



Научная статья

УДК 6336: 631. 524. 85:551 (470.57)

doi: 10.55186/25876740_2025_68_4_480

СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР К ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ В БАШКОРТОСТАНЕ

К.Р. Исмагилов, Б.Р. Кулув, Р.Р. Исмагилов

Уфимский исследовательский центр Российской академии наук,
Уфа, Россия

Аннотация. Цель исследования состояла в сравнительной количественной оценке адаптивности и стрессоустойчивости полевых культур к погодным и климатическим изменениям на территории Республики Башкортостан. Для исследования были использованы статистические данные урожайности полевых культур в 2009-2023 гг. в республике. Количественная оценка адаптивности и стрессоустойчивости полевых культур проведена по комплексу показателей (размах вариации урожайности, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, степень депрессии урожайности, коэффициент стрессоустойчивости, индекс экологической пластичности, коэффициент засушливости). Установлено значительное колебание (коэффициент вариации 22,5-35,8%) урожайности полевых культур (оимая рожь *Secale cereale* L., пшеница мягкая яровая *Triticum aestivum* L., кукуруза *Zea mays* L., соя *Glycine max* (L.) Merr., рапс яровой *Brassica napus* L. *ssp. olifera* Metzg. и сахарная свекла *Beta vulgaris* L. *ssp. vulgaris* convar. *saccharifera* Alef.) по годам вследствие изменчивости погодных и климатических условий вегетации растений. Особенно резко отрицательно реагируют полевые культуры на стрессовые агроклиматические факторы в виде засухи. На территории Республики Башкортостан в 2010 г., 2012 г. и 2021 г. наблюдалась засуха и в эти годы формировалась минимальная урожайность практически у всех культур. Сравнительно высокой устойчивостью к стрессовым факторам и адаптивностью к изменениям погодно-климатических условий, в частности засухе, обладают оимая рожь (коэффициент стрессоустойчивости 0,67) и яровая пшеница (коэффициент стрессоустойчивости 0,72). Стressоустойчивость кукурузы, сои и сахарной свеклы примерно одинаковая и ниже, чем оимой рожь и яровой пшеницы (коэффициент стрессоустойчивости 0,62-0,65). Сильно реагирует на стресс факторы, особенно на засуху, рапс яровой (коэффициент стрессоустойчивости 0,54). Для повышения стрессоустойчивости сои, кукурузы и рапса ярового необходимо создавать и подбирать сорта, адаптированные к местным климатическим условиям.

Ключевые слова: полевые культуры, урожайность, агроклиматические факторы, стрессоустойчивость, адаптивность

Original article

STRESS RESISTANCE AND ADAPTABILITY OF FIELD CROPS TO WEATHER AND CLIMATE CHANGES IN BASHKORTOSTAN

K.R. Ismagilov, B.R. Kuluev, R.R. Ismagilov

Ufa Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Abstract. The purpose of the study was to compare the adaptability and stress resistance of field crops to weather and climate changes in the Republic of Bashkortostan. Statistical data on the yield of field crops in 2009-2023 in the republic were used for the study. Quantitative assessment of adaptability and stress resistance of field crops was carried out according to a set of indicators (range of yield variation, standard deviation, coefficient of variation, degree of yield depression, stress resistance coefficient, index of ecological plasticity, aridity coefficient). A significant fluctuation (coefficient of variation 22.5-35.8%) of the yield of field crops (winter rye *Secale cereale* L., spring soft wheat *Triticum aestivum* L., corn *Zea mays* L., soybeans *Glycine max* (L.) Merr., spring rapeseed *Brassica napus* L. *ssp. olifera* Metzg. and sugar beet *Beta vulgaris* L. *ssp. vulgaris* convar. *saccharifera* Alef.). In 2010, 2012 and 2021, drought was observed in the Republic of Bashkortostan and in these years the minimum yield was formed for almost all crops. In particular, winter rye (stress resistance coefficient 0.67) and spring wheat (stress resistance coefficient 0.72) have drought. The stress resistance of corn, soybeans and sugar beet is approximately the same and lower than that of winter rye and spring wheat (the stress resistance coefficient is 0.62-0.65). Spring rapeseed reacts strongly to stress factors, especially to drought (stress resistance coefficient 0.54). To increase the stress resistance of soybeans, corn and spring rapeseed, it is necessary to create and select varieties adapted to local climatic conditions.

Keywords: field crops, yield, agroclimatic factors, stress resistance, adaptability

Введение. Абиотические факторы оказывают значительное влияние на формирование урожая полевых культур и они подвержены изменчивости на территории и во времени. основная доля колебания урожайности полевых культур вызвано изменением погоды и климата [1, 2]. По результатам исследования Л.К. Петрова [2] продуктивность сортов оимой пшеницы в основном зависит от погодных условий года, доля которых составляет 73%.

Особенно аномальные агроклиматические факторы такие как высокая или, наоборот, низкая температура, переувлажнение и сильные ветры вызывают резкое колебание урожайности сельскохозяйственных культур [3]. Так, в 2021 году в Приволжском федеральном округе вследствие засухи урожайность зерновых культур снизилась на 9,6 ц/га по сравнению с 2020 годом, в том числе в Республике Татарстан — на 56,0%, в Оренбургской области — на 48,6%, в Ульяновской области — на 45,4%, в Чувашской Республике — на 39,6% и Республике Марий Эл — на 39,6%. Прямые потери

агропромышленного комплекса Республики Башкортостан вследствие засухи в этом году превысили 4 млрд рублей [4]. Стress растений и снижение их продуктивности вызывает также сильная влажность. В условиях повышенной влажности воздуха уменьшается разница между влажностью внутри листа и окружающей среды, что приводит к снижению интенсивности испарения воды через устьица. Это может замедлить процессы фотосинтеза и дыхания. Высокая влажность затрудняет поступление некоторых минеральных веществ, таких как кальций и магний, так как они плохо растворяются в воде при низких температурах. Повышенная влажность создает благоприятную среду для развития патогенных грибов, таких как *Botrytis cinerea*, *Phytophthora infestans* и другие. Эти грибы могут вызывать серьезные заболевания у растений, приводящие к их гибели [5].

Одним из направлений снижения отрицательного влияния неблагоприятных агроклиматических факторов на продуктивность растениеводства является воздействие стрес-

соустойчивых с широкой нормой реакцией культур и их сортов [6]. Способность растений поддержать внутреннее равновесие и реализовать генетически детерминированные возможности сортов при отклонении условий их культивирования от нормы имеет большое значение для достижения максимальной продуктивности [7]. Подбор видов культур устойчивых отрицательному воздействию климатических факторов приобретает актуальность особенно в последние десятилетия в связи глобальным изменением климата. С глобальным изменением климата увеличивается частота и сила экстремальных погодных явлений, таких как засуха, ураганы, волны тепла и холодные фронты [8, 9]. На неблагоприятные воздействия растения развиваются механизмы адаптации, позволяющие им выживать и продолжать рост и развитие даже в условиях стресса. Для того чтобы противостоять различным видам стресса, растения используют разнообразные физиологические, биохимические и молекулярные механизмы [10, 11].



Проведены многочисленные экспериментальные исследования адаптивности и стрессоустойчивости сортов сельскохозяйственных культур [12, 13, 14]. Этими исследованиями выявлены наиболее адаптированные к местным природным условиям сорта полевых культур, показано возможность снижения результатов неблагоприятного воздействия абиотических факторов и повышения устойчивости урожайности полевых культур благодаря селекционной работы. Однако практически отсутствуют результаты количественной оценки адаптивности и стрессоустойчивости видов полевых культур. В настоящее время устойчивость видов сельскохозяйственных культур к неблагоприятным условиям характеризуется в основном качественными показателями, которые трудно поддаются формализации и статистической обработке. в то время для сравнительной оценки, выявления закономерностей и насколько сильно те или иные факторы влияют на стрессоустойчивость необходим количественный метод исследования. Выявление адаптивных возможностей растений необходимо в селекции, сортоиспытании и семеноводстве при разработке комплексных селекционно-агротехнических программ, для оптимизации размещения полевых культур на агроландшафте [6, 15, 16].

Цель исследования состояла в сравнительной количественной оценке стрессоустойчивости и адаптивности полевых культур к погодным и климатическим изменениям на территории Республики Башкортостан.

Материал и методы исследования. Нами проведена оценка стрессоустойчивости и адаптивности полевых культур, относящимся к разным группам по характеру использования и биологическим особенностям (озимая рожь *Secale cereale L.*, пшеница мягкая яровая *Triticum aestivum L.*, кукуруза *Zea mays L.*, соя *Glycine max (L.) Merr.*, рапс яровой *Brassica napus L. ssp. olifera Metzg.* и сахарная свекла *Beta vulgaris L. ssp. vulgaris convar. saccharifera Alef.*). Для исследования были использованы статистические данные урожайности указанных культур в 2009–2023 годы в Республике Башкортостан [17], данные по температуре воздуха и сумме осадков использовали из электронного ресурса [18]. На территории Республики Башкортостан климат резко континентальный, средняя температура января составляет от –14 до –17 °C, средняя температура июля — от 17 до 19 °C.

Провели измерение высоты растений мерной линейкой, индекс площади листьев LAI устройством CI-110 CID Bio-Science, содержание хлорофилла (CCI) в листьях прибором Aropogee MC-100.

Для количественной оценки адаптивности и стрессоустойчивости видов полевых культур по урожайности применяли комплекс показателей (размах урожайности, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, степень депрессии урожайности, коэффициент стрессоустойчивости, индекс экологической пластиности, коэффициент засушливости).

Размах вариации урожайности (V) вычисляли как разность минимальной (Y_{min}) и максимальной (Y_{max}) урожайности. Чем меньше показатель, тем выше стрессоустойчивость [19]. Среднеквадратическое отклонение определяли как квадратный корень из дисперсии урожайности. Эти два параметра (индекс стрессоустойчивости, среднеквадратическое отклонение) имеют абсолютную величину, поэтому недостаточно показательны для сравнительной оценки

стабильности и стрессоустойчивости полевых культур, имеющих значительное отличие в величине урожая.

Для сравнительной оценки использовали более репрезентативные показатели, имеющие относительную величину. Коэффициент вариации (V) представляет собой отношение стандартного отклонения к средней арифметической, выраженное в процентах. Рассчитали по общепринятой формуле:

$$V = \frac{S}{X} \times 100,$$

где V — коэффициент вариации, %;

S — среднее квадратическое отклонение урожайности, ц/га;

X — средняя арифметическая урожайность, ц/га.

Изменчивость признака считается незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%, средней — 10–30% и значительной — выше 30%.

Степень депрессии урожайности зерна (D) на неблагоприятные факторы рассчитали по формуле, рекомендованной А.И. Кинчаровым [20]:

$$D = \frac{Y_{min} - Y_{max}}{Y_{max}} \times 100,$$

где D — степень депрессии урожайности, %;

Y_{min} — минимальная урожайность за годы испытания, ц/га;

Y_{max} — максимальная урожайность за годы испытания, ц/га.

Коэффициент стрессоустойчивости (Kst) определяли по А.В. Быкову [21]:

$$Kst = \frac{\sum Y_{min}/N}{\sum Y_{max}/M},$$

где Kst — коэффициент стрессоустойчивости;

Y_{min} — сумма урожайностей, не превышающие среднюю урожайность за период наблюдений, ц/га;

Y_{max} — сумма урожайностей, превышающие среднюю урожайность за период наблюдений, т/га.

N — количество лет с урожайностью ниже среднемноголетнего показателя.

M — количество лет с урожайностью выше среднемноголетнего показателя.

Реакцию культуры на изменения внешних условий (коэффициент bi) оценивали по методике S. A. Eberhart и W.A. Russell [22].

Коэффициента засушливости (Si) рассчитали по Д.А. Педя [23]. Для расчета коэффициента засушливости используются не сами значения температуры воздуха и осадков, а их аномалии, т.е. отклонения от обычных условий (норм), температуры воздуха и количества атмосферных осадков.

$$Si = \frac{\Delta T}{\sigma t} - \frac{\Delta R}{\sigma R},$$

где ΔT , ΔR — аномалии средней месячной температуры воздуха и месячного количества осадков;

σt , σR — средние квадратические отклонения температуры и осадков.

Результаты исследования и их обсуждение. Полевые культуры в Республике Башкортостан возделываются на площади около 3 млн га, в том числе озимая рожь в 2022 году возделывалась на площади 126,4 тыс. га, яровая пшеница — на 709,6, кукуруза на зерно — на 16,4, соя — на 8,9, рапс яровой — на 33,3 и сахарная свекла — на площади 44,4 тыс. га. В среднем за 2009–2023 годы урожайность озимой ржи составила 19,20 ц/га, яровой пшеницы — 18,85,

зерна кукурузы — 33,41, сои — 8,58, ярового рапса — 8,57 и сахарной свеклы — 289,06 ц/га. Урожайность данных полевых культур в Республике подвержена значительному колебанию по годам, что в основном вызвано изменчивостью агроклиматических и погодных условий. Размах вариации урожайности озимой ржи в 2009–2023 годы составил 14,1 ц/га, яровой пшеницы — 19,6, зерна кукурузы — 38,3, сои — 8,2, ярового рапса — 11,8 и сахарной свеклы — 352,6 ц/га. Одним из показателей изменчивости урожайности является среднеквадратическое отклонение. Как показали исследования величина данного показателя также значительная и урожайность изучаемых культур неодинаково варьирует под годам (табл. 1).

Для сравнительной оценки стабильности урожайности надежным показателем является коэффициент вариации (V). По величине данного коэффициента наибольшей устойчивостью по урожайности обладает озимая рожь ($V=27,8\%$) и, следовательно, адаптивностью к погодным и агроклиматическим изменениям (таблица 1). Сравнительно высокая адаптивность озимой ржи объясняется тем, что растение ржи имеет хорошо развитую корневую систему, которая проникает глубоко в почву, позволяя растению эффективно использовать влагу даже в условиях недостатка осадков. Кроме того, её листья имеют восковой налет, который снижает испарение воды, начинает вегетацию рано весной, что позволяет ей избежать некоторых стрессов, связанных с поздними весенними заморозками или летним дефицитом влаги [15]. Несколько меньшую стабильность урожайности имеет яровая пшеница ($V 27,8\%$). Самая низкая стабильность урожайности кукурузы ($V 30,5\%$) и ярового рапса ($V 35,8\%$). Расчет параметров экологической пластиности подтвердил сравнительно низкую экологическую пластичность и высокую адаптивность озимой ржи ($bi 0,63$) по сравнению с яровой пшеницей ($bi 0,77$), кукурузой ($bi 1,60$), соей ($bi 0,87$) и рапсом ($bi 1,13$).

Значительное колебание урожайности во многом вызвано резким снижением ее в годы с аномально сухой погодой и повышением в годы благоприятными по увлажненности. На территории Республики Башкортостан в 2010 г., 2012 г. и 2021 г. в течение всей вегетации полевых культур наблюдалась воздушная засуха и минимальная урожайность формировала практически у всех культур в эти годы. Согласно градации коэффициента засушливости (Si) Д.А. Педя [23] в мае, июле и августе 2010 г. была средняя засуха (Si) соответственно, 2,19; 2,69 и 2,29, в июне — сильная засуха ($Si 3,10$). В 2012 г. в мае, июне и июле была слабая засуха и в 2021 г. в мае и августе была сильная и в июле — слабая засуха. В период 2000–2024 гг. в мае встречаемость засух составила 6 лет (24%), в июне — 8 (32%), в июле — 7 (28%) и в августе — 6 (24%) (табл. 2). Индекс условий среды также имел низкое значение в засушливом 2010 г. — 8,02, в 2012 — 6,72 и в 2021 г. — 2,54.

В вегетационный период 2000–2024 гг. наблюдалась также среднее и сильное избыточное увлажнение. В трех годах в мае (12%), в четырех годах в июне (16%), в трех годах в июле (12%) и в пяти годах в августе (20%).

Изучаемые культуры в по-разному реагировали на стрессовые погодные условия вегетации растений. Растения полевых культур реагировали на засуху изменением роста и развития растений. У всех культур уменьшилась высота,





индекс листа и содержание хлорофилла в листьях (табл. 3). В засушливом 2021 г. произошло ускоренное развитие растений. Во второй половине вегетации наступление фенологических фаз наблюдалось в зависимости от культуры на 12-14 дней раньше многолетних дат.

Интегральным показателем устойчивости полевой культуры к стрессовым факторам является ее урожайность. Высокую устойчивость к изменению погодных условий и стрессовым условиям проявила озимая рожь (табл. 4). Степень депрессии у озимой ржи среди изучаемых

культур составила минимальную величину (-53,4%), а коэффициент стрессоустойчивости сравнительно был высоким (0,67). Несколько выше была степень депрессии (-69,0) у яровой пшеницы и коэффициент стрессоустойчивости — самым высоким (0,72) по сравнению с другими культурами. сравнительно низкой стрессоустойчивостью обладают яровой рапс, соя и кукуруза, коэффициент стрессоустойчивости у этих культур составил 0,54, 0,61 и 0,62, соответственно. Относительно невысокая устойчивость и адаптивность этих культур объясняется тем,

что эти культуры сравнительно новые в растениеводстве республики и возделываемые их сорта созданы в иных природных условиях, отличающихся от условий на территории республики.

В частности, кукуруза сравнительно засухоустойчивая культура, но для формирования и созревания зерна кукурузы во многие годы на территории недостаточно тепла. Влаголюбивые растения сои и рапса резко отрицательно реагируют на засушливые условия континентального климата республики.

Выводы. Урожайность полевых культур (озимая рожь, пшеница мягкая яровая, кукуруза, соя, рапс яровой, сахарная свекла) на территории Республики Башкортостан подвержена значительному колебанию по годам вследствие изменчивости погодных и климатических условий вегетации растений. Резкое снижение урожайности происходит в годы с засушливой погодой. Сравнительно высокой адаптивностью к изменениям климата и устойчивостью стрессовым факторам, в частности, засухе обладают озимая рожь и яровая пшеница. Стрессоустойчивость кукурузы, сои и сахарной свеклы примерно одинаковая. Сильно реагирует на стресс факторы, особенно на засуху, рапс яровой. Для повышения стрессоустойчивости сои, кукурузы и рапса ярового необходимо создавать и подбирать сорта (гибриды), адаптированные к местным климатическим условиям.

Список источников

1. Барковская Т.А., Гладышева О.В. Адаптивные свойства и экологическая пластиность перспективных линий яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. 25(1). С. 35-42. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.35-42>.

2. Петров Л.К. Оценка урожайности, экологической стабильности пластиности сортов озимой пшеницы в условиях Нижегородской области // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 3. С. 6-9. DOI: 10.31857/S2500262720030023.

3. Урожайность сельскохозяйственных культур в условиях засухи степной зоны южного Урала / Н.А. Максютов, А.А. Зоров, В.Ю. Скороходов, Д.В. Митрофанов, Ю.В. Кафтан, Н.А. Зенкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5(79). С. 20-23.

4. В Башкортостане в 2021 году урожайность зерновых снизилась на 38% [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rus.bashgazet.ru/ekonomika/16820-v-bashkortostanе-v-2021-godu-urozhajnost-zernovyh-snizilasna38.html> (дата обращения: 10.12.2024).

5. Игнатов А.Н. Влияние глобальных изменений климата на фитопатоген и развитие болезней растений / А.Н. Игнатов, Е.И. Кошкин, И.В. Андреева, Г.Г. Гусейнов, К.Г. Гусейнов, Ф.С. У. Джаллов // Агрохимия. 2020. № 12. С. 81-96. DOI: 10.31857/S0002188120120042. EDN LSQEPX.

6. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство: эколого-генетические основы. Институт экологической генетики. Кишинев: Штиинца, 1990. 432 с.

7. Water-Stressed Plants Do Not Cool: Leaf Surface Temperature of Living Wall Plants under Drought Stress / M. Gräf, M. Immitzer, P. Hietz, R. Stangl // Sustainability. 2021. Vol. 13, No. 7. P. 3910. DOI: 10.3390/su13073910.

8. Carvalho D, Cardoso Pereira S, Rocha A. Future surface temperature changes for the Iberian Peninsula according to EURO-CORDEX climate projections // Climate Dynamics. 2021. Vol. 56, No. 1. P. 123-138. DOI: 10.1007/s00382-020-05472-3.

9. Васильев А.А. Анализ агроклиматических условий Уральского региона за период с 1966-го по 2020 годы и перспективный прогноз изменения среднегодовой температуры до 2050 года / А.А. Васильев, Д.Ю. Нохрин, Ф.М. Гасымов, Н.В. Глаз // АПК России. 2022. Т. 29, № 2. С. 139-147. DOI: 10.55934/2587-8824-2022-29-2-139-147.

10. Genetics of yield, abiotic stress tolerance and biofortification in wheat (*Triticum aestivum* L.) / P.K. Gupta, H.S. Balyan, S. Sharma, R. Kumar // Theoretical and Applied

Таблица 1. Изменчивость урожайности полевых культур в Республике Башкортостан (2009-2023 гг.)
Table 1. Variability of field crop yields in the Republic of Bashkortostan (2009-2023)

Культура	Урожайность, ц/га				Среднеквадратическое отклонение урожайности, ц/га	Коэффициент вариации урожайности (V), %
	У _{min}	У _{max}	средняя	размах		
Озимая рожь	12,3	26,4	19,20	-14,1	4,31	22,5
Яровая пшеница	8,8	28,4	18,85	-19,6	4,51	27,8
Кукуруза	15,4	53,7	33,41	-38,3	10,18	30,5
Соя	4,1	12,3	8,58	-8,2	2,48	28,8
Рапс	3,3	15,1	8,57	-11,8	3,07	35,8
Сахарная свекла	97,6	450,2	289,0	-352,6	81,45	28,2

Таблица 2. Встречаемость воздушных засух в 2000-2024 гг. на территории Башкортостана
Table 2. Occurrence of air droughts in 2000-2024 in Bashkortostan

Засушливость	Май		Июнь		Июль		Август	
	число лет	%						
Слабая засуха	2	8	4	16	6	24	2	8
Средняя засуха	3	12	3	12	1	4	3	12
Сильная засуха	1	4	1	4	0	0	1	4
Всего засушливых лет	6	24	8	32	7	28	6	24
Нормальные условия увлажнения	13	52	11	44	11	44	13	52
Слабое избыточное увлажнение	3	12	2	8	4	16	1	4
Среднее избыточное увлажнение	2	8	2	8	2	8	3	12
Сильное избыточное увлажнение	1	4	2	8	1	4	2	8
Всего увлажненных лет	6	24	6	24	5	28	6	24

Таблица 3. Высота, индекс листа, содержания хлорофилла в листьях полевых культур в засушливом 2021 году и normally увлажненном 2022 г.

Table 3. Plant height, leaf index and chlorophyll content in the leaves of field crops in dry 2021 and normally moist 2022

Культура (фенологическая фаза)	Высота растений, см		Индекс листа (LAI)		Индекс содержания хлорофилла в листьях (CCI)	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Озимая рожь (колошение)	107	125	1,5	1,6	27,31	31,1
Яровая пшеница (колошение)	52	68	1,4	1,5	32,4	35,9
Кукуруза (цветение метелки)	168	182	1,5	1,7	31,1	34,2
Соя (бутонизация)	34	47	1,2	1,3	30,3	32,7
Рапс (бутонизация)	39	54	1,1	1,3	27,6	30,8
Сахарная свекла (смыкание рядков)	-	-	1,2	1,4	32,7	33,6

Таблица 4. Показатели стрессоустойчивости полевых культур

Table 4. Indicators of stress resistance of field crops

Культура	Урожайность в 2010 году	Степень депрессии, %	Коэффициент стрессоустойчивости
Озимая рожь	12,3	-53,4	0,67
Яровая пшеница	8,8	-69,0	0,72
Кукуруза	15,4	-71,3	0,62
Соя	7,8	-66,7	0,61
Рапс	3,6	-78,1	0,54
Сахарная свекла	97,6	-78,3	0,65



- Genetics TAG. 2020. Vol. 133, No. 5. P. 1569-1602. DOI: 10.1007/s00122-020-03583-3.
11. Заикина Е.А., Исмагилов К.Р., Кулуев Б.Р. Поиск SNP-маркеров стрессоустойчивости в генах TaDREB1 и TaWRKY19 мягкой пшеницы в условиях Предуральской степной зоны // Экологическая генетика. 2022. Т. 20, № 3. С. 183-192. DOI: 10.17816/ecogen106945.
12. Мадякин Е.В., Горянин О.И. Адаптивность сортов озимой мягкой пшеницы в Поволжье // Аграрный научный журнал. 2022. № 8. С. 16-19. DOI: 10.28983/asj.y2022i8pp16-19.
13. Горянина Т.А. Сравнительная оценка сортов озимой тритикале по адаптивной способности и стабильности // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 1. С. 37-41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10107.
14. Зобнина Н.Л. Адаптивная способность сортов озимой тритикале в условиях Среднего Урала // АПК России. 2023. Т. 30, № 2. С. 164-169. DOI: 10.55934/10.55934/2587-8824-2023-30-2-164-169.
15. Жученко А.А. Потенциальная продуктивность и экологическая устойчивость ржи // Агропродовольственная политика России. 2012. № 2. С. 19-24.
16. Исмагилов К.Р., Каюмова Р.Р. Стабильность и экологическая пластиность озимых зерновых культур в Республике Башкортостан // Аграрная наука. 2024. № 3. С. 114-118. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-380-3-114-118.
17. Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <http://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 10.12.2024).
18. Температура воздуха и осадки по месяцам и годам [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?ysclid=m50z0cy233332803400> (дата обращения: 12.11.2024).
19. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment // Crop Science. 1981. 21(6). P. 943-946. DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X00 2100060033x
20. Методика оценки агроэкологической адаптивности генотипов в условиях глобального потепления климата / А.И. Кинчаров, Е.А. Демина, М.Н. Кинчарова, Т.Ю. Таранова, О.С. Муллянова, К.Ю. Чекмасова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 4. С. 39-47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47.
21. Быков А.В. Морфо-биологические особенности и агроклиматический потенциал урожайности сортов Beta vulgaris L. var. Conditiva alef в Западной Сибири // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 7-2(61). С. 59-62. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.020.
22. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability Parameters for Comparing Varieties // Crop Science. 1966. 6(1). P. 36-40.
23. Педь Д.А. О показателях засухи и избыточного увлажнения // Труды Гидрометцентра СССР. 1975. Вып. 156. С. 19-39.
- References**
1. Barkovskaya T.A. & Gladysheva O.V. (2024). *Adaptivnye svoistva i ekologicheskaya plastichnost' perspektivnykh linii yarovoij myagkoj pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo Nchernozem'ya Rossii* [Adaptive properties and ecological plasticity of promising lines of spring soft wheat in the conditions of the Central Non-Black Earth region of Russia]. *Agrarnaya nauka Euro-Serovo-Vostoka*, no. 25(1), pp. 35-42. DOI: <http://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.35-42>.
2. Petrov L.K. (2020). *Otsenka urozhainosti, ekologicheskoi stabil'nosti plastichnosti sortov ozimoj pshenitsy v usloviyakh Nizhegorodskoi oblasti* [Assessment of yield, ecological stability of plasticity of winter wheat varieties in the conditions of the Nizhny Novgorod region]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*, no. 3, pp. 6-9. DOI: 10.31857/5200262720030023.
3. Maksutov N.A., Zorov A.A., Skorokhodov V.YU., Miftrofanov D.V., Kaftan YU.V., & Zenkova N.A. (2019). *Urozhainost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v usloviyakh zasukhi stepnoi zony yuzhnogo Urala* [Crop yield in drought conditions of the steppe zone of the southern Urals]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 5(79), pp. 20-23.
4. *Bashkortostane v 2021 godu urozhainost' zernovykh snizilas' na 38%* [In Bashkortostan in 2021, grain yields decreased by 38%]. Available at: <http://rus.bashgazet.ru/jeconomika/16820-v-bashkortostane-v-2021-godu-urozhainost-zernovoyh-snizilasna38.html> (accessed: 10.12.2024).
5. Ignatov A.N., Kosikh E.I., Andreeva I.V., Guseinov G.G., Guseinov K.G., Dzhalilov F.S.U. (2020). *Vliyanie global'nykh izmenenii klimata na fitopatogeny i razvitiye boleznei rastenii* [The impact of global climate change on phytopathogens and the development of plant diseases]. *Agrokhimiya*, no. 12, pp. 81-96. DOI: 10.31857/S0002188120120042.
6. Zhuchenko A.A. (1990). *Adaptivnoe rastenievodstvo: ekologo-geneticheskie osnovy* [Adaptive Crop Production: Ecological and Genetic Foundations]. Academy of Sciences of the Soviet Socialist Republic of Moldova. Institute of Environmental Genetics, Chisinau.
7. Gräf, M., Immitzer, M., Hietz, P. & Stangl, R. (2021). Water-Stressed Plants Do Not Cool: Leaf Surface Temperature of Living Wall Plants under Drought Stress. *Sustainability*, vol. 13, no. 7, pp. 3910. DOI: 10.3390/su13073910.
8. Carvalho, D., Cardoso Pereira, S. & Rocha, A. (2021). Future surface temperature changes for the Iberian Peninsula according to EURO-CORDEX climate projections. *Climate Dynamics*, vol. 56, no. 1, pp. 123-138. DOI: 10.1007/s00382-020-05472-3.
9. Vasil'ev, A.A., Nokhrin, D.YU., Gasymov, F.M. & Glaz, N.V. (2022). *Analiz agroklimaticheskikh usloviy Ural'skogo regiona za period s 1966-go po 2020 gody i perspektivnye pronyoz izmenenija srednegodovoi temperatury do 2050 goda* [Analysis of agroclimatic conditions of the Ural region for the period from 1966 to 2020 and a long-term forecast of changes in the average annual temperature until 2050]. *APK Rossi, vol. 29, no. 2, pp.139-147*. DOI: 10.55934/2587-8824-2022-29-2-139-147.
10. Gupta, P.K., Balyan, H.S., Sharma, S. & Kumar, R. (2022). Genetics of yield, abiotic stress tolerance and biofortification in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics TAG*, vol. 133, no. 5, pp. 1569-1602. DOI: 10.1007/s00122-020-03583-3.
11. Заикина Е.А., Исмагилов К.Р. & Кулев Б.Р. (2022). *Poisk SNP-markерov stressoustoichivosti v genakh TaDREB1 i TaWRKY19 myagkoj pshenitsy v usloviyakh Predural'skoi stepnoi zony* [Search for SNP markers of stress resistance in the TaDREB1 and TaWRKY19 genes of bread wheat in the conditions of the Pre-Ural steppe zone]. *Ehkologicheskaya genetika*, vol. 20, no. 3, pp. 183-192. DOI: 10.17816/ecogen106945.
12. Мадякин Е.В. & Горянин О.И. (2022). *Adaptivnost' sortov ozimoj myagkoj pshenitsy v Povolzh'e* [Adaptability of winter soft wheat varieties in the Volga region]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, no. 8, pp. 16-19. DOI: 10.28983/asj.y2022i8pp16-19.
13. Горянина Т.А. (2020). *Sravnitel'naya otsenka sortov ozimoj tritikale po adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti* [Comparative assessment of winter triticale varieties in terms of adaptive capacity and stability]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, vol. 34, no. 1, pp. 37-41. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10107.
14. Зобнина Н.Л. & Масленина Н.В. (2023). *Adaptivnaya sposobnost' sortov ozimoj tritikale v usloviyakh Srednego Urala* [Adaptive Ability of Winter Triticale Varieties in the Middle Urals]. *APK Rossi, vol. 30, no. 2, pp. 164-169*. DOI: 10.55934/10.55934/2587-8824-2023-30-2-164-169.
15. Жученко А.А. (2012). *Potentsial'naya produktivnost' i ekologicheskaya ustoichivost' rzhii* [Potential productivity and environmental sustainability of rye]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii*, no. 2, pp. 19-24.
16. Исмагилов К.Р. & Куюмова Р.Р. (2024). *Stabil'nost' i ekologicheskaya plastichnost' ozimykh zernovykh kul'tur v Respublike Bashkortostan* [Stability and ecological plasticity of winter grain crops in the Republic of Bashkortostan]. *Agrarnaya nauka*, no. 3, pp. 114-118. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-380-3-114-118.
17. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki* [Federal State Statistics Service]. Available at: <http://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (accessed: 10.12.2024).
18. *Temperatura vozdukh i osadki po mesyatsam i godam* [Air temperature and precipitation by months and years]. Available at: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?ysclid=m50z0cy233332803400> (accessed: 12.11.2024).
19. Rosielle A.A. & Hamblin J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*, vol. 21(6), pp. 943-946. DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X00 2100060033x.
20. Кинчаров А.И., Демина Е.А., Кинчарова М.Н., Таранова Т.Ю., Муллянова О.С. & Чекмасова К.Ю. (2022). *Metodika otsevki agroekologicheskoi adaptirovannosti genotipov v usloviyakh global'nogo potepleniya klimata* [Methodology for assessing agroecological adaptation of genotypes in the context of global warming]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*, vol. 183, no. 4, pp. 39-47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47.
21. Быков А.В. (2017). *Morfo-biologicheskie osobennosti i agroklimaticheskii potentsial urozhainosti sortov Beta vulgaris L. var. Conditiva alef v Zapadnoi Sibiri* [Morpho-biological features and agroclimatic yield potential of Beta vulgaris L. var. Conditiva alef. in Western Siberia]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, no. 7-2(61), pp. 59-62. DOI: 10.23670/IRJ.2017.61.020.
22. Eberhart S.A. & Russel W.A. (1966). Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Science*, no. 6(1), pp. 36-40.
23. Ped' D. A. (1975). *O pokazatelyakh zasukhi i izbytochnogo uvlazhneniya* [On Drought and Excessive Wetting Indicators]. *Trudy Gidromettsentra SSSR*, vol. 156, pp. 19-39.

Информация об авторах:

Исмагилов Камиль Рафаэлевич, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0212-116x>, ismagilovkr@gmail.com

Кулуев Булат Разяпович, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией, Институт биохимии и генетики — обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1564-164X>, kuluev@bk.ru

Исмагилов Рафаэль Ришатович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, опытная станция Уфимской — обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-4769-7031>, ismagilovr_bsau@mail.ru

Information about the authors:

Kamil R. Ismagilov, candidate of economic sciences, professor, leading researcher, Bashkir Research Institute of Agriculture, Separate Structural Unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0212-116x>, ismagilovkr@gmail.com

Bulat R. Kuluev, doctor of biological sciences, professor, head of laboratory, Institute of Biochemistry and Genetics, separate structural unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1564-164X>, kuluev@bk.ru

Rafael R. Ismagilov, doctor of agricultural sciences, professor, chief researcher, Ufimskaya experimental station Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-4769-7031>, ismagilovr_bsau@mail.ru

ismagilovr_bsau@mail.ru

