

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

© 2026 Николаев П. Н., Юсова О. А. ✉, Шулико Н. Н., Тукмачева Е. В.

Омский аграрный научный центр
(г. Омск, Российская Федерация)
✉ yusova@anc55.ru

Реферат. Формирование урожайности начинается с фазы прорастания семян и происходит в течение всего периода вегетации. Естественными процессами растений выступают нарастание площади листовой поверхности и накопление сухой биомассы, из этих показателей складывается фотосинтетический потенциал растений и, в дальнейшем, продуктивность. Цель исследований – оценка формирования урожайности и качества зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от развития растений в фазе кущения. Работу выполняли в 2023–2025 годы в полевом опыте в южной лесостепи Омской области. По уровню влагообеспеченности 2023 год характеризовался как засушливый, 2024 и 2025 годы – переувлажненные. Объект исследований – сорт яровой мягкой пшеницы Тарская 12 (включен в Госреестр РФ в 2023 год). Масса зерна с колоса, урожайность и содержание белка в зерне яровой мягкой пшеницы находились в сильной прямой зависимости от площади листа и общей ассимиляционной поверхности растений в фазе кущения ($r = 0,817...0,998$) и в обратной с накоплением сухой надземной биомассы ($r = -0,954...0,999$), что свидетельствует о конкуренции между накоплением сухого вещества в вегетативной и генеративной частях. Полученные результаты свидетельствуют, что рост растений яровой мягкой пшеницы в начальный период развития оказывал значительное влияние на формирование качественных и урожайных свойств сорта Тарская 12.

Ключевые слова: пшеница (*Triticum aestivum* L.), лист, биомасса, белок, урожайность, сопряженность.

Для цитирования: Формирование урожайности и качества зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от физиологии растений / П.Н. Николаев, О.А. Юсова, Н.Н. Шулико, Е.В. Тукмачева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2026. Т. 21. № 1(81). С. 51-56 doi: 10.31588/2073-0462-2026-21-1-51-56

YIELD AND GRAIN QUALITY DEVELOPMENT OF SPRING SOFT WHEAT DEPENDING ON PLANT PHYSIOLOGY

© 2026 Nikolaev P. N., Yusova O. A. ✉, Shuliko N. N., Tukmacheva E. V.

Omsk Agrarian Scientific Center
(Omsk, Russian Federation)
✉ yusova@anc55.ru

Abstract. Yield development begins with seed germination and continues throughout the growing season. Natural plant processes include an increase in leaf area and accumulation of dry biomass; these factors determine the photosynthetic potential of plants and, subsequently, productivity. The aim of study was to evaluate the yield and grain quality development of spring soft wheat depending on plant development during the tillering stage. The study was conducted from 2023 to 2025 in a field experiment in the southern forest-steppe of Omsk region. In terms of moisture availability, 2023 was characterized as dry, while 2024 and 2025 were waterlogged. The object of study was the spring soft wheat of Tarskaya 12 variety (included in State Register of the Russian Federation in 2023). Grain weight per ear, yield and protein content in spring soft wheat grain were strongly directly dependent on the leaf area and the total assimilation surface of plants at the tillering stage ($r = 0.817...0.998$) and inversely with the accumulation of dry aboveground biomass ($r = -0.954...0.999$), indicating competition between the accumulation of dry matter in vegetative and generative parts. The obtained results indicate that early spring soft wheat plant growth significantly influenced the development of quality and yield characteristics of Tarskaya 12 variety.

Key words: wheat (*Triticum aestivum* L.), leaf, biomass, protein, yield, conjugation.

For citation: Nikolaev PN, Yusova OA, Shuliko NN, Tukmacheva EV. [Yield and grain quality development of spring soft wheat depending on plant physiology]. Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2026; Vol. 21. 1(81). 51-56 p. doi: 10.31588/2073-0462-2026-21-1-51-56

Введение. Современные методы производства семенного материала яровой пшеницы включают в себя многие факторы, научная обоснованность которых включает такие аспекты, как биотехнология, физиология растений, агрономия и др. [1]. Формирование урожайности начинается с фазы прорастания семян и происходит в течение всего периода вегетации. Естественными процессами растений служат нарастание площади листовой поверхности и накопление сухой биомассы – из этих показателей складывается фотосинтетический потенциал растений. Наблюдения за этими процессами по фенологическим фазам и их стимуляция способствуют повышению накоплению пластических веществ, которые затем переходят в зерно колоса, формируя урожайные и качественные показатели [2, 3].

Помимо широкого применения средств химизации [4], на повышение урожайности также значительное влияние оказывают метеорологические условия в каждый конкретный межфазный период [5].

Цель исследований – оценка формирования урожайности и качества зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от развития растений в фазе кущения.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли в 2023–2025 годы в полевом опыте лаборатории мягкой пшеницы селекционно-семеноводческого центра ФГБНУ «Омский АНЦ» в южной лесостепной зоне Омского Прииртышья. Координаты расположения опытного участка: 55.03056° северной широты и 73.33611° восточной долготы. Объект исследований – сорт яровой мягкой пшеницы Тарская 12 (включен в госреестр селекционных достижений РФ в 2023 году).

Почва опытного участка – лугово-черноземная среднесуглинистая с содержанием в пахотном (0...20 см) слое гумуса – 6,5% (по Тюрину), общего азота – 0,30% (по Кьельдалю),

нитратного азота – менее 9,8 мг/кг (очень низкое), подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 122 (высокое) и 300 (очень высокое) мг/кг, pHводн. – 6,6.

Обработки почвы – отвальная (ежегодная вспашка на глубину 20...22 см). Комплекс весенне-полевых работ включал обработку почвы тяжелыми зубowymi боронами в 2 следа, перед посевом – культиватором Степняк 5.6. Посев культур выполнен сеялкой ССФК-7 с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га, с прикатыванием кольчатыми катками. Защиту растений пшеницы от сорняков осуществляли рекомендованными препаратами. Нормы и сроки обработки посевов применяли в соответствии с рекомендациями [6].

Учет урожая в фазе полной спелости осуществляли прямым комбайнированием комбайном Wintersteiger Classic 29 августа. Урожай приводили к 100% чистоте и 14% влажности. Содержание белка в зерне определяли с использованием анализатора «ИнфрАлюм ФТ» на основании документа, регламентирующего методику испытаний М 04-37-2009.

В фазе кущения растений яровой мягкой пшеницы рассчитывали площадь листа, общую ассимиляционную поверхность и накопление сухой надземной биомассы [7]. Сопреженность урожайности и содержания белка с величинами этих показателей определяли корреляционным методом [8].

Годы проведения исследований характеризовались контрастными условиями тепло- и влагообеспеченности (рис. 1, 2). По уровню влагообеспеченности 2023 год характеризовался как засушливый (ГТК = 0,84), однако он был очень контрастным по декадам – от отсутствия осадков (I декада мая и II сентября) до их избытка (III декада июня – 150,4% к среднесуточным данным). Повышенные температуры воздуха в 2023 году отмечены с мая по июль (превышение среднесуточных данных от +0,6 до +3,0°C); в 2024 году – только в июле (на 2,1°C).

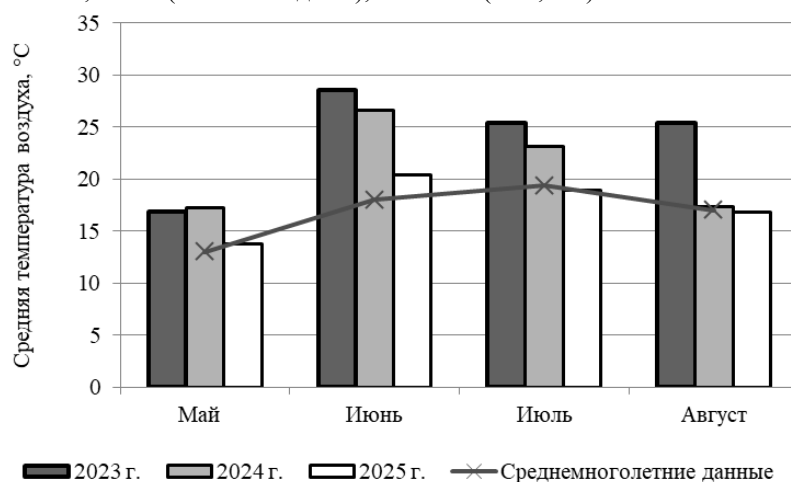


Рис. 1 – Метеоусловия вегетационных периодов по данным Омской ГМС: средняя температура воздуха, °C

Fig. 1 – Weather conditions during the growing seasons according to the Omsk State Meteorological Station (GMS): average air temperature, °C

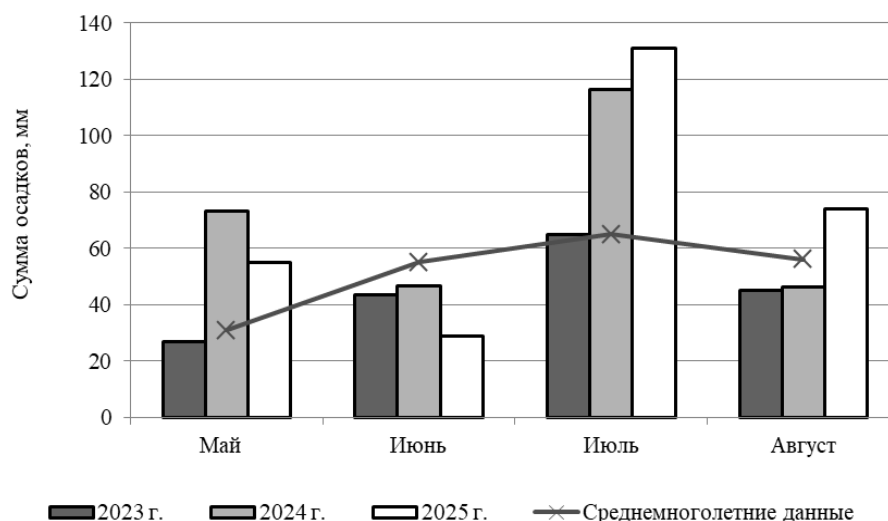


Рис. 2 – Метеоусловия вегетационных периодов по данным Омской ГМС:
сумма осадков, мм.

Fig. 2 – Weather conditions during the growing seasons according to the Omsk State Meteorological Station (GMS): total precipitation, mm.

В 2024 году зафиксировано переувлажнение (ГТК=1,63). Значительное количество осадков отмечено с мая по август (выше нормы на 37,7...191,0 мм, что составляет 150,7...426,2%). За период май-сентябрь 2025 год средняя температура воздуха составила 16,2°C (+0,8°C к средней многолетней), сумма осадков – 307,5 мм (132% к норме), ГТК=1,25. Погода отличалась большой контрастностью – от засушливых условий до значительного переувлажнения. Третья декада мая характеризовалась превышением среднеголетних данных по температуре воздуха (+4,1°C) и по сумме осадков (+30,0 мм, 146%). В июне (период всходов, кущения) средние температуры также превышали норму на 6,5°C, при сумме осадков, близкой к среднеголетней (90%).

Результаты и обсуждение. Важность функций листа в жизнедеятельности растений

сложно переоценить: в этом органе осуществляются процессы фотосинтеза, накапливаются пластические вещества; строение и размер листовой пластины оказывает непосредственное влияние на формирование урожайности [9]. Согласно проведенным исследованиям, повышение площади ассимиляционной поверхности листьев положительно влияет на фотосинтетический потенциал посева, чистую продуктивность фотосинтеза и, как следствие, на урожайность. Согласно данным наших исследований, в фазе кущения средняя площадь листа яровой мягкой пшеницы варьировала от 1,10 см² в 2024 году до 3,38 см² в 2025 году; средняя площадь листа составляла 2,06 см² (табл. 1). Коэффициент вариации значительный (CV = 27,37%), что означает сильную изменчивость этого показателя по годам.

Таблица 1 – Характеристика роста и развития сорта яровой мягкой пшеницы Тарская 12 по фенологическим фазам

Table 1 – Growth and development characteristics of the spring soft wheat variety Tarskaya 12 by phenological stages

Показатель	2023 г.	2024 г.	2025 г.	$\bar{x}$	HCP ₀₅	CV, %
Кущение						
Средняя площадь листа, см ²	1,7	1,10	3,38	2,06	0,98	27,37
Общая ассимиляционная поверхность, см ² /раст.	5,2	5,30	15,92	8,81	3,00	29,95
Сухая надземная биомасса, г	0,40	0,63	0,65	0,56	0,23	18,08
Полная спелость						
Содержание белка в зерне на абсолютно сухое вещество, %	17,5	17,1	22,1	18,9	1,10	8,68
Масса зерна с колоса, г	0,74	0,66	0,91	0,70	0,43	9,58
Урожайность, т/га	3,69	3,61	2,40	3,23	0,30	6,98

Аналогично площади листа изменяется и общая ассимиляционная поверхность растений. Минимальное значение этого показателя отмечено в 2023 году ($5,2 \text{ см}^2/\text{раст.}$), максимальное – в 2025 году ($15,92 \text{ см}^2/\text{раст.}$), среднее за годы исследований – $8,81 \text{ см}^2/\text{раст.}$ Изменчивость признака значительна ($CV = 29,95\%$). Площадь ассимиляционной поверхности выступает очень динамичным показателем, сильно меняется в онтогенезе в зависимости от морфофизиологических характеристик генотипов и донорно-акцепторных отношений.

В нашем эксперименте сухая надземная биомасса растений составила $0,56 \text{ г/раст.}$ Самая высокая в опыте величина этого показателя отмечена в 2025 году ($0,65 \text{ г/раст.}$), а самое низкое – в 2023 году ($0,40 \text{ г/раст.}$). Изменчивость этого признака средняя ($CV = 18,08\%$).

Среднее содержание белка в зерне сорта яровой мягкой пшеницы Тарская 12 находилось на уровне $18,9\%$; продукция 2025 года характеризовалась как высокобелковая ($22,1\%$). Незначительная изменчивость этого признака ($CV = 8,68\%$) позволяет судить о

его генетическом контроле.

В селекции на урожайность зерновых культур важную роль отводят повышению продуктивности колоса. Положительный вклад массы зерна с колоса в урожайность зерна отмечали многие исследователи [10]. Средняя величина этого показателя составила $0,70 \text{ г}$ (при $CV = 9,58\%$). Урожайность яровой мягкой пшеницы в среднем за 2023–2025 годы находилась на уровне $3,23 \text{ т/га}$ ($CV = 5,47\%$). Достоверных различий по этим признакам за годы исследований не наблюдали.

По результатам корреляционного анализа (рис. 3) отмечена сильная прямая корреляция урожайности, массы зерна колоса и содержания в зерне белка с площадью листа и общей ассимиляционной поверхностью растений в фазе кущения ($r = 0,817...0,998$) и обратная с накоплением сухой надземной биомассы ($r = -0,954...0,999$). Полученные данные свидетельствуют о конкуренции между накоплением сухого вещества в вегетативной и генеративной частях растений, что подтверждается другими исследователями [11].

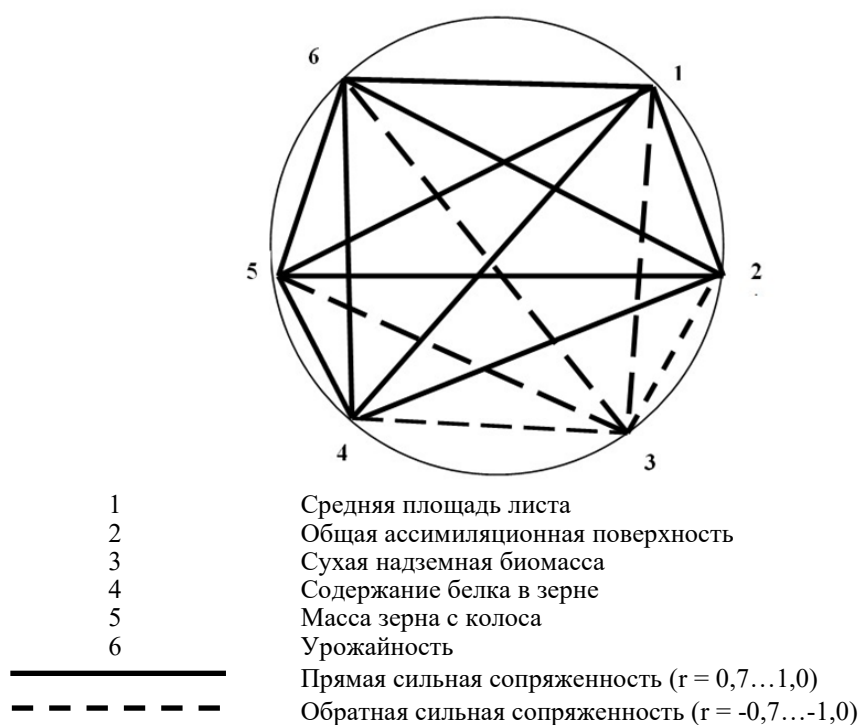


Рис. 3 – Корреляционная взаимосвязь основных показателей развития растений яровой мягкой пшеницы (фаза кущения), урожайности и качества зерна

Fig. 3 – Correlation relationship between the main development indicators of spring soft wheat plants (tillering stage), yield, and grain quality

Выводы. Основные показатели роста и развития растений сорта яровой мягкой пшеницы Тарская 12 в фазе кущения сильно варьировали в зависимости от условий года ($CV > 20\%$). Масса зерна колоса, урожайность и содержание белка в зерне яровой мягкой пшеницы находились в сильной прямой зависимости от площади листа и общей ассимиляционной поверхности растений в фазе кущения ($r = 0,817...0,998$), при обратной

корреляции с накоплением сухой надземной биомассы ($r = -0,954...0,999$).

Сведения о финансировании. Работа выполнена в рамках реализации мероприятий, соответствующих программе «Создание селекционно-семеноводческих центров в области сельского хозяйства для создания и внедрения в агропромышленный комплекс современных технологий на основе собственных разработок научных и образовательных

организаций», в целях достижения результата Федерального проекта «Реализация Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства и научное обеспечение развития отраслей агропромышленного комплекса» государственной программы

Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», в рамках исполнения соглашения о предоставлении из Федерального бюджета грантов в форме субсидий № 075-15-2025-192 от 17.04.2025 года.

Литература

1. Продуктивность агроценозов и качество зерна пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации / В. И. Усенко, С. В. Усенко, В. П. Олешко и др. // Земледелие. 2018. №8. С. 30–33. doi:10.24411/0044-3913-2018-10809.
2. Шайдаюк Е. Л., Юсов В. С., Гульяева Е. И. Популяционные исследования возбудителя бурой ржавчины на твердой пшенице в Омской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 54. С. 64–69.
3. Curtis T., Halford N. G. Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety // Annals of Applied Biology. 2014. Vol. 164. No. 3. P. 354–372. doi: 10.1111/aab.12108.
4. Ravindra Korake S. Sh., Bharad R. Effect of balance dose of fertilizers and irrigation on yield and yield component of wheat cultivar // International journal of current microbiology and applied sciences. 2021. Vol. 10. No. 4. P. 860–868. doi: 10.20546/ijemas.2021.1004.090.
5. Влияние метеорологических условий на урожайность сортов яровой пшеницы в условиях Западного Казахстана / В. И. Цыганков, Б. Е. Губашева, А. В. Цыганков и др. // Наука и образование. 2023. № 3-2 (72). С. 107–117. doi: 10.52578/2305-9397-2023-3-2-107-117.
6. Доронин В. Г., Ледовский Е. Н. Обзор распространения сорняков на полях Омской области и основные меры борьбы с ними в 2020 году // Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур Омской области в 2019 году и прогноз развития вредных объектов в 2020 году. Омск: М-во сел. хоз-ва Рос. Фед., Рос. с.-х. центр по Ом. обл., 2018. С. 116–124.
7. Аникеев В. В., Кутузов Ф. Ф. Новый способ определения площади листовой поверхности у злаков // Физиология растений. 1961. Т. 8. Вып. 3. С. 375–377.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
9. Спектральные характеристики сортов пшеницы при биотическом стрессе / Т. А. Гурова, Д. Н. Клименко, О. С. Луговская и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 10. С. 71–75.
10. Сравнительное изучение сортов твердой пшеницы по элементам продуктивности и пластичности / М. Н. Кирьякова, М. Г. Евдокимов, В. С. Юсов и др. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2019. № 3 (52). С. 33–39. doi: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-33-39.
11. Юсова О. А., Белан И. А. Фотосинтетическая активность и продуктивность яровой мягкой пшеницы среднеранней группы спелости питомника КАСИБ в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 103–108. doi: 10.18286/1816-4501-2018-3-103-109.

References

1. Usenko VI, Usenko SV, Oleshko V P. [Productivity of agroecosystems and quality of wheat grain depending on soil cultivation and intensification means]. Zemledele. 2018; 8. 30-33 p. doi:10.24411/0044-3913-2018-10809.
2. Shaydayuk EL, Yusov VS, Gulyaeva EI. [Population studies of the causative agent of brown rust on durum wheat in Omsk region]. Izvestiya Sankt-Petersburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; 54. 64-69 p.
3. Curtis T, Halford NG. Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. Annals of Applied Biology. 2014; Vol.164. No.3. 354-372 p. doi: 10.1111/aab.12108.
4. Ravindra Korake SSH, Bharad R. Effect of balance dose of fertilizers and irrigation on yield and yield component of wheat cultivar. International journal of current microbiology and applied sciences. 2021; Vol.10. No.4. 860-868 p. doi: 10.20546/ijemas.2021.1004.090.
5. Tsygankov VI, Gubasheva BE, Tsygankov AV. [Influence of meteorological conditions on spring wheat varieties productivity in Western Kazakhstan]. Nauka i obrazovanie. 2023; 3-2 (72). 107-117 p. doi: 10.52578/2305-9397-2023-3-2-107-117.
6. Doronin VG, Ledovskiy EN. Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaystvennykh kultur Omskoy oblasti v 2019 godu i prognoz razvitiya vrednykh obektov v 2020 godu. [Review of weed distribution in the fields of Omsk region and main measures to combat them in 2020]. Omsk: M-vo sel. khoz-va Ros. Fed., Ros. s.-kh. tsentr po Om. obl. 2018; 116-124 p.
7. Anikeev VV, Kutuzov FF. [A new method for determining leaf surface area of cereal crops]. Fiziologiya rasteniy. 1961; Vol.8. Issue 3. 375-377 p.
8. Dospikhov BA. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). [Methodology of field experiments (with the basics of statistical processing of research results)]. 5-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat. 1985; 351 p.
9. Gurova TA, Klimenko DN, Lugovskaya OS. [Spectral characteristics of wheat varieties under biotic stress]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019; Vol.33. 10. 71-75 p.
10. Kiryakova MN, Evdokimov MG, Yusov VS. [Comparative study of durum wheat varieties by productivity and plasticity elements]. Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet). 2019; 3 (52). 33-39 p. doi: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-33-39.
11. Yusova OA, Belan IA. [Photosynthetic activity and productivity of spring soft wheat of mid-early maturity group of KASIB nursery in the conditions of southern forest-steppe of Western Siberia]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2018; 3. 103-108 p. doi: 10.18286/1816-4501-2018-3-103-109.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах:

Николаев Петр Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией селекции зернофуражных культур Омского аграрного научного центра (644012, Российская Федерация, г. Омск, пр-кт Королева, д.26), e-mail: nikolaev@anc55.ru, ORCID 0000-0002-5192-2967

Юсова Оксана Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией биохимии и физиологии растений Омского аграрного научного центра (644012, Российская Федерация, г. Омск, пр-кт Королева, д.26), e-mail: yusova@anc55.ru, ORCID 0000-0003-3679-8985

Шулико Наталья Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией микробиологии Омского аграрного научного центра (644012, Российская Федерация, г. Омск, пр-кт Королева, д.26), e-mail: shuliko@anc55.ru, ORCID 0000-0001-5641-434X

Тукмачева Елена Васильевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии Омского аграрного научного центра (644012, Российская Федерация, г. Омск, пр-кт Королева, д.26), e-mail: tukmacheva@anc55.ru, ORCID 0000-0002-1312-3881

Вклад авторов:

П.Н. Николаев – валидация, курирование данных, написание – рецензирование и редактирование, научное руководство;

О.А. Юсова – концептуализация, методология, написание – первоначальный вариант текста, визуализация, управление проектом;

Н.Н. Шулико – проведение исследований;

Е.В. Тукмачева – проведение исследований.

Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила 04.07.2025; одобрена после рецензирования 31.03.2026; принята к публикации 01.04.2026.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Authors:

Nikolaev Petr Nikolaevich – Ph.D. of Agricultural Sciences, leading researcher, Head of Forage Crop Breeding Laboratory Omsk Agrarian Scientific Center (26 Koroleva Avenue, Omsk, 644012, Russian Federation), e-mail: nikolaev@anc55.ru, ORCID 0000-0002-5192-2967

Yusova Oksana Aleksandrovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, leading researcher, Head of Plant Biochemistry and Physiology Laboratory Omsk Agrarian Scientific Center (26 Koroleva Avenue, Omsk, 644012, Russian Federation), e-mail: yusova@anc55.ru, ORCID 0000-0003-3679-8985

Shuliko Natalya Nikolaevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, leading researcher, Head of Microbiology Laboratory Omsk Agrarian Scientific Center (26 Koroleva Avenue, Omsk, 644012, Russian Federation), e-mail: shuliko@anc55.ru, ORCID 0000-0001-5641-434X

Tukmacheva Elena Vasilevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, leading researcher of Microbiology Laboratory Omsk Agrarian Scientific Center (26 Koroleva Avenue, Omsk, 644012, Russian Federation), e-mail: tukmacheva@anc55.ru, ORCID 0000-0002-1312-3881

Contribution of the authors:

P.N. Nikolaev – Validation, Data curation, Writing — review & Editing, Supervision;

O.A. Yusova – Conceptualization, Methodology, Writing — original draft, Visualization, Project administration;

N.N. Shuliko – Investigation;

E.V. Tukmacheva – Investigation.

The authors have reviewed and approved the final manuscript.

Submitted 04.07.2025; revised 31.03.2026; accepted 01.04.2026.

