

УДК 633.174+633.62+633.282:632.111

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-115-119

В.Л. Газе ✉,
И.А. Лобунская,
П.И. Костылев,
В.В. Ковтунов

Аграрный научный центр «Донской»
Зерноград, Ростовская обл., Россия

✉ I.fiziologii@yandex.ru

Поступила в редакцию:
13.02.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-115-119

Valentina L. Gaze ✉,
Irina A. Lobunskaya,
Pavel I. Kostylev,
Vladimir V. Kovtunov

Agricultural Research Center «Donskoy»,
Zernograd, Rostov region, Russia

✉ I.fiziologii@yandex.ru

Received by the editorial office:
13.02.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

Оценка образцов сорго зернового, сахарного и травянистого на устойчивость к низким положительным температурам

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Повышение холодоустойчивости теплолюбивых сельскохозяйственных культур — актуальная проблема селекции. При прорастании семена и всходы подвергаются воздействию температурного стресса, оказывающего негативное влияние на растения, в связи с чем происходит увеличение длительности вегетационного периода, снижаются урожайность и качество продукции. В статье представлены экспериментальные данные оценки устойчивости к низким положительным температурам сорго зернового, сахарного и травянистого селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Цель исследования — выявить источники, толерантные к холоду селекционного материала сорго зернового, сахарного и травянистого.

Методы. Исследования были проведены в лаборатории физиологии растений ФГБНУ «АНЦ «Донской» с 2019 по 2022 год. Диагностику холодоустойчивости проводили на начальном этапе развития растений методом, при котором семена проращивали в условиях воздействия низких положительных температур (8 °C) с последующим их доращиванием при оптимальной температуре (25 °C).

Результаты. Выявлены устойчивые к пониженным температурам сорта разных видов сорго. Всхожесть семян при низких положительных температурах составила у сорго травянистого и сахарного 93,4% и 91,4%, а зернового — 79,1%. Выделены холодоустойчивые образцы разных видов сорго, отличающиеся высокими значениями всхожести и интенсивностью роста семян в начальный период: зерновое (Деметра x ЗСК 404/17, Деметра x Уч. 42/20, Деметра x ЗСК 20/10), сахарное (Деметра x КД-388, Деметра x Южное, АПВ-1115 x КЛ 12198), травянистое (АПВ-1115 x Ч 4, Деметра x ЛИК-2011, АПВ 1115 x Св. 4).

Ключевые слова: сорго зерновое, сахарное, травянистое, холодоустойчивость, всхожесть, проросток, корешок, группа устойчивости

Для цитирования: Газе В.Л., Лобунская И.А., Костылев П.И., Ковтунов В.В. Оценка образцов сорго зернового, сахарного и травянистого на устойчивость к низким положительным температурам. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 115–119. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-115-119>

© Газе В.Л., Лобунская И.А., Костылев П.И., Ковтунов В.В.

Estimation of the grain, sweet and grass sorghum samples for resistance to low above zero temperatures seedlings

ABSTRACT

Relevance. Increasing the cold resistance of heat-loving crops is an urgent problem of breeding. During germination, seeds and seedlings are exposed to temperature stress, which has a negative effect on plants, and therefore the duration of the growing season increases, yields and product quality decrease. The article presents experimental data on the assessment of resistance to low positive temperatures of grain sorghum, sugar and herbaceous selection «ANC «Donskoy». The purpose of the study is to identify sources tolerant to the cold of the breeding material of grain sorghum, sugar and herbaceous.

Methods. The research was conducted in the Laboratory of Plant Physiology of the Federal State Budgetary Institution «ANC «Donskoy» from 2019 to 2022. Diagnostics of cold resistance was carried out at the initial stage of plant development by a method in which seeds were germinated under the influence of low positive temperatures (8 °C), followed by their growth at an optimal temperature (25 °C).

Results. Varieties of different types of sorghum resistant to low temperatures have been identified. Seed germination at low positive temperatures was 93.4% and 91.4% for herbaceous and sugar sorghum, and 79.1% for grain sorghum. There have been identified such cold resistant samples of different sorghum samples, characterized by high germination rates and intensity of seed growth in the initial period as the grain sorghum samples (Demetra x ZSK 404/17', Demetra x Uch. 42/20 and Demetra x ZSK 20/10), the sweet sorghum samples (Demetra x KD-388, Demetra x South and APV-1115 x KL 12198), the grass sorghum samples (APV-1115 x Ch 4, Demetra x LIK-2011 and APV 1115 x Sv. 4).

Key words: grain sorghum, sweet sorghum, grass sorghum, cold resistance, germination, sprout, root, resistance group

For citation: Gaze V.L., Lobunskaya I.A., Kostylev P.I., Kovtunov V.V. Estimation of the grain, sweet and grass sorghum samples for resistance to low above zero temperatures. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 115–119 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-115-119>

© Gaze V.L., Lobunskaya I.A., Kostylev P.I., Kovtunov V.V.

Введение/Introduction

Рост и развитие растений в естественных природных условиях часто проходят при неблагоприятных условиях окружающей среды, а именно под воздействием температурных колебаний [1, 2]. Климатические условия, вызывающие абиотические стрессы, — основные факторы, способствующие снижению стабильности производства продукции растениеводства. В связи с этим применение в селекции различных способов повышения устойчивости растений к стрессу (засуха, низкая и высокая температура, засоление и закисление почв и др.) является важной задачей [3]. Одно из наиболее эффективных решений — это использование в производстве устойчивых (адаптивных) сортов. А.А. Жученко и ряд зарубежных ученых высказывают мнение о существовании различий общей и специфической адаптации. Прямая реакция растений, направленная на обеспечение более высокой продуктивности при варьирующих условиях внешней среды, является специфической, а общая — это генотипическая способность вновь образованных фенотипов адаптироваться к различным агро-климатическим условиям [4].

Способность растения к адаптации в большей степени обуславливается его генотипом. Свойство растения изменять метаболизм в соответствии с условиями окружающей среды говорит о его лучшей способности к адаптации [5].

Сорго относится к семейству мятликовых (*Poaceae*), род *Sorghum Moench*, и насчитывает до 70 видов возделываемого сорго и группу полудиких и диких растений. Культура сорго обладает большой пластичностью, хорошо приспосабливается к почвенно-климатическим условиям выращивания и имеет широкий ареал распространения [6, 7]. Сорго (по происхождению) — тропическое теплолюбивое растение, оптимальные условия для прорастания семян, их роста и развития наступают при температуре 25–30 °C [8, 9]. Посев семян в непрогретую почву (7–8 °C) (или понижение температуры в послепосевной период) отражается на снижении полевой всхожести (семена покрываются плесенью, долго не прорастают), посевы изреженные, зарастают сорняками, снижается урожайность [10, 11]. Сорго очень чувствительно к относительно низким температурам почвы и воздуха, особенно к заморозкам. Воздействие минусовой температуры (в 2–3 °C) вызывает гибель всходов, а всего растения — понижение в фазу «цветение» до +1 °C.

На сегодняшний день остается актуальным вопрос изучения устойчивости растений к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, а именно исследования по выявлению холодоустойчивых сортов, источников и доноров с хозяйственно ценными признаками [11]. Использование этих перспективных генотипов в селекционном процессе внесет положительный вклад в решение проблемы холодоустойчивости сорго.

Цель исследования — выявить источники устойчивости к низким положительным температурам селекционного материала сорго зернового, сахарного и травянистого.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования были проведены в лаборатории физиологии растений ФГБНУ «АНЦ «Донской»» с 2019 по 2022 год. В лабораторных исследованиях изучались

424 образца разных видов сорго (зерновое, сахарное, травянистое). Диагностику холодоустойчивости проводили на начальном этапе развития растений сорго в условиях пониженных температур [12]. Для исследования были отобраны здоровые и неповрежденные семена, которые обеззараживали 0,5%-ным раствором марганцовокислого калия, затем промывали под проточной водой. Семена опытного варианта проращивали в термостате Binder при постоянной температуре (+8 °C), подсчет проводили на 15-е сутки и удаляли проросшие семена, а оставшиеся доращивали еще четыре дня при температуре +25 °C. На 19-й день опыта проводили окончательный учет результатов. В контрольном варианте семена проращивали на дистиллированной воде при температуре 25 °C. Параллельно с учетом данных количества проросших семян на 15-й и 19-й день устанавливалась величина морфометрических показателей (длина ростка, длина корешка и количество корешков) [13].

Холодоустойчивость определяли по формуле:

$$XY = a/b \times 100\%,$$

где: XY — холодоустойчивость, %; а — количество проростков при t = +8 °C; б — количество растений, проросших при t = +8 °C и +25 °C.

В зависимости от прорастания семян (холодоустойчивость) образцы разделяли по группам:

- I. Прорастание более 80% — высокохолодоустойчивые.
- II. 61–80% — устойчивость выше среднего.
- III. 41–60% — среднеустойчивые.
- IV. 21–40% — устойчивость ниже среднего.
- V. 0–20% — неустойчивые.

Варьирование признаков определяли по методике Б.А. Доспехова¹: изменчивость принято считать незначительной или слабой ($V\% \leq 10,0\%$), средней ($V\% = 10,0–20,0\%$), значительной или высокой ($V\% > 20,0\%$).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Несмотря на то что сорго теплолюбивая культура, его растения способны прорасти и давать всходы при пониженных положительных температурах. Холодоустойчивость растений сорго зернового, сахарного и травянистого оценивали по способности семян прорасти в условиях низких положительных температур. Генотипы, характеризующиеся высокими значениями потенциальной холодоустойчивости и сохранением всхожести, являются толерантными к холоду [14]. Сорта разных видов сорго неодинаково реагировали на действие низкотемпературного стресса, который оказал негативное действие на всхожесть семян.

Лабораторная оценка всхожести семян при проращивании в холоде выявила, что наиболее высокие значения холодоустойчивости отмечены у сортов травянистого и сахарного сорго (средние данные всхожести по образцам составили 93,4% и 91,4 % соответственно) (табл. 1).

Образцы сорго зернового реагировали на низкие температуры снижением этого показателя, всхожесть составила 79,1%, что на 14,3% и 12,3 % ниже по срав-

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стер. М.: Альянс. 2011; 350.

Таблица 1. Холодоустойчивость сорго (2019–2022 гг.)
Table 1. Cold resistance of sorghum (2019–2022)

Виды сорго	Количество проросших семян при $t = +8^{\circ}\text{C}$, шт.	Количество проросших семян при $t = +8^{\circ}\text{C}$ и $+25^{\circ}\text{C}$, шт.	Всхожесть, %
Зерновое	77,5	98,0	79,1
Сахарное	89,6	98,0	91,4
Травянистое	91,5	98,0	93,4

нению со всхожестью семян сорго травянистого и сахарного соответственно. Получены экспериментальные результаты, на основании которых изучаемые генотипы были ранжированы на группы устойчивости. Среди видов сорго группу «высокоустойчивые» (всхожесть семян при низких положительных температурах 81–100%) составили 48% сорго зернового, 53% — сахарного, 68% — травянистого. Устойчивость выше средней отмечена у 27% сорго зернового, 19% — сахарного, 14% — травянистого. Среднеустойчивые образцы составляют 16%, 12% и 14% сорго зернового, сахарного и травянистого соответственно. Устойчивость ниже средней выявлена у сорго зернового, сахарного и травянистого — 6%, 9% и 1% соответственно. В группе «неустойчивые к низким температурам» по 3% составляют образцы сорго зернового и травянистого, а 7% — сахарного (рис. 1).

Среди изученных 299 гибридов и линий сорго зернового группы с высокой холодоустойчивостью составляют 48% (143 образца) со всхожестью от 84,8% (Джетта х Уч. 10/21) до 97,7% (Деметра х Уч. 42/20, Деметра х ЗСК 20/10). Максимальные значения всхожести семян от 97,0% (ЗСК 444/16 х Уч. 27/18) до 97,7% (Деметра х Уч. 42/20, Деметра х ЗСК 20/10) отмечены у 10 образцов.

В период прорастания семян сорго сахарного из 43 изучаемых генотипов 53% (23 образца) составляют высокохолодоустойчивые со всхожестью семян от 81,4% (А-63 х ЗР 454/32) до 97,9% (Деметра х КД-388,

Деметра х Южное, АПВ-1115 х КЛ-12198). Наибольшие значения данного признака в условиях проращивания в холоде зафиксированы у 10 образцов — от 96,6% (АПВ-1115 х ЗР-454/442) до 97,9% (Деметра х КД-388).

При изучении сорго травянистого (82 образца) было выявлено 56 шт. (68%), относящихся к группе высокохолодоустойчивых, всхожесть которых варьировала от 82,4% (ФП-1541) до 99,0% (АПВ-1115 х Св. 4). Наиболее высокие значения признака находились в пределах от 97,6% (АПВ-1115 х АЛК-149/1) до 99,0% (АПВ-1115 х Св. 4).

Толерантность к холоду влияла на активность роста и развития проростков. Определяли изменение линейных параметров растений (длина проростка, корня и количество зародышевых корешков), отклонение этих значений при низких положительных температурах от параметров при оптимальных условиях. Изучаемые образцы разных видов сорго значительно различались по длине ростка, которая при оптимальной температуре варьировала от 9,8 до 10,5 см, а при проращивании в холоде — от 1,9 до 2,5 см (табл. 2).

В зависимости от температурного режима проращивания изменялась длина ростка: при оптимальных условиях (25°C) средние значения по всем видам сорго составили 10,2 см, а при 8°C — 2,1 см. Аналогичная реакция на изменение температурных режимов наблюдается по интенсивности роста корешков у всех видов сорго. Средние значения длины корешков по всем

Рис. 1. Распределение образцов сорго по группам холодоустойчивости: а) зерновое, б) сахарное, в) травянистое (2019–2022 гг.)

Fig. 1. Distribution of samples of sorghum according to cold resistance groups: a) grain, b) sweet, c) grass (2019–2022)

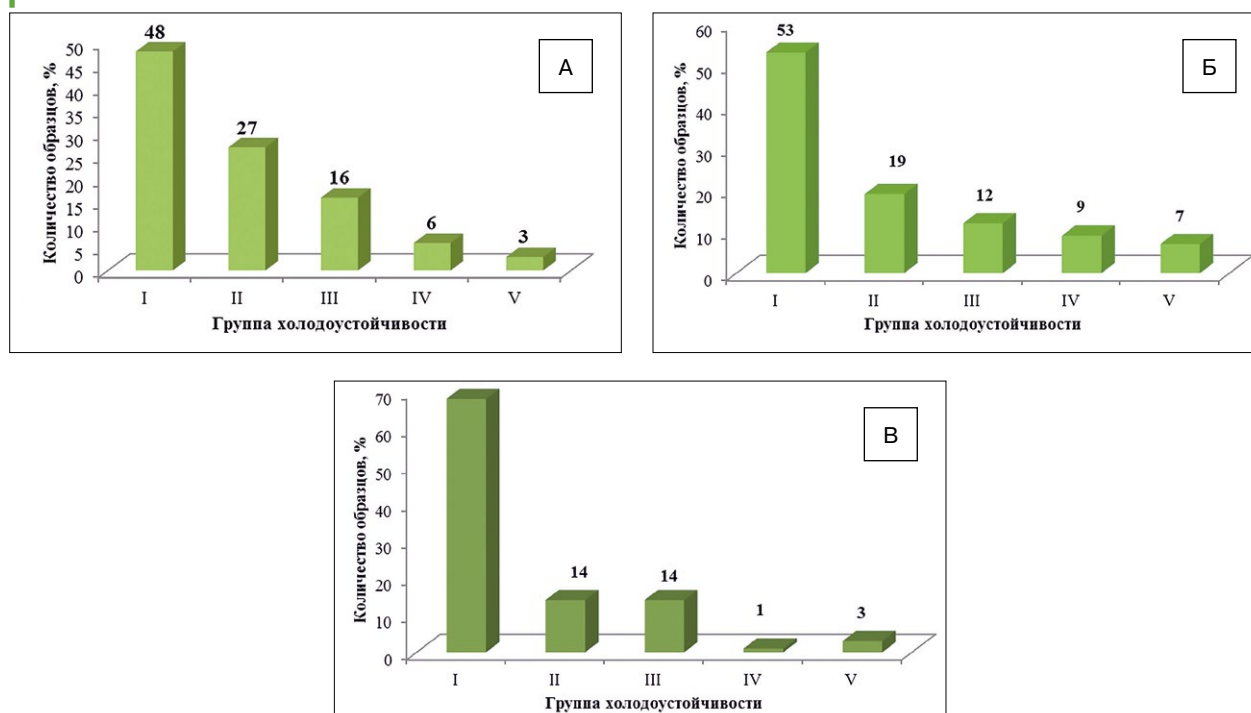


Таблица 2. Морфометрические показатели проростков растений сорго, 2019–2022 гг.
Table 2. Morphometric parameters of sorghum sprouts, 2019–2022

Сорго	Длина ростка, см			Длина корешков, см			Количество корешков, шт.		
	Холодное проращивание (15-й день)	Доращивание (19-й день)	Контроль	Холодное проращивание (15-й день)	Доращивание (19-й день)	Контроль	Холодное проращивание (15-й день)	Доращивание (19-й день)	Контроль
Зерновое	2,0	10,3	10,5	6,5	13,5	13,7	1	3	3
Коэффициент вариации (V%)	11,6	26,0	20,1	17,7	28,3	22,7	–	–	–
Сахарное	2,5	10,5	12,1	7,5	13,7	14,2	1	3	3
Коэффициент вариации (V%)	12,3	25,3	19,7	19,2	29,7	20,9	–	–	–
Травянистое	1,9	9,8	10,2	7,2	13,3	13,9	1	3	3
Коэффициент вариации (V%)	10,1	20,0	18,3	16,6	25,0	20,1	–	–	–
Среднее по всем видам сорго	2,1	10,2	10,9	7,1	13,5	13,9	1	3	3

видам сорго при холодном проращивании составили 7,1 см, а при оптимальных условиях выращивания — 13,5 см. Количество корешков у семян, проросших на 15-й день, — 1 шт., а у проросших на 19-й день — 3 шт. Холодостойкие образцы отличались наибольшей длиной ростков и корешков.

Коэффициенты вариации длины ростка и корешка при проращивании в холоде были средними: у зернового сорго — 11,6% и 17,7%, сахарного — 12,3% и 19,2%, травянистого — 10,1% и 16,6% соответственно. При доращивании всходов и на контроле коэффициенты вариации были высокими — от 20,1 до 29,7%, что свидетельствует о значительной изменчивости признака.

По результатам лабораторных исследований оценки холодоустойчивости разных видов сорго на ранних стадиях развития растений выявлены генотипы, которые могут быть использованы в селекционных программах по созданию сортов, устойчивых к действию пониженных положительных температур воздуха и почвы.

Выводы/Conclusion

Получены экспериментальные данные по изучению холодоустойчивых образцов сорго зернового, сахарного и травянистого. Выявлены сорта травянистого и са-

харного сорго с наибольшей лабораторной всхожестью семян (средние данные всхожести составили 93,4% и 91,4% соответственно), а сорго зерновое реагировало на температурный стресс снижением этого показателя (79,1%).

Первую группу «высокоустойчивые» и вторую группу «устойчивость выше средней» (со всхожестью семян при низких положительных температурах от 61 до 100%) составляют: сорго зерновое — 75%, сахарное — 72%, травянистое — 82%.

Выделены сортообразцы среди трех видов сорго, имеющие максимальные значения всхожести и обладающие наибольшей интенсивностью начального роста семян при температурном стрессе: зерновое (Деметра х ЗСК 404/17, Деметра х Уч. 42/20, Деметра х ЗСК 20/10), сахарное (Деметра х КД-388, Деметра х Южное, АПВ-1115 х КЛ-12198), травянистое (АПВ-1115 х Ч 4, Деметра х ЛИК-2011, АПВ 1115 х Св. 4). Они могут быть использованы в селекционных программах при создании сортов, устойчивых к действию пониженных положительных температур воздуха и почвы на ранних стадиях развития растений, а также для расширения ареала возделывания этой культуры в более северные регионы России.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. Биоразнообразие сорго. *Зерновое хозяйство России*. 2018; (5): 49–52. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-59-5-49-52>
- Смирнова В.С. Биологический потенциал сорго и его холодоустойчивость. XX юбилейные царскосельские чтения: *Материалы Международной научной конференции*. Санкт-Петербург: ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2016; 3: 266–269. <https://elibrary.ru/wnnidf>
- Старчак В.И. Изучение сортообразцов зернового сорго и создание исходного материала для селекции в засушливом Поволжье. *Вестник Вятской ГСХА*. 2020; (1): 5. <https://elibrary.ru/hiajyg>
- Верхоламошкин С.В., Бельченко С.А., Васкина Т.И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] в условиях юго-западной части Центральной России. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; (3): 27–38. <https://elibrary.ru/zidxtt>
- Кибальник О.П., Ефремова И.Г., Семин Д.С., Каменева О.Б., Старчак В.И. Изучение адаптивной способности ЦМС-линий зернового сорго в условиях Нижневолжского региона. *Аграрная наука*. 2020; (11–12): 65–67. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-65-67>

REFERENCES

- Kovtunova N.A., Kovtunov V.V. Biodiversity of sorghum. *Grain Economy of Russia*. 2018; (5): 49–52 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-59-5-49-52>
- Smirnova V.S. Biological potential of sorghum and its cold resistance. XX Anniversary Readings in Tsarskoye Selo. *Proceedings of the International Scientific Conference*. St. Petersburg: Pushkin Leningrad State University. 2016; 3: 266–269 (In Russian). <https://elibrary.ru/wnnidf>
- Starchak V.I. Study of grain sorghum varieties and creation of source material for breeding in the arid Volga region. *Vestnik Vyatskoy GSKhA*. 2020; (1): 5 (In Russian). <https://elibrary.ru/hiajyg>
- Verholamochkin S.V., Belchenko S.A., Vaskina T.I. Agroecological testing of varieties and hybrids of forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in the conditions of the South-Western part of Central Russia. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2021; (3): 27–38 (In Russian). <https://elibrary.ru/zidxtt>
- Kibalnik O.P., Efremova I.G., Semin D.S., Kameneva O.B., Starchak V.I. Study of the adaptive capacity of CMS-lines of grain sorghum in the conditions of the Lower Volga region. *Agrarian science*. 2020; (11–12): 65–67 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-65-67>

6. Романюкин А.Е., Ковтунова Н.А., Шуршалин В.А., Ермолина Г.М. Изменчивость основных элементов продуктивности сахарного сорго. *Зерновое хозяйство России*. 2022; (3): 69–75. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-69-76>

7. Abreha K.B. *et al.* Sorghum in dryland: morphological, physiological and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*. 2022; 255: 20. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7>

8. Emendack Y., Sanchez J., Hayes C., Nesbitt M., Laza H., Burke J. Seed-to-seed early-season cold resiliency in sorghum. *Scientific Reports*. 2021; 11: 7801. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87450-1>

9. Барановский А.В., Садовой А.С., Косогова Т.М. Динамика запасов продуктивности кормовых культур в посевах зернового сорго в зависимости от сроков сева. *Вестник аграрной науки*. 2021; (5): 12–20. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.5.12>

10. Чесалин С.Ф., Смольский Е.В., Нечаев М.М. Реализация потенциала продуктивности кормовых культур в посевах запада Брянской области. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2021; (1): 64–74. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-64-74>

11. Rutayisire A., Lubadde G., Mukayiranga A., Edema R. Response of Sorghum to Cold Stress at Early Developmental Stage. *International Journal of Agronomy*. 2021; 2021: 8875205. <https://doi.org/10.1155/2021/8875205>

12. Удовенко Г.В. (ред.). Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Ленинград: ВИР. 1988; 228. <https://elibrary.ru/yjojdf>

13. Чмелёва С.И., Павлюченкова О.А. Исследование устойчивости *Cucumis sativus* L. к осмотическому стрессу под действием синтетического регулятора роста Циркон. *Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2018; 4(1): 137–147. <https://elibrary.ru/ywxvvp>

14. Семин Д.С., Кибальник О.П., Ефремова И.Г., Куколева С.С., Старчак В.И. Тестирование новых сортов кормового сорго в лабораторных условиях на холодостойкость. *Научное обеспечение устойчивого развития растениеводства в условиях аридизации климата. Материалы Международной заочной научно-практической конференции*. Саратов: Россорго. 2017; 34–39.

6. Romanyukin A.E., Kovtunova N.A., Shurshalin V.A., Ermolina G.M. Variability of the main elements of sweet sorghum productivity. *Grain Economy of Russia*. 2022; (3): 69–75 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-69-76>

7. Abreha K.B. *et al.* Sorghum in dryland: morphological, physiological and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*. 2022; 255: 20. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7>

8. Emendack Y., Sanchez J., Hayes C., Nesbitt M., Laza H., Burke J. Seed-to-seed early-season cold resiliency in sorghum. *Scientific Reports*. 2021; 11: 7801. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87450-1>

9. Baranovsky A.V., Sadovoi A.S., Kosogova T.M. Dynamics of productive moisture reserves in grain sorghum crops depending on sowing time. *Bulletin of agrarian science*. 2021; (5): 12–20 (In Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.5.12>

10. Chesalin S.F., Smolsky E.V., Nechaev M.M. Implementation of the productivity potential of forage crops in the west of the Briansk region. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021; (1): 64–74 (In Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-64-74>

11. Rutayisire A., Lubadde G., Mukayiranga A., Edema R. Response of Sorghum to Cold Stress at Early Developmental Stage. *International Journal of Agronomy*. 2021; 2021: 8875205. <https://doi.org/10.1155/2021/8875205>

12. Udovenko G.V. (ed.). Diagnostics of plant resistance to stress factors. Methodological instructions. Leningrad: All-Union Institute of Plant Industry. 1988; 228 (In Russian). <https://elibrary.ru/yjojdf>

13. Chmeleva S.I., Pavlyuchenkova O.A. Study of the stability of *Cucumis sativus* L. to the osmotic stress under the action of synthetic growth regulator Zircon. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2018; 4(1): 137–147 (In Russian). <https://elibrary.ru/ywxvvp>

14. Semin D.S., Kibalnik O.P., Efremova I.G., Kukoleva S.S., Starchak V.I. Testing of the new fodder sorghum varieties in the laboratory for cold resistance. *Scientific support for the sustainable development of crop production in the conditions of climate aridization. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Saratov: Russian Research and Design and Technological Institute of Sorghum and Corn. 2017; 34–39 (In Russian).

ОБ АВТОРАХ

Валентина Леонидовна Газе,
младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений,
Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл.,
347740, Россия
valentinagaze@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4618-6125>

Ирина Алексеевна Лобунская,
агроном лаборатории физиологии растений,
Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл.,
347740, Россия
lobunskaya95@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1537-8498>

Павел Иванович Костылев,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
главный научный сотрудник лаборатории селекции
и семеноводства риса,
Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл.,
347740, Россия
p-kostylev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4371-6848>

Владимир Викторович Ковтунов,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный
сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго
зернового,
Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740,
Россия
kowtunow85@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>

ABOUT THE AUTHORS

Valentina Leonidovna Gaze,
Junior Researcher at the Laboratory of Plant Physiology,
Agricultural Research Center «Donskoy»,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
valentinagaze@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4618-6125>

Irina Alekseevna Lobunskaya,
Agronomist of the Laboratory of Plant Physiology,
Agricultural Research Center «Donskoy»,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
lobunskaya95@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1537-8498>

Pavel Ivanovich Kostylev,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher
of the Laboratory of Rice Breeding and Seed Production,
Agricultural Research Center «Donskoy»,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region,
347740, Russia
p-kostylev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4371-6848>

Vladimir Viktorovich Kovtunov,
Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher
at the Laboratory of Breeding and Seed Production
of grain sorghum,
Agricultural Research Center «Donskoy»,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region,
347740, Russia
kowtunow85@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>