

Роль агрометеорологических условий в изменении урожайности ярового ячменя в лесостепной зоне Белгородской области

С. И. Смуров[✉], О. В. Григоров, С. Н. Ермолаев

Белгородский государственный аграрный университет, п. Майский, Белгородская область, Россия

[✉]E-mail: smurov_si@belgau.ru

Аннотация. Цель исследования – определить степень влияния погодных условий Белгородской области на урожайность ярового ячменя за длительный период изучения. **Методы.** Осуществлен анализ взаимосвязи урожайности ярового ячменя с агрометеорологическими условиями региона. **Научная новизна.** Представлены данные наблюдений за погодными условиями и урожайности ярового ячменя за период с 1967 по 2021 г. в лесостепной зоне Белгородской области. **Результаты.** При анализе агрометеорологических условий было выявлено, что среднесуточная температура воздуха за вегетацию ячменя принимала максимальное значение в 2010 г. (21,7 °С), а минимальное – в 1990 г. (14,8 °С). Также в 2010 г. было установлено наибольшее отклонение ее от среднегодовых значений, которое было равно 4,2 °С. Сумма выпавших осадков была наибольшей в 1997 г. и составляла 402,8 мм, что на 202,8 мм выше среднегодовых значений. При расчете гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова (ГТК) было установлено, что более распространенными были года со слабозасушливыми условиями, которых насчитывалось 15 из 55 лет. Года с очень засушливыми условиями встречались редко и в количественном выражении составляли 6 лет. В результате проведенных исследований было установлено, что срок посева и количество осадков в период вегетации существенно влияли на величину урожая зерна у ярового ячменя. Наибольшая урожайность культуры была при ее посеве 20–31 марта (30,8 ц/га) и в те годы, когда за вегетацию культуры выпадало осадков 81–100 % от среднегодовых значений (26,4 ц/га). Максимальная зерновая продуктивность ярового ячменя была отмечена в 2019 г. (43,7 ц/га).

Ключевые слова: яровой ячмень, среднесуточная температура воздуха, сумма осадков, гидротермический коэффициент Селянинова Г. Т., срок сева, урожайность

Для цитирования: Смуров С. И., Григоров О. В., Ермолаев С. Н. Роль агрометеорологических условий в изменении урожайности ярового ячменя в лесостепной зоне Белгородской области // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 12. С. 1624–1635. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-12-1624-1635>.

Дата поступления статьи: 21.04.2024, **дата рецензирования:** 06.09.2024, **дата принятия:** 02.10.2024.

The role of agrometeorological conditions in changing the yield of spring barley in the forest-steppe zone of the Belgorod region

S. I. Smurov[✉], O. V. Grigоров, S. N. Ermolaev

Belgorod State Agrarian University, Mayskiy settlement, Belgorod region, Russia

[✉]E-mail: smurov_si@belgau.ru

Abstract. The purpose is to determine the degree the influence of weather conditions in the Belgorod region on the yield of spring barley over a long period of study. **Methods.** An analysis of the relationship between agrometeorological conditions and the yield of spring barley and the agrometeorological conditions of the region was carried

out. **Scientific novelty.** The data of observations of weather conditions and the yield of spring barley for the period from 1967 to 2021 in the forest-steppe zone of the Belgorod region are presented. **Results.** When analyzing the agrometeorological conditions, it was found that the average daily air temperature for the growing of barley took the maximum value in 2010 (21.7 °C), and the minimum in 1990 (14.8 °C). Also in 2010, the largest deviation of it from the average long-term values was established, which was equal to 4.2 °C. The amount of precipitation was the largest in 1997 and amounted to 402.8 mm, which is 202.8 mm higher than the average long-term values. When calculating the hydrothermal coefficient of G. T. Selyaninov (HTC), it was found that more common were years with slightly dry conditions, which numbered 15 out of 55 years. Years with very dry conditions were rare and in quantitative terms were 6 years. As a result of the conducted research, it was found that the sowing period and the amount of precipitation during the growing season significantly affected the grain yield of spring barley. The highest yield of spring barley was when it was sown on March 20–31 (30.8 c/ha) and in those years when it fell outside the growing season of the crop 81–100% of the average long-term values (26.4 c/ha). The maximum grain productivity of spring barley was noted in 2019 (43.7 c/ha).

Keywords: spring barley, average daily air temperature, sum of precipitation, G. T. Selyaninov hydrothermal coefficient, sowing time, yield

For citation: Smurov S. I., Grigorov O. V., Ermolaev S. N. The role of agrometeorological conditions in changing the yield of spring barley in the forest-steppe zone of the Belgorod region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (12): 1624–1635. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-12-1624-1635>. (In Russ.)

Date of paper submission: 21.04.2024, **date of review:** 06.09.2024, **date of acceptance:** 02.10.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Яровой ячмень является важнейшей зернофуражной культурой Российской Федерации. В 2021 году в стране яровыми зерновыми культурами было засеяно 29,7 млн га, из которых 7,4 млн га (24,9 %) занимал яровой ячмень [1]. В Белгородской области в 2021 году яровые зерновые и зернобобовые культуры занимали 347,9 тыс. га, из которых 98,5 тыс. га (28,3 %) было отведено под посев ярового ячменя. Следует выделить, что за период с 2005 года по 2021 год посевная площадь ярового ячменя снизилась с 265,6 тыс. га до 98,5 тыс. га [2].

Яровой ячмень – наиболее скороспелая и не предъявляющая особых требований как к почве, так и погодным условиям культура. Благодаря своей скороспелости она редко попадает под влияние летних засух и суховеев. Кроме того, эта культура считается наиболее устойчивой к таким явлениям, как захват и запал зерна, благодаря своим засухоустойчивым качествам.

Уровень урожайности сельскохозяйственных культур в целом и ярового ячменя в частности складывается из погодных и почвенных условий, агротехники, использующейся в хозяйстве. Погодные условия из вышеперечисленных факторов являются наиболее значимыми и приводят к ощутимому изменению величины урожая в различные годы. Данные многолетних исследований доказывают, что в течение вегетационного периода условия увлажнения и температура воздуха играют существенную роль в формировании урожая [3; 4].

Отечественными учеными довольно глубоко изучена зависимость урожайности ярового ячменя от агрометеорологических условий в разных регионах

России. При этом выявлено, что на долю этого фактора приходится 40–50 % общей изменчивости зерновой продуктивности культуры.

В районах с недостатком влаги и нестабильными осадками гидротермические условия являются важнейшим природным фактором, обуславливающим уровень урожайности ярового ячменя. По результатам исследований А. В. Парамонова, А. В. Федюшкина и О. А. Целуйко величина этого показателя на черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом существенно зависела от совокупного эффекта агрометеорологических условий, а применение полного минерального удобрения привело к снижению влияния ГТК и осадков в течение вегетационного периода до 39,1 % и 39,9 % соответственно [5].

Исследования Л. А. Косых, Е. В. Столпивской и Ю. Ю. Никоноровой показали, что на типичных черноземах с низким содержанием гумуса (в среднем 5–6 %) в 2016–2020 гг. величина урожайности сортов ярового ячменя в Поволжье формируется в большей степени благодаря погодным условиям (61,04 %), нежели чем сортовыми особенностями [6].

О. В. Левакова на основании исследований 2017–2021 гг. утверждает, что практически на все элементы урожая нового сорта ярового ячменя повлияли гидротермические показатели вегетационного периода. Но при этом было обнаружено минимальное варьирование урожайности по годам ($C_v = 3,5\%$) и раскрытие потенциала продуктивности на 95,1 %, что характеризовало его как имеющего стабильную зерновую продуктивность и адаптивность к условиям внешней среды региона исследований, отличавшиеся повышенным температурным режимом во все фазы роста и развития культуры [7].

Д. С. Фомин, Н. Н. Яркова и С. С. Полякова в ходе научных исследований в 2011–2022 годах выявили сильную корреляционную зависимость (0,78) урожайности ячменя от фонов минерального питания и складывающихся агрометеорологических условий вегетации. Вариация урожайности зерна при прочих равных условиях составляла без внесения минеральных удобрений 1,47–4,26 т/га и на фоне комплексного минерального питания 1,28–4,36 т/га [8].

В научных изысканиях в 2015–2020 годах в условиях степной зоны Бурятии исследователи В. А. Соболев, А. П. Батудаев, Б. Б. Цыбиков, В. М. Коршунов и Т. В. Гребенщикова выявили большое значение для урожайности яровых зерновых культур количества осадков, выпавших в июне, что подтверждается положительной корреляцией между уровнем урожайности и количеством осадков ($r = 0,86$). Анализ экспериментальных данных показал, время выпадения в период весенне-летней вегетации имеет большое значение [9].

Группа ученых под руководством О. В. Леваковой определила, что в весенне-летний период 2001–2020 годов яровой ячмень имел относительно устойчивое изменение урожайности в зависимости от количества осадков и ГТК ($r = 0,346...0,572$). Отрицательная взаимосвязь между величиной урожайности и среднемесячной температурой воздуха в течение вегетационного периода имела слабую и сильную корреляцию ($r = -0,021...-0,372$) [10].

Исследователи Д. В. Митрофанов и Т. А. Ткачева, анализируя данные за 2002–2020 годы, выявили зависимость увеличения урожайности зерна ярового ячменя, возделываемого на Южном Урале, от влажности почвы на момент посева на фоне удобрительного питания. Степень влияния предыдущих культур составила 90,45 % и 91,83 % соответственно. Наибольший сбор урожая зерна ярового ячменя был сформирован благодаря его сортовым особенностям (холодостойкости, скороспелости, засухоустойчивости) при условии наличия в метровом слое почвы оптимальных весенних запасов влаги (135,0–153,0 мм). Математическая обработка данных этих экспериментов выявила незначительное влияние погодных условий и влажности почвы на получение прибавки в урожайности зерна ярового ячменя [11].

Ученые Л. А. Косых, Е. В. Столповская и В. Ю. Никаноров, основываясь на данных своих исследований, считают, что урожайность ярового ячменя существенно зависит от недостатка в почве запасов продуктивной влаги. Также, по их мнению, среднесуточная температура воздуха в период вегетации культуры имеет большое значение. Исходя из этого, они подтверждают мнение о том, что необходимо учитывать совокупное влияние выбранных факторов, и это позволит оценить погодные условия как благоприятные или негативные для формирования урожая ярового ячменя [6].

Цель настоящего исследования – оценка влияния погодных условий Белгородской области на урожайность ярового ячменя за длительный период изучения.

Задачи: провести анализ урожайности ярового ячменя за 55 лет; определить ее связь со среднесуточными температурами, суммой осадков, коэффициентом гидротермических условий (ГТК) в период вегетации и сроком сева культуры.

Методология и методы исследований (Methods)

Территория Белгородской области находится на пересечении лесостепной и степной почвенных зон. Климат региона умеренно континентальный, и такие условия погоды усиливаются в направлении с запада на восток. Среднегодовая температура воздуха варьирует в пределах от 4,0 °С (1987 год) до 9,5 °С (2020 год). В среднем за год выпадает 540–550 мм осадков. При этом в направлении с запада на восток и юго-восток их количество постепенно снижается. Почвы представлены в основном типичными черноземами (44,8 %), выщелоченными черноземами (25,7 %) и значительно меньше – серыми лесными почвами (6,2 %). Черноземы обыкновенные и остаточные карбонатные занимают 14,1 % пашни и сосредоточены преимущественно в лесостепной зоне. Доля черноземов солонцеватых составляет 3,6 % площади пашни. Метеорологические условия Белгородской области пригодны для возделывания ярового ячменя [12–14].

В последние десятилетия обеспеченность влагой в период активной вегетации сельскохозяйственных культур в регионе снизилась. Площадь земель, на которых выпадает более 320 мм осадков, сократилась с 35 % до 20 %. Также установлен выраженный характер смещения зон ГТК при изменении обеспеченности теплом и условий увлажнения по территории региона. В целом за сравниваемые периоды времени пояса ГТК сместились на северо-запад на 80 км. Зона с количеством осадков за вегетационный период 300–320 мм раньше занимала восточную часть области, а теперь проходит через весь регион с востока на запад. Среднегодовая температура воздуха в Белгородской области повысилась на 1,2 °С, при этом сумма активных температур выше +10 °С увеличилась на 300 °С, а эффективных температур – на 200–250 °С.

За последние десятилетия наблюдается изменение характера выпадения осадков. Основная его часть (около 2/3 годового количества) выпадает в теплое полугодие в виде ливневых дождей, которые все равно не могут компенсировать испарение. Все это привело к большей засушливости климатических условий Белгородской области и появлению в отдельные годы атмосферных и почвенных засух [15].

В связи с изменениями метеорологических условий в Белгородской области возникла необходимость корректировки используемых технологий

возделывания ярового ячменя с целью минимизации отрицательного влияния этого фактора на урожайность культуры. Поэтому изучение и анализ зависимости зерновой продуктивности ярового ячменя от метеорологических условий, складывающихся в регионе, остаются актуальными и в будущем могут иметь практическую значимость в производственной и научной деятельности.

Исследование охватывает период с 1967 по 2021 год включительно. В научно-исследовательской работе представлены результаты наблюдений за погодными условиями по годам на Майской агрометеорологической станции, расположенной в Белгородском районе Белгородской области Российской Федерации. В ходе анализа данных года со сходными агрометеорологическими условиями были объединены в группы и определены взаимосвязи с зерновой продуктивностью ярового ячменя.

Для определения степени засушливости вегетационного периода и уровня обеспеченности ярового ячменя атмосферной влагой был рассчитан гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова, то есть определено отношение количества осадков в миллиметрах при средней температуре выше 10 °С к сумме среднесуточных температур, сниженных в

10 раз за тот же период. Этот коэффициент является относительным показателем увлажненности территории.

За длительный период исследований наблюдались различные метеорологические условия по температурному режиму и условиям влагообеспеченности, что способствовало определению степени взаимосвязи с урожайностью культуры.

Результаты (Results)

Температурный режим на протяжении многих лет исследований существенно менялся. Среднесуточная температура воздуха в период вегетации ярового ячменя колебалась от 14,8 °С до 21,7 °С (рис. 1).

Температура воздуха в 1967 и 1968 годах составляла 18,3 °С и 16,1 °С. В период с 1969 по 1972 год было отмечено постепенное повышение температуры воздуха до 19,4 °С, а вот в 1973 году, наоборот, уменьшение до 15,1 °С. Среднесуточная температура в 1974–1982 годах была неустойчивой и характеризовалась резкими перепадами между смежными годами наблюдений на 2,5–3,6 °С. В период с 1982 по 1989 год она изменялась в пределах от 15,9 °С до 18,5 °С. Однако смежные года между собой имели меньшие различия на 0,3–1,6 °С.

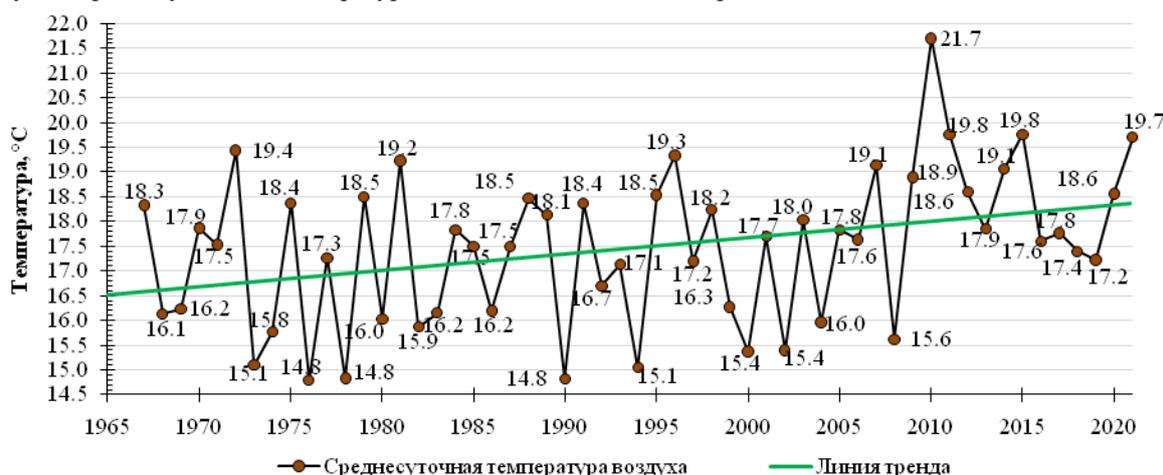


Рис. 1. Среднесуточная температура воздуха за время вегетации ярового ячменя за 1967–2021 гг.

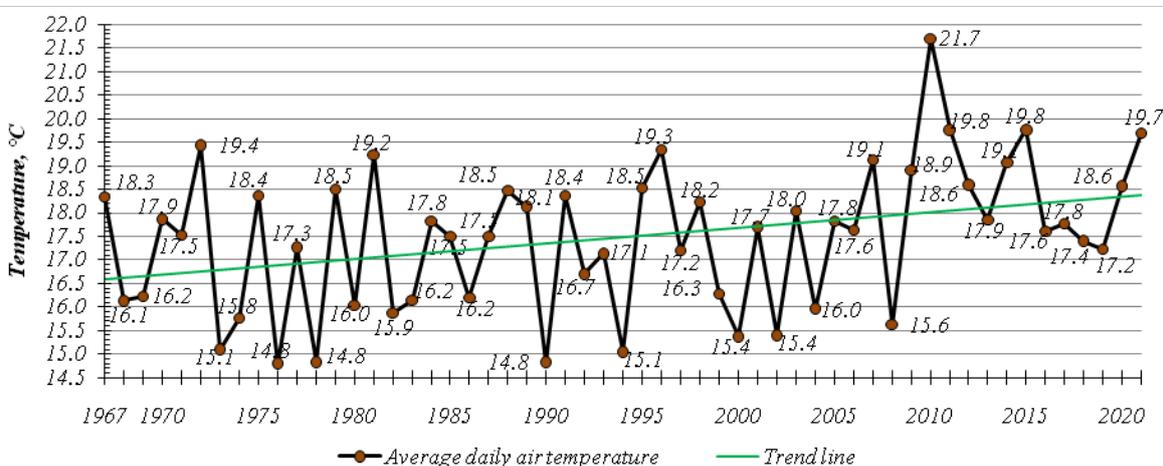


Fig. 1. Average daily air temperature during the vegetation of spring barley for 1967–2021



Рис. 2. Отклонение среднесуточной температуры от среднемноголетних данных за вегетацию ярового ячменя в 1967–2021 гг.

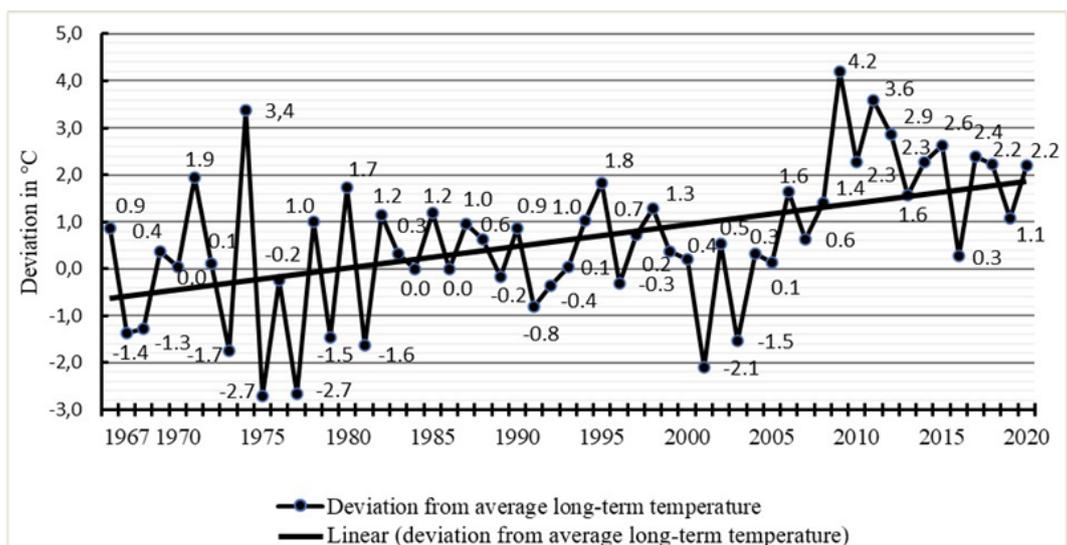


Fig. 2. Deviation of the average daily temperature from the average annual data for the vegetation of spring barley in 1967–2021

Среднесуточная температура в 1990–2000 годах имела как резкие перепады в 1990–1991 и 1994–1995 годах (3,6 и 3,4 °С), так и более плавные изменения в остальные годы (0,4–2,0 °С). В 2000–2005 годах она колебалась между смежными годами на 1,8–2,6 °С. В 2005, 2006, 2016–2019 годах среднесуточная температура была практически одинаковой и составляла 17,2–17,8 °С.

В период с 2007 года по 2010 год происходило сначала понижение температуры с 19,1 °С до 15,6 °С, а потом повышение до 18,9 °С в 2009 году, а в 2010 году – до 21,7 °С. Далее за период с 2010 по 2013 год было зарегистрировано постепенное снижение среднесуточной температуры воздуха с 21,7 °С до 17,9 °С с интервалами 1,9 °С, 1,2 °С и 0,7 °С соответственно. В 2014 и 2015 годах среднесу-

точные температуры выросли до 19,1–19,8 °С. В период с 2016 по 2019 год она снизилась до 17,5 °С, а затем в 2020 и 2021 годах возросла на 1,1–2,2 °С.

Изменение температуры воздуха (от 16,5 °С в начале наблюдений до 18,3 °С в конце) происходило с интервалом 4–6 лет, что отражает линия тренда на рисунке 1. Аналогичную ситуацию демонстрирует вторая диаграмма, на которой показаны значения отклонений среднесуточной температуры от ее среднемноголетних значений в период вегетации ярового ячменя (рисунок 2).

За 29 из 55 лет наблюдений (в относительном выражении это составило 52,7 %) изменение температуры воздуха составило 0,6–4,2 °С выше среднемноголетней. В течение 10 лет – в 1968, 1969, 1974, 1976, 1978, 1980, 1982, 1992, 2002 и 2004 годах –

среднесуточная температура воздуха оказалась ниже среднееголетних значений на 0,8–2,7 °С. И только в 1970, 1971, 1973, 1977, 1984, 1985, 1987, 1990, 1993, 1994, 1997, 2001, 2002, 2005, 2006 годах (27,3 % от общего периода наблюдений) она находилась на уровне, сравнимом со среднееголетними значениями температуры воздуха, когда отклонения не превышали 0,5 °С.

Важным агроклиматическим показателем является сумма атмосферных осадков, которые существенно влияют на будущий урожай ярового ячменя. На урожайность этой зерновой культуры влияют значительные колебания количества осадков в течение вегетационного периода и недостаток влаги, который возникает в почве в результате частых засух в период формирования и налива зерна [16].

Количество осадков в период вегетации ярового ячменя в 1967–2021 годах отличалось от среднего-

довых значений и варьировалось в зависимости от года. В весенне-летний период (март – июль) дожди выпадали с различной частотой и интенсивностью. Количество выпавших осадков не превышало среднееголетние значения в 1967, 1968, 1970, 1971, 1975, 1984, 1985, 1987, 1989, 1993, 1994, 1995, 1998, 1999, 2002, 2003, 2009–2013, 2015, 2017, 2019 и 2020 годах и находилось в широком диапазоне – от 82,9 мм до 186,2 мм. В 1976, 1979, 1980, 2007, 2008 и 2014 годах оно соответствовало среднееголетним значениям и составляло 187,6–221,5 мм, но в остальные 25 лет (45,5 % от общего числа лет наблюдений) превышало. Обильные осадки (более 300 мм) в период вегетации ярового ячменя наблюдались в 1978, 1988, 1997 и 2000 годах. В эти годы сумма осадков превысила среднегодовые значения на 97,9 мм, 117,6 мм, 124,3 мм и 130,0 мм соответственно (рис. 3)

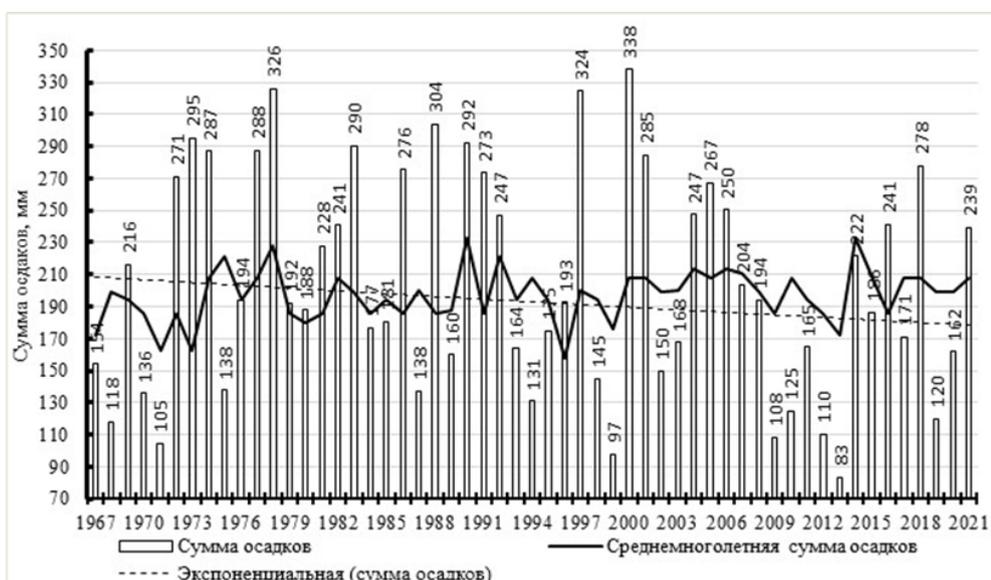


Рис. 3. Распределение суммы осадков за период вегетации ярового ячменя (1967–2021 гг.)

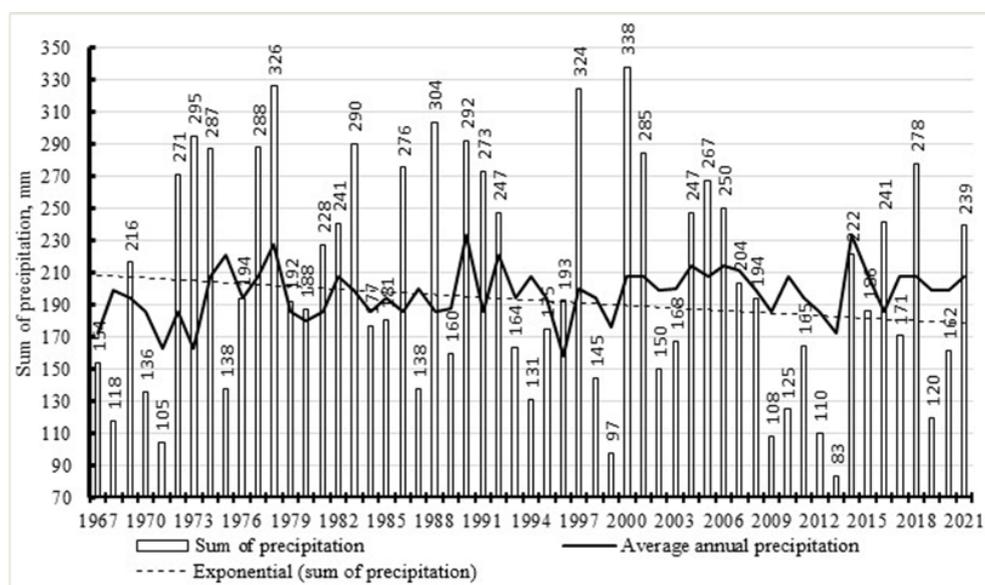


Fig. 3. Distribution of the amount of precipitation over the vegetation period of spring barley (1967–2021)

Таблица 1
Характеристика агрометеорологических условий за период вегетации ярового ячменя (1967–2021 гг.)

Гидротермические условия	Год наблюдений	Показатель	Месяц		
			Май	Июнь	Июль
Очень засушливые ($0,4 < ГТК \leq 0,7$)	1971, 1975, 2010, 2012, 2013, 2019	Осадки, мм	24,5	32,9	45,3
		Температура, °С	17,7	21,0	21,4
		ГТК, ед.	0,45	0,54	0,68
Засушливые ($0,7 < ГТК \leq 1,0$)	1970, 1987, 1989, 1994, 1998, 1999, 2002, 2009, 2011, 2015, 2017	Осадки, мм	41,5	38,1	52,9
		Температура, °С	14,4	19,4	20,3
		ГТК, ед.	0,9	0,7	0,9
Слабозасушливые ($1,0 < ГТК \leq 1,3$)	1967, 1980, 1981, 1984, 1985, 1993, 1995, 1996, 2003, 2007, 2008, 2014, 2016, 2020, 2021	Осадки, мм	42,4	76,1	55,1
		Температура, °С	15,9	18,5	20,6
		ГТК, ед.	0,9	1,4	0,9
Влажные ($1,3 < ГТК \leq 1,6$)	1968, 1969, 1972, 1973, 1976, 1979, 1982, 1992, 2001, 2005, 2006	Осадки, мм	54,2	72,1	89,5
		Температура, °С	14,4	17,6	19,2
		ГТК, ед.	1,3	1,4	1,5
Избыточно влажные ($ГТК > 1,6$)	1974, 1977, 1978, 1983, 1986, 1988, 1990, 1991, 1997, 2000, 2004, 2018	Осадки, мм	81,8	76,0	106,7
		Температура, °С	14,1	17,8	19,6
		ГТК, ед.	1,9	1,4	1,8

Table 1
Characteristics of agrometeorological conditions during the growing season of spring barley (1967–2021)

Hydrothermal conditions	Year of observations	Indicator	Month		
			May	June	July
Very dry ($0.4 < HTC \leq 0.7$)	1971, 1975, 2010, 2012, 2013, 2019	Precipitation, mm	24.5	32.9	45.3
		Temperature, °C	17.7	21.0	21.4
		HTC, units	0.45	0.54	0.68
Dry ($0.7 < HTC \leq 1.0$)	1970, 1987, 1989, 1994, 1998, 1999, 2002, 2009, 2011, 2015, 2017	Precipitation, mm	41.5	38.1	52.9
		Temperature, °C	14.4	19.4	20.3
		HTC, units	0.9	0.7	0.9
Weakly dry ($1.0 < HTC \leq 1.3$)	1967, 1980, 1981, 1984, 1985, 1993, 1995, 1996, 2003, 2007, 2008, 2014, 2016, 2020, 2021	Precipitation, mm	42.4	76.1	55.1
		Temperature, °C	15.9	18.5	20.6
		HTC, units	0.9	1.4	0.9
Wet ($1.3 < HTC \leq 1.6$)	1968, 1969, 1972, 1973, 1976, 1979, 1982, 1992, 2001, 2005, 2006	Precipitation, mm	54.2	72.1	89.5
		Temperature, °C	14.4	17.6	19.2
		HTC, units	1.3	1.4	1.5
Excessively wet ($HTC > 1.6$)	1974, 1977, 1978, 1983, 1986, 1988, 1990, 1991, 1997, 2000, 2004, 2018	Precipitation, mm	81.8	76.0	106.7
		Temperature, °C	14.1	17.8	19.6
		HTC, units	1.9	1.4	1.8

Оценка агрометеорологических условий, основанная на расчете гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова, показала, что за 6 лет наблюдений наблюдались очень засушливые метеорологические условия ($0,4 < ГТК \leq 0,7$). В среднем за месяцы вегетации ярового ячменя количество осадков в эти годы распределялось следующим образом: в мае их сумма составила 24,5 мм, в июне – 32,9 мм, в июле – 45,3 мм. Среднесуточная температура воздуха в эти месяцы в начале вегетационного периода составляла 17,7 °С, затем повысилась до 21,0°С и 21,4 °С соответственно (таблица 1).

Количество лет с засушливыми условиями ($0,7 < ГТК \leq 1,0$) равнялось 11. В эти года в мае в среднем выпало 41,5 мм осадков, в июне и июле –

38,1 мм и 52,9 мм соответственно. Среднесуточная температура воздуха в выбранный период находилась в диапазоне от 14,4 °С до 20,3 °С.

Пятнадцать лет исследований по гидротермическим условиям характеризовались как слабозасушливые. В эти годы количество осадков в мае составило в среднем 42,4 мм, что было несколько выше, чем в засушливые годы.

В летние месяцы вегетационного периода выпадает гораздо больше осадков: в июне – 76,1 мм, а в июле – 55,1 мм. Среднемесячная температура воздуха находилась на уровне с засушливыми годами, которая составляла соответственно выделенным месяцам 15,9 °С, 18,5 °С и 20,6 °С.

Таблица 2

Урожайность ярового ячменя в зависимости от срока сева (1967–2021 гг.)

Срок сева	Год наблюдений	Урожайность, ц/га
10–20 марта	1989	27,3
20–31 марта	1983, 1990, 1992, 2007, 2014, 2020	30,8
1–10 апреля	1968, 1975, 1977, 1981, 1984, 1999, 2002, 2008, 2009, 2016, 2017, 2019	25,8
11–20 апреля	1967, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1976, 1978, 1979, 1982, 1985, 1986, 1988, 1991, 1994, 1995, 1998, 2000, 2001, 2004, 2005, 2010, 2012, 2013, 2015, 2018, 2021	23,4
21–30 апреля	1969, 1980, 1993, 1996, 1997, 2003, 2006, 2011	22,7
1–10 мая	1987	28,9

Table 2

Yield of spring barley depending on the term of sowing (1967–2021)

Term of sowing	Year of observations	Yield, c/ha
March 10–20	1989	27.3
March 20–31	1983, 1990, 1992, 2007, 2014, 2020	30.8
April 1–10	1968, 1975, 1977, 1981, 1984, 1999, 2002, 2008, 2009, 2016, 2017, 2019	25.8
April 11–20	1967, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1976, 1978, 1979, 1982, 1985, 1986, 1988, 1991, 1994, 1995, 1998, 2000, 2001, 2004, 2005, 2010, 2012, 2013, 2015, 2018, 2021	23.4
April 21–30	1969, 1980, 1993, 1996, 1997, 2003, 2006, 2011	22.7
May 1–10	1987	28.9

По гидротермическим условиям 11 лет из общего количества времени наблюдений соответствовали влажным параметрам и характеризовались высокой обеспеченностью осадками в мае (54,2 мм), в июне (72,1 мм) и в июле (89,5 мм). Температурный режим отличался от остальных лет более низкими температурами в мае и июне: 14,4 °С и 17,6 °С соответственно. В июле среднесуточная температура воздуха была близка к показателям слабозасушливых лет и составляла 19,2 °С.

За все время наблюдений за агроклиматическими условиями было 12 лет с избыточно влажными гидротермическими условиями. Так, количество выпавших осадков в эти годы по сравнению с влажными годами было выше на 27,6 мм в мае, на 4,1 мм в июне и на 17,2 мм в июле. Также в мае была понижена до 14,1 °С температура, а вот в летние месяцы (в июне и июле) она находилась на уровне с влажными годами и равнялась 17,8 °С и 19,6 °С соответственно.

Посев ярового ячменя происходил в разные сроки, выбор которых зависел от преобладающих метеорологических условий и времени наступления физической спелости почвы (таблица 2).

При ранних (10–20 марта) и поздних (1–10 мая) сроках сева в 1989 и 1987 годах урожай ярового ячменя составил 27,3 ц/га и 28,9 ц/га соответственно. При посеве с 20 по 31 марта урожайность была самой высокой и составила в среднем 30,8 ц/га. При севе в период с 1 по 10 апреля значение этого показателя снизилось на 5,0 ц/га относительно предыдущего срока и составило 25,8 ц/га. Наиболее частым

был высеv ярового ячменя в период с 11 по 20 апреля (27 из 55 лет общего времени наблюдений), при котором урожайность составила 23,4 ц/га. Самый низкий урожай зерна (22,7 ц/га) был получен при посеве культуры с 21 по 30 апреля.

Наряду со сроком сева на урожайность ярового ячменя также влияло количество осадков, выпавших в период вегетации культуры (таблица 3).

При обеспеченности влагой на 81–100 % от среднемноголетней нормы осадков была отмечена наибольшая урожайность ярового ячменя, а именно 26,4 ц/га. Отклонение суммы осадков на 61–80 % в сторону уменьшения и на 141–160 % в сторону увеличения от среднегодовых значений урожайность зерновой культуры снижалась и соответственно составляла 25,6 ц/га и 25,8 ц/га. Самый низкий сбор зерна ярового ячменя (в среднем 21,7 ц/га) был получен в годы с большим количеством осадков в период вегетации – 161–180 % от нормы. При их сумме, равной 40–60 %, 101–120 % и 121–140 % от среднегодовой нормы, урожайность культуры варьировала от 23,4 ц/га до 23,9 ц/га.

В период наблюдений с 1967 по 1978 год величина зерновой продуктивности этой культуры в среднем составляла 21,8 ц/га и наибольшей была в 1977 году (28,2 ц/га). С 1979 по 1985 год объемы урожая существенно различались между собой по годам и находились в пределах от 9,1 ц/га до 22,1 ц/га. Разница между соседними годами наблюдений составила от 4,6 ц/га до 10,5 ц/га. В 1986 и 1987 годах произошло повышение урожайности до 29,6 ц/га и до 28,9 ц/га соответственно. В последующие 7 лет,

с 1988 по 1994 годы, она была от 20,2 ц/га до 34,6 ц/га. В первые четыре года наблюдений в выделенный промежуток времени урожай составил 27,7 ц/га, а с 1992 по 1994 год в среднем равнялся 31,2 ц/га (рис. 4).

Затем, в 1995–1999 годах, произошло резкое снижение урожая зерна ярового ячменя, и в среднем он составил 16,2 ц/га. Следующие 7 лет были более урожайными: было собрано 21,4–27,1 ц/га зерна. Следующие 7 лет были более урожайными: убирали 21,4–27,1 ц/га зерна. В 2007–2010 годах этот показатель изменялся значительно. Вначале он вырос с 18,4 ц/га до 37,9 ц/га, потом снизился до 27,0 ц/га, а затем до 19,3 ц/га. В период с 2011 по 2019 годы происходили колебания урожайности: так, в первые 5 лет – в пределах от 25,0 ц/га до 35,6 ц/га, а в последние 4 года – от 34,5 ц/га до 43,7 ц/га. В 2020 и 2021 годах урожайность культуры была схожей и составляла 38,7 ц/га и 39,3 ц/га.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Агрометеорологические условия 1967–2021 годов характеризовались неоднородными колебаниями среднесуточной температуры воздуха. Наименьшей она была в 1976, 1978 и 1990 годах и составляла 14,8 °С, а наибольшей – в 2010 году (21,7 °С). В целом за 55-летний период наблюдений отмечался тренд повышения среднесуточной температуры с 16,5 °С до 18,8 °С.

Количество осадков в период вегетации ярового ячменя значительно варьировалось на протяжении многих лет наблюдений. Самым маленьким оно было в 2013 году и составило 88,2 мм, а самым большим – в 1997 году, достигнув 402,8 мм, что в первом случае было ниже среднегодовой нормы на 83,2 мм, а во втором больше на 202,8 мм. При обеспеченности осадками на 81–100 % от среднемноголетних значений урожайность ярового ячменя достигала 26,4 ц/га.

По гидротермическому коэффициенту больше всего лет (15 лет) было со слабозасушливыми условиями ($1,0 < \text{ГТК} \leq 1,3$), в меньшем количестве были года с очень засушливыми условиями ($0,4 < \text{ГТК} \leq 0,7$) – их насчитывалось 6 лет.

В годы наблюдений, которые характеризовались как очень сухие ($0,4 < \text{ГТК} \leq 0,7$), средняя урожайность этой культуры составила 26,9 ц/га, в годы с засушливым вегетационным периодом ($0,7 < \text{ГТК} \leq 1,0$) она равнялась 27,6 ц/га, а при слабозасушливых условиях (при коэффициенте ГТК от 1,0 до 1,3) – 24,0 ц/га. Наибольшая урожайность ячменя (30,8 ц/га) была отмечена при посеве в период с 20 по 31 марта.

В целом за 55 лет наблюдений наибольшей урожайностью ярового ячменя выделился 2019 год – собрали 43,7 ц/га зерна.

Таблица 3
Урожайность ярового ячменя в зависимости от величины отклонения от среднемноголетней нормы осадков (1967–2021 гг.)

Отклонение от среднемноголетней нормы осадков, %	Год наблюдений	Урожайность, ц/га
40–60	1968, 1999, 2009, 2010, 2012, 2013	23,4
61–80	1970, 1971, 1975, 1987, 1994, 1998, 2002, 2019	25,6
81–100	1967, 1976, 1984, 1985, 1989, 1993, 1995, 2003, 2007, 2008, 2011, 2014, 2015, 2017, 2020	26,4
101–120	1969, 1979, 1980, 1982, 1992, 2004, 2006, 2021	23,9
121–140	1974, 1977, 1981, 1990, 1996, 2005, 2016, 2018	25,1
141–160	1972, 1978, 1983, 1986, 1991, 2018	25,8
161–181	1973, 1988, 1997, 2000	21,7

Table 3
Spring barley yield depending on the deviation from the annual average precipitation rate (1967–2021)

Deviation from the average long-term precipitation rate, %	Year of observations	Yield, c/ha
40–60	1968, 1999, 2009, 2010, 2012, 2013	23.4
61–80	1970, 1971, 1975, 1987, 1994, 1998, 2002, 2019	25.6
81–100	1967, 1976, 1984, 1985, 1989, 1993, 1995, 2003, 2007, 2008, 2011, 2014, 2015, 2017, 2020	26.4
101–120	1969, 1979, 1980, 1982, 1992, 2004, 2006, 2021	23.9
121–140	1974, 1977, 1981, 1990, 1996, 2005, 2016, 2018	25.1
141–160	1972, 1978, 1983, 1986, 1991, 2018	25.8
161–181	1973, 1988, 1997, 2000	21.7

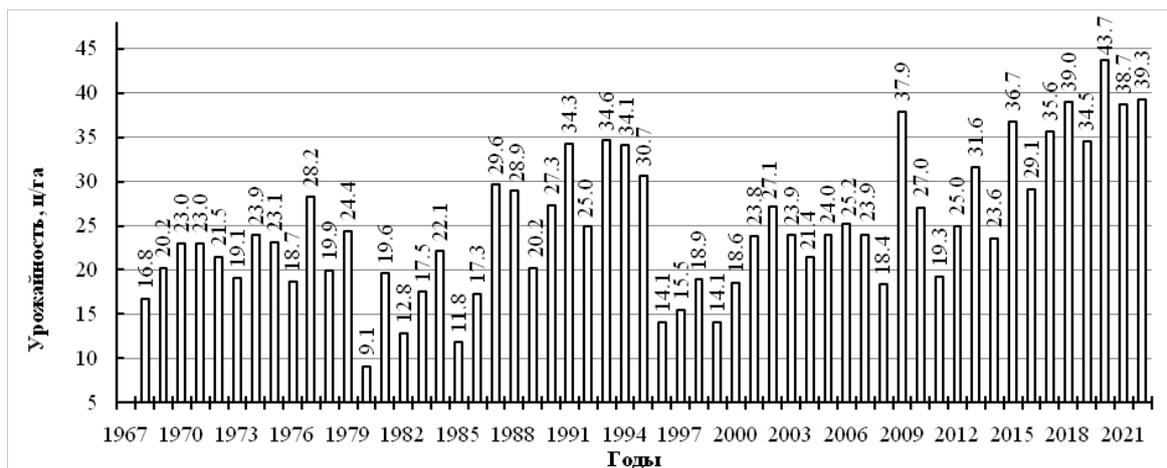


Рис. 4. Урожайность ярового ячменя (1967–2021 гг.)

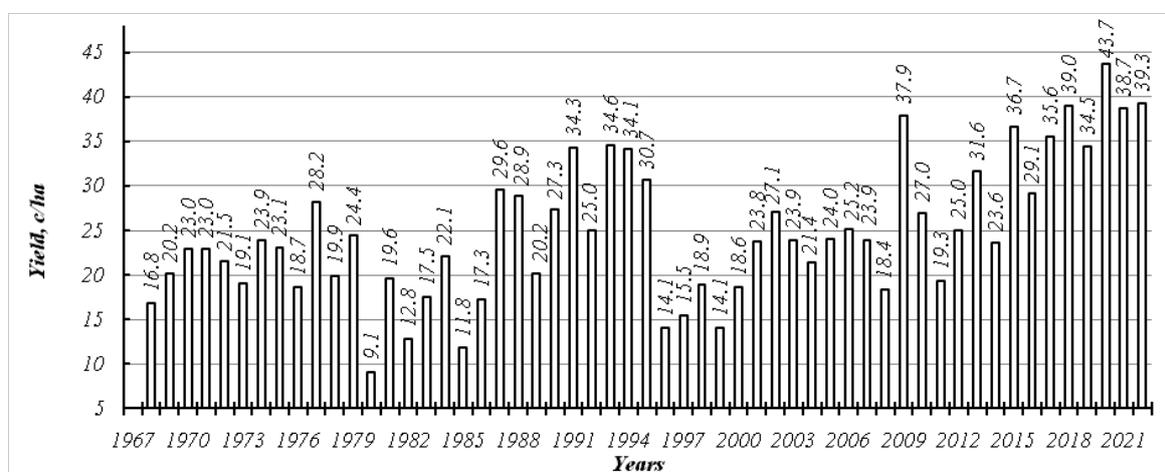


Fig. 4. Spring barley yield (1967–2021)

Библиографический список

1. Посевная кампания 2020/21 в РФ по областям [Электронный ресурс]. URL: www.zerno.ru/node/11379 (дата обращения: 01.03.2024).
2. Белгородская область в цифрах. 2022: краткий статистический сборник. Белгород: Белгородстат, 2022. 236 с.
3. Куприянов А. Н., Белолюбцев А. И. Агрометеорологическая оценка возделывания сельскохозяйственных культур и меры по адаптации производственного процесса в условиях изменения климата на примере зерноградского района Ростовской области [Электронный ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2022. № 5. URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/5/st_516.pdf (дата обращения: 01.03.2024).
4. Смуров С. И., Наумкин В. Н., Ермолаев С. Н. Урожайность и качество зерна ярового ячменя в зависимости от различных предшественников и фонов минерального питания // Вестник аграрной науки. 2020. № 2 (83). С. 36–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36.
5. Парамонов А. В., Федюшкин А. В., Целуйко О. А. Влияние метеорологических условий на урожайность и качество зерна ярового ячменя в Приазовской зоне Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2 (38). С. 151–162. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-151-162.
6. Косых Л. А., Столпивская Е. В., Никонорова Ю. Ю. Влияние погодных условий на хозяйственно ценные признаки сортов ячменя ярового в лесостепной зоне Среднего Поволжья // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1. С. 31–38. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-31-38.
7. Левакова О. В. Влияние метеорологических условий на яровой ячмень сорт Яромир и его урожайность в условиях Рязанской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 2. С. 77–82.
8. Фомин Д. С., Яркова Н. Н., Полякова С. С. Урожайность ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий в условиях Среднего Предуралья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23 (6). С. 852–859. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.852-859.

9. Соболев В. А., Батудаев А. П., Цыбиков Б. Б., Коршунов В. М., Гребенщикова Т. В. Влияние погодных условий на урожайность зерновых культур в степной зоне Бурятии // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2021. № 3 (64). С. 138–143. DOI: 10.34655/bgsha.2021.64.3.018.

10. Левакова О. В., Дедушев И. А., Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко А. Н., Ерошенко Н. А., Болдырев М. А., Гладышева О. В. Влияние агрометеорологических изменений климата на зерновую продуктивность ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17, № 1. С. 128–135. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-128-135.

11. Митрофанов Д. В., Ткачева Т. А. Воздействие агрометеорологических условий, минеральных удобрений, предшественников и влажности почвы на урожайность зерна ярового ячменя в степной зоне Южного Урала // Известия НВ АУК. 2021. № 4 (64). С. 84–97. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-09.

12. Белгородская область [Электронный ресурс]. URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/regions/belgorodskaya_oblast/?sphrase_id=509928 (дата обращения: 01.03.2024).

13. Шарко Е. Р. Влияния изменений климата на сельское хозяйство в регионах Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экономика. 2022. № 1. С. 11–24. DOI: 10.25136/2409-8647.2022.1.3586.

14. Национальный атлас почв Российской Федерации. Белгородская область [Электронный ресурс]. URL: <https://soil-db.ru/soilatlas/razdel-8-ispolzovanie-zemelnyh-resursov-i-pochv/8-2-regiony-rossiyskoi-federacii/belgorodskaya-oblast> (дата обращения: 01.03.2024).

15. Буряк Ж. А., Терехин Э. А. Геоинформационное моделирование пространственно-временной изменчивости агроклиматических условий // Региональные геосистемы. 2020. № 44 (3). С. 333–342. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-3-333-342.

16. Смулов С. И., Григоров О. В., Ермолаев С. Н. Влияние изменений климата на урожайность культур и запасы почвенной влаги // Аграрный вестник Урала. 2023. № 06 (235). С. 35–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-35-52.

Об авторах:

Сергей Иванович Смулов, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель Научно-практического центра земледелия и селекции, Белгородский государственный аграрный университет, п. Майский, Белгородская область, Россия; ORCID 0000-0003-0014-8622, AuthorID 863886. E-mail: smurov_si@belgau.ru

Олег Владимирович Григоров, ведущий специалист отдела земледелия Научно-практического центра земледелия и селекции, Белгородский государственный аграрный университет, п. Майский, Белгородская область, Россия; ORCID 0000-0002-9314-4737, AuthorID 925390

Семен Николаевич Ермолаев, кандидат сельскохозяйственных наук, агроном отдела земледелия Научно-практического центра земледелия и селекции, Белгородский государственный аграрный университет, п. Майский, Белгородская область, Россия; ORCID 0000-0001-6553-5928, AuthorID 1076768

References

1. *Seed company 2020/21 in the Russian Federation by region* [Internet] [cited 2024 Mar 01]. Available from: www.zerno.ru/node/11379. (In Russ.)

2. *Belgorod region in numbers. 2022: short statistical collection*. Belgorod: Belgorodstat, 2022. 236 p. (In Russ.)

3. Kupriyanov A. N., Belolyubtsev A. I. Agrometeorological assessment of crop cultivation and measures to adapt the production process under climate change conditions on the example of the Zernogradskiy district of the Rostov region. *AgroEcoInfo: Electronic Scientific and Production Journal* [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 01]; 5. Available from: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/5/st_516.pdf. (In Russ.)

4. Smurov S. I., Naumkin V. N., Ermolaev S. N. Yield and grain quality of spring barley depending on various precursors and backgrounds of mineral nutrition. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020; 2 (83): 36–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36. (In Russ.)

5. Paramonov A. V., Feduyshkin A. V., Tseluyko O. A. The influence of meteorological conditions on the yield and quality of spring barley grain in the Azov zone of the Rostov region. *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems*. 2020; 2 (38): 151–162. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-151-162. (In Russ.)

6. Kosykh L. A., Stolpivskaya E. V., Nikonorova Yu. Yu. Weather conditions influence on spring barley varieties economically valuable characteristics in the Middle Volga Region forest-steppe zone. *Bulletin of KrasGAU*. 2022; 1: 31–38. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-31-38. (In Russ.)

7. Levakova O. V. The influence of meteorological conditions on spring barley Yaromir variety and its yield in the conditions of the Ryazan region. *Grain Farming of Russia*. 2022; 14 (2): 77–82. (In Russ.)

8. Fomin D. S., Yarkova N. N., Polyakova S. S. Yield of spring barley depending on hydrothermal conditions in the conditions of the Middle Urals. *Agrarian Science Euro-North-East*. 2022; 23 (6): 852–859. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.852-859. (In Russ.)
9. Sobolev V. A., Batudaev A. P., Tsybikov B. B., Korshunov V. M., Grebenshchikova T. V. Influence of weather conditions on grain yield in the steppe zone of Buryatia. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2021; 3 (64): 138–143. DOI: 10.34655/bgsha.2021.64.3.018. (In Russ.)
10. Levakova O. V., Dedushev I. A., Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Eroshenko A. N., Eroshenko N. A., Boldyrev M. A., Gladysheva O. V. Influence of agrometeorological climate changes on grain productivity of spring barley in the Non-chernozem zone of the Russian Federation. *South of Russia: Ecology, Development*. 2022; 17 (1): 128–135. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-128-135. (In Russ.)
11. Mitrofanov D. V., Tkachyova T. A. The impact of agrometeorological conditions, mineral fertilizers, predecessors and soil moisture on the yield of spring barley grain in the steppe zone of the Southern Urals. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021; 4 (64): 84–97. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-09. (In Russ.)
12. Belgorod region [Internet] [cited 2024 Mar 01]. Available from: https://www.mnr.gov.ru/activity/regions/belgorodskaya_oblast/?sphrase_id=509928. (In Russ.)
13. Sharko E. R. The impact of climate change on agriculture in the regions of the Russian Federation. *Theoretical and Applied Economics*. 2022; 1: 11–24. DOI: 10.25136/2409-8647.2022.1.3586. (In Russ.)
14. National Atlas of soils of the Russian Federation. Belgorod region [Internet] [cited 2024 Mar 01]. Available from: <https://soil-db.ru/soilatlas/razdel-8-ispolzovanie-zemelnyh-resurov-i-pochv/8-2-regiony-rossiyskoi-federacii/belgorodskaya-oblast>. (In Russ.)
15. Buryak Zh. A., Terekhin E. A. Geoinformation modeling of spatial and temporal variability of agro-climatic conditions. *Regional Geosystems*. 2020; 44 (3): 333–342. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-3-333-342. (In Russ.)
16. Smurov S. I., Grigorov O. V., Ermolaev S. N. The influence of climate change on crop yields and soil moisture reserves. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 06 (235): 35–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-235-06-35-52. (In Russ.)

Authors' information:

Sergey I. Smurov, candidate of agricultural sciences, head of the scientific and practical center of agriculture and selection, Belgorod State Agrarian University, Mayskiy settlement, Belgorod region, Russia; ORCID 0000-0003-0014-8622, AuthorID 863886. *E-mail: smurov_si@belgau.ru*

Oleg V. Grigorov, leading specialist of the department of agriculture of the scientific and practical center of agriculture and selection, Belgorod State Agrarian University, Mayskiy settlement, Belgorod region, Russia; ORCID 0000-0002-9314-4737, AuthorID 925390

Semyon N. Ermolaev, candidate of agricultural sciences, agronomist of the department of agriculture of the scientific and practical center of agriculture and selection, Belgorod State Agrarian University, Mayskiy settlement, Belgorod region, Russia; ORCID 0000-0001-6553-5928, AuthorID 1076768