

Оригинальная статья / Original article

УДК 633.16:631.559

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-128-135

Влияние агрометеорологических изменений климата на зерновую продуктивность ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ

Ольга В. Левакова¹, Иван А. Дедушев², Любовь М. Ерошенко², Максим М. Ромахин², Анатолий Н. Ерошенко², Николай А. Ерошенко², Михаил А. Болдырев², Ольга В. Гладышева¹

¹Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ИСА-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), Рязанская область, с. Подвьязь, Россия

²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, Россия

Контактное лицо

Ольга В. Левакова, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией селекции и первичного семеноводства зерновых культур, старший научный сотрудник; 390502 Россия, Рязанская область, Рязанский район, с. Подвьязь, ул. Парковая, 1.
Тел. +79106138647
Email levakova.olga@bk.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5400-669X>

Формат цитирования

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, N 1. С. 128-135. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-128-135

Получена 24 февраля 2021 г.

Прошла рецензирование 17 мая 2021 г.

Принята 5 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Изучить влияние погодных условий на формирование урожая ярового ячменя при современных изменениях климата.

Материал и методы. Объект исследования – сорта и линии ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка», которые ежегодно изучались в 2001-2020 гг. в конкурсном испытании в условиях Московской области. По метеорологическим данным ФИЦ «Немчиновка» рассчитаны среднемесячные показатели суммы осадков, температуры воздуха и ГТК_м. Математическая обработка данных урожайности произведена на компьютере с помощью программы Excel.

Результаты. Значительное повышение среднемесячной температуры воздуха в течение весенне-летнего сезона, увеличение суммы выпавших осадков в мае и снижение ее в другие месяцы вегетации указывают на изменение климатических условий региона. В благоприятные годы при значении ГТК_м от 1,32 до 2,34 урожайность ячменя в среднем составила 5,88 т/га, а в засушливые годы при показателях ГТК_м от 0,48 до 1,26 – 3,28 т/га. В весенне-летний период наблюдалась относительно устойчивая изменчивость урожайности от динамики суммы осадков и ГТК_м ($r = 0,346 \dots 0,572$). Отрицательная корреляционная зависимость урожайности сортов от среднемесячной температуры воздуха в течение всего сезона имела относительно неустойчивый характер и проявлялась как очень слабая или средняя ($r = -0,021 \dots -0,372$).

Заключение. Наблюдаемый в условиях Московской области положительный тренд урожайности при ежегодном использовании одинаковой агротехники обусловлен повышением адаптивного потенциала новых сортов и линий селекции ФИЦ «Немчиновка».

Ключевые слова

Московская область, яровой ячмень, урожайность, гидротермические условия, статистический анализ.

Influence of agrometeorological climate changes on grain productivity of spring barley in the Non-chernozem zone of the Russian Federation

Olga V. Levakova¹, Ivan A. Dedushev², Lyubov M. Eroshenko², Maxim M. Romakhin², Anatoly N. Eroshenko², Nikolay A. Eroshenko², Mikhail A. Boldyrev² and Olga V. Gladysheva¹

¹Institute of Seed Production and Agrotechnology – Branch of Federal Scientific Agroengineering Centre VIM, Podvyazye village, Ryazan region, Russia

²Nemchinovka Federal Research Centre, Novoivanovskoye village, Odintsovo district, Moscow region, Russia

Principal contact

Olga V. Levakova, Candidate of Agricultural Sciences, Head and Senior Researcher, Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Grain Crops; 1 Parkovaya St, Podvyazye village, Ryazan district, Ryazan region, Russia 390502.

Tel. +79106138647

Email levakova.olga@bk.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5400-669X>

How to cite this article

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, vol. 17, no. 1, pp. 128-135. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-128-135

Received 24 February 2021

Revised 17 May 2021

Accepted 5 September 2021

Abstract

Aim. To study the influence of weather conditions on the formation of the spring barley crop under prevailing climatic changes.

Material and Methods. The object of research was varieties and lines of spring barley of the FITZ Nemchinovka selection, which were studied annually in 2001-2020 in a competitive test in the conditions of the Moscow region. According to the meteorological data for the FITZ Nemchinovka, the average monthly indicators of precipitation, air temperature and GTCM were calculated. Mathematical processing of yield data was undertaken on a computer using the Excel programme.

Results. A significant increase in the average monthly air temperature during the spring-summer season, an increase in the amount of precipitation in May and a decrease in other months of the growing season indicate a change in the climatic conditions of the region. In favorable years, with a GTCM value from 1.32 to 2.34, the average yield of barley was 5.88 t/ha and in dry years with GTCM values from 0.48 to 1.26 – 3.28 t/ha. In the spring-summer period, there was a relatively stable variability in yield from the dynamics of precipitation and GTCM ($r = 0.346...0.572$). The negative correlation dependence of the yield of varieties on the average monthly air temperature throughout the season had a relatively unstable character and manifested itself as very weak or medium ($r = -0.021...-0.372$).

Conclusion. The positive yield trend observed in the conditions of the Moscow region with the annual use of the same agricultural machinery is due to an increase in the adaptive potential of new varieties and breeding lines of FITZ Nemchinovka.

Key Words

Moscow region, spring barley, yield, hydrothermal conditions, statistical analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Ячмень является важнейшей культурой в мировом земледелии, что связано с его многоцелевым использованием и невысокой требовательностью к условиям выращивания. Формирование урожая культуры в значительной степени определяется генотипом, природно-климатическими условиями региона и режимом питания. Наибольшее влияние на величину зерновой продуктивности сортов ячменя оказывает температура воздуха и выпадение осадков. В многочисленных исследованиях установлено, что доля вклада погодных факторов в фенотипическую изменчивость урожая ячменя может достигать 81% [1-4].

Устойчивая тенденция потепления климата во многих регионах России привела к повышению температуры воздуха и учащению повторяемости жарких периодов, шквалистых ветров, ливней и других погодных аномалий [5]. Общая направленность изменения климата в сторону увеличения температуры воздуха и усиления засушливости из-за неравномерного характера выпадения осадков особенно характерна для последних двадцати лет [6]. При отрицательном тренде летних осадков в эти годы зафиксирован значительный рост основного агроклиматического показателя – суммы активных температур, скорость которого в среднем для территории России составляла $\sim 90^\circ/10$ лет [7].

По данным Росстата за это время отмечается повышение среднегодовой урожайности ячменя. В 2001-2010 гг. она составляла 1,98 т/га, в 2011-2019 гг. – возросла до 2,14 т/га. В динамике 2001-2019 гг. за 5 лет (к 2014 году) она увеличилась на 5,4% (на 0,13 т/га). За 10 лет она выросла на 3,7% (на 0,09 т/га), а к 2001 году – на 16,2% (на 0,39 т/га) [8]. Одновременно с повышением зерновой продуктивности при современном климате наблюдается усиление изменчивости урожайности сортов ячменя, которая может свидетельствовать об ухудшении биоклиматического потенциала определенных территорий. Проявления экстремальных явлений еще больше усугубляют изменчивость урожайности, обусловленную колебаниями в выпадении осадков и изменением температурного режима в период вегетации [4; 9; 10].

Климатическая изменчивость в условиях Нечерноземной зоны из-за особенностей сельскохозяйственных сезонов, ограничивающих получение высоких и устойчивых урожаев, особенно негативно может сказаться на получении стабильных урожаев ячменя.

Наибольшая чувствительность к теплообеспеченности и недостатку влаги у ячменя наблюдается в период кущения и трубкования, когда закладываются побеги кущения, от которых зависит густота стеблестоя, и идет формирование элементов продуктивности колоса [11]. В итоге условия среды в этот период оказывают решающее влияние на величину будущего урожая ячменя. Достаточное снижение урожая ячменя, по данным A. Resio, D. Wach [12], провоцируют абиотические стрессы в фазу флагового листа и колошения, при этом реакция на них является сортовой. Как быстро растущая

культура, ячмень не способен использовать поздние осадки для повышения зерновой продуктивности растений [13]. Однако засушливые условия в период зернообразования способствуют сокращению времени налива и созревания и тем самым снижают урожайность [14].

В селекционной работе, направленной на повышение адаптивного потенциала, исследования по влиянию изменения климата на зерновую продуктивность сортов ячменя являются актуальными.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Созданию сортов с широким адаптивным потенциалом способствует испытание и отбор ценного исходного материала в различных экологических нишах. В связи с чем, на основании договоров о творческом сотрудничестве по созданию экологически пластичных сортов ярового ячменя одновременная оценка селекционного материала проходит в двух географических пунктах – ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка» (Московская область) и ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Рязанская область). Объект исследования – сорта и линии селекции ФИЦ «Немчиновка», которые ежегодно в количестве 55-60 номеров изучались в 2001-2020 гг. в конкурсном испытании в условиях Московской области.

Срок посева – третья декада апреля. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая окультуренная, глубина пахотного слоя характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,8-2,0%; pH солевой вытяжки – 5,6-5,8; сумма поглощенных оснований – 19,0-22,3 мг/экв. на 100г почвы; P_2O_5 (по Кирсанову) – 260-280 мг/кг; K_2O – 100-120 мг/кг почвы. Предшественник – озимая пшеница. В экспериментах использовали основные методики и схемы, общепринятые в научно-исследовательских учреждениях и в Государственном сортоиспытании [15], а также методику полевого опыта по Б.А. Доспехову [16]. По метеорологическим данным ФИЦ «Немчиновка» были рассчитаны среднемесячные показатели суммы осадков и температуры воздуха, а также среднемесячные значения гидротермического коэффициента ($ГТК_M$), как показателя, влияющего на продуктивность различных сельскохозяйственных культур [17; 18]. Условия вегетационных периодов 2001-2020 гг. отличались по гидротермическому режиму. Оптимальными по влагообеспеченности были 2003, 2004, 2008, 2009, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017, 2020 годы ($ГТК_M = 1,32-2,34$), а неблагоприятными – 2001, 2002, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011, 2014, 2018, 2019 годы ($ГТК_M = 0,50-1,30$). Математическая обработка данных урожайности произведена на компьютере с помощью программы Excel.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ агрометеорологических показателей за 2001-2020 гг., представленных в таблице 1 показал, что очень сухие условия отмечены в двух, а сухие и относительно сухие – в четырех годах исследований. Пять лет из двадцати характеризовались как

оптимальные, два года как относительно влажные и три года как влажные. В сухие и очень сухие годы недобор осадков до среднемноголетних значений (от 11,4 до 73,4 мм) характерен для всех месяцев весенне-летнего сезона, в то же время в относительно сухие годы (от 26,2 до 41,8 мм) – только для июля и августа. В благоприятных по климатической обстановке условиях наибольшее количество осадков зарегистрировано в июле, когда их сумма в среднем составила 113,0 мм, или 131,7% среднемноголетних значений. При превышении многолетней нормы в мае на 22,1 мм, сумма выпавших осадков в июне и августе оптимального режима практически соответствовала норме (74,5-77,2 мм). С учетом влагообеспеченности условия мая в относительно влажные годы отличались избыточным переувлажнением ($ГТК_M=2,80$). Положительная разница между фактическими и многолетними данными суммы осадков в мае, июне, июле, соответственно, составляла 69,2 мм, 9,7 мм и 30,1 мм. Высокая влагообеспеченность жизненного цикла растений ячменя во влажные годы ($ГТК_M=1,91-2,54$)

гарантирована обильным выпадением осадков, наибольшее превышение которых над нормой в мае достигало 81,4%. Наблюдаемое увеличение майских осадков отмечено в основном в оптимальные по гидротермическому режиму годы. В среднем за двадцатилетний период сумма осадков превысила норму мая на 18,1 мм, в то время как недовыпала в летние месяцы составила от 2,7 до 12,2 мм. При оценке теплового ресурса периода вегетации ячменя в различных условиях гидротермического режима обозначена положительная тенденция роста средней температуры воздуха во все месяцы. Фактическая средняя температура периода вегетации в сухие и очень сухие годы была выше многолетней на 1,8-2,0°C, в относительно сухие и благоприятные годы – на 1,4°C, в относительно влажные и влажные годы – на 0,6-0,8°C. Более высокое превышение над среднемноголетними показателями отмечено в июле (+1,9°C), наименьшее в – июне (+0,4°C). Средняя температура воздуха за вегетационный период 2011-2020 года на 0,6°C была выше значения предшествующего десятилетнего периода.

Таблица 1. Агроклиматические характеристики вегетационного периода ячменя в условиях Московской области (2001-2020 гг.)

Table 1. Agro-climatic characteristics of the barley growing season in the conditions of the Moscow region (2001-2020)

Гидротермические условия периода вегетации Hydrothermal conditions of the growing season	Показатель Index	Месяц / Month			
		Май May	Июнь June	Июль July	Август August
Очень сухой, $0,41 < ГТК_M < 0,7$ (2002, 2014 гг.) Very dry, $0.41 < ГТК_M < 0.7$ (2002, 2014)	Осадки, мм Precipitation, mm	29,0	53,2	12,4	47,0
	Температура, °C Temperature, °C	14,4	17,0	22,2	17,8
	$ГТК_M / ГТК_M$	0,63	1,06	0,18	0,84
Сухой, $0,71 < ГТК_M < 1,0$ (2007, 2011, 2018, 2019 гг.) Dry, $0.71 < ГТК_M < 1.0$ (2007, 2011, 2018, 2019)	Осадки, мм Precipitation, mm	41,0	44,3	64,3	48,6
	Температура, °C Temperature, °C	15,8	18,5	19,9	17,9
	$ГТК_M / ГТК_M$	0,90	1,02	0,73	1,00
Относительно сухой, $1,01 < ГТК_M < 1,30$ (2001, 2005, 2006, 2010 гг.) Relatively dry, $1.01 < ГТК_M < 1.30$ (2001, 2005, 2006, 2010)	Осадки, мм Precipitation, mm	63,2	77,0	44,0	53,0
	Температура, °C Temperature, °C	13,2	17,4	21,3	17,6
	$ГТК_M / ГТК_M$	1,58	1,49	0,70	0,98
Оптимальный, $1,31 < ГТК_M < 1,60$ (2003, 2004, 2009, 2012, 2013 гг.) Optimal, $1.31 < ГТК_M < 1.60$ (2003, 2004, 2009, 2012, 2013)	Осадки, мм Precipitation, mm	74,5	74,5	113,0	77,2
	Температура, °C Temperature, °C	14,7	17,1	19,8	18,0
	$ГТК_M / ГТК_M$	1,61	1,22	1,22	1,33
Относительно влажный, $1,61 < ГТК_M < 2,0$ (2008, 2015 гг.) Relatively wet, $1.61 < ГТК_M < 2.0$ (2008, 2015)	Осадки, мм Precipitation, mm	120,6	85,6	115,9	50,0
	Температура, °C Temperature, °C	13,3	17,2	18,9	17,0
	$ГТК_M / ГТК_M$	2,80	1,64	1,52	0,96
Влажный, $2,01 < ГТК_M < 2,5$ (2016, 2017, 2020 гг.) Wet, $2.01 < ГТК_M < 2.5$ (2016, 2017, 2020)	Осадки, мм Precipitation, mm	95,1	105,6	140,2	98,5
	Температура, °C Temperature, °C	12,7	17,2	19,0	18,4
	$ГТК_M / ГТК_M$	2,54	2,13	2,23	1,91
Среднемноголетние значения Long-term average values	Осадки, мм Precipitation, mm	52,4	75,9	85,8	79,2
	Температура, °C Temperature, °C	12,6	17,0	18,3	16,3
	$ГТК_M / ГТК_M$	1,37	1,39	1,46	1,56

В течение двадцатилетнего периода наблюдений средние значения урожайности ячменя конкурсного сортоиспытания составляли 4,74 т/га и варьировали в широких пределах: от 2,09 т/га (2002 г.) до 6,73 т/га (2016 г.). Усредненные данные за 2011-2020 гг. выявили прибавку урожая на 0,44 т/га в сравнении с предыдущим десятилетним периодом. Наиболее высокая средняя урожайность ярового ячменя (5,88 т/га) получена в благоприятных по влагообеспеченности условиях, когда ГТК_М в целом за

вегетационный период находился в пределах от 1,32 до 2,34. Минимальная урожайность (3,28 т/га) наблюдалась в засушливые годы при показателях ГТК_М от 0,48 до 1,26.

Вариабельность средней урожайности сортов ячменя в конкурсном сортоиспытании, представленной в таблице 2, как за десятилетия, так и за весь период наблюдений отмечена практически на одном уровне ($V=35,0-35,6\%$).

Таблица 2. Экологическая изменчивость урожайности сортов ярового ячменя в конкурсном сортоиспытании (2001-2020 гг.)

Table 2. Ecological variability of yield of spring barley varieties in competitive variety testing (2001-2020)

Годы агрометеорологических наблюдений Years of agrometeorological observations	Число лет в выборке Number of years in the sample	Средняя урожайность, т/га Average yield, t/ha	Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %
2001-2020	20	4,74	35,0
2001-2010	10	4,52	35,6
2011-2020	10	4,96	35,5
Засушливые / Arid areas	10	3,28	25,8
Благоприятные / Favourable conditions	10	5,88	8,8

При ежегодном использовании одинаковой агротехники, не мешающей проявлению хозяйственно-биологических особенностей изучаемых генотипов, можно утверждать, что изменчивость урожая за два десятилетия в основном определялась погодно-климатическим фактором. Поэтому, отмеченный в условиях Московской области

положительный тренд (рис. 1) урожайности, обусловлен повышением адаптивного потенциала новых сортов и селекционных линий. Изменчивость урожая в благоприятных по влагообеспеченности условиях характеризовалась как незначительная (8,8%), а в засушливые годы – как значительная (25,8%).

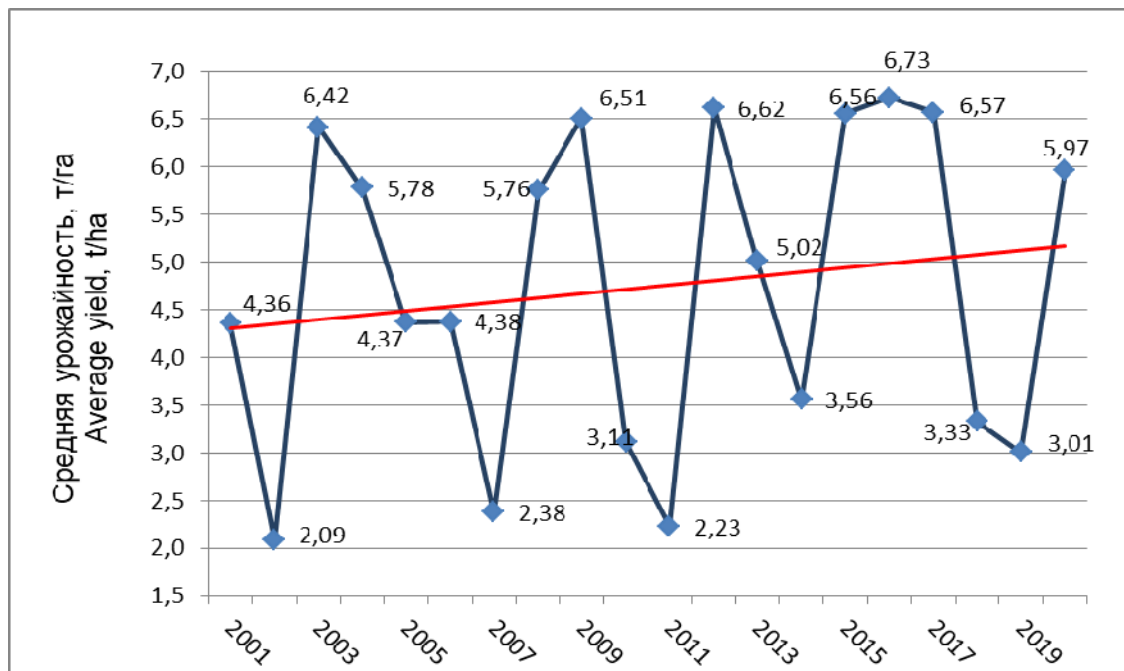


Рисунок 1. Динамика средней урожайности ярового ячменя (конкурсное сортоиспытание), за период 2001-2020 гг.

Figure 1. Dynamics of the average yield of spring barley (competitive variety testing), for the period 2001-2020

По мнению некоторых авторов [19], основным фактором, негативно влияющим на урожай зерновых культур в условиях потепления климата, является

повышение температуры. Отрицательное влияние повышенных среднемесячных температур воздуха на урожайность ячменя в наших исследованиях характе-

ризуется обратная зависимость ($r = -0,021 \dots -0,372$). Четко выраженная противоположная направленность этой связи проявилась в июне и в июле месяце

($r = -0,318 \dots -0,367$), в период активного роста и развития растений ячменя.

Таблица 3. Влияние агрометеорологических показателей вегетационного периода на урожайность сортов ярового ячменя в условиях Московской области (2001-2020 гг.)

Table 3. Influence of agrometeorological indicators of the growing season on the yield of spring barley varieties in the conditions of the Moscow region (2001-2020)

Показатели Index	Май May	Июнь June	Июль July	Август August	Май-август May-August
Сумма температур, °C Sum of temperatures, °C	-0,143	-0,367	-0,318	-0,021	-0,372
Количество осадков, мм Amount of precipitation, mm	0,382	0,472*	0,572*	0,431	0,665*
ГТК_м / ГТС_м	0,437	0,504*	0,571*	0,346	0,744*

Примечание: * – Доверительная вероятность $P \geq 0,95$

Note: * – Confidence probability $P \geq 0.95$

Влияние условий увлажнения на урожайность ярового ячменя носит положительный характер. Теснота связи между ГТК_м, суммой выпавших осадков за сезон и урожаем зерна весьма значительна – коэффициенты корреляции достигают значения 0,665-0,774, то есть, степень сопряженности признаков соответственно составляет 44,2 и 55,4%. Зависимости изменчивости урожая от показателей влагообеспеченности в отдельные периоды проявляются как средние по силе ($r = 0,346 \dots 0,572$). В сравнении с зависимостью от температуры воздуха они имеют более устойчивый характер. Вместе с тем важно отметить, что более тесная сопряженность урожайности от сумм осадков и гидротермических коэффициентов при уровне значимости 0,05 наблюдается в июне и июле: 0,472-0,572. Согласно значениям коэффициентов регрессии ($b_{yx} = 0,303-0,390$) увеличение суммы осадков на 10 мм в эти месяцы может привести к увеличению урожая на 0,84-1,74 т/га. Потребность во влаге у растений ячменя в мае и августе проявляется в меньшей степени. Корреляционная зависимость, характеризующая тесноту связи признаков водообеспеченности и урожайности, в эти месяцы незначительна: 0,346-0,437.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значительное повышение среднемесячной температуры воздуха в течение весенне-летнего сезона, увеличение суммы выпавших осадков в мае и снижение ее в другие месяцы вегетации указывают на изменение климатических условий региона.

Статистический анализ данных определил негативное влияние повышения среднемесячной температуры воздуха на урожайность ячменя в годы исследований ($r = -0,021 \dots -0,372$), которое в большей степени проявлялось в июне и в июле месяце ($r = -0,318 \dots -0,367$). При положительном отклонении температуры от нормы высокие значения прямой сопряженности между урожаем и показателями влагообеспеченности, особенно в критические периоды роста и развития, в июне и июле месяце ($r = 0,472 \dots 0,572$), отражают растущую потребность растений ячменя во влаге.

Наблюдаемый в условиях Московской области положительный тренд урожайности при

ежегодном использовании одинаковой агротехники обусловлен повышением адаптивного потенциала новых сортов и линий селекции ФИЦ «Немчиновка».

Одним из экономически целесообразных путей преодоления ожидаемого снижения урожайности ячменя в условиях глобального изменения климата является создание высокоадаптированных к местным условиям сортов ярового ячменя, позволяющих в различных условиях роста и развития, значительно увеличивать реализацию биологического потенциала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курылева А.Г. Адаптивная реакция сортов ячменя при экологическом испытании в условиях Удмуртской республики // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 67. № 6. С. 52-57. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57
2. Максимов Р.А., Шадрин Е.А. Реакция нового сорта ячменя Памяти Чепелева на тип почвы и удобрения в условиях Среднего Урала // АПК России. 2016. № 5. С. 939-944.
3. Байкалова Л.П., Серебрянников Ю.И. Роль сорта в повышении урожайности ячменя в условиях лесостепи Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2016. № 7. С. 167-172.
4. Клочкин А.В., Соломко О.Б., Клочкин О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 101-105.
5. Алабушев А.В., Янковский Н.Г., Овсянникова Г.В., Попов А.С., Сухарев А.А. Анализ погодных условий в Южной зоне Ростовской области за 1930-2015 годы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 1. С. 23-27.
6. Радцевич Г.А., Черемисинов А.А., Черемисинов А.Ю. Исследование тенденций изменения климата на Европейской части Российской Федерации за длительный период // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (55). С. 30-40. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.4.30
7. Павлова В.Н., Каланка П., Карачёнова А.А. Продуктивность зерновых культур на территории Европейской России при изменении климата за последние десятилетия // Метеорология и гидрология. 2020. № 1. С. 78-94.

8. Обзор российского рынка ячменя. Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр». URL: <http://www.ab-centre.ru> (дата обращения 21.01.2021)
9. Николаев П.Н., Васюкевич С.В., Юсова О.А., Анисков Н.И. Оценка адаптивности сортов ячменя селекции «Омского АНЦ» // Материалы международной конференции «Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири», Красноярск, 23-26 июля, 2019. С. 239-243.
10. Неверов А.А. Влияние погодно-климатических условий на формирование урожая ячменя в центральной зоне Оренбургской области (цикл статей по теме «Исследования методами нейросетевого анализа влияния региональных изменений климата на продуктивность агрофитоценозов») // Вестник мясного скотоводства. 2015. N 2 (90). С. 14-118.
11. Глуховцев В.В., Санина Н.В. Эффективность листовых подкормок в аридных условиях Среднего Поволжья при возделывании ярового ячменя // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. N 4 (60). С. 40-42.
12. Pecio A., Wach D. Grain yield and yield components of spring barley genotypes as the indicators of their tolerance to temporal drought stress // Polish Journal of Agronomy. 2015. Iss. 21. P. 19-27.
13. Пакуль В.Н. Селекция ярового ячменя в условиях рискованного земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2009. N 9. С. 11-13.
14. Samarah N.H. Effects of drought stress on growth and yield of barley // Agron. Sustain. Dev. 2005. V. 25. N 1. P. 145-149. DOI: 10.1051/agro:2004064
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва, 2012. 352 с.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кириловской. Москва, 2019. 194 с.
17. Radzka E., Rymuza K., Lenartowicz T. Analysis of hydrothermal conditions and their impact on early potato yield // J. of Ecological Engineering. 2015. V. 16. N 2. P. 120-124.
18. Наумов В.А., Ахмедова Н.Р. Гидротермические условия Калининградской области // Вестник РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. N 4. С. 465-479.
19. Бишарев А.А., Шевченко Е.Н., Мадякин Е.В., Калякулина И.А., Дюльдина М.А., Дворцова Т.В. Влияние агрометеорологических условий на урожай ячменя в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. N 2(4). С. 667-670.
20. forest-steppe of the Krasnoyarsk Territory. Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasGAU]. 2016, no. 7, pp. 167-172. (In Russian)
21. Klochkov A.V., Solomko O.B., Klochkova O.S. Influence of weather conditions on the yield of agricultural crops. Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy]. 2019, no. 2, pp. 101-105. (In Russian)
22. Alabushev A.V., Yankovsky N.G., Ovsyannikova G.V., Popov A.S., Sukharev A.A. Analysis of weather conditions in the Southern zone of the Rostov region for 1930-2015. Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki [Bulletin of the Russian Agricultural Science]. 2017, no. 1, pp. 23-27. (In Russian)
23. Radtsevich G.A., Cheremisinov A.A., Cheremisinov A.Yu. Research of climate change trends in the European part of the Russian Federation for a long period. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*, 2017, no. 4 (55), pp. 30-40. (In Russian) DOI: 10.17238/issn2071-2243.2017.4.30
24. Pavlova V.N., Kalanka P., Karachenkova A.A. Productivity of grain crops on the territory of European Russia under climate change in recent decades. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. 2020, no. 1, pp. 78-94. (In Russian)
25. *Obzor rossiiskogo rynka yachmenya. Ekspertno-analiticheskii tsentr agrobiznesa «AB-Tsentr»* [Overview of the Russian barley market. Agribusiness Expert and Analytical Center "AB-Center"]. Available at: <http://www.ab-centre.ru> (accessed 21.01.2021)
26. Nikolaev P.N., Vasyukevich S.V., Yusova O.A., Aniskov N.I. Otsenka adaptivnosti sortov yachmenya seleksii «Omskogo ANT» [Assessment of adaptability of barley varieties of selection "Omsk ANC"]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Optimizatsiya selektsionnogo protsessa – faktor stabilizatsii i rosta produktsii rasteniyevodstva Sibiri», Krasnoyarsk, 23-26 iyulya 2019* [Materials of the international conference "Optimization of the breeding process – a factor of stabilization and growth of Siberian crop production", Krasnoyarsk, 23-26 July 2019]. Krasnoyarsk, 2019, pp. 239-243. (In Russian)
27. Neverov A.A. Influence of weather and climatic conditions on the formation of the barley crop in the central zone of the Orenburg region (a series of articles on the topic "Research by methods of neural network analysis of the influence of regional climate changes on the productivity of agrophytocenoses"). *Vestnik myasnogo skotovodstva* [Bulletin of beef cattle breeding]. 2015, no. 2 (90), pp. 14-118. (In Russian)
28. Glukhovtsev V.V., Sanina N.V. Efficiency of leaf feeding in arid conditions of the Middle Volga region in the cultivation of spring barley. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]. 2016, no. 4 (60), pp. 40-42. (In Russian)
29. Pecio A., Wach D. Grain yield and yield components of spring barley genotypes as the indicators of their tolerance to temporary dropped stress. *Polish Journal of Agronomy*, 2015, iss. 21, pp. 19-27.
30. Pakul V.N. Selection of spring barley in the conditions of risky agriculture. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agroindustrial complex]. 2009, no. 9, pp. 11-13. (In Russian)
31. Samarah N.H. Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agron. Sustain. Dev.* 2005, vol. 25, no. 1, pp. 145-149. DOI: 10.1051/agro:2004064
32. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of

REFERENCES

1. Kuryleva A. G. Adaptive reaction of barley varieties under ecological testing in the conditions of the Udmurt Republic. *Agrarian Science of the Euro-North-East*, 2018, vol. 67, no. 6, pp. 52-57. (In Russian) DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57
2. Maksimov R.A., Shadrina E.A. Reaction of a new variety of barley in memory of Chepelev to the type of soil and fertilizers in the conditions of the Middle Urals. *APK Rossii* [Agro-industrial complex of Russia]. 2016, no. 5, pp. 939-944. (In Russian)
3. Baykalova L.P., Serebryannikov Yu.I. The role of the variety in increasing the yield of barley in the conditions of the

- statistical processing of research results)]. Moscow, 2012, 352 p. (In Russian)
16. Golovachev V.I., Kirilovskaya E.V., eds. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Moscow, 2019, 194 p. (In Russian)
17. Radzka E., Rymuza K., Lenartowicz T. Analysis of hydrothermal conditions and their impact on early potato yield. *J. of Ecological Engineering*, 2015, vol. 16, no. 2, pp. 120-124.
18. Naumov V.A., Akhmedova N.R. Hydrothermal conditions of the Kaliningrad region. *Vestnik RUDN. Seriya Ekologiya i*

- bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [RUDN Bulletin. Ecology and Life Safety series]. 2017, vol. 25, no. 4, pp. 465-479. (In Russian)
19. Bisharev A.A., Shevchenko E.N., Madyakin E.V., Kalyakulina I.A., Dyuldina M.A., Dvortsova T.V. Influence of agrometeorological conditions on barley yield in the Middle Volga region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2018, vol. 20, no. 2(4), pp. 667-670. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Ольга В. Левакова, Любовь М. Ерошенко, Анатолий Н. Ерошенко, Ольга В. Гладышева разработали концепцию статьи, руководили процессом сбора материала, проанализировали данные, написали рукопись. Иван А. Дедушев, Максим М. Ромахин, Николай А. Ерошенко, Михаил А. Болдырев провели обзор литературных источников, собрали материал по урожайности ярового ячменя, рассчитали ГТК_м, провели статистическую обработку материала, подготовили графический и табличный материал статьи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Olga V. Levakova, Lyubov M. Eroshenko, Anatoly N. Eroshenko and Olga V. Gladysheva developed the concept of the article, led the process of collecting material, analysed the data and wrote the manuscript. Ivan A. Dedushev, Maxim M. Romakhin, Nikolay A. Eroshenko, Mikhail A. Boldyrev conducted a review of literature sources, collected material on the yield of spring barley, calculated GTC_m, conducted statistical processing of the material and prepared graphic and tabular material of the article. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Ольга В. Левакова / Olga V. Levakova <http://orcid.org/0000-0002-5400-669X>
Иван А. Дедушев / Ivan A. Dedushev <https://orcid.org/0000-0002-5059-9299>
Любовь М. Ерошенко / Lyubov M. Eroshenko <https://orcid.org/0000-0002-8513-6665>
Максим М. Ромахин / Maxim M. Romakhin <https://orcid.org/0000-0001-5691-1020>
Анатолий Н. Ерошенко / Anatoly N. Eroshenko <https://orcid.org/0000-0003-1468-4207>
Николай А. Ерошенко / Nikolay A. Eroshenko <https://orcid.org/0000-0002-6971-957X>
Михаил А. Болдырев / Mikhail A. Boldyrev <https://orcid.org/0000-0002-7421-0321>
Ольга В. Гладышева / Olga V. Gladysheva <https://orcid.org/0000-0001-9030-0055>