

4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья  
УДК633.112.1:636.085.15  
DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2022\_4\_30

**Влияние гидротермических условий на основные показатели  
качества зерна пшеницы при выращивании на территориях  
вододефицитных регионов России**

Татьяна Николаевна Васильева<sup>1✉</sup>, Екатерина Михайловна Мозгунова<sup>2</sup>,  
Денис Александрович Тюриков<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий  
Российской академии наук, Оренбург, Россия  
<sup>1</sup>vtn1972@mail.ru✉

**Аннотация.** Оренбургская область относится к регионам с недостаточным увлажнением, поэтому на практике сельхозпроизводители отдают предпочтение выращиванию засухоустойчивых культур, например пшеницы (яровой и озимой). Представлены результаты исследований, проведенных с целью выявления влияния гидротермических условий на основные показатели качества зерновых культур при использовании различных способов посева на территориях вододефицитных регионов. Эксперименты проводились в 2018–2020 гг. в соответствии с общепринятыми методиками на базе лаборатории агроэкологии и почвоведения ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, на территории Оренбургского района (Оренбургская область), почвы которого характеризуются непромывным режимом, представлены большей частью черноземами выщелоченными. Метеорологические показатели (суммарные осадки) за период исследований представлены по данным метеостанции г. Оренбурга. В качестве объекта исследования были выбраны образцы пшеницы яровой сорта Омская 36. Применяли два способа посева яровой пшеницы: подзимний и весенний. Содержание влаги, белка и крахмала в зерне яровой пшеницы определяли по общепринятым методикам. Выявлено, что на содержание белка и крахмала в зерне яровой пшеницы существенное влияние оказывают климатические условия (количество выпавших осадков и температурный режим) и агротехнические приемы. Доля крахмала в зерновке при использовании подзимнего и весеннего сева в среднем составляет соответственно  $57,19 \pm 0,38\%$  ( $P < 0,05$ ) и  $46,49 \pm 0,02\%$  ( $P < 0,05$ ), содержание белка –  $4,5 \pm 0,16\%$  ( $P < 0,05$ ) и  $5,13 \pm 0,02\%$  ( $P < 0,05$ ). Как следует из полученных результатов, при использовании подзимнего сева содержание крахмала на 10,76% выше, чем при весеннем способе сева, в то время как содержание белка, наоборот, меньше на 0,65%.

**Ключевые слова:** пшеница яровая, крахмал, белок, влага, агротехнические приемы, гидротермические показатели

**Благодарности:** Исследование проведено в рамках государственного задания, выданного Минобрнауки РФ, на выполнение НИР для ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» № 075-03-2022-401 от 12.01.2022 совместно с сотрудниками Центра коллективного пользования (ЦКП) БСТ РАН (No Росс RU.0001.21 ПФ59, Единый российский реестр центров коллективного пользования – <http://www.ckp-rf.ru/ckp/77384>).

**Для цитирования:** Васильева Т.Н., Мозгунова Е.М., Тюриков Д.А. Влияние гидротермических условий на основные показатели качества зерна пшеницы при выращивании на территориях вододефицитных регионов России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 4(75). С. 30–37. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_4\\_30](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_30)–37.

4.1.1. GENERAL SOIL MANAGEMENT AND CROP SCIENCE  
(AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Influence of hydrothermal conditions on the main indicators of grain quality  
of wheat grown in the territories of water-deficient regions of Russia**

Tatiana N. Vasilieva<sup>1</sup>, Ekaterina M. Mozgunova<sup>2</sup>, Denis A. Tyurikov<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies  
of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia  
<sup>1</sup>vtn1972@mail.ru✉

**Abstract.** Orenburg Oblast belongs to water-deficient regions, therefore in real practice agricultural producers prefer growing drought-resistant crops, such as wheat both spring and winter species. The results of studies conducted to identify the influence of hydrothermal conditions on the main indicators of the quality of grain crops when using various methods of sowing in the territories of water-deficient regions are presented. The experiments were conducted in 2018-2020 in accordance with generally accepted methods on the basis of the Laboratory of Agroecology and Soil Science of Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, in the territory of Orenburg District (Orenburg Oblast), the soils of which are mostly leached chernozems and are characterized by a non-washing regime. Meteorological indicators (total amount of atmospheric precipitation) for the research period are presented according to the data of Orenburg Weather Station. Samples of spring wheat of the Omskaya 36 variety were selected as the object of the study. Two methods of sowing spring wheat were used: underwinter and spring. The moisture content, as well as the content of starch and protein in the kernel of spring wheat were determined according to generally accepted methods. It was revealed that the content of protein and starch in spring wheat grain is significantly influenced by climatic conditions (the amount of precipitation and temperature regime) and agrotechnical practices. The proportion of starch in the kernel when using underwinter and spring sowing averages  $57.19 \pm 0.38\%$  ( $P < 0.05$ ) and  $46.49 \pm 0.02\%$  ( $P < 0.05$ ), respectively, the protein content is  $4.5 \pm 0.16\%$  ( $P < 0.05$ ) and  $5.13 \pm 0.02\%$  ( $P < 0.05$ ). As follows from the results obtained, when using underwinter sowing, the starch content is 10.76% higher as compared with spring sowing method, while the protein content, on the contrary, is 0.65% less.

**Keywords:** spring wheat, starch, protein, moisture, agrotechnical practices, hydro-thermal indicators

**Acknowledgments:** The study was carried out under the R&D State Contract between the Ministry of Science and Higher Education and the Ural State Mining University, Registration No. 075-03-2022-401 of January 12, 2022, and was implemented in cooperation with the Shared Use Center and using the resources of the Federal Research Center for Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences (No. RU.0001.21 PF59, Joint Russian Registry for Shared Use Centers: <http://www.ckp-rf.ru/ckp/77384>).

**For citation:** Vasilieva T.N., Mozgunova E.M., Tyurikov D.A. Influence of hydrothermal conditions on the main indicators of grain quality of wheat grown in the territories of water-deficient regions of Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(4):30-37. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2022\\_4\\_30-37](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_4_30-37).

**В**ведение  
Агропромышленный комплекс Российской Федерации в последние годы демонстрирует уверенный рост, что оказывает непосредственное влияние на устойчивое социально-экономическое развитие страны и продовольственную безопасность. Развитие агропромышленного комплекса обеспечивается в первую очередь на сельских территориях, являющихся ключевым ресурсом России, важность которого стремительно повышается в условиях усиления процессов глобализации при одновременном увеличении значения природных и территориальных ресурсов для развития страны.

За последние семь лет выпуск сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации увеличился на 15%, продуктов питания – более чем на 25%. По основным группам продовольствия внутренний рынок полностью обеспечен продукцией собственного производства, а по отдельным позициям, например по зерну, спрос покрыт с избытком, в связи с чем возник очень хороший экспортный потенциал. По итогам 2020 и 2021 гг. Россия стала нетто-экспортером сельскохозяйственной продукции.

Вместе с тем развитие АПК в современных условиях сопряжено с рисками и угрозами, которые могут существенно снизить производственный потенциал. Наиболее значимыми для сельского хозяйства являются климатические и агроэкологические угрозы, обусловленные неблагоприятными климатическими изменениями и аномальными природными явлениями, увеличением доли деградированных земель, снижением плодородия земель сельскохозяйственного назначения и др.

Соотношение тепла и увлажненности территорий, а также наличие плодородных почв являются решающими факторами повышения урожайности сельскохозяйственных культур [8]. В связи с недостаточной влагообеспеченностью территории Оренбургской области сельхозпроизводители выбирают для выращивания засухоустойчивые культуры, такие как яровая и озимая пшеница.

Пшеница является основной зерновой культурой и важным компонентом питания человека благодаря тому, что ее зерно является богатым источником углеводов и содержит другие ценные компоненты: белки, аминокислоты, минералы, фитохимические вещества и витамины [6].

В течение всего периода вегетации в растениях пшеницы протекают сложные физиологические процессы, на которые оказывают влияние различные факторы, в том числе и влагообеспеченность. Как известно, урожай зерна определяют такие элементы его структуры, как число колосьев на одном растении, число колосков и цветков в одном колосе, налив зерна, от которых в конечном итоге зависит вес и общая урожайность с 1 га [10]. Выявление физиологических механизмов наполнения зерна желательного для повышения урожайности пшеницы [9, 12]. Из-за недостатка влаги снижается содержание не только крахмала, но и белка, которые в комплексе формируют основные качественные характеристики зерна и его пищевую ценность – стекловидность, мучнистость зерен и клейковину [4, 11]. Кроме того, наряду с почвенно-климатическими и агрометеорологическими условиями продуктивность полевых культур зависит от целого комплекса технологических приемов, обеспечивающих нормальную вегетацию растений и, как следствие, формирование урожая [5].

Представлены результаты исследований, проведенных с целью выявления влияния гидротермических условий на основные показатели качества зерновых культур при использовании различных способов посева на территориях вододефицитных регионов России. Также изучалась зависимость основных показателей качества зерна от различных агротехнических приемов (способы посева).

#### **Материалы и методы**

Район исследования – Оренбургская область, относится к регионам с континентальным засушливым климатом, что объясняется значительной удаленностью области от морей и близостью полупустынь Казахстана. Опытные участки располагаются на территории с. Нежинка в Оренбургском районе Оренбургской области России (координаты 51°46'06"E55°21'58"N). Участок исследования относят к эллювиальным на плакорах водораздельных поверхностей со слабым уклоном 1–2°, атмосферным типом увлажнения, глубоким залеганием грунтовых вод.

Среднегодовая температура с 1950 по 2020 г. составляет 12,33 °С со среднегодовым количеством осадков за этот период 347,2 мм.

Почвы Оренбургского района Оренбургской области характеризуются непромывным режимом, представлены большей частью черноземами выщелоченными.

Метеорологические показатели (суммарные осадки) за исследуемый период представлены по данным метеостанции г. Оренбурга (координаты 51°73'93"N55°9'57"E).

Исследования проводились в 2018–2020 гг. в соответствии с общепринятыми методиками [1–3, 7] на базе лаборатории агроэкологии и почвоведения ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.

Применяли два способа посева яровой пшеницы: подзимний и весенний:

- подзимний посев – размещение семян осенью в мерзлую почву (нетрадиционный способ посева семян);

- весенний посев – размещение семян в грунт ранней весной, как только появится возможность обрабатывать почву для посева (традиционный способ посева семян).

Для исследования выбраны образцы яровой пшеницы сорта Омская 36.

В зерне яровой пшеницы определяли:

- содержание белка – титриметрическим методом определения азота по Кьельдалю [1];

- содержание крахмала – титриметрическим методом [2];

- влажность – стандартным гравиметрическим методом [3].

Данные обрабатывались (ANOVA) с помощью программного обеспечения SPSS 19.0 (SPSS, IBM, США). Построенные модели общей линейной зависимости охватывали качественные характеристики зерна пшеницы и абиотические факторы региона. Корреляции Пирсона рассчитаны с помощью SPSS. Усредненные данные сравнивали с использованием теста наименьшей существенной разности ( $P = 0,05$ ).

### **Результаты и их обсуждение**

*Результаты исследования химических показателей зерна яровой пшеницы при разных способах посева*

Основной характерной чертой региона исследования является недостаток влаги. Озимые зерновые используют для роста влагу, полученную в результате выпадения атмосферных осадков, поэтому чувствительны к изменениям ее поступления. В Оренбургском районе Оренбургской области 29% осадков выпадает с июля по сентябрь каждого года, остальное количество осадков приходится на другие месяцы. Такое внутригодовое распределение осадков не всегда удовлетворяет потребность в воде пшеницы во время роста и развития растений, поэтому нехватка воды в летний период является решающим фактором, ограничивающим урожайность пшеницы в районе исследования.

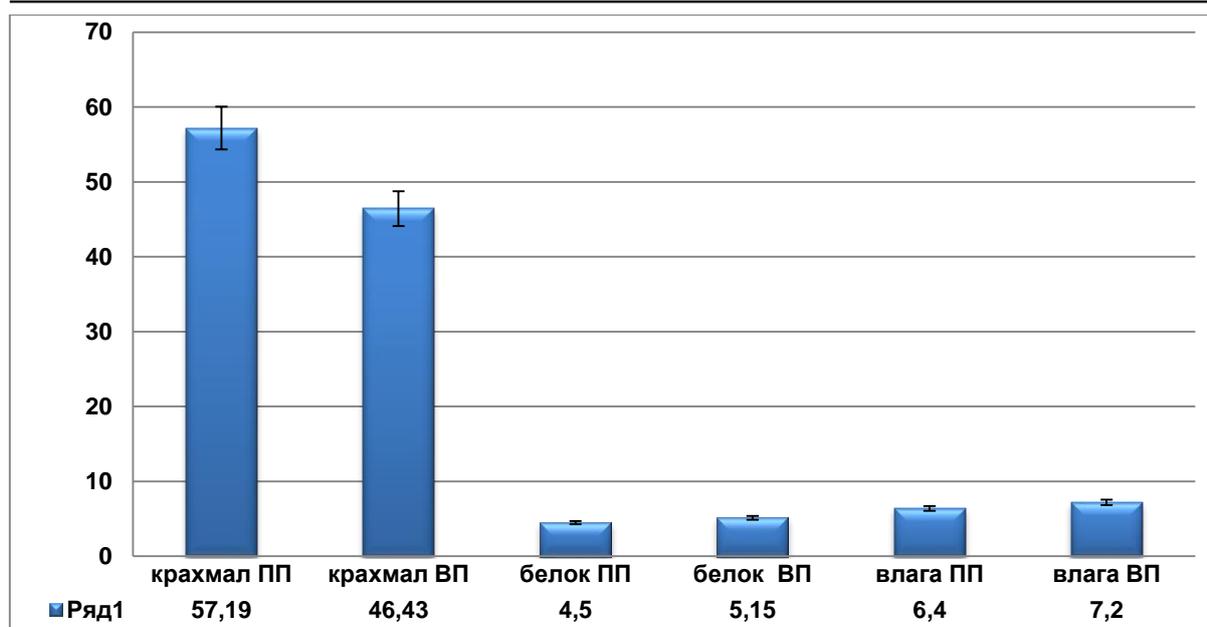
Крахмал является основным компонентом зерна пшеницы, составляя 65–70% от его веса. Проведенный химический анализ продемонстрировал (см. рис.), что такие параметры, как содержание белка, крахмала и влаги в зерне яровой пшеницы отличаются в зависимости от применяемой агротехники. При использовании подзимнего посева на долю крахмала в зерновке приходится в среднем 57,19% ( $P < 0,05$ ), тогда как при весеннем способе сева этот показатель меньше на 10,76%.

Известно, что содержание белка в зерне может достигать 12–13%, что является весомым фактором обеспечения хорошего качества пищевых свойств пшеницы. Гранулированный белок – важная структурная особенность, определяющая усвояемость крахмала, то есть чем больше белка в зерновке, тем лучше усваивается крахмал.

Содержание белка в зерновке яровой пшеницы при использовании нетрадиционного способа посева составляло 4,5% ( $P < 0,05$ ), что на 0,65% меньше показателя в зерне яровой пшеницы при традиционном способе посева.

Влага в зерновке является главным индикатором высыхания зерна, способствует сохранению основных качественных свойств зерна пшеницы. Содержание влаги в зерне яровой пшеницы при использовании нетрадиционного способа посева составляло 6,4% ( $P < 0,05$ ), что на 0,8% меньше показателя в зерне яровой пшеницы при традиционном способе посева.

Таким образом, при использовании в сельскохозяйственной практике нетрадиционного способа посева яровой пшеницы содержание крахмала в зерне было на 10,76% ( $P < 0,05$ ) выше, в то время как содержание сырого протеина в зерне линейно уменьшалось на 0,65% ( $P < 0,01$ ).



Усредненные данные химического состава зерна яровой пшеницы, %:  
 ПП – пшеница подзимнего посева, ВП – пшеница весеннего посева

*Взаимосвязь химических показателей зерна при разных способах посева с климатическими показателями*

Для изучения взаимосвязи между такими параметрами, как природные условия (количество осадков, температурный режим) и качественный состав зерновых культур, использовали параметрический метод математической статистики (как доказательство статистических взаимосвязей между случайными величинами).

Также мы использовали статистические описательные методы, применяемые для наиболее значимых выборок данных, значения которых дают сильную достоверную положительную корреляционную связь.

Статистический анализ выборок показал, что величина средних многолетних значений осадков за сельскохозяйственный год составила 330,46 мм, при этом медиана немного отклонена и составила 346. Общая сумма среднегодовых осадков за 3 года равна 991,4 мм, коэффициент асимметрии – отрицательный – 0,93, ошибка коэффициента асимметрии имеет положительное значение – 1,22.

Статистические показатели средних значений количества осадков за вегетационный период равны 106,36, при этом медиана отклонена и равна 105,1. Общая сумма осадков за вегетационный период в течение трех лет составила 319,1 мм. Коэффициент асимметрии – положительный – 0,57. Стандартная ошибка коэффициента асимметрии имеет положительное значение – 1,22.

Статистические показатели среднегодовых значений температур равны 5,3, при этом медиана отклонена до 4,65. Общая сумма температур за три года составила 17,19 °С. Коэффициент асимметрии – отрицательный – 1,15. Стандартная ошибка коэффициента асимметрии имеет положительное значение – 1,22.

Статистические значения средних минимальных значений температур равны 28 °С, при этом медиана отклонена до 29,1. Общая сумма температур за три года равна 86,4 °С. Коэффициент асимметрии положительный – 1,34. Стандартная ошибка коэффициента асимметрии имеет положительное значение – 1,22. Значения других показателей описательной статистики представлены в таблице 1.

Таблица 1. Стандартные данные описательной статистики

Показатели		Средние значения	Медиана	Сумма	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент асимметрии	Стандартная ошибка
Содержание крахмала в зерне яровой пшеницы	подзимнего сева	57,19 ± 0,71**	57,00	171,58	1,22	0,69	1,22
	весеннего сева	46,49 ± 0,02**	46,49	139,46	0,04	-0,33	0,02
Содержание белка в зерне яровой пшеницы	подзимнего сева	4,5 ± 0,18**	4,33	13,52	0,31	1,73	1,22
	весеннего сева	5,13 ± 0,03**	5,1	15,45	0,05	1,45	1,22
Содержание влаги в зерне яровой пшеницы	подзимнего сева	6,53 ± 0,08**	6,50	19,60	0,15	0,93	1,22
	весеннего сева	7,3 ± 0,13**	7,28	7,2	0,23	1,37	1,22
Абиотические факторы	Количество осадков за вегетационный период	106,36 ± 5,57**	105,10	319,10	9,66	0,57	1,22
	Количество осадков за с.-х. год	330,46 ± 18,52**	348,00	991,40	79,95	-0,93	1,22
	Количество осадков за май-июнь	12,46 ± 3,13**	12,94	37,38	5,42	-0,39	1,22
	Среднегодовая температура	5,73 ± 0,24**	5,85	17,19	0,43	-1,15	1,22
	Сумма температур	68,79 ± 2,96**	70,20	206,38	5,13	-1,13	1,22
	Средняя температура за вегетационный период	20,36 ± 0,46**	20,40	61,10	0,80	-0,18	1,22
	T max, °C	38,73 ± 0,92**	39,40	116,20	1,61	-1,54	1,22
	T min, °C	-28,80 ± 0,51*	-29,10	-86,40	0,88	1,34	1,22

Обозначения: показатель достоверности: \* – P < 0,01; \*\* – P < 0,05.

Таким образом, функции распределения выборок были нормальными. Гипотеза нормальности не отклонена, и среднегодовые данные распределения значений осадков и температур являются нормальными. В данном случае необходимо учитывать континентальный климат региона.

Для изучения взаимосвязи между такими параметрами, как природные условия (количество осадков, температурный режим) и основные показатели качества зерновых культур использовали параметрический метод математической статистики. Для проверки использовали критерий Стьюдента. Результаты представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что на состав зерна яровой пшеницы оказывают влияние абиотические факторы. Например, при увеличении среднегодовой T, °C основные качественные показатели зерна яровой пшеницы при использовании подзимнего посева выше, чем при использовании весеннего посева зерна яровой пшеницы ( $r^2 = -0,99$ ).

Воздействие критических значений T min, °C на формирование крахмала в зерне приостанавливается и имеет достоверную положительную корреляционную связь. Воздействие T max, °C (более 30 °C) препятствует синтезу крахмала и белка в зерновке (табл. 2), поэтому в большинстве случаев можно проследить отрицательную достоверную корреляционную связь.

Таблица 2. Взаимосвязь факторов внешней среды с основными элементами урожая пшеницы подзимнего/весеннего посева ( $r^2$ )

Факторы	Содержание		
	крахмала	белка	влаги
Среднегодовая температура	0,4**/0,98*	0,71*/-0,99**	0,45**/0,85**
T min, °C	0,81**/0,93**	0,97**/-0,81*	0,84**/0,99*
T max, °C	-0,85*/-0,91*	-0,98*/0,76*	-0,88*/-0,99*
Количество осадков за сельскохозяйственный год	0,81**/0,93**	0,2**/-0,8**	0,5**/-0,02
Количество осадков за вегетационный период	0,97*/0,64**	0,98*/0,82**	0,98*/-0,32**
Количество осадков за май-июль	0,12*/0,99*	0,47**/0,91*	0,18*/0,97*

Обозначения: показатель достоверности: \* –  $P < 0,01$ ; \*\* –  $P < 0,05$ .

Анализ корреляционных данных взаимосвязи факторов внешней среды с основными показателями зерна исследуемых образцов пшеницы показал, что при увеличении количества осадков за сельскохозяйственный год увеличивается содержание крахмала в зерновке: при использовании подзимнего посева  $r = 0,81$  ( $P < 0,05$ ), при весеннем севе  $r = 0,93$  ( $P < 0,05$ ), в то время как содержание белка уменьшается.

Осадки играют важную роль в вегетационный период растений. В результате опытов выявлено, что количественное содержание крахмала в зерне подзимнего посева увеличивается при достаточном увлажнении ( $r^2 = 0,97$ ), то же видим при весеннем способе сева пшеницы (табл. 2). При весеннем и подзимнем посеве пшеницы на формирование белка в зерновке особое влияние оказывают осадки в вегетационный период (табл. 2).

### Заключение

При использовании подзимнего посева доля крахмала в зерне яровой пшеницы составляет в среднем  $57,19 \pm 0,38$  ( $P < 0,05$ ), тогда как при традиционном весеннем севе яровой пшеницы среднее содержание крахмала –  $46,49 \pm 0,02$  ( $P < 0,05$ ).

Количественное содержание белка в зерновке яровой пшеницы при использовании подзимнего посева было  $4,5 \pm 0,16$  ( $P < 0,05$ ), при весеннем севе –  $5,13 \pm 0,02$  ( $P < 0,05$ ).

Таким образом, в формировании белка и крахмала важную роль играют климатические условия, а именно количество выпавших осадков и температурный режим.

Для разработки рекомендаций сельхозпроизводителям необходимо более длительное изучение в производственных условиях новых способов посева яровой пшеницы.

### Список источников

1. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. Москва: Стандартинформ, 1992. 7 с.
2. ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. 5 с.
3. ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности. Москва: Стандартинформ, 2019. 11 с.
4. Долгополова Н.В., Труфанова А.Ю., Архипов А.С., Филимонов П.С. Влияние форм азотных удобрений на урожай и белковость яровой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 15–21.
5. Емельянов А.М., Емельянова Л.К. Динамика продуктивной влаги в зернопаровом севообороте сухой степи Бурятии // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова. 2019. № 1(54). С. 25–35.
6. Казаченко А.С., Казаченко А.С., Чаплыгина И.А., Ступко Т.В. Исследование исходной и экструдированной пшеницы сорта Новосибирская-15 методами ИК-спектроскопии // АПК России. 2019. № 26(3). С. 338–343.
7. Duan D.X., Donner E., Liu Q., Smith D.C., Ravenelle F. Potentiometric titration for determination of amylose content of starch – A comparison with colorimetric method // Food Chemistry. 2012. Vol. 130(4). Pp. 1142-1145. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.07.138.
8. Galaktionova L.V., Vasilieva T.N., Mitrofanov D.V. et al. Changes in soil carbon content and reserves under long-term field experiments in the steppe zone of the Southern Urals // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 579(1). Article no. 012088. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012088.
9. Grahmann K., Govaerts B., Fonteyne S. et al. Nitrogen fertilizer placement and timing affects bread wheat (*Triticum aestivum*) quality and yield in an irrigated bed planting system // Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2016. Vol. 106(2). Pp. 185–199. DOI: 10.1007/s10705-016-9798-6.

10. Liu Y., Liao Y., Liu W. High nitrogen application rate and planting density reduce wheat grain yield by reducing filling rate of inferior grain in middle spikelets // *The Crop Journal*. 2021. Vol. 9(2). Pp. 412–426. DOI: 10.1016/j.cj.2020.06.013.

11. Luo J., Li Z., Mo F. et al. Removal of superior wheat kernels promotes filling of inferior kernels by changing carbohydrate metabolism and sink strength // *The Crop Journal*. 2021. Vol. 9(6). Pp. 1375–1385. DOI: 10.1016/j.cj.2020.12.012.

12. Zhang Y., Dai X., Jia D. et al. Effects of plant density on grain yield, protein size distribution, and breadmaking quality of winter wheat grown under two nitrogen fertilisation rates // *European Journal of Agronomy*. 2016. Vol. 73. Pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.eja.2015.11.015.

#### References

1. GOST 10846-91. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredeleniya belka [Grain and products of its processing. Method for determination of protein]. Moscow: Standartinform; 1992. 7 p. (In Russ.).

2. GOST 10845-98. Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredeleniya krakhmala [Cereals and cereal milled products. Method for determination of starch]. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification; 1999. 5 p. (In Russ.).

3. GOST 13586.5-2015. Zerno. Metod opredeleniya vlazhnosti [Grain. Method of moisture content determination]. Moscow: Standartinform; 2019. 11 p. (In Russ.).

4. Dolgoplova N.V., Trufanova A.Yu., Arkhipov A.S., Filimonov P.S. Vliyanie form azotnykh udobrenij na urozhaj i sodержanie belka v yarovoj pshenitse [Influence of forms of nitrogen fertilizers on the yield and protein content of spring wheat]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyaystvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2021;1:15-21. (In Russ.).

5. Emelyanov A.M., Emelyanova L. Dinamika produktivnoj vlagi v zernoparovom sevooborote v sukhoj stepi Buryatii [The dynamics of productive moisture in grain crop rotation at dry steppe of Buryatia]. *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyaystvennoj akademii = Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2019;1(54):25-35. (In Russ.).

6. Kazachenko A.S., Kazachenko A.S., Chaplygina I.A., Stupko T.V. Issledovanie iskhodnoj i ekstrudirovannoj pshenitsy sorta Novosibirskaya-15 metodami IK-spektroskopii [Studying the original and extruded wheat variety Novosibirskaya-15 with IR spectroscopy]. *APK Rossii = Argo-Industrial Complex of Russia*. 2019;26(3):338-343. (In Russ.).

7. Duan D.X., Donner E., Liu Q., Smith D.C., Ravenelle F. Potentiometric titration for determination of amylose content of starch – A comparison with colorimetric method. *Food Chemistry*. 2012;130(4):1142-1145. DOI:10.1016/j.foodchem.2011.07.138.

8. Galaktionova L.V., Vasilieva T.N., Mitrofanov D.V. et al. Changes in soil carbon content and reserves under long-term field experiments in the steppe zone of the Southern Urals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;579(1):012088. DOI 10.1088/1755-1315/579/1/012088.

9. Grahmann K., Govaerts B., Fonteyne S. et al. Nitrogen fertilizer placement and timing affects bread wheat (*Triticum aestivum*) quality and yield in an irrigated bed planting system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2016;106(2):185-199. DOI:10.1007/s10705-016-9798-6.

10. Liu Y., Liao Y., Liu W. High nitrogen application rate and planting density reduce wheat grain yield by reducing filling rate of inferior grain in middle spikelets. *The Crop Journal*. 2021;9(2):412-426. DOI:10.1016/j.cj.2020.06.013.

11. Luo J., Li Z., Mo F. et al. Removal of superior wheat kernels promotes filling of inferior kernels by changing carbohydrate metabolism and sink strength. *The Crop Journal*. 2021;9(6):1375-1385. DOI: 10.1016/j.cj.2020.12.012.

12. Zhang Y., Dai X., Jia D. et al. Effects of plant density on grain yield, protein size distribution, and breadmaking quality of winter wheat grown under two nitrogen fertilisation rates. *European Journal of Agronomy*. 2016;73:1-10. DOI: 10.1016/j.eja.2015.11.015.

#### Информация об авторах

Т.Н. Васильева – кандидат биологических наук, ученый секретарь структурного подразделения Оренбургский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», vtn1972@mail.ru.

Е.М. Мозгунова – младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», mozgunova\_em@mail.ru.

Д.А. Тюриков – аспирант ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», tda5058@gmail.com.

#### Information about the authors

T.N. Vasilieva, Candidate of Biological Sciences, Scientific Secretary of Orenburg Research Institute of Agriculture, Subdivision of Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, vtn1972@mail.ru.

E.M. Mozgunova, Junior Research Scientist, Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, mozgunova\_em@mail.ru.

D.A. Tyurikov, Postgraduate Student, Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, tda5058@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 03.06.2022; одобрена после рецензирования 03.09.2022; принята к публикации 24.09.2022.

The article was submitted 03.06.2022; approved after reviewing 03.09.2022; accepted for publication 24.09.2022.

© Васильева Т.Н., Мозгунова Е.М., Тюриков Д.А., 2022