



DOI: 10.22363/2312-797X-2026-21-2-223-233

EDN JFDZXH

УДК 631.559:631.674

Научная статья / Research article

Алгоритмизация управления биопродуктивностью озимых зерновых культур с учетом гидротермического коэффициента Селянинова в почвенно-климатических условиях Юга России

Д.А. Рогачев¹ , **А.Ф. Рогачев²**  ¹ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Российская Федерация rafr@mail.ru

Аннотация. Управление производственными процессами в орошаемом земледелии на основе комплексного учета агроклиматических условий возделывания озимых зерновых культур — одна из ключевых научно-практических задач современного растениеводства, напрямую связанная с повышением эффективности агротехнических и мелиоративных мероприятий. Особую значимость проблема приобретает для засушливых почвенно-климатических зон Юга России, где в условиях нарастающей аридности природной среды формирование урожайности определяется сложным взаимодействием климатических, биологических и технологических факторов. Многочисленные исследования свидетельствуют о тенденции дальнейшего роста дефицитов влагообеспеченности и других ограничений производственного процесса вследствие изменений климата, что обуславливает необходимость совершенствования технологий возделывания зерновых культур, ориентированных на адаптацию агроэкосистем к напряженным природно-хозяйственным условиям и основанных на учете гидротермических показателей. Цель исследования — устранение биотехнологического противоречия между высоким урожаем низкого качества и получением качественного зерна, не обеспечивающего окупаемость производственных затрат. Для разработки технологии возделывания агрокультур с учетом влияния гидротермической обеспеченности провели анализ почвенно-климатических условий Волгоградской области как типичного представителя зоны рискованного земледелия на Юге России. Разработаны «Способ управления производственными процессами сельскохозяйственных растений в условиях резко континентального климата» (патент РФ № 2228607) и технология управления биопродук-

© Рогачев Д.А., Рогачев А.Ф., 2026

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

тивностью озимых культур, учитывающая зональные величины гидротермического коэффициента Селянинова ($G_{\text{сел}} = 0,3 \dots 0,6$), характерные для засушливых условий Юга России. Технология, апробированная в производственных условиях Волгоградской области, обеспечивает возможность управления процессами достижения биологической продуктивности озимых зерновых в засушливых почвенно-климатических условиях с одновременной оценкой их потенциальной урожайности.

Ключевые слова: влагообеспеченность, аридизация, патентные исследования, производственные процессы, качественное зерно

Вклад авторов: авторы внесли равноценный вклад в получение и обработку результатов исследования, написание статьи.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 28 марта 2025 г., принята к публикации 3 февраля 2026 г.

Для цитирования: Рогачев Д.А., Рогачев А.Ф. Алгоритмизация управления биопродуктивностью озимых зерновых культур с учетом гидротермического коэффициента Селянинова в почвенно-климатических условиях Юга России // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2026. Т. 21. № 2. С. 223–233. doi: 10.22363/2312-797X-2026-21-2-223-233 EDN: JFDZXH

Algorithmization of bioproductivity management of winter grain crops adjusting the Selyaninov hydrothermal coefficient in the soil and climatic conditions of Southern Russia

Dmitry A. Rogachev¹ , Aleksey F. Rogachev²  

¹Russian Research Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation
 rafr@mail.ru

Abstract. Managing production processes in irrigated agriculture based on a comprehensive consideration of agroclimatic conditions for winter grain crop cultivation is one of the key scientific and practical tasks of modern crop production, directly related to increasing the efficiency of agrotechnical and land reclamation measures. This problem is particularly significant for the arid soil and climatic zones of southern Russia, where, in conditions of increasing environmental aridity, crop yields are determined by a complex interaction of climatic, biological, and technological factors. Numerous studies indicate a trend toward further increasing moisture deficits and other production constraints due to climate change, necessitating improved grain crop cultivation technologies that are aimed at adapting agroecosystems to challenging natural and economic conditions and consider hydrothermal parameters. The objective of this study was to eliminate the biotechnological contradiction between high yields of low quality and the production of high-quality grain that does not ensure the return on production costs. To develop a technology for cultivating agricultural crops considering the influence of hydrothermal conditions, an analysis of the soil and climatic conditions of the Volgograd region was carried out as a typical representative of the risky farming zone in Southern Russia. A “Method for Managing Agricultural Plant Production Processes in Extreme Continental Climate Conditions” (RU Patent No. 2228607) and a technology for managing winter crop bioproductivity were developed, taking into account the zonal values of the Selyaninov hydrothermal coefficient ($G_{\text{сел}} = 0.3 \dots 0.6$),

typical of the arid conditions of southern Russia. The technology, tested under production conditions in the Volgograd region, enables the management of processes for achieving biological productivity in winter grains in arid soil and climatic conditions while simultaneously assessing their yield potential.

Keywords: cereal crops, moisture availability, aridization, patent research, production processes, high-quality grain, yield

Author's contribution. The authors contributed equally to obtaining and processing the research results and writing the manuscript.

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

Article history: received 28 March 2025; accepted 3 February 2026.

For citation: Rogachev DA, Rogachev AF. Algorithmization of bioproductivity management of winter grain crops adjusting the Selyaninov hydrothermal coefficient in the soil and climatic conditions of Southern Russia. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2026;21(2):223–233. doi: 10.22363/2312-797X-2026-21-2-223-233 EDN: JFDZXH

Введение

Управление продукционными процессами орошаемого земледелия на основе учета агроклиматических условий возделывания озимых зерновых культур представляет собой важную задачу, решение которой актуально для оценки эффективности проводимых агротехнических и мелиоративных мероприятий. В особенности это относится к засушливым почвенно-климатическим условиям Юга России в условиях аридизации, где необходимо учитывать совокупность агроклиматических, биологических и технологических факторов возделывания сельскохозяйственных культур [1–3].

В острозасушливых условиях структуру сельскохозяйственных культур севооборотов следует выбирать с учетом не только требуемых объемов их производства на рассматриваемой площади, но и уязвимости культур, в частности, с учетом неблагоприятных погодных явлений, вероятности засух и их характеристик [4–7].

Традиционным методом борьбы с засухами и суховеями [8–11] можно считать повышение влагосодержания почвы методом водных мелиораций. Но основным препятствием практического применения оросительных мелиораций является дефицит водных ресурсов. Другое ограничение данного подхода, в существенной степени сдерживающее масштабы практического его использования даже при наличии источников воды, — потребность в значительных затратах материальных и финансовых ресурсов.

По результатам многочисленных исследований, эти проблемы будут обостряться со временем вследствие наблюдающихся аридизации почвенно-климатических условий и глобального потепления. Это обосновывает актуальность разработок, совершенствующих технологии возделывания зерновых культур в напряженных природно-хозяйственных условиях, включая гидротермические.

Цель исследования — устранение биотехнологического противоречия между большим урожаем низкого качества (фуражного применения) и низкой окупаемостью производственных затрат при получении качественного зерна.

Материалы и методы исследования

В дополнение к анализу научно-технической литературы по направлению исследований проведен патентный поиск по отобранным рубрикам международной патентной классификации (МПК) **A01G 7/00; A01G 22/00; G01W 1/02** и др. Патентные исследования выявили ряд известных способов управления производственными процессами, в т.ч. на основе прогнозирования урожайности и качества зерна, а также методов снижения рисков в сельскохозяйственном производстве, связанных с опасными для земледелия явлениями природы [5].

Анализировали также методы искусственного вызова осадков из облаков либо их увеличения, активного воздействия на облака и др. (в т.ч. МПК **G01W 1/02**).

Для разработки технологии производства агрокультур с учетом влияния гидротермических условий возделывания провели анализ почвенно-климатических условий Волгоградской области, отобранной в качестве типичного представителя засушливых условий земледелия на Юге России.

Особенность Волгоградской области как типичного для Нижнего Поволжья региона с точки зрения изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур составляет резко-континентальный климат, включая даже раннелетние засухи. Отмечены годы (например, 2010 г.), в которые за май-июнь наблюдали 4...18 мм осадков при норме более 30 мм. Местоположение и природно-климатические условия Волгоградской области характеризуется как зона рискованного земледелия.

Учет гидротермических условий возделывания агрокультур осуществляли с использованием величины гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК), измеряемого отношением выпавших осадков к сумме температур.

Вычисление ГТК, мм/°С, проводилось по зависимости

$$G_{\text{сел}} = 10 \cdot \frac{\Sigma P}{\Sigma t}, \quad (1)$$

где $G_{\text{сел}}$ — численное значение ГТК, мм/°С; ΣP — значение суммы осадков, выпавших за период, в пределах которого температура воздуха была выше +10 °С, мм; Σt — интегральное значение суммы положительных температур, рассчитанное за тот же период, °С.

Отметим, что ГТК является комплексным показателем тепло- и влагообеспеченности условий возделывания, характеризующим складывающиеся климатические условия хозяйственного года в плане обеспеченности тепло- и влагоресурсами. Моделирование межгодовой изменчивости значений ГТК за периоды вегетации представляет собой отдельную проблему, решаемую различными расчетно-эмпирическими методами, например [12].

При разработке описываемой технологии использовали методы математико-статистического моделирования урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнологических и природно-климатических факторов, описанные в научной и технической литературе [6–11].

Известны региональные рекомендации по выбору агротехнических параметров при возделывании зерновых культур в засушливых условиях Волгоградского региона [13–16].

При обосновании рациональных значений нормы высева семян следует учитывать долю растений, не сохранившихся до уборочного периода. В частности, при возделывании пшеницы на черноземных почвах густота стояния не должна быть ниже 500...600 шт./м². При высеве кондиционных семян на каштановых почвах густота стояния растений может снижаться до 300...450 шт./м². В условиях степной и сухостепной зоны Волгоградской области РФ при календарных сроках посева с 25 августа по 5 сентября рекомендовано устанавливать норму высева на каштановых и темно-каштановых почвах равной 3,5...4,0 млн шт./га. На светло-каштановых почвах в полупустынной зоне оптимально высевать озимые культуры в период с 1 по 10 сентября с нормой высева 2,5...3,0 млн шт./га при температуре почвы и воздуха в период сева не ниже +18°...+12 °С.

Результаты исследования и обсуждение

В процессе проведенного патентного поиска при разработке метода экспресс-оценки потенциальной продуктивности сельскохозяйственных растений в качестве базового выбрали способ [6], который включал отбор семян, их замачивание в водном растворе калийной соли с инструментальным измерением скорости увеличения концентрации ионов водорода. Авторы [6] установили, что оцениваемая потенциальная продуктивность растений находится в прямолинейной зависимости от этой характеристики.

Описанный способ позволяет упростить технологию диагностики, а также способствует повышению достоверности оценки продуктивности, однако некоторым недостатком является ограниченность диапазона прогнозирования, поскольку его проблематично масштабировать на другие регионы, отличающиеся иными условиями.

Из патентных исследований известен способ оценки продуктивности озимых зерновых культур, например, озимой пшеницы и ячменя, который включает оптимизацию сроков и норм высева. Предлагается обеспечивать сумму накопленных в процессе вегетации температур, равную 600 °С [1].

В [2] изложен способ оценки урожайности озимых зерновых культур, возделываемых в условиях засушливого климата, включающий оптимизацию агротехнических параметров при температуре сева в пределах +12...+18 °С. Недостаток способа, обуславливающий необходимость его совершенствования, заключается в отсутствии рекомендаций для корректировки агротехнологических параметров согласно складывающимся климатическим условиям тепло- и влагообеспеченности.

На карте районирования по агроклиматическим показателям территории региона Волгоградской области, включая суммы температур за период вегетации, превышающих 10 °С, и гидротермических изолиний коэффициента $G_{\text{сел}}$, (рис. 1) пунктирными линиями показаны границы административных районов, а цифровыми и буквенными обозначениями — их номера. Контуры типичных изолиний суммарных температур изображены через 200 °С, а значений гидротермических коэффициентов — через 0,1.

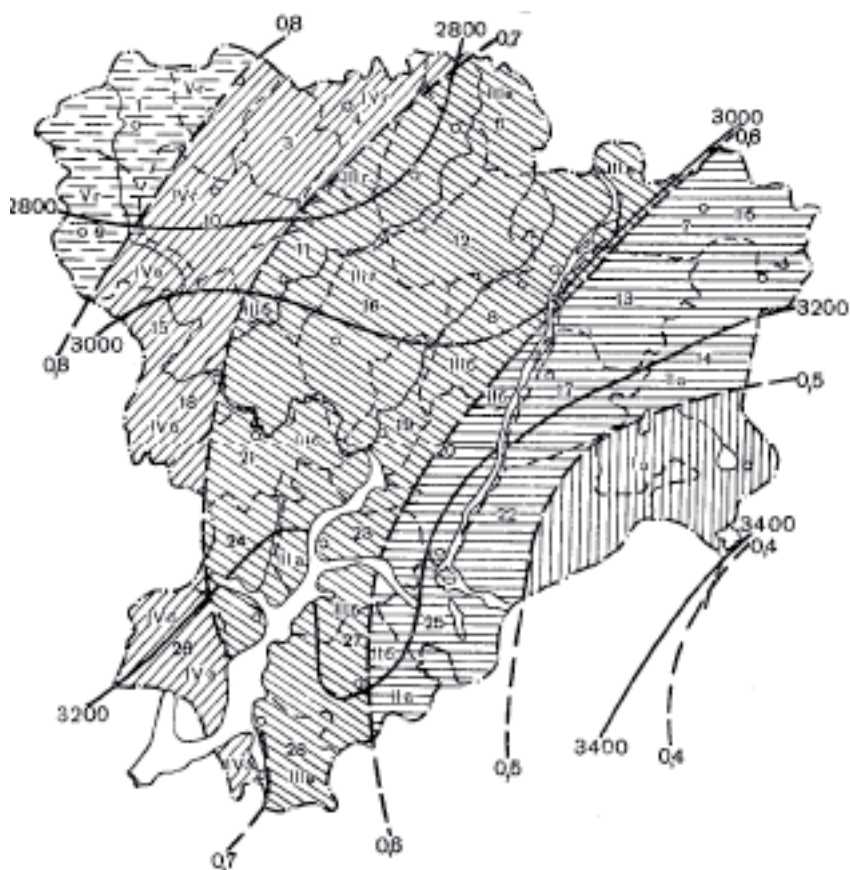


Рис. 1. Агроклиматическое районирование Волгоградской области

Источник: по материалам Агроклиматического справочника по Волгоградской области¹.

В связи с изложенным поставлена задача разработки технологии возделывания озимых зерновых колосовых культур и прогнозирования продуктивности и качества зерна по результатам фенологических наблюдений.

Для решения задачи разработан «Способ управления продукционными процессами сельскохозяйственных растений в условиях резко континентального климата» [4], защищенный патентом РФ № 2228607.

¹ Агроклиматический справочник по Волгоградской области / под ред. З.М. Русива, Л.И. Царькова. Издание 2-е, испр., перераб. и доп. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 144 с.

Разработанная модифицированная технология для оценки потенциальной продуктивности основана на оптимизации агротехнических сроков и норм высева апробирована в условиях Волгоградской области.

Алгоритмической основой предложенного метода является корректировка величины нормы высева семян расчетным численным значением ГТК $G_{\text{сел}}$, определяемым для региона выращивания зерновой культуры.

Алгоритм учета влияния ГТК предусматривает следующие корректировки агротехнических параметров в зависимости от его величины:

- при $G_{\text{сел}} < 0,5$ норму высева уменьшают на 10...15 % от расчетных величин, а ширину междурядий увеличивают с 15 до 22,5 см;
- $G_{\text{сел}}$ в пределах 0,5...0,9 норму высева сохраняют в рекомендуемых значениях,
- $G_{\text{сел}} > 0,9$ норму высева увеличивают на 20...25 % при уменьшении величины междурядий до 7,5 см.

Таким образом, управление процессом биопродуктивности при возделывании посевов зерновых реализуется с помощью учета величины ГТК, характеризующего их фактическую тепло- и влагообеспеченность. Величину ГТК определяют расчетным или графоаналитическим методом.

Реализация описанного подхода позволяет одновременно численно оценить урожайность озимых зерновых культур по формуле

$$Y_{03} = aG_{\text{сел}}S + b, \quad (2)$$

где Y_{03} — оценка величины урожайности, т/га; a и b — параметры, определяемые по многолетним эмпирическим данным, например, методом наименьших квадратов; S — накопленная сумма положительных температур от момента посева до прекращения вегетации, °С; $G_{\text{сел}}$ — величина гидротермического коэффициента, принимаемая для региона агропроизводства, мм/°С.

Результаты полевых исследований, в которых изучалось влияния нормы высева семян на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Донщина, приведены в табл. 1. В процессе исследований ширина междурядий составляла 22,5 см при величине глубины посева семян пшеницы 5...6 см. Полевые опыты проводили с 6 по 8 сентября на каштановых почвах в сухостепной зоне Волгоградской области. Величина $G_{\text{сел}}$ для опытного хозяйства принималась равной 0,9.

По данным многолетних наблюдений значения коэффициентов в зависимости (2) составили:

$$a = 0,008; b = 0,390.$$

Значение константы суммы температур принимались $S = 600$ °С.

Численный расчет позволил получить точечную оценку прогноза продуктивности на следующий год по зависимости (2), которая составила

$$Y_{\text{зк}} = 0,008 \cdot 600 \cdot 0,9 + 0,390 = 4,71 \text{ т/га.} \quad (3)$$

Точечная оценка прогноза продуктивности озимой пшеницы сорта Дон 95 для $S = 585\text{ }^{\circ}\text{C}$, выполненная по зависимости (2), составила

$$Y_{зк} = 0,008 \cdot 585 \cdot 1,3 + 0,390 = 6,74 \text{ т/га.} \tag{4}$$

Таблица 1

Зависимость продуктивности и качества зерна озимой пшеницы сорта Донщина от величины нормы высева

Норма высева, 10 ⁶ шт./га	Урожайность, т/га	Количество выпадов в осенне-зимний период, %	Количество стеблей в период уборки, шт./м ²	Содержание белка, %	Клейковина, %
1,5	2,83	11,4	275	10,6	23,1
2,0	3,12	10,7	316	12,7	28,5
2,5	4,27	9,2	362	14,3	32,4
3,0	4,53	7,3	389	15,1	34,7
3,5	4,63	6,9	426	16,2	37,3
3,6	4,71	5,2	458	15,8	35,1
3,7	4,72	5,8	482	15,1	33,1
3,8	4,58	6,3	492	14,2	30,2
3,9	3,87	6,6	496	13,6	28,1
4,0	3,62	6,7	472	10,6	27,6

Источник: составлено Д.А. Рогачевым, А.Ф. Рогачевым по данным [4].

Влияние нормы высева семян на урожайность озимой пшеницы сорта Донщина, аппроксимированное квадратичным полиномом, показано на рис. 2.

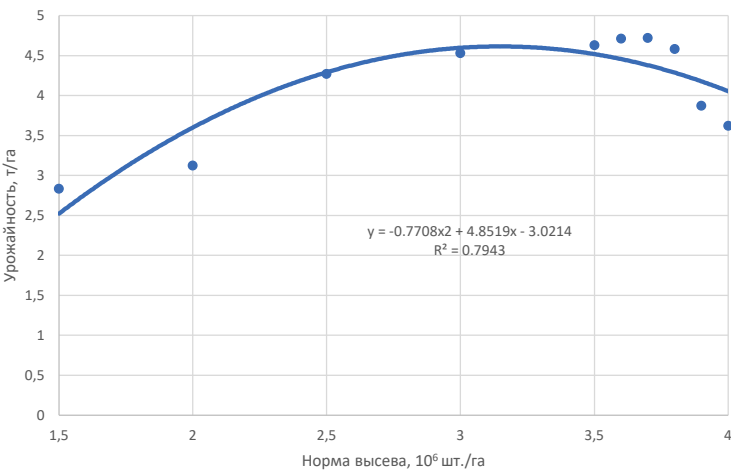


Рис. 2. Зависимость продуктивности озимой пшеницы сорта Донщина от нормы высева семян

Источник: составлено Д.А. Рогачевым, А.Ф. Рогачевым.

Регрессионная зависимость продуктивности озимой пшеницы сорта Донщина от нормы высева семян аппроксимируется формулой с приемлемой точностью (коэффициент детерминации $R^2 = 0,7943$).

$$Y = -0,7708x^2 + 4,8519x - 3,0214, \quad (5)$$

где x — норма высева семян, млн шт./га.

Экспериментально установлено, что ширина междурядий при выращивании озимой пшеницы также может определять качество зерна [4], что иллюстрируется приведенными данными (табл. 2).

Таблица 2

Влияние ширины междурядий на урожайность Y , т/га, и качество зерна (содержание белка Б и клейковины К, %)

№	Сорт	Ширина междурядий, см											
		7,5			15,0			22,5			30,0		
		У	Б	К	У	Б	К	У	Б	К	У	Б	К
1	Дон 93	4,83	17,1	34,7	4,37	16,8	33,2	4,15	15,7	30,2	3,37	12,3	29,2
2	Дон 95	4,13	16,2	30,2	3,99	16,1	29,8	3,78	15,6	28,7	3,15	14,2	26,3
3	Волгоградская 84	6,31	16,4	35,3	5,87	15,8	33,3	4,13	15,1	31,8	3,27	14,8	29,7
4	Донщина	3,36	16,2	37,3	3,12	15,8	36,2	2,87	12,6	31,2	2,13	10,6	23,1
5	Краснодарская 39	3,17	14,2	36,3	2,85	13,8	33,0	2,67	13,1	32,6	2,12	12,4	29,8
6	Мироновская юбилейная	4,15	18,6	38,6	3,86	17,9	37,4	3,41	16,3	34,3	2,97	12,7	31,3
7	Саратовская 90	3,09	14,4	30,3	5,72	15,8	32,3	4,13	13,6	28,4	3,62	12,4	24,9

Источник: составлено Д.А. Рогачевым, А.Ф. Рогачевым по данным [4].

При изучении влияния ширины междурядий на урожайность значения величины междурядий менее 7,5 см не рассматривались ввиду невозможности технологической реализации (рис. 3).

Регрессионная зависимость продуктивности озимой пшеницы сорта Донщина от ширины междурядий аппроксимируется формулой с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9865$.

$$Y = -0,0022x^2 + 0,0308x + 3,23, \quad (6)$$

где x — ширина междурядий, см.

Величины продуктивности анализируемых сортов озимой пшеницы согласуются с расчетами, выполненными по формуле (2), с приемлемой агротехнической

точностью, при этом расхождение значений расчетных и опытных данных находится в допустимых пределах ($\text{НСР} < 0,05$).

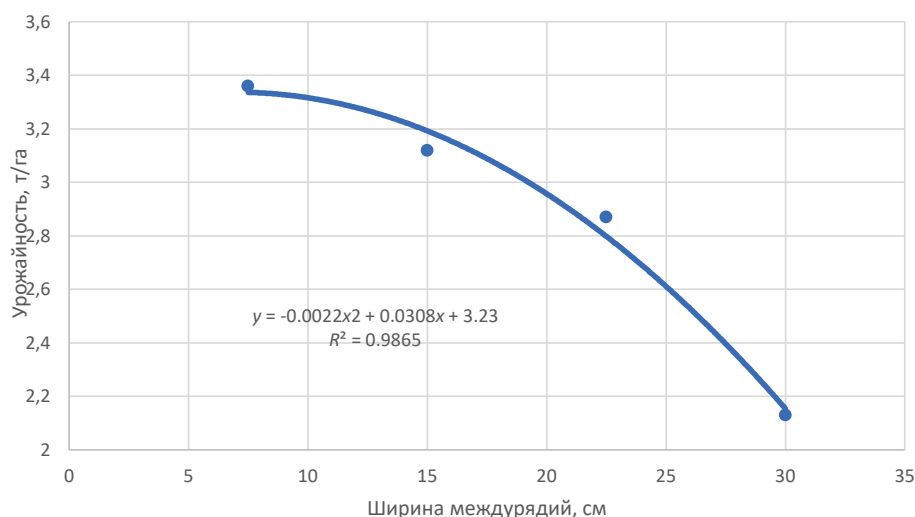


Рис. 3. Влияние ширины междурядий на урожайность озимой пшеницы сорта Донцина
Источник: составлено Д.А. Рогачевым, А.Ф. Рогачевым.

Заключение

Разработанная технология управления биопродуктивностью озимых культур, учитывающая зональные величины ГТК, характерные для засушливых условий Юга России, обеспечивает возможность управления процессами достижения биологической продуктивности озимых зерновых в засушливых почвенно-климатических условиях с одновременной оценкой их потенциальной урожайности.

Достаточная высокая сходимость значений фактической урожайности озимых зерновых культур с прогнозной оценкой их потенциальной продуктивности ($\text{НСР} < 0,05$) позволяет планировать результаты зернового аграрного производства с обеспечением программируемой эффективности на следующий хозяйственный год.

Список литературы

1. Анкудович Ю.Н. Влияние климатических факторов и систем удобрения на урожайность зерновых культур // Journal of Agriculture and Environment. 2024. № 1 (41). С. 3. doi: 10.23649/JAE.2024.41.1 EDN: HJLYEB
2. Korsak V., Pronko N., Karpova O., Shadskikh V., Kizhaeva V. Influence of irrigation methods on agrophysical properties and productivity of dark chestnut soils of dry steppe on the left bank of the Volga river // Advances in Dynamical Systems and Applications. 2021. Vol. 16. № 1. Pp. 121–132. doi: 10.37622/adsa/16.1.2021.121-132 EDN: ZMMQKB
3. Патент № 2271096 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/00. Способ прогнозирования урожайности озимых зерновых культур в условиях засушливого климата: № 2004123690/12: заявл. 02.08.2004: опубл. 10.03.2006 / А.Ф. Рогачев, А.М. Салдаев; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия». EDN: CHWDTE

4. Патент № 2228607 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/00. Способ управления процессами при возделывании озимых зерновых культур в условиях засушливого климата: № 2002126981/12: заявл. 09.10.2002: опубл. 20.05.2004 / А.Ф. Рогачев, А.М. Салдаев, Д.А. Рогачев; заявитель Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. EDN: ODGSGN
5. Патент № 2794981 С1 Российская Федерация, МПК А01G 7/00, А01G 22/00, G01W 1/02. Способ определения степени засухи и вероятности её наступления при производстве сельскохозяйственных культур в условиях засух: № 2022110971: заявл. 20.04.2022: опубл. 26.04.2023 / Б.А. Ашабоков, Л.М. Федченко, Х.М.Х. Байсиев и др.
6. Авторское свидетельство № 1414355 А1 СССР, МПК А01G 7/00. Способ экспресс-диагностики потенциальной продуктивности растений: № 4139372: заявл. 27.10.1986: опубл. 07.08.1988 / Л.Н. Воробьев, Н.Н. Егорова, А.И. Мартыненко.
7. Асаланов П.Г., Бендик Н.В., Иваньо Я.М. Задача оптимизации сельскохозяйственного производства с учетом своевременности посева и природных событий // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию образования ИрГСХА (27–29 мая 2014 г.). Часть II. Иркутск : Изд-во ИрГСХА, 2014. С. 3–8. EDN: JHZQTV
8. Белякова А.Ю., Ващукевич Е.В., Иваньо Я.М. Оптимизация производства сельскохозяйственной продукции при редком сочетании засух и гидрологических событий // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию образования ИрГСХА (27–29 мая 2014 г.). Часть II. Иркутск : Изд-во ИрГСХА, 2014. С. 9–15. EDN: VIXPQZ
9. Ващукевич Е.В., Иваньо Я.М. Математические модели аграрного производства с вероятностными характеристиками засух и гидрологических событий : монография. Иркутск : Изд-во ИрГСХА, 2012. 150 с.
10. Патент № 2721857 С2 Российская Федерация, МПК А01G 7/00, А01C 7/00, А01B 49/06. Способ сохранения водных ресурсов и борьбы с опустыниванием и засухой: № 2018124757: заявл. 05.07.2018: опубл. 25.05.2020 / С.В. Бриндюк. EDN: BYTLHN
11. Патент № 2464776 С2 Российская Федерация, МПК А01G 25/00, А01G 25/02. Способ регулирования фитолимата в агрофитоценозах при капельном орошении и система для его осуществления: № 2010120980/13: заявл. 24.05.2010: опубл. 27.10.2012 / А.С. Овчинников, В.С. Бочарников, О.В. Бочарникова и др.; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия». EDN: ZLFWTJ
12. Pavlova V.N., Chernova O.V., Alyabina I.O., Romanenkov V.A., Karachenkova A.A. Assessment of control impacts on winter wheat productivity under changing agroclimatic resources: a case study for the Rostov Oblast // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2024. Vol. 49. № 6. P. 520–530. doi: 10.3103/S1068373924060062 EDN: CGASWO
13. Личман Г.И., Беленков А.И. Принятия решений при возделывании сельскохозяйственных культур в системе точного земледелия // Нивы России. 2016. № 1 (134). С. 58–60. EDN: WMKXAN
14. Сарычев А.Н. Особенности возделывания озимой пшеницы в условиях агролесоландшафта в засушливых районах Волгоградской области // Научные и технологические подходы в развитии аграрной науки : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Солёное Займище, 13–15 мая 2014 г. ГНУ Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, Региональный Фонд «Аграрный университетский комплекс», Прикаспийский научно-производственный центр по подготовке научных кадров. Солёное Займище : Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2014. Т. I. С. 65–70. EDN: VKOKLD
15. Кузин А.Г. Продуктивность сортов озимой пшеницы в зависимости от системы удобрения и нормы посева на южном черноземе Волгоградской области : автореф. дисс. ... канд. сельскохозяйств. наук. Волгоград, 2008. 22 с. EDN: NJZGDD
16. Тихонов Н.И., Махмаев И.С. Технология возделывания озимой пшеницы в полупустынной зоне светло-каштановых почв Волгоградской области : монография. Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2014. 188 с. EDN: UCXGWC

Об авторах:

Рогачев Дмитрий Алексеевич — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНЦ «Гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; e-mail: Rogachev.soft@gmail.com
ORCID: 0009-0003-4014-4770 SPIN-код: 1948-7354

Рогачев Алексей Фруминович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры математического моделирования и информатики, Волгоградский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26; e-mail: rafr@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3077-6622 SPIN-код: 8413-5020