий для оптимальной структуры урожая.

Таблица 3

Результаты регрессионного анализа наиболее информативных вариантов факторных зависимостей по фазам развития

Table 3

Results of regression analysis of the most informative variants of factor dependencies by phases of development

Фаза Вариант расчета	Посев – прорастание <i>Sowing – germination</i>	Всход <i>Seedlings</i>	Кущение <i>Tillering</i>	Выход в трубку <i>Exit to the tube</i>	Выметывание – созревание <i>Sweeping – maturing</i>	c	R	R ²
Вариант 1 / Variant 1	F^{P^*}	F^{P^*}	R	R	F^{P^*}			
Коэффициенты регрессии <i>Coefficients of regression</i>	0,01	-0,04	-0,18	-0,10	-0,36	4,49	0,85	0,72
Вклад фактора в % <i>Factor input in %</i>	20,27	0,71	3,47	1,94	6,98	86,6		
Вариант 2 / Variant 2	F^{P^*}	F^{P^*}	R	R	F^M			
Коэффициенты регрессии <i>Coefficients of regression</i>	0,02	-0,04	-0,26	-0,13	0,49	4,49	0,89	0,79
Вклад фактора в % <i>Factor input in %</i>	0,30	0,83	4,82	2,45	8,95	82,6		
Вариант 3 / Variant 3	F^{P^*}	F^{P^*}	R	F^M	F^M			
Коэффициенты регрессии <i>Coefficients of regression</i>	0,02	-0,03	-0,15	0,03	0,36	4,33	0,80	0,64
Вклад фактора в % <i>Factor input in %</i>	0,37	0,70	3,02	0,61	7,36	87,9		

Библиографический список

1. Малышева Н.Н., Рябцев П.В., Мурашева А.С. К вопросу рационального водопользования при орошении в Краснодарском крае // Сб. статей XV Междун. научно-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации». – Пенза: МЦНС «НАУКА и просвещение», 2018. – С. 93-96.

2. Попов В.А., Островский Н.В. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем: Монография. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 189 с.

References

1. Malysheva N.N., Ryabtsev P.V., Murasheva A.S. K voprosu ratsionalnogo vodopolzovaniya pri oroshenii v Krasnodarskom krae // Sb. Statej XV Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. «Fundamentalnye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktualnye voprosy, dostizheniya i innovatsii» – Penza: MTSNS «NAUKA i prosveshchenie», 2018. – S. 93-96.

2. Popov V.A., Ostrovsky N.V. Agroclimatology and hydraulics of rice ecosystems: monograph. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – 189 s.

3. **Зеленский Г.Л.** Морфо-биологическое обоснование агротехники риса // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 77 (03).

4. **Dobrachev Y.P., Fedotova E.V.** Water supply volumes and temperature regime influence on rice productivity in the Lower Kuban reclamation complexes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Vol. 577. – Mathematical modeling of technical and economic systems in agriculture II 10 May 2020, Russian Federation. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/577/1/012005>.

5. **Рау А.Г., Бакирова А.Ш.** Влияние температуры слоя воды рисовых чеков на урожайность риса // Рисоводство. – 2019. – № 2 (43). – С. 48-51.

6. «Расписание Погоды». – URL: <http://www.rp5.ru> (дата обращения: 02.08.2021).

7. Погода и Климат. – URL: <http://pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 02.08.2021).

8. **Сонде Т.А.** Особенности режима орошения и азотного питания сортов риса, возделываемых на лугово-черноземных почвах Северного Кавказа: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2006. – 27 с.

9. **Коровин А.И.** Растения и экстремальные температуры. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 271 с.

10. **Фёрстер Э., Рёнц Б.** Методы корреляционного и регрессионного анализа. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 302 с.

Критерии авторства

Добрачев Ю.П., Федотова Е.В. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 01.07.2021 г.

Одобрена после рецензирования 18.10.2021 г.

Принята к публикации 01.11.2021 г.

3. **Zelensky G.L.** Morpho-biologicheskoe obosnovanie agrotehniki risa // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2012. – No. 77 (03).

4. **Y.P. Dobrachev, E.V. Fedotova.** Water supply volumes and temperature regime influence on rice productivity in the Lower Kuban reclamation complexes / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 577, Mathematical modeling of technical and economic systems in agriculture II 10 May 2020, Russian Federation (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/577/1/012005>).

5. **Rau A.G., Bakirova A.Sh.** Vliyanie temperatury sloya vody risovyh chekov na urozhajnost' risa // Risovodstvo. – 2019. – No 2(43). – S. 48-51.

6. «Raspisanie Pogody»: <http://www.rp5.ru> (data obrashcheniya: 02.08.2021).

7. Pogoda i Klimat: <http://pogodaiklimat.ru> (data obrashcheniya: 02.08.2021).

8. **Sonde T.A.** Osobennosti rezhima orosheniya i azotnogo pitaniya sortov risa. Vozdelyvaemyh na lugovo-chernozemnyh pochvah Severnogo Kavkaza: avtoreferat dis. kan. s.-h. nauk. – Krasnodar, 2006. – 27 s.

9. **Korovin A.I.** Rasteniya i ekstremalnye temperatury. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 271 s.

10. **Ferster E., Renz B.** Metody korrelatsionnogo i regressionnogo analiza. – M.: Financy i statistica, 1981. – 302 s.

Criteria of authorship

Dobrachev Yu.P., Fedotova E.V. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 01.07.2021

Approved after reviewing 18.10.2021

Accepted for publication 01.11.2021