



Реакция сортов озимой мягкой пшеницы на стрессовое воздействие биотических и абиотических факторов среды

© 2025. Б. И. Сандухадзе, Л. А. Марченкова, Р. З. Мамедов, О. В. Павлова, В. В. Бугрова, М. С. Крахмалёва ✉, Р. Ф. Чавдарь, Т. Г. Орлова, Е. В. Савинов

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская обл., Российская Федерация

Цель исследований – изучить степень устойчивости сортов озимой мягкой пшеницы к осмотическому, солевому и анаэробному стрессам на начальных этапах роста растений для отбора селекционно-ценных форм, проанализировать степень устойчивости сортов к биотическим стрессам (развитие болезней на семенах и вегетирующих растениях) и оценить взаимосвязь параметров роста и адаптивности с урожайностью и элементами продуктивности. Объект исследований – 11 сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка». Исследования проводили в лабораторных условиях на фонах искусственно моделируемых абиотических стрессов на 7-дневных проростках методом рулонной культуры и в полевых опытах. Выявлены сорта с максимально широкой нормой реакции на токсическое воздействие изучаемых стрессоров, с самой высокой активизацией ростовых процессов и устойчивостью к болезням. Определен количественный и качественный состав возбудителей болезней и закономерности изменения фитосанитарного состояния семян и всхожести в зависимости от условий среды за период 1998–2023 гг. Изучен уровень корреляционной сопряженности между изучаемыми признаками, определена степень влияния ростовых процессов и адаптивности к стрессам на урожайность, массу 1000 семян и элементы продуктивности, показана важная роль активизации корневой системы в формировании этих показателей ($r = 0,45-0,71$). Отмечено, что в начальный период роста растений взаимосвязь стрессоустойчивости (индекса засухо- и солеустойчивости) с элементами продуктивности (массой 1000 семян, массой зерна с колоса и числом зерен с колоса) носит отрицательный характер ($r = -0,41...-0,63$). По совокупности изучаемых признаков выделены сорта Московская 74, Московская 39, Московская 40, Московская 56 и Васильевна, занимающие в рейтинге конкурентного преимущества с 1-го по 5-е место, способные противостоять стрессовым абиотическим и биотическим факторам среды как в лабораторных моделируемых условиях, так и в полевых.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., адаптивность, всхожесть, урожайность, элементы продуктивности, устойчивость к болезням

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства сельского хозяйства РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (тема № FGGE-2022-0001).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сандухадзе Б. И., Марченкова Л. А., Мамедов Р. З., Павлова О. В., Бугрова В. В., Крахмалёва М. С., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г., Савинов Е. В. Реакция сортов озимой мягкой пшеницы на стрессовое воздействие биотических и абиотических факторов среды. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(4):760–772. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.4.760-772>

Поступила: 02.03.2025

Принята к публикации: 07.08.2025

Опубликована онлайн: 29.08.2025

The reaction of winter bread wheat cultivars to the stress effects of biotic and abiotic environmental factors

© 2025. Bagrat I. Sandukhadze, Lyudmila A. Marchenkova, Ramin Z. Mamedov, Olga V. Pavlova, Valentina V. Bugrova, Maria S. Krahmaleva ✉, Raisa F. Chavdar, Tatiana G. Orlova, Evgeniy V. Savinov

Federal Research Center «Nemchinovka», Moscow region, Russian Federation

The purpose of the research is to study the degree of resistance of winter bread wheat cultivars to osmotic, salt and anaerobic stresses at the initial stages of plant growth for the selection of breeding valuable forms, to analyze the degree of resistance of cultivars to biotic stresses (development of diseases on seeds and vegetative plants) and to evaluate the relationship of growth parameters and adaptability with yield and productivity elements. The objects of the research were 11 cultivars and lines of winter soft wheat bred by the Federal Research Center “Nemchinovka”. The studies were carried out in laboratory conditions on the backgrounds of artificially simulated abiotic stresses on the 7-day-old seedlings using the roll culture method and in field experiments. The cultivars with the widest possible response rate to the toxic effects of the studied stressors, with the highest activation of growth processes and resistance to diseases were identified. The quantitative and qualitative composition of pathogens and patterns of changes in the phytosanitary status of seeds and germination depending on environmental conditions for the period of 1998–2023 have been determined. The level of correlation between the studied traits was investigated, the degree of influence of growth processes and adaptivity to stress on yield, weight of 1000 seeds and productivity elements was determined, and the important role of root system activation in the formation of these indicators was shown ($r = 0.45-0.71$).

It was noted that in the initial period of plant growth, the relationship between stress resistance (drought and salt resistance index) and productivity elements (1000 seeds, grain weight per ear and the number of grains per ear) was negative ($r = -0.41...-0.63$). According to the totality of the studied characteristics there have been identified the cultivars 'Moskovskaya 74', 'Moskovskaya 39', 'Moskovskaya 40', 'Moskovskaya 56' and 'Vasilyevna' which occupy the 1st to 5th place in the rating of competitive advantage and are able to withstand stressful abiotic and biotic environmental factors both in laboratory simulated conditions and in the field.

Keywords: *Triticum aestivum* L., adaptability, germination, yield, productivity elements, disease resistance

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center «Nemchinovka» (theme No. FGGE-2022-0001).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Sandukhadze B. I., Marchenkova L. A., Mamedov R. Z., Pavlova O. V., Bugrova V. V., Krahmaleva M. S., Chavdar R. F., Orlova T. G., Savinov E. V. The reaction of winter bread wheat cultivars to the stress effects of biotic and abiotic environmental factors. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(4):760–772. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.4.760-772>

Received: 02.03.2025

Accepted for publication: 07.08.2025

Published online: 29.08.2025

Озимая пшеница – важнейшая сельскохозяйственная культура, занимающая значительный удельный вес в структуре зернового клина РФ и обеспечивающая её продовольственную безопасность. Основными факторами, дестабилизирующими производство этой культуры в Нечерноземной зоне РФ, являются нарастание погодных аномалий, нестабильность метеорологических показателей в период вегетации растений.

Значительное варьирование биотических и абиотических факторов среды, усиливающиеся на фоне изменения климата, приводит к ощутимым потерям сельскохозяйственной продукции. К числу абиотических факторов, ограничивающих величину и качество урожая зерновых культур, относятся засуха, затопление и засоление, вызывающие нарушения физиолого-биохимических процессов, особенно в начальные этапы онтогенеза растений, оказывающие существенное влияние не только на их адаптацию, но и на снижение их ростовых функций [1, 2, 3].

В настоящее время имеется необходимость создания сортов озимой мягкой пшеницы, адаптированных к экстремальным условиям среды, с комплексом морфофизиологических признаков, способных эффективно использовать биоклиматические ресурсы региона и положительно влияющие на формирование урожайности [4, 5]. В связи с этим большой интерес представляет изучение ростовых параметров растений, дающих интегральную информацию как об изменениях физиологических процессов надземных и подземных органов растений в разные периоды жизни, так и об их реакции на стрессовые ситуации [6, 7]. В многочисленных исследованиях отмечено, что морфофизиологические признаки раннего онтогенеза играют ключевую роль в устойчивости растений к комплексу абиотических факторов и их можно

использовать в качестве информативных тестов для отбора устойчивых к стресс-факторам генотипов [2, 7, 8].

Экологическое взаимодействие биотических и абиотических факторов, нестабильность их проявления свидетельствуют о необходимости использования экспресс-лабораторного метода для оценки адаптивных и морфофизиологических признаков [9].

Таким образом, актуальность вышеуказанных проблем не вызывает сомнений, но требует дополнительных исследований по сортовой специфике ростовых параметров и адаптивности для отбора форм с высокой биологической полноценностью семян и устойчивостью к стресс-факторам.

Цель исследований – определить степень устойчивости сортов озимой мягкой пшеницы к осмотическому, солевому и анаэробному стрессам на начальных этапах роста растений для отбора селекционно-ценных форм, проанализировать степень устойчивости сортов к биотическим стрессам (развитие болезней на семенах и вегетирующих растениях) и оценить взаимосвязь параметров роста и адаптивности с урожайностью и элементами продуктивности.

Научная новизна – изучение сортовой специфики ростовых параметров и адаптивности озимой мягкой пшеницы к биотическим и абиотическим стрессам.

Материал и методы. Материалом исследования служили 11 сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка»: Московская 39, Московская 40, Московская 56, Московская 82, Немчиновская 85 – включенные в Госреестр РФ; Московская 74, Московская 27, Московская 28, Московская 31, Васильевна – проходящие государственное сортоиспытание; линия Эритроспермум 606/21.

Стрессоустойчивость сортов изучали на начальных этапах роста растений по изменению всхожести и морфометрических признаков (длина ростков, корешков, coleoptиле; число корешков; масса ростков и корешков) в лабораторных условиях на 7-дневных проростках с использованием метода рулонной культуры в двукратной повторности по 100 семян в каждой. Устойчивость к абиотическим факторам определяли по засухоустойчивости, солеустойчивости и устойчивости к анаэробным условиям на фонах искусственно моделируемых стрессов: обезвоживания [10], засоления хлоридом натрия [11] и длительного затопления в воде [12] по соотношению процента показателей опытных вариантов к контрольным; устойчивость к осмотическому и анаэробному стрессам – по депрессии прорастаемости семян, к солесому – по изменению длины ростков. Для получения контрольных значений семена проращивали в дистиллированной воде.

Для комплексной оценки устойчивости к абиотическим стрессам применяли ранжирование сортообразцов по индексу устойчивости «И», который представляет собой сумму показателей устойчивости к засухе, хлоридному засолению и переувлажнению ($I_1 + I_2 + I_3$), приведенных к единице [13]. Чем больше индекс устойчивости, тем выше стрессоустойчивость сортов. Рейтинг устойчивости определяли по величине индекса устойчивости, где образцу с наибольшим индексом присваивали номер 1 и далее по порядку. Образцам с одинаковой величиной индекса устойчивости присваивали одинаковый номер рейтинга. Уровень стрессоустойчивости наиболее высоким зафиксирован у сортов, занимающих первые места рейтинга в соответствии с индексом устойчивости.

Сорта с наибольшим рейтингом положительных признаков определяли путем баллового ранжирования по сумме числовых показателей урожайности, продуктивности и ростовых параметров, преобразованных в ранговый формат [14]. Коэффициент адаптивности (К.А.) рассчитывали в процентном выражении урожайности сортообразцов к среднему ее значению [15].

Урожайность сортов и линий определяли в полевых опытах на делянках площадью 10 м², в 4-кратной повторности при норме высева

5,0 млн всхожих семян на гектар, анализ структуры урожая – по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур¹.

Фенологические наблюдения осуществляли в соответствии со стадиями роста пшеницы по шкалам Й. С. Задокс и W. Феекес (J. C. Zadoks и W. Feekes) в изложении [16]. В фазу среднелочной спелости (ф. 75) проводили учет интенсивности проявления септориоза листьев, бурой ржавчины, мучнистой росы, в фазу мягкой восковой спелости (ф. 85) – септориоза колоса. Для оценки сортов пшеницы к возбудителям пятнистостей в полевых условиях использовали модифицированную и дополненную шкалу Саари-Прескотта (Saari and Prescott, 1975) [17]. Поражение семян фузариозом определяли по ГОСТ 12044-93².

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с помощью пакета программ Microsoft Excel 2007. Коэффициенты вариации рассчитывали по Б. А. Доспехову, в соответствии с классификацией этого автора дана оценка значениям коэффициентов вариации (CV): при CV < 10 % изменчивость – незначительная; CV = 10–20 % – средняя; CV > 20 % – значительная³.

Результаты и их обсуждение. Предпосылкой повышения потенциала продуктивности является здоровый семенной материал, качество которого в значительной мере зависит от условий среды – при неблагоприятных потери урожая зерна в отдельные годы достигают 60 % [18].

На основе ежегодного фитоанализа семян сортов и линий озимой пшеницы на протяжении 1998–2023 гг. выявлен патогенный комплекс возбудителей семенной инфекции, представленный в основном родами *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*. В годы с высокой влагообеспеченностью встречались и другие сапрофитные плесневые грибы – виды *Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp., *Cladosporium* spp., *Trichothecium* spp. и др., в основном не играющие существенной роли в патогенезе семян.

Многолетние исследования показали, что самым многочисленным представителем микобиоты зерна являются грибы рода *Alternaria*, заселенность которыми в зависимости от партии и года составляла 30–96 % [19]. Это, в основном, сапрофитные виды, но встречались (от 2 до 15 %)

¹Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. 194 с.

²ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метеорологии и сертификации, 1993. 57 с.

URL: <https://fsvps.gov.ru/files/gost-12044-93-semena-selskohoziastvennyh-k/>

³Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

и способные продуцировать токсичные метаболиты – грибы видов *Alternaria* spp., *Bipolaris* spp., приводящие к заболеванию зерновки «черный зародыш» – задержке прорастания зерна и угнетению корневой системы. Также во всех образцах семян наблюдали смешанную инфекцию, состоящую из различных патогенных комплексов с преобладанием альтернариозно-фузариозного.

Инфицированность грибами родов *Penicillium* и *Aspergillus* не превышала 10 % и чаще всего носила сапрофитный характер, хотя в определенных условиях эти грибы переходили к паразитированию, частично или полностью разрушая зерно и причиняя вред во время хранения [19].

Из патогенной флоры самую высокую представленность в семенной популяции имели грибы рода *Fusarium*, вызывающие сильные

деструктивные изменения, проявляющиеся в уродливости, деформации, искривлении ростков и корешков по сравнению с нормальными проростками. Также во влажные годы постоянным компонентом семенной инфекции были бактерии.

Диапазон инфицированности фузариевыми грибами за годы исследований (1998–2023) находился в пределах 0–22 % и во многом определялся температурой и количеством осадков в предуборочный и уборочный периоды (рис. 1). В годы с высокой влагообеспеченностью, особенно в 1998, 2000, 2004, 2008, 2013, фитопатогенная нагрузка семян существенно увеличивалась, а всхожесть уменьшалась. Семенная инфекция вызывала существенное ингибирование роста зародышевых корешков и колеоптиле, а иногда приводила к гибели семян (от 5 до 20 %).

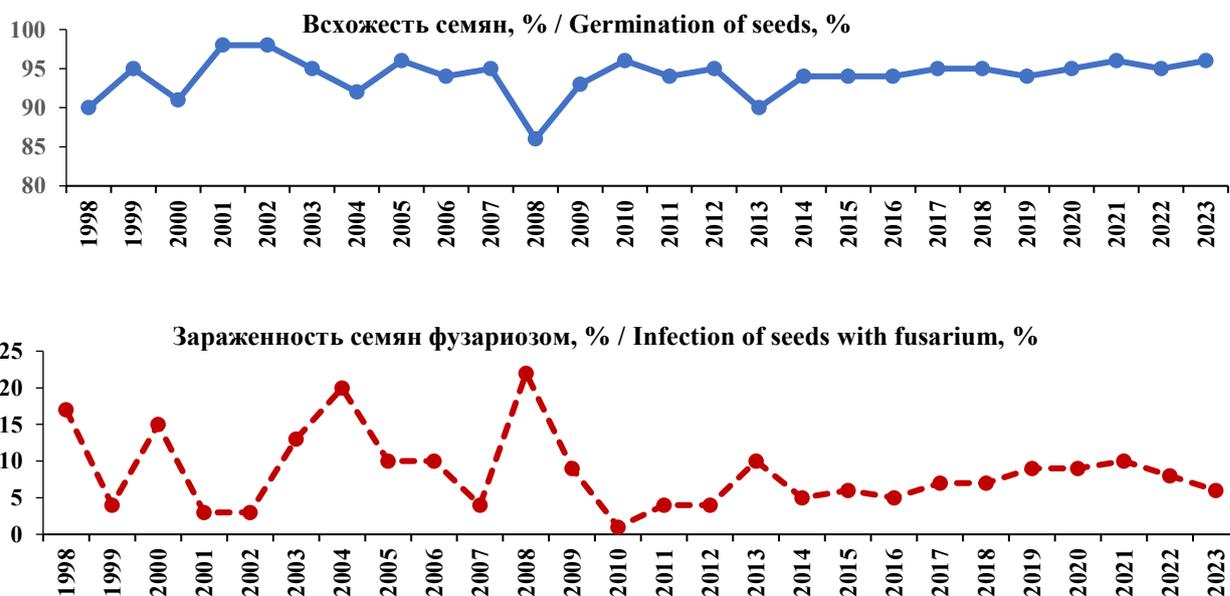


Рис. Изменение лабораторной всхожести и зараженности семян озимой мягкой пшеницы фузариозом (1998–2023 гг.) /

Fig. Changes in laboratory germination and infection of winter bread wheat seeds with fusarium (1998–2023)

В 2021–2023 гг. инфицированность семян фузариозом не превышала фитосанитарный регламент и его токсическое воздействие на всхожесть семян было незначительным (табл. 1) [20]. Средняя зараженность семян колебалась в амплитуде 4–9 %, гибель семян от данного возбудителя составила 3–5 % при всхожести 93–98 %. Семенная инфекция вызывалась в основном двумя наиболее распространенными в регионе видами – *Fusarium culmorum* и *Fusarium oxysporum*.

В ходе фитосанитарного мониторинга посевов озимой пшеницы в период «молочная

спелость – налив зерна», проведенного специалистами Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (ВНИИФ), за период 2021–2023 гг. был выявлен патогенный комплекс вегетирующих растений. Наибольшее распространение в Центральных районах Нечерноземной зоны на озимой пшенице имели возбудители септориоза листьев (*Septoria tritici*), бурой ржавчины (*Puccinia triticina*) и мучнистой росы (*Blumeria graminis*). В отдельные годы наблюдали септориоз и фузариоз колоса (*Stagonospora nodorum* и *Fusarium graminearum*). Преимущественное развитие

в указанные годы (2021–2023), особенно в жарком и засушливом 2021 г., имел септориоз листьев, средняя зараженность изучаемых сортов достигала 12,8–25,3 %. Другие болезни проявились

в минимальных значениях: бурая ржавчина – 0–15,6 %, мучнистая роса – 0–8,8 %, септориоз колоса – 0,6–4,9 %, т. е. не достигали экономического порога вредоносности.

Таблица 1 – Развитие болезней семян и растений сортов озимой мягкой пшеницы (в среднем за 2021–2023 гг.) / Table 1 – Development of diseases of seeds and plants of winter bread wheat cultivars (on average for 2021–2023)

Сорт / Cultivar	Вегетирующие растения / Vegetating plants				Семена** / Seeds
	септориоз / septoria		бурая ржавчина / brown rust	мучнистая роса / powdery mildew	фузариоз / fusarium
	листья / of the leaves	колоса / of the ear			
Московская 39/ 'Moscovskaya 39'	23,4	1,1	0,2	0	4,0
Московская 56/ 'Moscovskaya 56'	25,3	1,1	7,6	0	5,0
Московская 40/ 'Moscovskaya 40'	22,4	0,8	15,6	0	4,0
Московская 82/ 'Moscovskaya 82'	17,5	1,0	1,7	0,7	7,5
Немчиновская 85/ 'Nemchinovskaya 85'	17,9	4,9	0,4	0,7	6,0
Московская 74/ 'Moscovskaya 74'	24,5	0,6	0	0	4,0
Московская 27/ 'Moscovskaya 27'	19,9	0,6	14,0	0	6,0
Московская 28*/ 'Moscovskaya 28'	12,8	0,9	0	0	9,0
Московская 31*/ 'Moscovskaya 31'	13,6	2,8	0	8,8	4,5
Васильевна*/ 'Vasylievna'	13,4	0,6	0	0	5,5
Среднее / Average	20,6	1,3	3,3	1,0	5,5

*Данные за 1 год; **средние данные за 2 года / *Data for 1 year; ** average data for 2 years

На фонах различных погодных условий 2021–2023 гг. были охарактеризованы сорта и линии озимой мягкой пшеницы по всхожести, урожайности и элементам продуктивности (табл. 2).

Наиболее неблагоприятным сложился 2021 г., отличающийся неравномерным количеством осадков: избыточным – ранней весной (в мае) и дефицитом (на 10–22 % ниже нормы) – в период формирования семян (июнь – июль) в сочетании с высокими температурами (ГТК = 0,85), превышающими среднегодовые значения соответственно на 2,6–3,4 °С. Это спровоцировало снижение массы 1000 семян, которая составила 37,5–48,0 г, и урожайности – 4,9–7,2 т/га.

2022 и 2023 гг. характеризовались в основном благоприятными для роста и развития растений погодными условиями. В 2022 г. у изучаемых сортов масса 1000 семян составила 41,6–53,4 г, урожайность – 5,7–10,7 т/га, в 2023 г. – 40,6–58,2 г и 5,9–10,2 т/га соответственно.

Самую высокую урожайность на протяжении 3 лет сформировали сорта Васильевна, Московская 82, Московская 74, Московская 27 и Московская 31 (8,23–9,70 т/га), массу 1000 семян – Васильевна, Московская 28, Московская 82, Московская 56 и Московская 40 (45,3–54,6 г), массу зерна с колоса – Васильевна, Московская 28, Московская 40 и Эритроспермум 606/21 (1,61–1,90 г), число зерен с колоса – Васильевна, Московская 28, Московская 40, Московская 74

и Эритроспермум 606/21 (34–44 шт.), число стеблей – Московская 31, Московская 82, Московская 56 и Московская 74 (453–473 шт.), наименьшую высоту – Васильевна, Мос-

ковская 31, Немчиновская 85 и Эритроспермум 606/12 (67–89 см) при средних значениях признаков соответственно – 7,90 т/га, 45,5 г, 1,60 г, 34,9 шт., 425 шт. и 94,5 см.

Таблица 2 – Характеристика урожайности и элементов продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы (в среднем за 2021–2023 гг.) /

Table 2 – Characteristics of yields and productivity elements of winter bread wheat cultivars (on average for 2021–2023)

<i>Сорт / Cultivar</i>	<i>Урожайность, т/га / Yield, t/ha</i>	<i>К.А., %</i>	<i>Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g</i>	<i>Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g</i>	<i>Число зерен в колосе, шт. / Number of grains per ear, pcs.</i>	<i>Число стеблей на 1 м², шт. / Number of stems/1 m², pcs.</i>	<i>Высота растений, см / Height of plants, cm</i>
Московская 40/ 'Moscovskaya 40'	7,21	91,1	45,3	1,61	36	397	97
Московская 82/ 'Moscovskaya 82'	8,23	65,6	49,6	1,50	30	469	98
Московская 74/ 'Moscovskaya 74'	8,40	106,3	44,1	1,30	35	562	103
Московская 56/ 'Moscovskaya 56'	7,12	89,9	46,2	1,54	33	473	109
Московская 27/ 'Moscovskaya 27'	8,39	106,3	40,4	1,28	32	404	99
Московская 28/ 'Moscovskaya 28'	7,88	100,0	51,7	1,90	42	413	97
Московская 31/ 'Moscovskaya 31'	8,58	108,9	44,7	1,54	34	453	87
Немчиновская 85/ 'Nemchinovskaya 85'	7,67	103,8	43,0	1,45	33	434	89
Васильевна/ 'Vasylievna'	9,70	122,8	54,6	1,84	34	322	84
Эритроспермум 606/21 / 'Erytrospermum 606/21'	5,91	74,7	39,4	1,82	44	326	67
Московская 39 'Moscovskaya 39'	7,43	93,7	41,0	1,31	31	449	109
Среднее / Average	7,90	96,9	45,5	1,60	34,9	425	94,5
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	0,45	-	3,9	0,25	2,1	67	5,8
CV, %	12,5	17,5	10,6	14,2	12,5	15,9	12,9

Рассчитанный коэффициент вариации по всем изучаемым признакам менялся в диапазоне 10–20 %, изменчивость была средней – от 10,6 до 17,5 %.

Лучшие результаты по большинству изучаемых признаков показали сорта Васильевна, Московская 28, Московская 40, Московская 31, Московская 74 и Московская 82.

Реакцию изучаемых образцов на сложившиеся условия среды определяли по коэффициенту адаптивности (процентному соотношению урожайности каждого образца к среднесортной), позволяющему судить об экологи-

ческой адаптивности изучаемых форм. По данному показателю (К.А., %) выделили сорта Васильевна, Московская 28, Московская 74, Московская 27, Московская 31 и Немчиновская 85 (100,0–122,8 %), которые представляют большой интерес для дальнейшего использования в селекционном процессе, так как отличаются не только адаптивностью к неблагоприятным факторам среды, но и комплексом хозяйственно ценных признаков.

На развитие растений влияют не только биотические, но и абиотические факторы среды, неблагоприятные могут задерживать развитие,

вызывая депрессию всхожести, замедление темпов роста растений вплоть до их гибели. Поэтому для решения задач по повышению урожайности и продуктивности селекция должна иметь адаптивную направленность.

Изучаемые образцы показали разный уровень адаптации к воздействию указанных токсичностей в зависимости от года выращивания, действующего фактора и сортовых особенностей изучаемых форм (табл. 3).

**Таблица 3 – Индексы адаптивности сортов и линий озимой мягкой пшеницы к искусственно моделируемым стрессам (в среднем за 2021–2023 гг.) /
Table 3 – Indices of adaptability of winter bread wheat cultivars and lines to artificially modeled stresses (on average for 2021–2023)**

Сорт / Cultivar	Устойчивость к стресс-факторам, % / Resistance to stress factors, %			Индекс устойчивости / Index of adaptability	Рейтинг устойчивости / Sustainability rating
	обезвоживание, И1 / dehydration, I1	засоление, И2 / salting, I2	затопление, И3 / flooding, I3		
Московская 39 / 'Moscovskaya 39'	68,0	55,0	66,0	1,89	2
Московская 56 / 'Moscovskaya 56'	74,3	53,0	59,0	1,86	4
Московская 40 / 'Moscovskaya 40'	77,3	55,3	56,3	1,89	2
Московская 82 / 'Moscovskaya 82'	65,3	40,7	45,3	1,51	7
Немчиновская 85 / 'Nemchinovskaya 85'	72,7	59,3	43,3	1,75	6
Московская 74 / 'Moscovskaya 74'	77,0	52,5	57,0	1,87	3
Московская 27 / 'Moscovskaya 27'	75,3	58,0	75,7	2,09	1
Московская 28 / 'Moscovskaya 28'	53,0	45,5	40,0	1,39	9
Московская 31 / 'Moscovskaya 31'	74,0	43,5	65,0	1,83	5
Васильевна / 'Vasylievna'	54,5	35,0	50,5	1,40	8
Эритроспермум 606/21 / 'Erytrospermum 606/21'	52,5	33,5	52,0	1,38	10
Среднее / Average	67,6	48,3	55,5	1,71	-

Средние показатели устойчивости сортов к обезвоживанию, засолению и затоплению составили 67,6, 48,3 и 55,5 % соответственно. В условиях осмотического стресса выявлено 64 %, солевого и анаэробного – по 54 % образцов, превышающих средние данные.

При этом сорта Московская 39, Московская 40, Московская 56, Московская 74 и Московская 27 отличались самым высоким индексом (1,86–2,09) и рейтингом устойчивости (1–4). Первые три сорта характеризуются высокой степенью адаптации к стресс-факторам не только в лаборатории, но и в условиях полевого стрессового воздействия, на протяжении многих лет (2013–2023 гг.) определя-

ются как высокоадаптивные к неблагоприятным факторам среды.

Для селекции большой интерес представляют образцы, сочетающие адаптивность с другими селекционными признаками, которые характеризуются высокой интенсивностью развития ростков, корешков, coleoptile и другими. Для этого у 7-дневных проростков сортов и линий озимой пшеницы провели оценку всхожести и морфометрических признаков, выявившую различия по степени развития органов растений, которые по длине ростков составили 79–112 мм, длине корешков – 116–161 мм, длине coleoptile – 41–78 мм, массе ростков – 8,2–13,0 г, массе корешков – 5,4–11,1 г (табл. 4).

Таблица 4 – Всхожесть и морфометрические показатели сортов озимой мягкой пшеницы (в среднем за 2021–2023 гг.) /

Table 4 – Germination and morphometric parameters of winter bread wheat cultivars (average for 2021–2023)

Сорт / Cultivar	Всхожесть, % / Germination, %	Длина, мм / Length, mm			Число корешков, шт. / Number of roots, pcs.	Масса, г / Weight, g		Сумма рангов* / The sum of the ranks
		ростков / sprouts	корешков / roots	колеоп- тиле / coleoptile		ростков / sprouts	корешков / roots	
Московская 40 / 'Moscovskaya 40'	93	112	137	69	3,4	11,8	6,7	104
Немчиновская 85 / 'Nemchinovskaya 85'	94	103	161	41	3,8	11,1	8,5	82
Московская 82 / 'Moscovskaya 82'	98	109	157	46	4,3	12,2	11,1	90
Московская 39 / 'Moscovskaya 39'	96	112	130	78	4,3	12,7	5,4	109
Московская 56 / 'Moscovskaya 56'	98	92	122	56	4,9	10,9	7,1	100
Московская 28 / 'Moscovskaya 28'	95	96	116	62	4,9	10,8	6,5	82
Московская 31 / 'Moscovskaya 31'	90	89	158	52	4,2	8,2	6,5	86
Васильевна / 'Vasylievna'	98	91	148	59	4,1	12,9	9,1	98
Эритроспермум 606/21 / 'Erytrospermum 606/21'	94	79	125	53	3,3	12,3	10,6	61
Московская 27 / 'Moscovskaya 27'	95	98	138	50	4,3	9,3	7,0	84
Московская 74 / 'Moscovskaya 74'	96	97	148	52	4,3	11,9	8,5	114
Среднее / Average	95,2	99,6	138,9	55,3	4,2	11,3	8,0	91,8
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	-	7,6	10,2	4,8	0,4	1,3	0,8	-
CV, %	3,2	11,5	12,3	16,2	13,8	15,6	25,8	-

*Сумма числовых значений всех изучаемых признаков (всхожести, морфометрических, урожайности, продуктивности, адаптивности), преобразованных в ранговый формат /

*The sum of the numerical values of all studied traits (germination, morphometric, yield, productivity, adaptivity) converted to a rank format

В работе были выделены формы как с высокой степенью депрессии, так и с высокой активизацией роста и развития растений. Лучшие показатели по длине первичных корешков имели сорта Немчиновская 85, Московская 28 и Московская 82 (161–157 мм), длине ростков – Московская 39, Московская 40 и Московская 82 (112–109 мм), длине колеоптиле – Московская 39, Московская 40 и Московская 28 (78–62 мм), массе ростков – Васильевна, Московская 39 и Московская 82 (13,0–12,2 г), массе корешков – Московская 82 и Эритроспермум 606/21 (11,1–10,6 г), числу корешков

– Московская 56 и Московская 28 (по 4,9 шт.). Оптимальные сочетания лучших признаков отмечены у сортов Московская 82, Московская 40, Московская 39.

Значения коэффициента вариации по признакам были неодинаковыми, незначительная изменчивость выявлена по всхожести (CV = 3,2 %). Высокий коэффициент вариации получили по признаку «масса корешков», CV = 25,8 %. По остальным морфометрическим признакам вариация была средней – от 11,5 до 16,2 %.

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции между признаками продуктивности, морфометрическими показателями и индексами адаптивности (2021–2023 гг.) /
Table 5 – Correlation coefficients between productivity traits, morphometric indicators, and adaptability indices (2021–2023)

Признак / Trait	Урожайность / Yield	Масса 1000 зерен / Weight of 1000 grains	Масса зерна с колоса / Weight of grain per ear	Число зерен в колосе / Number of grains per ear	Индекс устойчивости / Sustainability index	Засухоустойчивость / Drought resistance	Солеустойчивость / Salt resistance	Длина корешков / The length of the roots	Число корешков / Number of roots
Урожайность / Yield	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Масса 1000 зерен / Weight of 1000 grains	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-
Масса зерна с колоса / Weight of grain per ear	0,18	0,71	-	-	-	-	-	-	-
Число зерен с колоса / Number of grains per ear	0,15	-0,03	0,75	-	-	-	-	-	-
Индекс устойчивости / Sustainability index	0,22	-0,54	-0,48	-0,48	-	-	-	-	-
Засухоустойчивость / Drought resistance	0,19	-0,41	-0,60	-0,61	0,71	-	-	-	-
Солеустойчивость / Salt resistance	0,11	-0,46	-0,46	-0,63	0,79	0,11	-	-	-
Длина корешков / The length of the roots	0,45	0,40	0,49	0,50	0,01	-0,12	0,18	-	-
Число корешков / Number of roots	0,46	0,39	0,65	0,54	0,04	0,15	0,10	-0,27	-

Взаимосвязь комплекса изучаемых показателей (всхожести; длины ростков, корешков, coleoptиле; числа корешков; массы ростков и корешков; стрессоустойчивости) с урожайностью и элементами продуктивности представлена в виде суммы рангов числовых показателей, преобразованных в ранговый формат, свидетельствующий о рейтинге конкурентного преимущества (1–5) сортов Московская 74, Московская 39, Московская 40, Московская 56 и Васильевна.

В работе был определен уровень корреляционной сопряженности урожайности, её элементов, а также индексов адаптивности и морфометрических признаков озимой пшеницы (табл. 5). Урожайность имела среднюю степень корреляции с длиной и числом корешков – 0,45 и 0,46 соответственно. Масса зерна с колоса, формирующаяся из числа зерен в колосе и массы 1000 зерен, имела сильную взаимосвязь с этими показателями – $r = 0,75$ и $0,71$ соответственно.

Средняя отрицательная корреляция выявлена между индексом устойчивости и массой 1000 зерен ($r = -0,54$), между засухоустойчивостью и массой зерна с колоса ($r = -0,60$), засухоустойчивостью и числом зерен в колосе ($r = -0,61$), солеустойчивостью и числом зерен в колосе ($r = -0,63$).

Сильная сопряженность была отмечена между индексом устойчивости и засухоустойчивостью и солеустойчивостью – $r = 0,71$ и $0,79$ соответственно.

Полученные данные свидетельствуют о важной роли корневой системы раннего онтогенеза в формировании урожайности, массы 1000 зерен и других элементов продуктивности.

Заключение. В результате анализа лабораторной всхожести сортов озимой пшеницы (1998–2023 гг.) выявлены закономерности изменения посевных качеств семян, количественного и качественного состава возбудителей семенной инфекции, показано, что основными причинами развития болезней является высокая влагообеспеченность в предуборочный и, особенно, в уборочный периоды.

На фонах искусственно моделируемых стрессов (осмотического, анаэробного и солевого) выявлены сорта озимой мягкой пшеницы с максимально широкой нормой реакции на токсическое воздействие изучаемых стрессоров, способные противостоять неблагоприятным факторам среды – Московская 39, Московская 40, Московская 56.

При изучении особенностей развития органов растений раннего онтогенеза была показана сортовая специфика и выделены образцы

с самой высокой активизацией ростовых процессов в стрессовых условиях: Московская 74, Московская 39, Московская 40, Московская 56 и Васильевна. По результатам полученных корреляций определена важная роль корневой системы раннего онтогенеза в формировании урожайности, массы 1000 семян и элементов продуктивности, получены сведения о сопряженности стрессоустойчивости с ростовыми показателями на начальных этапах онтогенеза.

По совокупности изучаемых показателей, преобразованных в ранговый формат, и рейтинга конкурентного преимущества (1–5 места) выявлены сорта – Московская 39, Московская 40, Московская 74, Московская 56 и Московская 27 с наибольшим числом хозяйственно ценных признаков, способных противостоять абиотическим и биотическим факторам среды как на стадии проростков в лабораторных условиях, так и в полевых испытаниях.

Список литературы

1. Бутковская Л. К., Кузьмин Д. Н., Агеева Г. М. Оценка урожайных свойств партий семян сортов яровой пшеницы по параметрам органов проростков в условиях Красноярской лесостепи. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(7):37–40. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10709> EDN: ZMFWES
2. Khalid M., Gul A., Amir R., Ali M., Afzal F., Quraishi U. et al. QTL mapping for seedling morphology under drought stress in wheat cross synthetic (W7984) / Opatá. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization. 2018;16(4):359–366. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1479262118000023>
3. Бишарев А. А., Шевченко С. Н., Мадякин Е. В., Калякулина И. А., Дюльдина М. А., Дворцова Т. В. Влияние агрометеорологических условий на урожай зерна ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018;20(2-4):667–670. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37313255> EDN: DKRXGI
4. Ионова Е. В. Устойчивость сортов и линий озимой пшеницы к водному и температурному стрессам. Зерновое хозяйство России. 2011;(3):19–26. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17039181> EDN: OIWOXD
5. Мельникова Т. В. Оценка коллекционного материала озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения по устойчивости к перезимовке и болезням. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2023;(1):88–92. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50394961> EDN: MBQGKR
6. Ерошенко Л. М., Марченкова Л. А., Павлова О. В., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г., Дедушев И. А. Сортовые особенности растений ярового ячменя по устойчивости к абиотическим стрессовым факторам на фоне различного уровня азотного питания. Аграрная Россия. 2022;(1):8–12. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2022-1-8-12> EDN: SHKNUD
7. Сандухадзе Б. И., Марченкова Л. А., Мамедов Р. З., Павлова О. В., Бугрова В. В., Крахмалёва М. С. и др. Характеристика сортов и линий озимой пшеницы по морфофизиологическим параметрам. Аграрная Россия. 2023;(4):15–20. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2023-4-15-20> EDN: CTXRTF
8. Ерошенко Л. М., Марченкова Л. А., Павлова О. В., Ромахина В. В., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г. и др. Особенности морфометрических показателей и адаптивности коллекционных образцов ярового ячменя к стресс-факторам на начальных этапах роста растений. Аграрная Россия. 2024;(10):7–11. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2024-10-7-12> EDN:>NNLKHU
9. Боме Н. А., Колоколова Н. Н., Белозерова А. А., Воронова Н. С., Боме А. Я., Иеронова В. В. Устойчивость сортов зерновых культур к стрессовым факторам. Успехи современного естествознания. 2006;(4):28а.
10. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. Л.: ВИР, 1988. С. 10–24.

11. Семушкина Л. А., Хазова Г. В., Удовенко Г. В. Применение анализа изменения ростовых процессов для диагностики солеустойчивости растений. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Л.: «Колос», 1976. С. 238–343.
12. Белецкая Е. К., Остапчук Е. Д. Оценка устойчивости озимых культур к вымоканию и ледяной корке. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. Л., 1988. С. 182–186.
13. Сандухадзе Б. И., Марченкова Л. А., Рыбакова М. И., Воейкова А. А., Чавдарь Р. Ф. Реакция сортов озимой пшеницы на искусственно создаваемые стрессы для оценки их адаптивности на ранних этапах онтогенеза. Агробиохимический вестник. 2015;(3):27–31. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23687377> EDN: TYJCZP
14. Ерошенко Л. М., Марченкова Л. А., Павлова О. В., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г., Ромахина В. В. Особенности морфофизиологических признаков семян и органов проростков сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка». Аграрная Россия. 2023;(10):3–7. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2023-10-3-7> EDN: VQVSIT
15. Животков Л. А., Морозова Я. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности». Селекция и семеноводство. 1994;(2):3–6.
16. Ефремова Т. Т., Чуманова Е. В. Стадии роста и развития пшеницы и их значение в формировании элементов продуктивности. Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023;9(2):54–80. DOI: <https://doi.org/10.18699/LettersVJ-2023-9-09> EDN: ETNAZJ
17. Saari E. E., Prescott J. M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. Plant Disease Report. 1975;59:377–380.
18. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Якупова Г. Г., Маннапова Г. С. Потери урожая озимой ржи от комплекса грибных болезней. Владимирский земледелец. 2011;(2(56)):22–26. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16951310> EDN: OGYAP
19. Павлова О. В., Марченкова Л. А., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г., Савоськина О. А. Оценка сортов зерновых культур по показателям качества семян и стрессоустойчивости. Владимирский земледелец. 2021;(2):52–57. DOI: <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2021-2-52-57> EDN: KHMTBN
20. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Левитин М. М., Новожилов К. В. Фузариоз зерновых культур. Защита и карантин растений. 2011;(S5):69–120. Режим доступа: <http://z-i-k-r.ru/interest/fuzarioz.pdf>

References

1. Butkovskaya L. K., Kuzmin D. N., Ageeva G. M. Evaluation of the yield properties of spring wheat by the parameters of sprouts' organs under the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2019;33(7):37–40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10709>
2. Khalid M., Gul A., Amir R., Ali M., Afzal F., Quraishi U. et al. QTL mapping for seedling morphology under drought stress in wheat cross synthetic (W7984) / Opata. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 2018;16(4):359–366. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1479262118000023>
3. Bisharev A. A., Shevchenko S. N., Madyakin E. V., Kalyakulina I. A., Dyuldina M. A., Dvortsova T. V. The influence of agrometeorological conditions on grain yield of spring barley in the conditions of middle Volga region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018;20(2-4):667–670. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37313255>
4. Ionova E. V. Resistance of winter wheat varieties and lines to water and temperature stresses. *Zernovoe khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2011;(3):19–26. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17039181>
5. Melnikova T. V. Assessment of the collection material of winter soft wheat of various ecological and geographical origin in terms of resistance to overwintering and diseases. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2023;(1):88–92. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50394961>
6. Eroshenko L. M., Marchenkova L. A., Pavlova O. V., Chavdar R. F., Orlova T. G., Dedushev I. A. Varietal characteristics of spring barley plants in terms of resistance to abiotic stress factors against the background of different levels of nitrogen nutrition. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*. 2022;(1):8–12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2022-1-8-12>
7. Sandukhadze B. I., Marchenkova L. A., Mamedov R. Z., Pavlova O. V., Bugrova V. V., Krakhmaleva M. S. et al. Characteristics of winter wheat varieties and lines according to morphophysiological parameters. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*. 2023;(4):15–20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2023-4-15-20>
8. Eroshenko L. M., Marchenkova L. A., Pavlova O. V., Romakhina V. V., Chavdar R. F., Orlova T. G. et al. Features of morphometric indicators and adaptability of spring barley collection samples to stress factors at the initial stages of plant growth. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*. 2024;(10):7–11. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2024-10-7-12>

9. Bome N. A., Kolokolova N. N., Belozeroва A. A., Voronova N. S., Bome A. Ya., Ieronova V. V. Stability of grades of grain crops to stressful factors. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2006;(4):28a. (In Russ.).
10. Kozhushko N. N. Assessment of drought resistance of field crops. Diagnostics of plant resistance to stress: methodical guidance. Leningrad: *VIR*, 1988. pp. 10–24.
11. Semushkina L. A., Khazova G. V., Udovenko G. V. The use of analysis of changes in growth processes for the diagnosis of salt resistance of plants. Methods for assessing plant resistance to adverse environmental factors. Leningrad: «*Kolos*», 1976. pp. 238–343.
12. Beletskaya E. K., Ostaplyuk E. D. Assessment of the resistance of winter crops to soaking and ice crust. Diagnostics of plant resistance to stress: methodical guidance. Leningrad, 1988. pp. 182–186.
13. Sandukhadze B. I., Marchenkova L. A., Rybakova M. I., Voeykova A. A., Chavdar R. F. Winter wheat varieties reaction to artificial stresses for estimation of its adaptation at early stages of ontogenesis. *Agrokhimicheskiy vestnik = Agrochemical Herald*. 2015;(3):27–31. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23687377>
14. Eroshenko L. M., Marchenkova L. A., Pavlova O. V., Chavdar R. F., Orlova T. G., Romakhina V. V. Features of morphophysiological signs of seeds and organs of seedlings of spring barley varieties selected by FRC "Nemchinovka". *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*. 2023;(10):3–7. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2023-10-3-7>
15. Zhihotkov L. A., Morozova Ya. A., Sekatueva L. I. Methodology for identifying the potential productivity and adaptability of winter wheat cultivars and breeding forms based on the "productivity" indicator. *Seleksiya i semenovodstvo*. 1994;(2):3–6. (In Russ.).
16. Efremova T. T., Chumanova E. V. Stages of growth and development of wheat and their importance in the formation of productivity elements. *Pis'ma v Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii = Letters to the Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2023;9(2):54–80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/LettersVJ-2023-9-09>
17. Saari E. E., Prescott J. M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Report*. 1975;59:377–380.
18. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Yakupova G. G., Mannapova G. S. Yield losses of winter rye from the complex of fungal diseases. *Vladimirskiy zemledelets = Vladimir agricolist*. 2011;(2(56)):22–26. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16951310>
19. Pavlova O. V., Marchenkova L. A., Chavdar R. F., Orlova T. G., Savoskina O. A. Assessment of grain crops on seed quality and resistance to unfavourable conditions. *Vladimirskiy zemledelets = Vladimir agricolist*. 2021;(2):52–57. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2021-2-52-57>
20. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Levitin M. M., Novozhilov K. V. Fuzarioz zernovykh kul'tur. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2011;(S5):69–120. (In Russ.). URL: <http://z-i-k-r.ru/interest/fuzarioz.pdf>

Сведения об авторах

Сандухадзе Баграт Исменович, доктор с.-х. наук, академик РАН, главный научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, рп. Новоивановское, г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7184-7645>

Марченкова Людмила Александровна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, рп. Новоивановское, г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6029-8089>

Мамедов Рамин Закирович, кандидат с.-х. наук, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, рп. Новоивановское, г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2473-4538>

Павлова Ольга Викторовна, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, рп. Новоивановское, г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7705-0751>

Бугрова Валентина Васильевна, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, рп. Новоивановское, г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5730-7826>

✉ **Крахмалёва Мария Сергеевна**, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, рп. Новоивановское, г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0861-1514>, e-mail: korovushkina.mar@bk.ru

Чавдарь Раиса Федоровна, старший научный сотрудник лаборатории семеноведения и сертификации семян, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, рп. Новоивановское, г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1843-8938>

Орлова Татьяна Григорьевна, старший научный сотрудник лаборатории семеноведения и сертификации семян, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, рп. Новоивановское, г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7482-9813>

Савинов Евгений Владимирович, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, рп. Новоивановское, г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9767-1555>

Information about the authors

Bagratt I. Sandukhadze, DSc in Agricultural Science, academician of RAS, chief researcher, the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Winter Wheat, Federal Research Center "Nemchinovka", 6 Agrokhimikov St., Novoivanovskoye settlement, Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7184-7645>

Lyudmila A. Marchenkova, PhD in Agricultural Science, leading researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", 6 Agrokhimikov St., Novoivanovskoye settlement, Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6029-8089>

Ramin Z. Mamedov, PhD in Agricultural Science, Head of the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Winter Wheat, Federal Research Center "Nemchinovka", 6 Agrokhimikov St., Novoivanovskoye settlement, Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2473-4538>

Olga V. Pavlova, PhD in Agricultural Science, Head of the Laboratory, Federal Research Center "Nemchinovka", 6 Agrokhimikov St., Novoivanovskoye settlement, Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7705-0751>

Valentina V. Bugrova, senior researcher, the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Winter Wheat, Federal Research Center "Nemchinovka", 6 Agrokhimikov St., Novoivanovskoye settlement, Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5730-7826>

✉ **Maria S. Krahmaleva**, senior researcher, the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Winter Wheat, Federal Research Center "Nemchinovka", 6 Agrokhimikov St., Novoivanovskoye settlement, Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0861-1514>, e-mail: korovushkina.mar@bk.ru

Raisa F. Chavdar, senior researcher, the Laboratory of Seed Science and Seed Certification, Federal Research Center "Nemchinovka", 6 Agrokhimikov St., Novoivanovskoye settlement, Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1843-8938>

Tatiana G. Orlova, senior researcher, the Laboratory of Seed Science and Seed Certification, Federal Research Center "Nemchinovka", 6 Agrokhimikov St., Novoivanovskoye settlement, Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7482-9813>

Evgeniy V. Savinov, researcher, the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production of Winter Wheat, Federal Research Center "Nemchinovka", 6 Agrokhimikov St., Novoivanovskoye settlement, Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9767-1555>

✉ – Для контактов / Corresponding author