

Воздействие абиотических и ключевых факторов среды на урожайность ячменя

Дмитрий Владимирович Митрофанов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», г. Оренбург, Россия
e-mail: dvm.80@mail.ru

Аннотация. Цель исследования заключается в определении влияния агрометеорологических факторов (температура, осадки, суховеи), почвенной влаги, агрофона питания и предшественника на урожайность ячменя в севооборотах и бессменном посеве. Исследования проводятся с 2017 по 2022 г. на чернозёмах южных в центральной зоне Оренбургской области. Схема опыта состоит из шести вариантов выращивания ячменя на удобренном и естественном агрофоне стационарного опытного участка по многопольям и монокультурам, заложенного в 1990 г. В опытах применяются следующие способы исследования: полевой, термостатно-весовой метод и дисперсионный анализ. В результате наблюдений, температура воздуха за период вегетации ячменя составляет 20,7 °С, выпавших атмосферных осадков – 111–112 мм, суховейных дней – 68. Гидротермический коэффициент равен 0,5 ед., что характеризует вегетационный период как средне засушливый. Уровень весенней влаги в метровом слое почвы составляет по всем вариантам опыта от 97,0 до 123,8 мм. Во втором варианте эксперимента наблюдается рост урожайности ячменя в последствии проса и на удобренном агрофоне, составляет 1,65 т, на естественном – 1,51 т/га. Урожайность ячменя остальных вариантов находится в пределах от 1,26 до 1,61 т/га. Наблюдается по всем вариантам посева ячменя прибавка зерна от минеральных удобрений на 0,03–0,27 т. Установлено наилучшее воздействие атмосферных осадков, весенних запасов почвенной влаги, предшественников, минеральных удобрений на урожайность ячменя в последствии проса, гороха и твёрдой пшеницы в севооборотах. Выявлены причины снижения урожайности бессменного посева ячменя. Результаты исследования имеют важнейшее значение в развитии сельского хозяйства и производства фуражного зерна в степной зоне Южного Урала.

Ключевые слова: ячмень; температура воздуха; осадки; суховейные дни; гидротермический коэффициент; почвенная влага; урожайность.

Для цитирования: Митрофанов Д. В. Воздействие абиотических и ключевых факторов среды на урожайность ячменя // Аграрный научный журнал. 2023. № 9. С. 15–21. [http: 10.28983/asj.y2023i9pp15-21](http://10.28983/asj.y2023i9pp15-21).

AGRONOMY

Original article

The impact of abiotic and key environmental factors on barley yield

Dmitry V. Mitrofanov

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia
e-mail: dvm.80@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to determine the influence of agrometeorological factors (temperature, precipitation, dry weather), soil moisture, agrofon nutrition and precursor on the yield of barley in crop rotations and permanent sowing. The research is carried out from 2017 to 2022 on southern chernozems in the central zone of the Orenburg region. The scheme of the experiment consists of six options for growing barley on a fertilized and natural agrofone of a stationary experimental site for multi-fields and monocultures, laid down in 1990. The following methods of research are used in the experiments: field, thermostatic-weight method and dispersion analysis. As a result of observations, the air temperature during the growing season of barley is 20.7 °C, precipitation – 111–112 mm, dry days – 68. The hydrothermal coefficient is 0.5 units, which characterizes the growing season as medium dry. The level of spring soil moisture in the meter layer of soil is from 97.0 to 123.8 mm in all variants of the experiment. In the second variant of the experiment, an increase in the yield of barley is observed in the aftereffect of millet and on the fertilized agrophone is 1.65 t, on the natural one – 1.51 t / ha. The yield of barley of the other variants is in the range from 1.26 to 1.61 t/ha. There is an increase in grain from mineral fertilizers by 0.03–0.27 tons for all variants of sowing barley. The best effect of atmospheric precipitation, spring reserves of soil moisture, precursors, mineral fertilizers on the yield of barley in the aftereffect of millet, peas and durum wheat in crop rotations has been established. The reasons for the decrease in the yield of permanent sowing of barley have been identified. The results of the study are of crucial importance in the development of agriculture and the production of feed grain in the steppe zone of the Southern Urals.



Keywords: barley; air temperature; precipitation; dry days; hydrothermal coefficient; soil moisture; yield.

For citation: Mitrofanov D. V. The impact of abiotic and key environmental factors on barley yield. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(9):15–21. (In Russ.). <http://10.28983/asj.y2023i9pp15-21>.

Введение. Оренбургская область по разнообразию климатических факторов опережает другие степные регионы Российской Федерации. Многообразие агрометеорологических условий и их неустойчивость в большей степени затрудняют подбор полевых культур для возделывания в севообороте и получения стабильной продуктивности [1].

Ячмень является устойчивым к изменениям погодных условий вегетационного периода. Несмотря на повышение температуры воздуха и дефицит выпавших осадков, ячмень формирует урожайность в диапазоне по пяти ротациям севооборотов от 1,21 до 2,49 т/га [4]. На протяжении четырёх ротаций севооборотов происходит снижение урожайности ячменя от 2,92 до 1,01 т/га. Основной причиной этого процесса является влияние погодных условий. Возделывание ячменя в различных севооборотах на питательном удобренном фоне приводит к увеличению урожайности [7]. Повышение продуктивности ячменя на удобренном фоне зависит от весенних запасов продуктивной влаги. В результате последствий проса и гороха в севооборотах наблюдается рост урожайности ячменя после применения минеральных удобрений с дозой $N_{40}P_{80}K_{40}$ действующего вещества на 1 га [5].

Основной проблемой в мировом земледелии является выбор наилучшего предшественника и удобрения на определённых территориях, который позволит получить высокую урожайность ячменя [10]. Проблемой повышения урожайности ячменя и созданием новых продуктивных сортов в различных почвенно-климатических условиях занимаются многие исследователи [2, 3, 6, 8, 9].

На основании этого проведены впервые исследования по урожайности ячменя в зависимости от абиотических (осадки, температура и влажность воздуха) и ключевых факторов среды (влажность почвы, агрофон, предшественник) в засушливых условиях Оренбургской области.

Цель работы заключается в выявлении влияния погодных условий, почвенной влаги, питательного агрофона с минеральными удобрениями и без их применения, предшествующих культур на урожайность ячменя в севооборотах и при бессменном возделывании. Задачи научно-исследовательской работы: а) анализировать полученные данные по агрометеорологическим факторам и их влияние на урожайность ячменя; б) установить весенние запасы продуктивной влаги и их воздействие на выращивание ячменя; в) определить урожайность ячменя в зависимости от абиотических и ключевых факторов среды.

Методика исследований. Исследования выполнены на базе экспериментального участка по многопольям и монокультурам Федерального научного центра биологических систем и агротехнологии Российской академии наук, заложенного в 1990 году в центральной зоне Оренбургской области. Наблюдения проведены с 2017 по 2022 г. по урожайности ячменя в севооборотах и бессменном посеве. Ячмень занимает последнее поле в севооборотах. Посевы ячменя расположены в трёхпольных, двухпольном севооборотах и бессменно: кукуруза на силос – мягкая пшеница – ячмень; просо – мягкая пшеница – ячмень; сорго на силос – мягкая пшеница – ячмень; горох – мягкая пшеница – ячмень; твёрдая пшеница – ячмень; бессменный посев ячменя. Многолетний экспериментальный участок находится по координатам 51°46'31.1"N, 55°18'42.6"E. На данной территории отмечается резко континентальный климат.

Почва и посевы ячменя являются объектами исследований. На опытном поле почва характеризуется как среднемощный карбонатный суглинистый южный чернозём. Диапазон содержания гумуса в пахотном слое почвы 0–30 см составляет от 3,0 до 4,2 %, органического азота – 0,18–0,35 % и фосфора – 0,10–0,25 %, солей азотной кислоты (нитраты) – 8,0–18,0 мг, фосфатов (подвижный фосфор) – 1,8–2,8 мг и поглощенного (обменного) калия – 32–39 мг/100 г. В почве pH переходит от нейтральной к щелочной, и водная вытяжка находится в пределах 7,0–8,0. Влажность почвы снижается по мере продвижения в нижний почвенный горизонт. Фракционный состав органического вещества (гумус) в почве определяется по методу И.В. Тюрина. Количество органического (общего) азота находится по методу Йохана Кьельдаля. Определяется валовое содержание фосфора в почве методом К.Е. Гинзбурга. Содержание нитратов в почве устанавли-





ливается ионометрическим методом. Количество подвижного фосфора в почве определяется методом Мачигина. Обменный калий извлекается из почвы и находится количественный состав с помощью метода Масловой.

В работе изучаются следующие методы исследований: полевой, термостатно-весовой и дисперсионный анализ. Применяется полевой метод исследования по методике и рекомендации Б.А. Доспехова. Схема опытного участка состоит из следующих вариантов выращивания ячменя: 1) посев по мягкой пшенице в последствии кукурузы на силос (контроль); 2) посев по мягкой пшенице в последствии проса; 3) посев по мягкой пшенице в последствии сорго на силос; 4) посев по мягкой пшенице в последствии гороха; 5) посев по твёрдой пшенице; 6) бессменный посев.

В посевах ячменя не применяются пестициды. Полевые опыты закладываются в четырёхкратной повторности на территории и в шестикратной во времени. Делянки разделены на две части. Первая часть состоит из питательного агрофона с минеральными удобрениями длиной 30 м. Вторая часть складывается из естественного агрофона без применения минеральных удобрений длиной 60 м. Делянки имеют следующий размер 14,4 м и 7,2 м на 30 м ($S^2 = 432$ и 216 м^2) и 60 м ($S^2 = 864$ и 432 м^2). Общий размер делянки в трехпольном севообороте составляет $14,4 \text{ м} \times 90 \text{ м}$ ($S^2 = 1296 \text{ м}^2$), в двухпольном и бессменном посеве – $7,2 \text{ м} \times 90 \text{ м}$ ($S^2 = 648 \text{ м}^2$). Общая площадь посева составляет 2,6 га. В связи с исследованиями агрохимического отдела на экспериментальном участке установлена рекомендуемая оптимальная доза внесения минеральных удобрений. Ежегодно в осенний период на первой части делянки под основную обработку почвы (вспашка) вносятся комплексные минеральные удобрения (аммофоска) в нормативной дозе $N_{40}P_{80}K_{40}$ действующего вещества на 1 га. Во второй части делянки не применяются удобрения. В первой декаде мая высевается ячмень (сорт Анна) с рекомендуемой нормой 3,7 млн шт. всхожих семян на 1 га, или 175 кг/га. В 2022 г. посев проходил в третьей декаде мая. Учетная площадь делянки ячменя составляет 180 м^2 , из них 60 м^2 на удобренном агрофоне и естественном – 120 м^2 . Во второй половине августа проведена уборка селекционным комбайном с оставлением мульчи на поле. Агротехника и агротехнология выращивания ячменя применяется по общепринятым методикам и рекомендациям для центральной зоны Оренбуржья.

Данные по агрометеорологическим условиям стационарного опытного поля получены от Оренбургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. За период вегетации ячменя (май – август) количество выпавших атмосферных осадков измеряется с помощью полевого осадкомера. Влажность почвы определяется по термостатно-весовому методу С.А. Воробьева. В полевых условиях почва берется пробоотборниками после посева ячменя в метровом слое (0–100 см) на первой и третьей повторности полевого опыта. Бурение почвы по 10 см проходит в трех скважинах на каждой делянке ячменя. В лабораторных условиях высушивают почву и определяют влажность в процентах. Рассчитывают содержание почвенной влаги в мм. Урожайность определяется по принятой методике, приводя к 14 % влажности и 100 % чистоте зерна. Дисперсионный анализ полученных данных проводят с помощью компьютерной программы А.В. Самойлова. Полевые и лабораторные наблюдения, отборы почвенных образцов, расчеты, учеты и анализы проведены по специальным методикам, рекомендациям и программам.

Результаты исследований. Исследования погодных условий на территории экспериментального участка показывают существенные изменения абиотических факторов среды. За период вегетации ячменя 2017 г. (май – август) отмечаются выпавшие осадки 110 мм ниже полевых 115 мм, что составляет 71 и 74 % от средней нормы 155 мм (табл. 1). Температура воздуха наблюдается почти оптимальной $19,6^\circ\text{C}$ при норме $19,2^\circ\text{C}$, число дней с влажностью воздуха ниже 30 % (суховеи) составляет 44 и ниже на 12 среднемноголетнего показателя 56. Гидротермический коэффициент увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК) равен 0,5 ед., что показывает средне засушливый вегетационный период. В 2018 г. атмосферные осадки 79 мм, что меньше, чем по осадкомеру (96 мм), и составляют 51 и 62 % от среднемноголетней нормы. Температура воздуха просматривается около $20,4^\circ\text{C}$ и выше по сравнению со средней нормой на $1,2^\circ\text{C}$ при 41 сухой день. Показатель ГТК составляет 0,4 ед. и в результате характеризует период как сильно засушливый.

Показатели абиотических факторов среды за период вегетации ячменя (2017–2022 гг.)

Временной период (год)	Показатели за май – август			
	температура воздуха, °С	атмосферные осадки, мм	гидротермический коэффициент, ед.	дни с влажностью воздуха ниже 30 %
2017	19,6	110/115*	0,5	44
2018	20,4	79/96	0,4	41
2019	20,1	168/137	0,7	82
2020	20,9	70/89	0,3	79
2021	23,3	65/43	0,1	113
2022	19,7	182/183	0,8	46
Среднее	20,7	112/111	0,5	68
Средняя норма	19,2	155	0,7	56

* перед чертой – выпавшие осадки по данным Оренбургского ЦГМС, после черты – осадки полевого осадкомера.

В 2019 г. выпавшие осадки 168 мм выше полевых на 31 мм, что на 13 мм больше среднелетнего показателя при температуре воздуха 20,1 °С, и 82 суховейных дня. При показании гидротермического коэффициента 0,7 ед. период вегетации характеризуется как недостаточно влажный. В 2020 г. количество выпавших осадков около 70 мм, что ниже на 19 мм полевого осадкомера, или на 55 % меньше средней нормы. Температура воздуха около 20,9 °С, что выше нормы на 1,7 °С, при 79 днях с влажностью воздуха ниже 30 %. На основании ГТК, который равен 0,3 ед. наблюдается сильно засушливый вегетационный период.

В 2021 г. отмечается наименьшее количество выпавших осадков – 65 и 43 мм, которые ниже среднелетнего показателя на 90 и 112 мм при повышенной температуре воздуха 23,3 °С и 115 суховейных дня. Выявлен самый сильно засушливый период вегетации ячменя на основании гидротермического коэффициента, который равен 0,1 ед. В 2022 г. наблюдается наибольшее количество выпавших осадков 182 и 183 мм, что на 27 и 28 мм, или на 17,4 и 18,1 % выше средней нормы. Температура воздуха доходит почти до оптимальной 19,7 °С по сравнению с нормой и выше всего на 0,5 °С при 46 днях с влажностью воздуха ниже 30 %. Показатель гидротермического коэффициента 0,8 ед. характеризует период вегетации ячменя как влажный.

Изменение почвенной влаги под посевами ячменя происходит в результате временного периода исследований, действия и последствий предшественника. В 2017 г. отмечается наибольшее содержание влаги в метровом слое почвы по вариантам опыта, особенно после твердой пшеницы при средnezасушливом вегетационном периоде (ГТК = 0,5), диапазон составляет от 128,2 до 157,1 мм (табл. 2).

В 2021 г. наблюдается наименьшее количество почвенной влаги в шестом, третьем и втором вариантах опыта в последствии ячменя, сорго на силос, проса, составляя 39,2, 72,4 и 75,1 мм. В 2022 г. отмечается максимальная почвенная влага на делянках ячменя после мягкой пшеницы по гороху – 157,4 мм. В среднем за годы исследований происходит такая же закономерность по содержанию почвенной влаги, уровень по всем вариантам опыта составляет от 107,4 до 123,8 мм.

В результате исследований установлено, что самая низкая урожайность ячменя наблюдается в 2018 и 2021 гг. по изучаемым вариантам эксперимента. В 2018 г. уровень урожайности на удобренном агрофоне составляет от 0,32 до 0,54 т, на естественном – 0,44–0,55 т/га (табл. 3).

В 2021 г. урожайность ячменя составляла 0,01–0,29 т/га на агрофоне с минеральными удобрениями и 0,15–0,40 т/га без их применения. В 2018 г. снижение урожайности ячменя связано с выпавшими осадками и температурой воздуха в течение вегетационного периода, которые находятся ниже среднелетней нормы. В 2021 г. отмечается снижение урожайности ячменя из-за сильного засушливого периода вегетации и низких весенних запасов почвенной влаги



Содержание весенней влаги в метровом слое почвы под посевами ячменя в зависимости от предшественника и временного периода, мм

Вариант эксперимента, предшественник	Временной период (год)						Среднее
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
I, мягкая пшеница по кукурузе	139,9	108,4	102,1	129,3	92,1	125,4	116,2
II, мягкая пшеница по просу	128,2	125,7	102,9	97,1	75,1	115,3	107,4
III, мягкая пшеница по сорго	135,4	105,4	100,5	125,4	72,4	110,5	108,3
IV, мягкая пшеница по гороху	155,2	119,6	109,6	111,3	90,0	157,4	123,8
V, твёрдая пшеница	157,1	135,9	97,8	115,0	86,9	80,6	112,2
VI, ячмень (бессменный посев)	141,6	107,8	102,1	90,5	39,2	100,6	97,0
НСР ₀₅	1,2	1,3	0,4	1,6	2,1	2,7	–

Таблица 3

Урожайность ячменя в зависимости от агрофона питания и предшествующих культур в севооборотах и бессменном посеве, т/га

Вариант эксперимента, предшественник	Временной период						Среднее
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
I, мягкая пшеница по кукурузе	<u>3,17*</u> 2,65	<u>0,34</u> 0,50	<u>1,42</u> 1,27	<u>1,43</u> 1,19	<u>0,25</u> 0,32	<u>1,90</u> 2,35	<u>1,42</u> 1,38
II, мягкая пшеница по просу	<u>3,25</u> 2,79	<u>0,32</u> 0,52	<u>1,69</u> 1,20	<u>1,62</u> 1,26	<u>0,28</u> 0,36	<u>2,75</u> 2,91	<u>1,65</u> 1,51
III, мягкая пшеница по сорго	<u>3,02</u> 2,61	<u>0,33</u> 0,54	<u>1,32</u> 1,20	<u>1,56</u> 1,22	<u>0,12</u> 0,24	<u>1,80</u> 2,15	<u>1,36</u> 1,33
IV, мягкая пшеница по гороху	<u>3,10</u> 2,65	<u>0,40</u> 0,44	<u>1,67</u> 1,15	<u>1,25</u> 1,20	<u>0,10</u> 0,21	<u>2,70</u> 2,84	<u>1,54</u> 1,41
V, твёрдая пшеница	<u>3,16</u> 2,54	<u>0,54</u> 0,55	<u>1,56</u> 1,11	<u>1,30</u> 0,83	<u>0,29</u> 0,40	<u>2,84</u> 2,93	<u>1,61</u> 1,39
VI, ячмень	<u>2,85</u> 2,48	<u>0,37</u> 0,44	<u>1,45</u> 0,80	<u>1,23</u> 0,93	<u>0,01</u> 0,15	<u>2,20</u> 2,74	<u>1,35</u> 1,26
НСР ₀₅ **	A	0,09					
	B	0,16					
	AB	0,16					

* Над чертой – питательный агрофон с удобрениями, под чертой – естественный агрофон; ** НСР₀₅ двухфакторного опыта: А – аммофоска, В – предшествующая культура, АВ – взаимодействие удобрения и предшественника.

по всем предшествующим культурам, особенно в бессменном посеве. Наибольшая урожайность ячменя просматривается в 2017 и 2022 гг. в зависимости от агрофона питания, предшественника в севооборотах и бессменном посеве. В 2017 г. по всем вариантам опыта на удобренном агрофоне урожайность варьирует от 2,85 до 3,25 т, на естественном – от 2,48 до 2,79 т/га. В 2022 г. урожайность ячменя изменяется от 1,80 до 2,84 т на агрофоне с удобрениями и от 2,15 до 2,93 т/га без них. В 2017 г. повышение урожая происходит за счёт наибольшей весенней влажности в метровом слое почвы. В 2022 г. рост урожайности происходит благодаря влажному периоду вегетации ячменя и запасам почвенной влаги. В 2019 и 2020 гг. наблюдается определенный уровень урожайности, составляя на удобренном агрофоне от 1,23 до 1,69 т, на естественном – 0,80–1,27 т/га.





В эти годы формирование урожайности ячменя связано с содержанием весенней влаги в метровом слое почвы и сложившимися агрометеорологическими условиями вегетационного периода. Внесение комплексных минеральных удобрений по всем изучаемым вариантам эксперимента приводит к повышению урожайности ячменя, кроме 2018, 2021 и 2022 гг. Во временные периоды (2017, 2019, 2020 гг.) прибавка зерна ячменя от минеральных удобрений составляет 0,05–0,65 т. Наибольшая прибавка зерна 0,65 т отмечается в 2019 г. на бессменном посеве ячменя. В 2018 и 2021 гг. отсутствует прибавка зерна от удобрений вследствие засухи в вегетационном периоде. В 2022 г. по причине большого количества выпавших осадков в мае проводится поздний срок посева ячменя, что приводит к неэффективности минеральных удобрений. В среднем за годы эксперимента наблюдается определённый уровень урожайности ячменя в зависимости от действия и последствий предшественника и на удобренном агрофоне составляет от 1,36 до 1,65 т, на естественном – 1,26–1,51 т/га.

Для увеличения выхода фуражного зерна рекомендуем сельскохозяйственному производству возделывать ячмень по мягкой пшенице в трехпольных севооборотах с просом, горохом и в двухпольном с твёрдой пшеницей на удобренном агрофоне.

Заключение. В результате исследований установлен средnezасушливый период вегетации (ГТК = 0,5), который приводит к изменению урожайности ячменя на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья. В основном рост урожая по изучаемым предшественникам зависит от выпавших осадков на территории опытного участка за период вегетации, который составляет 111–112 мм. Повышенная температура (20,7 °С) и 68 дней с влажностью воздуха ниже 30 % (суховеи) способствуют снижению урожайности по всем вариантам опыта. Благоприятными предшественниками для ячменя являются мягкая пшеница в последствии проса, гороха и твёрдая пшеница. Во втором варианте опыта выявлено повышение урожая ячменя до 1,65 т/га после применения минеральных удобрений за счёт выпавших осадков, весенних запасов почвенной влаги и последствий предшественника проса. В четвёртом варианте эксперимента полученная урожайность 1,54 т/га на удобренном агрофоне в основном формируется благодаря наилучшим весенним запасам почвенной влаги 123,8 мм. В пятом варианте опыта вследствие сложившихся погодных условий, влажности почвы и прибавки зерна от удобрений на 0,22 т наблюдается увеличение урожая до 1,61 т/га. Несмотря на наилучшую прибавку зерна от удобрений на 0,27 т, в бессменном посеве ячменя отмечается урожайность 1,35 т, на естественном агрофоне – 1,26 т/га. Такое положение в основном связано с влиянием повышенной температуры воздуха, большого количества суховейных дней и наименьшей почвенной влаги 97 мм. Снижение урожайности ячменя по всем предшественникам наблюдается на естественном агрофоне за счет влияния засушливых агрометеорологических условий вегетационного периода.

Исследования выполнены в соответствии с планом научно-исследовательской работы на 2022–2024 гг. Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (FNWZ-2022-0014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубачинская Н.Н., Тишков Н.И., Тишков Д.Н., Косилов А.В. Влияние агроэкологических факторов на продуктивность сортов зерновых яровых культур и эффективность их использования в семеноводстве степной зоны Предуралья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 84. С. 147–153.
2. Лазарев В.И., Минченко Ж.Н., Дериглазова Г.М., Гаврилова Т.В. Эффективность возделывания яровых зерновых культур в различных видах полевых севооборотов в почвенно-климатических условиях Курской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 5(377). С. 17–20.
3. Левакова О.В., Ерошенко Л.М., Ерошенко А.Н., Ромахин М.М., Ерошенко Н.А., Дедушев И.А., Болдырев М.А. Оценка зерновой продуктивности и адаптивности отечественных и зарубежных сортов ярового ячменя в условиях Нечернозёмной зоны РФ // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 30–33.
4. Максютлов Н.А., Зоров А.А., Скороходов В.Ю., Митрофанов Д.В. Влияние погодных условий на урожайность полевых культур в степной зоне Оренбуржья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Т. 5. № 4. С. 8–17.



5. Митрофанов Д.В. Влияние ключевых факторов и почвенных процессов на продуктивность ячменя в севооборотах на чернозёмах Предуралья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №1(57). С. 46–53.

6. Наумова Н.А. Особенности формирования зерновой продуктивности и её элементов у сортов ярового ячменя в условиях Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 5. С. 29–34.

7. Скороходов В.Ю. Урожайность ячменя в шестипольных севооборотах на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5(79). С. 93–97.

8. Солодовников А.П., Линьков А.С., Преймак С.А., Фисунов Н.В. Агрофизические, водно-физические факторы и погодные условия, определяющие урожайность зерна ячменя на темно-каштановой почве Заволжья // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 29–32.

9. Borrego-Benjumea A., Carter A., Glenn A.J. and Badea A. Impact of excess moisture due to precipitation on barley grain yield in the Canadian Prairies // Can. J. of Plant Sci. 2018. No. 99. P. 93–96.

10. Tadesse K., Habte D., Admasu W., Admasu A., Abdulkadir B., Tadesse A., Mekonnen A. and Debebe A. Effects of preceding crops and nitrogen fertilizer on the productivity and quality of malting barley in tropical environment // Heliyon. 2021. Vol. 7. No. 5. P. e07093.

REFERENCES

1. Dubachinskaya N.N., Tishkov N.I., Tishkov D.N., Kosilov A.V. Influence of agroecological factors on the productivity of grain crop varieties and efficiency of their use in seed production of the steppe zone of Preduralye. *Works of the Kuban State Agrarian University*. 2020; (84): 147–153. (In Russ.).

2. Lazarev V.I., Minchenko Zh.N., Deriglazova G.M., Gavrilova T.V. The efficiency of cultivation of spring cereals in variety of field crop rotation in the soil and climatic conditions of the Kursk region. *International Agricultural Journal*. 2020; 5(377): 17–20. (In Russ.).

3. Levakova O.V., Eroshenko L.M., Eroshenko A.N., Romahin M.M., Eroshenko N.A., Dedushev I.A., Boldyrev M.A. Assessment of grain productivity and adaptability of domestic and foreign varieties of spring barley in the non-chernozem zone of the Russian Federation. *Agrarian Scientific Journal*. 2021; (3): 30–33. (In Russ.).

4. Maksyutov N.A., Zorov A.A., Skorokhodov V.Yu., Mitrofanov D.V. The influence of weather conditions on the yield of field crops in the steppe zone of Orenburg region. *Izvestia Samara State Agricultural Academy*. 2020; (4): 8–17. (In Russ.).

5. Mitrofanov D.V. Influence of key factors and soil processes on barley productivity in crop rotations on black soils of the Cis-Ural region. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2022; 1(57): 46–53. (In Russ.).

6. Naumova N.A. Peculiarities of grain productivity formation and its elements in varieties of spring barley collection of vir in conditions of arid climate of astrakhan region. *Agrarian Scientific Journal*. 2021; (5): 29–34. (In Russ.).

7. Skorokhodov V.Yu. The yields of barley grown in six-field crop rotations on southern chernozems of the steppe zone of South Urals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; 5(79): 93–97. (In Russ.).

8. Solodovnikov A.P., Linkov A.S., Preymak S.A., Fisunov N.V. Agrophysical, water and physical factors and weather conditions determining the yield of barley grain on dark chestnut soil of the Trans-Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2022; (8): 29–32. (In Russ.).

9. Borrego-Benjumea A., Carter A., Glenn A.J. and Badea A. Impact of excess moisture due to precipitation on barley grain yield in the Canadian Prairies. *Can. J. of Plant Sci.* 2018; (99): 93–96.

10. Tadesse K., Habte D., Admasu W., Admasu A., Abdulkadir B., Tadesse A., Mekonnen A. and Debebe A. Effects of preceding crops and nitrogen fertilizer on the productivity and quality of malting barley in tropical environment. *Heliyon*. 2021; 7(5): e07093.

Статья поступила в редакцию 24.04.2023; одобрена после рецензирования 15.05.2023; принята к публикации 29.05.2023.

The article was submitted 24.04.2023; approved after reviewing 15.05.2023; accepted for publication 29.05.2023.