

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

УДК 633.11:581.48

DOI: 10.34736/FNC.2023.120.1.012.78-83

Биометрические характеристики поперечных клеток перикарпия сортов озимой мягкой пшеницы Саратовской селекции

Марина Владимировна Харитоновна[✉], к.б.н., e-mail: haritonovamv@mail.ru, ORCID 0000-0002-5969-4970

Татьяна Михайловна Прохорова, к.б.н., ORCID 0000-0003-4530-4617

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии

и инженерии имени Н.И. Вавилова», e-mail: rector@vavilovsar.ru,

адрес: 410012, пр-кт им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3. г. Саратов, Россия

Аннотация. В связи с расширением посевов озимой пшеницы в России, включая Саратовскую область, необходимо большее внимание уделить вопросам биологии данной культуры. За последние годы в НИИСХ Юго-Востока (ныне «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока») был создан ряд новых сортов озимой пшеницы, существенно отличающихся от ранее районированного сорта, Мироновской 808. В литературе отмечается особая роль поперечных клеток перикарпия в генерации кислорода в ходе реакций фотосинтеза. Экспериментально показано, что поступающий из хлорофиллоносных (поперечных) клеток перикарпа кислород необходим в ходе эмбриогенеза зерновки. Несмотря на значимость уникального процесса в плодовой оболочке зерновки и его вклад в урожай зерна пшеницы, встречаются единичные данные о размерах и структуре поперечных клеток перикарпия. Научных исследований в области морфологии и физиологии новых сортов озимой пшеницы ранее не проводилось. Целью исследований стало установление морфологических и биометрических особенностей развития поперечных клеток перикарпия зерновок у некоторых сортов озимой мягкой пшеницы Саратовской селекции. Выявлены сорто-специфические особенности в динамике роста и развития поперечных клеток и количества хлоропластов. Установлено, что поперечные клетки различаются по размерам в различных частях зерновки, однако наименьшим варьированием различаются в области спинки, рост клеток вдоль продольной оси с сохранением межсортовых различий устойчиво сохраняется. Максимальные значения как по длине, так и по ширине поперечных клеток перикарпия выявлены у зерновок сорта озимой мягкой пшеницы Калач 60, минимальные – у сорта Виктория 95. Сорт Калач 60 на территории Саратовской области является продуктивным и урожайным сортом.

Ключевые слова: сорт, озимая мягкая пшеница, хлоропласты, перикарпий, поперечные клетки.

Цитирование. Харитоновна М.В., Прохорова Т.М. Биометрические характеристики поперечных клеток перикарпия сортов озимой мягкой пшеницы Саратовской селекции // Научно-агрономический журнал. 2023. № 1 (120). С. 78-83. DOI: 10.34736/FNC.2023.120.1.012.78-83

Поступила в редакцию: 13.01.2023

Принята к печати: 20.03.2023

Введение. Пшеница относится к семейству злаков (Poaceae), одному из высокостоящих специализированных семейств в классе однодольных, к жизненной форме травянистых розеткообразующих однолетников [3].

Формирование структуры растения в течение вегетации определяется системой коррелятивных зависимостей между тканями, органами растения в процессе морфогенеза, начиная с момента образования зиготы и эндосперма при оплодотворении яйцеклетки и вторичного ядра зародышевого мешка. Образующееся семя, зерновка, с момента посева и прорастания, проявляет специфические особенности, присущие тому или иному сорту пшеницы [6,7].

В зрелых зерновках различают плодовую и семенную оболочки, доля которых составляет от 6 до 8% от массы зерновки. Они выполняют несколько функций, прежде всего предохраняют запасные вещества эндосперма от вымывания при набухании семян, обеспечивают газообмен и поступление воды в зерновку при прорастании. Плодовая

оболочка или перикарпий состоит из нескольких слоев клеток: эпидерма, паренхимные, поперечные клетки, внутренняя эпидерма, представленная трубчатыми клетками или эндокарпием [9,10].

Электронно-микроскопическим изучением пластид занимался Х. Роллечек (H. Rolletschek), в продольных и поперечных клетках мезокарпия выявил их существенные структурные различия на разных травянистых растениях. Хлоропласты в продольных клетках отмечены только на ранних стадиях роста зерновки. Они имеют овальную форму и слабо развитую систему внутренних мембран, включающую отдельные грани и межграни тилакоиды. В строении хлоропластов присутствуют крупные зерна крахмала. Поперечные клетки перикарпия на протяжении всего налива зерновок слабо вакуолизованы, хлоропласты образуют несколько слоев. Иногда несколько пластид, плотно соприкасаясь, образуют группы. По мнению С.Е. Дунаевой, хлоропласты поперечных клеток перикарпия зерновок имеют достаточно сильное структурное сходство с хлоропластами паренхим-

ной обкладки C_4 -растений аспартатного типа. Аналогичными для них являются крупный размер, веретеновидная форма, способность к повышенному накоплению крахмала, характер расположения на срезе межгранных тилакоидов, наличие периферического ретикулума и сходная форма контактирования хлоропластов в клетке [4,13,14].

Существует представление ряда ученых Дженнингс А.К. (Jennings A.C.), Мортон Р.К. (Morton R.K.), Х. Роллечек (H. Rolletschek) и С.Е. Дунаевой, что фотосинтез хлоропластов поперечных клеток зерновки может происходить на основе рефиксации углекислоты, выделяющейся в процессе интенсивного дыхания эндосперма. В процессе развития зерновки в поперечных клетках исчезают хлоропласты, стенки клеток утолщаются, и в них возникают поры. Ультраструктура этих клеток и характер ее изменения, наблюдаемые в процессе развития, являются аналогичными тем, которые описаны для дифференцирующихся трахеальных элементов в первичной ксилеме [13,14].

Особенности строения оболочек зерновки определенным образом влияют на развитие молодой зерновки. Известно, что синтез АТФ внутри эндосперма связан с поступлением кислорода в процессе дыхания [1,5].

Экспериментально доказано в исследованиях Даффус С.М. (Duffus S.), Кокрейн М.П. (Cochrane M.), что кислород генерируется перикарпом в процессе фотосинтеза. Его фотосинтетическая активность связана с содержанием хлорофилла. Содержание хлорофилла увеличивается во время промежуточной фазы роста, немедленно следует за индукцией фотосинтез связанных генов. На основании экспериментов с использованием лазерной сканирующей микроскопии было показано, что хлорофилл локализован в определенных слоях перикарпа, покрывающих весь эндосперм, кроме области жилки и нуцеллярного эпидермиса. Состояние хлорофиллоносного слоя позволяет предположить, что фотосинтез играет определяющую роль в росте зерна. Кислород образуется с высокой скоростью

внутри хлорофиллосодержащего слоя перикарпия и направляется во все области – и в эндосперм, и во внешний перикарпий. Резкое снижение количества кислорода внутри эндосперма в течение стадии запасаания указывает на сильное его потребление вследствие высокой метаболической активности [13,14].

Нами предположено, что роль фотосинтезирующего перикарпия в запасаании состоит в большей степени в поставке кислорода в эндосперм, наливу и роста зерновки.

Целью наших исследований стало определение морфологических и биометрических особенностей развития поперечных клеток перикарпия зерновок у некоторых сортов озимой мягкой пшеницы Саратовской селекции.

Материалы и методы исследований. Изучение особенностей развития поперечных клеток проводилось в лаборатории физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского в период с 2021 по 2022 гг.

Для проведения исследований в лабораторных условиях использовались растения, выращенные в полевых мелкоделяночных опытах в трехкратной повторности. Посев производился ручным аппаратом конструкции Одесского селекционно-генетического института семенами, взятыми из средней части колоса. Норма высева 400 семян на 1 м^2 , принятая в производственных посевах в Саратовской области. Обработка полей полностью соответствовала агротехническим требованиям, предъявляемым в зоне для возделывания озимой пшеницы.

В качестве объекта исследования были взяты двенадцать сортов озимой мягкой пшеницы: Лютеценс 230, Саратовская остистая, Калач 60, Саратовская 8, Виктория 95, Жемчужина Поволжья, Саратовская 17, Эльвира, Созвездие, Мироновская 808, Саратовская 90, Губерния, которые значительно отличались по ряду морфологических и физиологических характеристик, выращенные на полях НИИСХ Юго-Востока [2] (рис. 1, 2).



Рисунки 1, 2. Опытные делянки посевов озимой мягкой пшеницы

Учитывая, что поперечные клетки неоднородны по размерам в различных частях зерновки, измерения длины и ширины данных клеток проводились в области спинки зерновки, биометрии подвергались двадцать клеток семени тридцати зерновок каждого сорта. Зерновки отбирались из средней части колоса главного побега; пробы брались на 6-й день после цветения [11,12].

Семена помещали в фиксатор Гамалунда, затем под микроскопом выделяли слой поперечных клеток в области спинки зерновки и измеряли их длину и ширину. Для изучения сортовых особенностей развития поперечных клеток перикарпия зерновок, пробы брали во время развития зерна через каждые 3 дня, начиная через неделю после цветения и заканчивая по завершению налива зерна [5,9,10].

Данные, полученные в результате исследования, обработаны статистическими методами с использованием пакета стандартных программ Microsoft Excel.

Для оценки степени рассеяния отдельных значений признака вокруг его среднего значения использовали абсолютный показатель вариации – размах вариации.

Размах вариации – разность между максимальным и минимальным значениями признака. Он показывает пределы, в которых изменяется величина признака в изучаемой совокупности.

Результаты и их обсуждение. Клетки перикарпия зерновок сортов озимой мягкой пшеницы различаются между собой как по длине, так и по ширине поперечных клеток, при этом варьирование по ширине поперечных клеток было меньше, чем по их длине.

В данном исследовании среди изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы длина поперечных клеток, взятых из средней части колоса главного

побега, составляла от 58,0 мкм до 96,4 мкм, а ширина – от 9,6 до 19,3 мкм. Минимальные значения длины поперечных клеток были отмечены у четырех сортов: Виктория 95, Созвездие, Саратовская остистая и Лютесценс 230 – соответственно 58,0; 60,6; 60,9 и 63,4 мкм. Максимальные значения наблюдались у сортов: Саратовская 90 и Калач 60 – соответственно 92,1 и 96,4 мкм. Минимальные значения ширины поперечных клеток отмечены у сортов: Лютесценс 230 и Саратовская остистая – соответственно 9,6 и 10,1 мкм, максимальные значения – Жемчужина Поволжья (19,3 мкм) и Калач 60 (18,7 мкм) (таблица 1).

Такой разброс данных позволяет предположить, что существует сортовая специфичность в строении и в фотосинтетической активности клеток данного слоя перикарпия зерновки [9,10].

По результатам изучения в динамике развития поперечных клеток выявлены различия между сортами, что наблюдалось уже в момент формирования зерновки в клетках значительного числа хлоропластов. Наиболее существенный рост поперечных клеток отмечен на продольной оси зерновки. На первых этапах развития поперечные клетки бесцветные, так как в это время биосинтез пигментов фотосинтеза, очевидно, только начинается, а хлоропласты слабо выражены; поперечные клетки выглядят по форме, как типичные паренхимные клетки. При исследовании зерновок, взятых из первой пробы, наблюдалось, что меньшие значения длины поперечных клеток характерны для сорта Виктория 95 (26,2 мкм), а большие – для сорта Калач 60 (50,6 мкм). Среднее значение длины клеток выявлены у сорта-стандарта Мироновская 808 (38,4 мкм). При исследовании второй и последующих проб, взятых через каждые три дня, рост клеток вдоль продольной оси с сохранением межсортовых различий устойчиво сохранялся.

Таблица 1. Размеры поперечных клеток зерновок озимой мягкой пшеницы репродукции 2021–2022 гг.

Сорт	Длина, мкм	Ширина, мкм	Размах вариации, %
Виктория 95	58,0±2,6	11,5±0,34	56
Губерния	72,2±1,44	14,3±0,28	47
Жемчужина Поволжья	79,4±2,38	19,3±0,54	41
Калач 60	96,4±1,98	18,7±0,53	36
Лютесценс 230	63,4±2,53	9,6±0,33	54
Мироновская 808	75,7±2,27	16,5±0,49	43
Саратовская остистая	60,9±1,82	10,1±0,3	56
Саратовская 17	71,8±2,15	16,6±0,83	45
Саратовская 8	75,1±1,5	13,9±0,41	45
Саратовская 90	92,1±4,61	16,4±0,66	37
Созвездие	60,6±1,83	12,8±0,38	54
Эльвира	71,9±2,88	15,7±0,31	45
НСР _{0,95}	1,73	0,41	

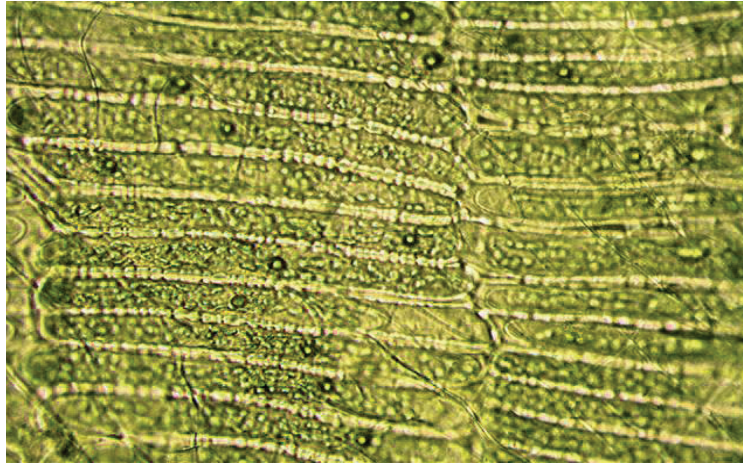


Рисунок 3. Поперечные клетки в области спинки зерновки (сорт Калач 60)×20

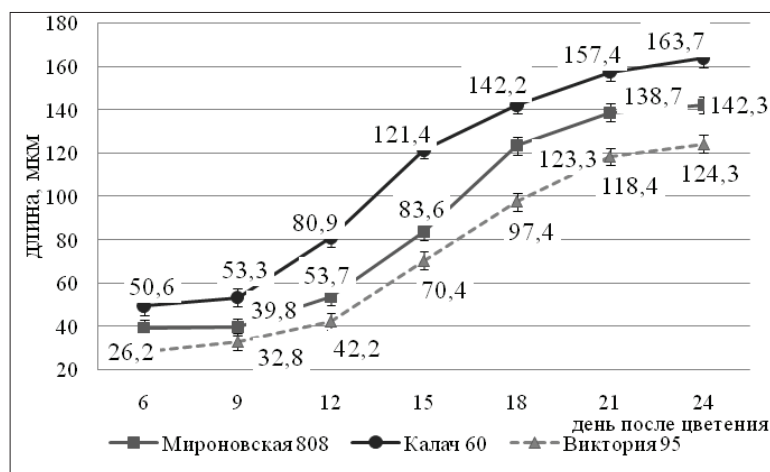


Рисунок 4. Длина поперечных клеток в области спинки зерновок озимой мягкой пшеницы Саратовской селекции, мкм

При исследовании зерновок из третьей пробы, установлено, что в клетках отмечается наличие хорошо окрашенных хлоропластов, клетки увеличивались в размерах практически вдвое по сравнению с первой пробой. Максимальное значение длины поперечных клеток в это время наблюдалось у сорта Калач 60 – 80,9 мкм, минимальное значение длины поперечных клеток, как и в первой пробе, отмечено у сорта Виктория 95 – 42,2 мкм.

При изучении зерновок из четвертой пробы выявлено, что наименьшим значением длины поперечных клеток перикарпия отличался сорт Виктория 95 (70,4 мкм), а наибольшим, как и в трех предыдущих пробах, сорт Калач 60 (121,4 мкм) (рисунок 3).

В зерновках из пятой пробы минимальные значения длины поперечных клеток были свойственны сорту Виктория 95 (97,4 мкм), средние – сорту Мироновская 808 (123,3 мкм), максимальные значения – сорту Калач 60 (142,2 мкм). В зерновках из шестой пробы тенденция на увеличение в размерах поперечных клеток сохранялась; минимальные значения, как и в зерновках из предыдущих

проб, отмечены у сорта Виктория 95 (118,4 мкм), средние значения – у сорта Мироновская 808 (138,7 мкм), максимальные – у сорта Калач 60 (157,4 мкм) (рисунок 4).

На протяжении всех дней эксперимента клетки достаточно активно росли и значительно увеличились в размерах относительно размеров клеток в перикарпии зерновок из первой пробы. В дальнейшем рост замедляется и клетки увеличиваются в размерах незначительно. Визуально ширина поперечных клеток на протяжении всего времени их исследования изменялась незначительно, варьируя в пределах от 8 до 12 мкм. Если в первой пробе клетки бесцветны, т.к. не содержат зеленых пластид, то уже в третьей и четвертой пробах в клетках отмечалось большое количество хлоропластов. В зерновках из пятой пробы наблюдалась облитерация хлоропластов поперечных клеток, которые к началу восковой спелости исчезали полностью. В зерновках из седьмой пробы поперечные клетки не содержали зеленых пластид.

Заключение. В результате проведенных исследований были установлены морфологические

и биометрические особенности развития поперечных клеток на стадии формирования зерновки сортов озимой мягкой пшеницы как по длине, так и по ширине поперечных клеток перикарпия зерновок. Отмечены сортовые особенности в динамике роста и развития поперечных клеток перикарпия, которые играют важную роль в фотосинтетической активности клеток данного слоя.

Наши предположения об особенностях и сорто-специфичности поперечных клеток перикарпия и их роли в фотосинтетической активности, прослеживающиеся в течение срока налива зерновки, состоящие в большей степени в поставке кислорода в эндосперм и росте зерновки, получили свое подтверждение в ходе данного исследования. Максимальные значения размеров поперечных клеток, а также большого количества хлоропластов на протяжении всего исследования выявлены у сорта Калач 60, который на территории Саратовской области является продуктивным и урожайным, зимостойким и засухоустойчивым, а также является пластичным сортом озимой мягкой пшеницы.

Литература:

1. Амелин А. В. и др. Интенсивность фотосинтеза листьев у растений озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 9. – С. 41-48.
2. Беляев Н. Н., Дубинкина Е. А. Сорты озимой мягкой пшеницы Поволжской селекции в условиях Центрального Черноземья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20. – № 2-2. – С. 231-234.
3. Беспалова Л.А., А.А. Романенко, И.Н., Кудряшов [и др.] / Сорты пшеницы и тритикале: каталог редколлегия: А.А. Романенко [и др.]; ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». – Краснодар: ЭДВИ, 2020. – 176 с.
4. Дунаева С.Е. Особенности ультраструктуры хлоропластов перикарпия зерновки мягкой пшеницы // Доклады АН СССР, 1980. – Т. 255. – № 2. – С. 504–506.
5. Ивлева М.В., Касаткин М.Ю., Степанов С.А. Сортовые особенности развития оболочек зерновки озимой пшеницы // Бюллетень ботанического сада Саратовского

государственного университета. – 2014. – № 12. – С. 171-179. – EDN TUTSFD.

6. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., Никонорова И.М. Морфологические особенности низкопентозанового зерна ржи. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(2):123-130. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-123-130.

7. Кошкин Г.И., Гусейнов Г.Г. Экологическая физиология сельскохозяйственных культур. – Москва: – Пресс, 2020. – 576 с. DOI: 10.31085/9785998808418-2020-576

8. Малыгина Н.С. Анализ факторов, влияющих на количество и качество урожая зерна озимой пшеницы, ее морфологические и анатомические характеристики // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2016. – № 3. – С. 60-64.

9. Танайлова Е. А., Агапова А. В., Гапонов С. Н. Особенности развития поперечных клеток перикарпия зерновки твердой пшеницы // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. – 2008. – № 7. – С. 267-270.

10. Танайлова Е.А., Прохорова Т.М., Степанов С.А. Сортовые особенности развития поперечных клеток перикарпия зерновки твердой пшеницы // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. – 2009. – № 8. – С. 293-296. – EDN YKHKZN.

11. Чепец Е. С. Образование, налив и созревание зерна озимого ячменя // Зерновое хозяйство России. – 2012. – № 1. – С. 65-77.

12. Agaphonov E.V., Kamenev R.A. To the problem of productivity boost of the field seed turnover segment of winter wheat - corn - sunflower on the southern black soil. Science Almanac of Black Sea Region Countries. 2015. No. 1(1). pp. 34-38. – EDN VWFFMJ.

13. Duffus C.M., Cochrane M.P. Carbohydrate metabolism during cereal grain development. In: Khann AA, ed. The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press. 1982. pp. 46–66.

14. Rolletschek H., Weschke W., Weber H., Wobus U., Borisjuk L. Energy state and its control on seed development: starch accumulations is associated with high ATP and steep oxygen gradients within barley grains. Journal of Experimental Botany. 2004;55 (401):1351-9.

DOI: 10.34736/FNC.2023.120.1.012.78-83

Biometric Characteristics of Transverse Pericarp Cells in Winter Wheat Varieties of Saratov Breeding

Marina V. Kharitonova , Cand. Sci. (Biol.), e-mail: haritonovamv@mail.ru, ORCID0000-0002-5969-4970

Tatiana M. Prokhorova, Cand. Sci. (Biol.), ORCID0000-0003-4530-4617

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov,
e-mail: rector@vavilovsar.ru, 410012, Pyotr Stolypin Prospekt, 4/3, Saratov, Russia

Abstract. It is necessary to pay more attention to the biology of winter wheat due to the expansion of this crop in Russia, including the Saratov region. In recent years, a number of new winter wheat varieties have been created in the Research Institute of the South-East (now the Federal State Budgetary Scientific Organization «Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region»). They are

significantly differing from the previously zoned variety, Mironovskaya 808. Publications notes the special role of transverse pericarp cells in the oxygen generation during photosynthesis reactions. It has been experimentally shown that oxygen coming from chlorophyll-bearing (transverse) cells of the pericarp is necessary during the grain's embryogenesis. Despite the unique process in the grain shell significance and its

contribution to the yield of wheat grain, there are only singular data on the size and structure of transverse pericarp cells. Scientific research in the field of winter wheat new varieties morphology and physiology has not been carried out before. The aim of the research was to establish morphological and biometric features of the grains pericarp transverse cells development in some winter soft wheat varieties of Saratov breeding. Variety-specific features in the transverse cells growth and development dynamics and the number of chloroplasts were revealed. It was found that the transverse cells differ in size in different parts of the grain, however, the least differs were in the dorsal region, cell growth along the longitudinal axis with the preservation of intersort differences is stable. The maximum values both in length and in width of the pericarp transverse cells were found in the grains of the Kalach 60 winter soft wheat variety, the minimum values were found in the Victoria 95 variety. The Kalach 60 variety in the Saratov region is a productive variety.

Keywords: variety, winter soft wheat, chloroplasts, pericarp, transverse cells

Citation. Kharitonova M.V., Prokhorova T.M. Biometric Characteristics of Transverse Pericarp Cells in Winter Wheat Varieties of Saratov Breeding. *Scientific Agronomy Journal*. 2023. 1(120). pp. 78-83. DOI: 10.34736/FNC.2023.120.1.012.78-83

Received: 13.01.2023

Accepted: 20.03.2023

References:

1. Amelin A.V. et al. *Intensivnost' fotosinteza list'ev u rastenij ozimoy pshenitsy* [Intensity of leaf photosynthesis in winter wheat plants]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural I. I. Ivanov Academy]. 2020. No 9. pp. 41-48.
2. Belyaev N.N., Dubinkina E.A. *Sorta ozimoy myagkoj pshenitsy Povolzhskoy seleksii v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya* [Winter soft wheat of Volga region selection varieties in the Central Chernozem region conditions]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of Russian Academy of Sciences]. 2018. T 20. No 2-2. pp 231-234.
3. Bupalova L.A., Romanenko A.A., Kudryashov I.N. et al. *Sorta pshenicy i tritikale: katalog* [Wheat and triticale varieties: catalog] / Editorial board: A.A. Romanenko et al. Krasnodar. EDVI Publ. house. 2020. 176 p.
4. Dunaeva S.E. *Osobennosti ul'trastruktury hloroplastov perikarpiya zernovki myagkoj pshenicy* [Features of the chloroplasts ultrastructure of the soft wheat grain pericarp]. *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences]. 1980. T 255. No 2. pp 504-506.
5. Ivleva M.V., Kasatkin M.YU., Stepanov S.A. *Sortovye osobennosti razvitiya obolochek zernovki ozimoy pshenicy*

[Varietal features of the winter wheat grain shells development]. *Byulleten' botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Botanical Garden of Saratov State University]. 2014. No 12. pp 171-179. – EDN TUTSFD

6. Kobyljanskij V.D., Soloduhina O.V., Nikonorova I.M. *Morfologicheskie osobennosti nizkopentozanovogo zerna rzhii. Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii* [Morphological features of low-pentosan rye grain. Works on applied botany, genetics and breeding]. No 182(2). 2021. pp 123-130. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-123-130

7. Koshkin G.I., Gusejnov G.G. *Ekologicheskaya fiziologiya sel'skokozyajstvennyh kul'tur* [Ecological physiology of agricultural crops]. Moscow. «Press» Publ. house. 2020. 576 p. DOI: 10.31085/9785998808418-2020-576

8. Malygina N.S. *Analiz faktorov, vliyayushchih na kolichestvo i kachestvo urozhaya zerna ozimoy pshenicy, ee morfologicheskie i anatomicheskie harakteristiki* [Analysis of factors affecting the winter wheat grain yield quantity and quality as well as its morphological and anatomical characteristics]. *Obrazovanie i nauka bez granic: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya* [Education and science without borders: fundamental and applied research]. 2016. No 3. pp. 60-64.

9. Tanajlova E. A., Agapova A. V., Gaponov S. N. *Osobennosti razvitiya poperechnykh kletok perikarpiya zernovki tverdoj pshenicy* [Features of durum wheat grain pericarp transverse cells development]. *Byulleten' botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Botanical Garden of Saratov State University]. 2008. No 7. pp 267-270.

10. Tanajlova E.A., Prohorova T.M., Stepanov S.A. *Sortovye osobennosti razvitiya poperechnykh kletok perikarpiya zernovki tverdoj pshenicy* [Varietal features of durum wheat grain pericarp transverse cells development]. *Byulleten' botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Botanical Garden of Saratov State University]. 2009. No 8. pp 293-296. – EDN YKHKZN

11. Chepec E. S. *Obrazovanie, nalive i sozrevanie zerna ozimogo yachmenya* [Formation, filling and maturation of winter barley grain]. *Zernovoe hozyajstvo Rossii* [Grain farming of Russia]. 2012. No 1. pp 65-77.

12. Agaphonov E.V., Kamenev R.A. To the problem of productivity boost of the field seed turnover segment of winter wheat - corn - sunflower on the southern black soil. *Science Almanac of Black Sea Region Countries*. 2015. No. 1(1). pp. 34-38. EDN VWFFM].

13. Duffus C.M., Cochrane M.P. Carbohydrate metabolism during cereal grain development. In: Khann AA, ed. *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Elsevier Biomedical Press. 1982. pp. 46-66.

14. Rolletschek H., Weschke W., Weber H., Wobus U., Borisjuk L. Energy state and its control on seed development: starch accumulations is associated with high ATP and steep oxygen gradients within barley grains. *Journal of Experimental Botany*. 2004;55 (401):1351-9.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.