

## СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.11:632.111.6

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-3-7

### ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ВОДЫ В РАСТЕНИЯХ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОСТРОЙ ЗАСУХИ

**В.А. Голубова**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии растений, Valya\_17@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-5340-4901;

**В.Л. Газе**, младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Водный режим растений, характерный для определенного сорта, во многом определяет устойчивость растений к засухе. Засуха влияет, прежде всего, на такие показатели, как водопоглощающая способность, водоудерживающая способность, водный дефицит и изменение общей оводненности в процессе онтогенеза. Изучение и учет одновременно ряда параметров водного режима позволяют значительно повысить достоверность оценки растений по засухоустойчивости. Цель исследований состоит в изучении водного режима растений озимой мягкой пшеницы в условиях острой засухи и отборе перспективных образцов для селекции на засухоустойчивость. Материалом для исследования послужили 7 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Исследования проводили в 2017–2019 гг. на экспериментальной площадке (засушник) лаборатории физиологии растений в условиях острой засухи 30% ПВ. По результатам исследований выделены сорта Жаворонок, Вольница и Вольный Дон, которые характеризуются наибольшим приростом водопоглощающей способности (от 40,0 до 41,1%), минимальным увеличением водного дефицита (1,3–2,1%) и наименьшим снижением общей оводненности тканей (3,2–3,8%) в процессе усиления засухи благодаря адаптивности к условиям водного стресса. Данные образцы рекомендуется вовлекать в селекционный процесс, направленный на создание засухоустойчивых сортов озимой мягкой пшеницы.

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, сорт, водный режим, водопоглощающая способность, оводненность, засухоустойчивость.

**Для цитирования:** Голубова В.А., Газе В.Л. Изучение механизмов регуляции воды в растениях сортов озимой мягкой пшеницы в условиях острой засухи // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 3–7. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-3-7.



### THE STUDY OF THE WATER REGULATION MECHANISMS IN THE WINTER BREAD WHEAT VARIETIES UNDER AN ACUTE DROUGHT

**V.A. Golubova**, Candidate of Biological Sciences, researcher of the laboratory for plant physiology, Valya\_17@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-5340-4901;

**V.L. Gaze**, junior researcher of the laboratory for plant physiology, ORCID ID: 0000-0002-4618-6125  
Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Water regime of plants, characteristic of a certain variety, largely determines the resistance of plants to drought. Drought affects, first of all, such indicators as water absorption capacity, water retention capacity, water deficit and changes in total water content in the process of ontogenesis. Studying and taking into account a number of parameters of water regime can significantly increase the reliability of the assessment of plants for drought resistance. The purpose of the current study was to investigate the water regime of the winter bread wheat varieties under an acute drought and to select promising samples for breeding for drought resistance. The objects for the study were 7 winter bread wheat varieties developed by the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy". The study was carried out on the experimental plot (zasushnik) of the laboratory for plant physiology under an acute drought of 30% PV in 2017–2019. According to the study results, there have been identified the varieties 'Zhavoronok', 'Volnitsa' and 'Volny Don', which were characterized by the largest increase in water-absorbing capacity (from 40.0 to 41.1%); by a minimum increase in water deficit (1.3–2.1%); by the smallest decrease (3.2–3.8%) in the total water content in fibers due to adaptability to water stress conditions in spite of increasing drought. There has been recommended to introduce these samples into the breeding process aimed at developing drought-resistant winter bread wheat varieties.

**Keywords:** winter bread wheat, variety, water regime, water absorption capacity, water content, drought resistance.

**Введение.** Одним из важнейших требований при формировании агроценозов является адаптация растений к условиям окружающей среды. Основной задачей селекции сельскохозяйственных культур является создание новых

устойчивых к засухе генотипов, превосходящих по своим биологическим и хозяйственно-ценным признакам и свойствам, выращиваемых в производственных посевах (Марченков и др., 2017; Shinozaki and Yamaguchi-Shinozaki, 2007).

В связи с аридизацией климата в большинстве регионов России наблюдается учащение неблагоприятных периодов во время вегетации растений. Поэтому отбор селекционного материала только на высокую продуктивность может повлиять на снижение потенциальной урожайности сортов под влиянием жёстких агроклиматических условий (Лиховидова и Ионова, 2020; Budak et al., 2013).

При достаточно продолжительных и глубоких водных стрессах часто становятся необратимыми нарушения метаболических процессов, что приводит к значительному снижению продуктивности растений (Mir et al, 2012; Некрасова и др., 2020).

Засуха оказывает влияние на фотосинтез, дыхание, активность ферментов, ростовые процессы. Но основное влияние она оказывает на водный режим растений, а прежде всего, на такие показатели, как водопоглощающая способность, водоудерживающая способность, водный дефицит и изменение общей оводнённости в процессе онтогенеза (Осипова и др., 2020).

Водный режим растений, характерный для определенного сорта, во многом определяет устойчивость растений к засухе. Изучение и учет одновременно ряда параметров водного режима позволяют значительно повысить достоверность оценки растений по засухоустойчивости (Шаманин и др., 2016).

Цель исследований состоит в изучении водного режима растений озимой мягкой

пшеницы в условиях острой засухи и отборе перспективных образцов для селекции на засухоустойчивость.

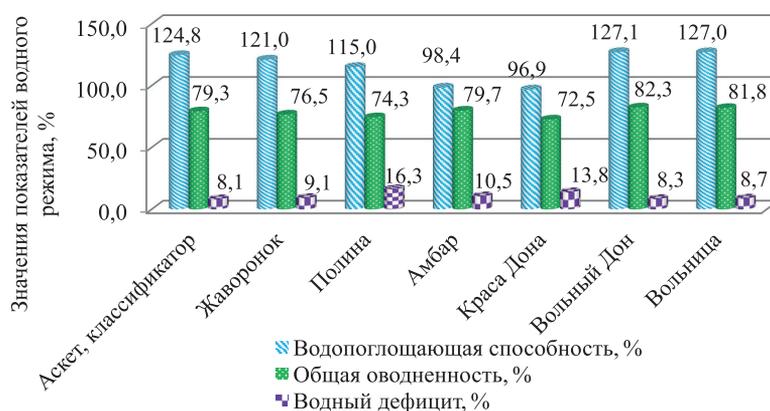
#### Материалы и методы исследований.

Материалом для исследования послужили 7 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Работу проводили в 2017–2019 гг. на экспериментальной площадке (засушник) лаборатории физиологии растений в условиях острой засухи 30% ПВ. Листья отбирали в фазы колошения и цветения растений озимой мягкой пшеницы. Оценивали водный режим растений по методике Г.В. Удовенко (1988), сорт-классификатор – Аскет.

Обработку информации выполняли с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel 2010.

**Результаты и их обсуждение.** Растения пшеницы реагируют на засуху морфологическими и физиологическими изменениями во всех частях растений. На клеточном уровне реакция растений на дефицит воды может привести как к повреждениям клеток, так и к проявлению адаптивных процессов.

Водопоглощающая способность тканей листьев озимой мягкой пшеницы указывает на способность сортов поглощать и удерживать в порах и капиллярах воду. В среднем за годы исследований в фазу колошения данный показатель изменялся от 96,9 (Краса Дона) до 127,1% (Вольный Дон). У сорта-классификатора Аскет водоудерживающая способность имела значения 124,8% (рис. 1).



**Рис. 1.** Показатели водного режима листьев сортов озимой мягкой пшеницы в фазу колошения (2017–2019 гг.)

**Fig. 1.** Indicators of the water regime of the leaves of the winter bread wheat varieties in the heading phase (2017–2019)

По данному показателю достоверно превысили сорт-классификатор Аскет сорта Вольница (127,0%) – на 2,2% и Вольный Дон (127,1%) – на 2,3% ( $HC_{05} = 1,7\%$ ).

Общая оводнённость тканей листьев озимой мягкой пшеницы изменялась от 72,5 (Краса Дона) до 82,3% (Вольный Дон), у сорта-классификатора Аскет – 79,3%. Достоверное превышение значений данного показателя над значениями классификатора зафиксировано у сортов Вольница (81,8%) и Вольный Дон

(82,3%), превышение составило от 2,5 до 3,0% ( $HC_{05} = 2,4\%$ ). Эти образцы характеризовались высоким уровнем общей оводнённости тканей листьев.

Засуха является результатом действия высоких температур, а также водного дефицита. Водный дефицит в тканях листьев возрастал из-за уменьшения общей оводнённости и варьировал в пределах 8,1 (Аскет, классификатор) – 16,3% (Полина). Самый низкий уровень дефицита влаги отмечен у сортов Аскет

(8,1%), Вольный Дон (8,3%), Вольница (8,7%) и Жаворонок (9,1%).

Развитие и сохранность растений в условиях засухи в значительной степени зависит

от обеспеченности клеток водой. Содержание воды в листьях изменялось от 59,7 (Вольный Дон) до 78,1% (Аскет) (табл. 1).

### 1. Содержание воды в листьях озимой мягкой пшеницы в фазу колошения (2017–2019 гг.) 1. Water content in the leaves of the winter bread wheat in the heading phase (2017–2019)

Сорт	Содержание воды в листьях, % от сырой массы	Утрачено воды листьями через 18 часов, %	Листья, восстановительный тургор, %	Время потери листьями 40 % воды
Аскет, сорт-классификатор	78,1	25,3	100,0	25 час 50 мин
Жаворонок	63,8	27,6	90,0	22 час 40 мин
Полина	62,6	33,8	82,0	22 час 00 мин
Амбар	59,8	37,6	73,0	20 час 50 мин
Краса Дона	66,8	32,6	77,0	21 час 30 мин
Вольный Дон	59,7	30,0	80,2	22 час 40 мин
Вольница	65,4	35,3	73,9	19 час 00 мин

Спустя 18 часов увядания листьями было утрачено от 25,3 до 37,6% влаги. Водоотдача имеет большое значение в качестве одной из характеристик засухоустойчивости растений. Она показывает разный характер изменений водоудерживающей способности листьев различных по засухоустойчивости сортов пшеницы при прогрессирующей засухе. В условиях недостаточного увлажнения, происходит усиление взаимодействия белков с водой, т. е. увеличение количества связанной воды, результатом чего является повышение стабильности цитоплазмы и увеличение водоудерживающей способности клеток, что позволяет растениям переносить длительную засуху. Последующее восстановление тургора показало у сортов Жаворонок и Аскет высокую репарацию (90,0–100,0%) с минимальными повреждениями листьев.

Исследуемые сорта за разный период времени от 19 часов 00 минут (Вольница) до 25 часов 50 минут (Аскет) в условиях искусственного увядания теряли критический процент содержания воды (40%). Наиболее медленная потеря воды отмечена у сортов Аскет (25 часов 50 минут), Жаворонок, Вольный Дон (22 часов 40 минут), Полина (22 часов 00 минут).

Водный стресс в репродуктивной стадии развития растений приводит к стерильности колосков пшеницы, во время цветения влияет в основном на размер зерна, а стресс в период развития пыльца молодой микроспоры влечет прерыванием развития и уменьшением количества зерен. В фазу цветения в среднем за годы исследований водопоглощающая способность тканей листьев озимой мягкой пшеницы увеличилась и находилась в пределах от 127,7 (Краса Дона) до 167,3% (Вольница) (рис. 2).

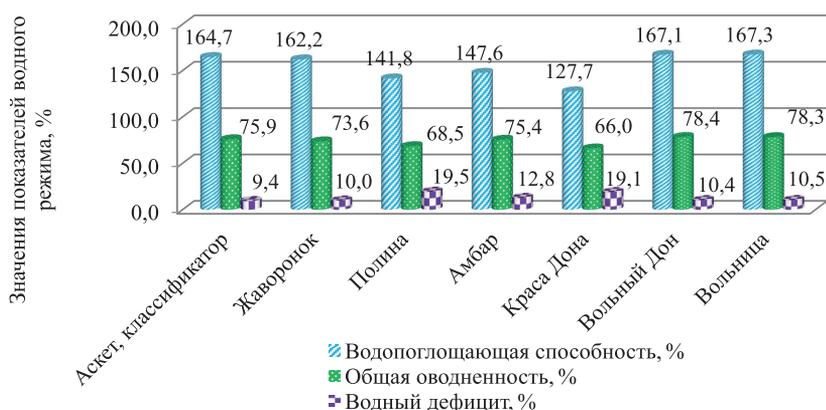


Рис. 2. Показатели водного режима листьев сортов озимой мягкой пшеницы в фазу цветения (2017–2019 гг.)  
Fig. 2. Indicators of the water regime of the leaves of the winter bread wheat varieties in the flowering phase (2017–2019)

В фазу цветения выделились образцы, достоверно превысившие сорт-классификатор Аскет (164,7%) по значениям водопоглощающей способности такие, как Вольный Дон (167,1%) – на 2,4% и Вольница (167,3%) – на 2,6% ( $HCp_{05} = 0,6\%$ ).

Общая оводненность листьев изменялась от 66,0% (Краса Дона) до 78,4% (Вольный Дон), у сорта-классификатора Аскет данный показатель составил 75,9%. Достоверное превышение значений этого показателя над классификатором Аскет зафиксировано у сортов Вольница

(78,3%) – на 2,4%, и Вольный Дон (78,4%) – на 2,5% ( $НСР_{05} = 1,6\%$ ).

При нарастающей засухе к фазе цветения показатели дефицита влаги в тканях листьев сортов пшеницы находились в пределах 9,4 (Аскет, классификатор) – 19,5% (Полина). Наименьшим водным дефицитом характеризовались образцы Вольный Дон (10,4%), Вольница (10,5%) и Жаворонок (10,6%).

Содержание воды в листьях составляло 58,6–68,2% от сырой массы. Увядание в течение 18 часов привело к потере влаги листьями от 39,1 (Вольный Дон) до 55,8% (Амбар). Сорта Жаворонок и Аскет восстановили 90,0 и 98,0% тургора тканей листовых пластин соответственно (табл. 2).

## 2. Содержание воды в листьях озимой мягкой пшеницы в фазу цветения (2017–2019 гг.) 2. Water content in the leaves of the winter bread wheat in the flowering phase (2017–2019)

Сорт	Содержание воды в листьях, % от сырой массы	Утрачено воды листьями через 18 часов, %	Листья, восстановительный тургор, %	Время потери листьями 40% воды
Аскет, сорт классификатор	68,2	40,9	98,0	18 час 00 мин
Жаворонок	62,0	39,8	90,0	18 час 00 мин
Полина	62,2	44,5	86,0	17 час 30 мин
Амбар	65,8	55,8	79,0	16 час 10 мин
Краса Дона	58,6	42,6	79,0	18 час 10 мин
Вольный Дон	64,3	39,1	88,0	18 час 30 мин
Вольница	62,1	45,7	84,0	16 час 10 мин

В фазу цветения сорта более интенсивно теряли критический процент содержания воды (40%). Время потери было в пределах от 16 часов 10 минут (Амбар, Вольница) до 18 часов 30 минут (Вольный Дон).

Неблагоприятное действие засухи на растение зависит от продолжительности влияния водного дефицита и способности сортов управлять водным режимом в условиях стресса на протяжении всего онтогенеза. Нами проведена оценка изменения водопоглощающей способности, общей оводненности и водного

дефицита выделившихся сортов от фазы колошения к фазе цветения.

Выделены сорта Жаворонок, Вольница и Вольный Дон, которые характеризуются наибольшим приростом водопоглощающей способности (от 40,0 до 41,1%), минимальным увеличением водного дефицита (1,3–2,1%) и наименьшим снижением общей оводненности тканей (3,2–3,8%) при переходе от фазы колошения к фазе цветения, благодаря адаптивности к условиям водного стресса (табл. 3).

## 3. Характеристика сортов озимой мягкой пшеницы, выделившихся по показателям водного режима (2017–2019 гг.) 3. Characteristics of the winter bread wheat varieties, distinguished by the indicators of the water regime (2017–2019)

Сорт	Водопоглощающая способность, %			Водный дефицит, %			Общая оводненность, %		
	колошение	цветение	+ от фазы к фазе	колошение	цветение	+ от фазы к фазе	колошение	цветение	– от фазы к фазе
Аскет, сорт-классификатор	124,6	164,8	40,1	8,1	9,4	1,3	79,1	75,9	3,2
Жаворонок	122,0	163,1	41,1	9,1	10,6	1,3	76,5	73,6	3,2
Вольница	127,0	167,3	40,3	8,7	10,5	1,8	81,8	78,2	3,6
Вольный Дон	127,1	167,1	40,0	8,3	10,4	2,1	82,2	78,4	3,8

**Выводы.** Сущность адаптации растений к засухе сводится к обеспеченности клеток и тканей водой, к поддержанию структурной и функциональной целостности растительного организма, что обеспечивает рост и образование репродуктивных органов в условиях недостаточного водоснабжения. Понимание того, как растения используют воду в периоды засухи, имеет первостепенное значение для выявления и выбора наиболее адаптированных генотипов к неблагоприятным условиям среды. Поэтому для производства нужны сорта, экономно расходующие воду во вре-

мя засухи и хорошо отзывающиеся на увлажнение. По результатам исследований выделены сорта Жаворонок, Вольница и Вольный Дон, которые характеризуются наибольшим приростом водопоглощающей способности (от 40,0 до 41,1%), минимальным увеличением водного дефицита (1,3–2,1%) и наименьшим снижением общей оводненности тканей (3,2–3,8%), благодаря адаптивности к условиям водного стресса. Данные образцы рекомендуются вовлекать в селекционный процесс, направленный на создание засухоустойчивых сортов озимой мягкой пшеницы.

## Библиографические ссылки

1. Лиховидова В.А., Ионова Е.В. Влияние засушливых условий выращивания на водный дефицит и содержание хлорофилла сортов озимой твердой пшеницы, различающихся по продуктивности // Аграрная наука. 2020. 5. С. 72–75. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-72-75>.
2. Марченков Л.А., Давыдова Н.В., Чавдарь Р.Ф. Оценка адаптивности сортов и линий яровой пшеницы на фоне искусственно моделируемых стрессов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 5(151). 2017. С. 9–15.
3. Некрасова О.А., Кравченко Н.С., Игнатьева Н.Г., Марченко, Д.М., Иванисов, М.М. Качество зерна сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от предшественника // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4(70). С. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-31-35.
4. Осипова С.В., Рудиковский А.В., Пермяков А.В., Рудиковская Е.Г., Пермякова М.Д., Верхотуров В.В., Пшеничникова Т.А. Физиологические реакции линий пшеницы (*Triticum aestivum* L.) с генетически различным опушением листа на водный дефицит // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. 24(8). С. 813–820. DOI 10.18699/VJ20.678.
5. Удовенко Г.В. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство). Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР), 1988. 228 с.
6. Шаманин В.П., Трущенко А.Ю., Пинкаль А.В. Проблема засухоустойчивости яровой мягкой пшеницы в Западной Сибири и современные экспресс-методы её оценки в полевых условиях // Вестник НГАУ. 3(40) 2016. С. 57–64.
7. Budak H., Kantar M., Yucebilgili Kurtoglu, K. Drought tolerance in modern and wild wheat. Sci. World J., V. 2013. Article number 548246.
8. Mir R.R., Zaman-Allah M., Sreenivasulu N., Trethowan R., Varshney R.K. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. Theor. Appl. Genet., V. 125. 2012 p. 625–645.
9. Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. J. Expt. Bot, 58, 2007 p. 221–227. DOI: 10.1093/jxb/erl164.

## References

1. Lihovidova V.A., Ionova E.V. Vliyanie zasushlivykh usloviy vyrashchivaniya na vodnyj deficit i sodержание hlorofilla sortov ozimoy tverdoj pshenicy, razlichayushchihsya po produktivnosti [The effect of dry growing conditions on water deficit and chlorophyll content of winter durum wheat varieties differing in productivity] // Agrarnaya nauka. 2020. 5. S. 72–75. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-72-75>.
2. Marchenkov L.A., Davydova N.V., CHavdar' R.F. Ocenka adaptivnosti sortov i linij yarovoj pshenicy na fone iskusstvenno modeliruemykh stressov [Estimation of the adaptability of spring wheat varieties and lines against the background of artificially simulated stresses] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 5(151). 2017. S. 9–15.
3. Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Ignat'eva N.G., Marchenko, D.M., Ivanisov, M.M. Kachestvo zerna sortov ozimoy myagkoj pshenicy v zavisimosti ot predshestvennika [Grain quality of winter bread wheat varieties depending on the forecrop] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 4(70). S. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-31-35.
4. Osipova S.V., Rudikovskij A.V., Permyakov A.V., Rudikovskaya E.G., Permyakova M.D., Verhoturov V.V., Pshenichnikova T.A. Fiziologicheskie reakcii linij pshenicy (*Triticum aestivum* L.) s geneticheski razlichnym opusheniem lista na vodnyj deficit [Physiological reactions of wheat lines (*Triticum aestivum* L.) with genetically different leaf pubescence to water deficit] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2020. 24(8). S. 813–820. DOI 10.18699/VJ20.678.
5. Udovenko G.V. Diagnostika ustojchivosti rastenij k stressovym vozdejstviyam (metodicheskoe rukovodstvo) [Diagnostics of plant resistance to stress (methodological recommendations)]. Vsesoyuznyj NII rasteniievodstva im. N.I. Vavilova (VIR), 1988. 228 s.
6. SHamanin V.P. Trushchenko A.YU., Pinkal' A.V. Problema zasuhoustojchivosti yarovoj myagkoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri i sovremennye ekspress-metody eyo ocenki v polevykh usloviyah [The problem of drought resistance of spring bread wheat in Western Siberia and modern express methods for its estimation in the field] // Vestnik NGAU. 3(40) 2016. S. 57–64.
7. Budak H., Kantar M., Yucebilgili Kurtoglu, K. Drought tolerance in modern and wild wheat. Sci. World J., V. 2013. Article number 548246.
8. Mir R.R., Zaman-Allah M., Sreenivasulu N., Trethowan R., Varshney R.K. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. Theor. Appl. Genet., V. 125. 2012 r. 625–645.
9. Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. J. Expt. Bot, 58, 2007 r. 221–227. DOI: 10.1093/jxb/erl164.

Поступила: 6.07.2021; принята к публикации: 12.07.21.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Голубова В.А. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Газе В.Л. – проведение лабораторных опытов и сбор данных.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**