

Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 246-257.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2022. Vol. 105, no 4. P. 246-257.

Научная статья
УДК 633.11:631.52(470.56)
doi:10.33284/2658-3135-105-4-246

Результаты исследования свойств стабильности и пластичности твёрдых сортов пшеницы Оренбургской области

Антонина Александровна Новикова¹, Анастасия Анатольевна Пустовалова², Анастасия Алексеевна Емельянова³, Ольга Сергеевна Гречишкина⁴, Татьяна Александровна Мишенина⁵, Максим Викторович Замерзляк⁶

¹²³⁴⁵⁶Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹tony-novikova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6947-9262>

²a.p.anatolevna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-002-0472-0019>

³a_a_emelyanova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9877-1679>

⁴vip.olga1979@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4054-3048>

⁵tanya-mishenina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2423-4111>

⁶maksim.zamerzlyak@mail.ru

Аннотация. Оренбургская область является одним из ведущих регионов по выращиванию зерновых культур, таких как мягкая и твёрдая пшеница. Твёрдая пшеница пользуется сегодня высоким спросом на российском рынке, что подтверждается увеличивающимися объёмами производства макаронных изделий из твёрдых сортов пшеницы. Состав чернозёмов и сухостепной климат Оренбуржья способствуют благоприятной урожайности зерна высокого качества. Постоянные изменения условий выращивания и резкие изменения погодных условий препятствуют получению высокой урожайности, которая является ключевым показателем, определяющим экологическую пластичность и стабильность сортов. По данным характеристикам возможно определение других адаптивных свойств исследуемых сортов и отбор наиболее устойчивых образцов к климатическим изменениям среды. В исследовании были определены адаптивные свойства, стабильность и пластичность для 12 сортов твёрдой пшеницы по показателям урожайности за 3 года (2018-2020 гг.). По коэффициенту линейной регрессии урожайности были выявлены наиболее пластичные сорта: Безенчукская нива, Безенчукская степная, Оренбургская 10 и Оренбургская 21. Они обладают большей отзывчивостью к высокому уровню агротехники. В результате проведённых исследований были выделены наиболее экологически пластичные и стабильные сорта твёрдой пшеницы: Харьковская 46, Донская элегия, Безенчукская золотистая.

Ключевые слова: твёрдая пшеница, сорт, урожайность, экологическая стабильность, экологическая пластичность, адаптивность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в форме субсидии на создание селекционно-семеноводческого центра, проект № 075-15-2021-563.

Для цитирования: Результаты исследования свойств стабильности и пластичности твёрдых сортов пшеницы Оренбургской области / А.А. Новикова, А.А. Пустовалова, А.А. Емельянова, О.С. Гречишкина, Т.А. Мишенина, М.В. Замерзляк // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 246-257. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-246>

Original article

The results of the properties test of stability and plasticity in durum wheat of Orenburg region

Antonina A Novikova¹, Anastasia A Pustovalova², Anastasia A Emelyanova³, Olga S Grechishkina⁴, Tatyana A Mishenina⁵, Maxim V Zamerzlyak⁶

¹²³⁴⁵⁶Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹tony-novikova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6947-9262>

²a.p.anatolevna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-002-0472-0019>

³a_a_emelyanova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9877-1679>

⁴vip.olga1979@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4054-3048>

⁵tanya-mishenina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2423-4111>

⁶maksim.zamerzlyak@mail.ru

Abstract: Orenburg region is one of the leading regions in grain crops cultivation such as soft and durum wheat. Today durum wheat is in high demand on the Russian market, which is confirmed by the increasing volumes in pasta production from durum varieties. The composition of black soil and the dry-

steppe climate in Orenburg region contribute to a favorable yield of high-quality grain. Constant changes in growing conditions and sudden changes in weather conditions prevent obtaining high yields. Yield is a key indicator by which the ecological plasticity and stability of varieties are determined. According to these characteristics, it is possible to determine other adaptive properties of the studied varieties and select the most resistant samples to climatic changes in the environment. Adaptive properties, stability and plasticity were studied for 12 durum wheat varieties according to yield indicators for 3 years (2018-2020). Bezenchukskaya niva, Bezenchukskaya stepnaya, Orenburgskaya 10 and Orenburgskaya 21 were identified as the most plastic varieties according to the linear regression coefficient of yield. These varieties have greater responsiveness to a high level of agricultural technology. As a result of the conducted research, Khar'kovskaya 46, Donskaya elegiya, Bezenchukskaya zolotistaya were identified as the most environmentally plastic and stable durum wheat varieties.

Keywords: durum wheat, variety, productivity, ecological stability, ecological plasticity, adaptability

Acknowledgments: the work was supported by Department of Science and High Education of Russian Federation in the form of a subsidy for the creation of a breeding and seed center, project No. 075-15-2021-563.

For citation: Novikova AA, Pustovalova AA, Emelyanova AA, Grechishkina OS, Mishenina TA, Zamerzlyak MV. The results of the properties test of stability and plasticity in durum wheat of Orenburg region. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):246-257. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-246>

Введение.

Пшеница – одна из ключевых и главных зерновых культур, возделываемых в Оренбургской области (Балькин С.В. и др., 2019). Благодаря свойствам чернозёмов и особому климату, урожай твёрдых сортов пшеницы представляет высококачественный продукт, содержание белка в котором доходит до 20 процентов, что сравнимо с молочными продуктами. Твёрдые сорта пшеницы являются единственным сырьём для изготовления макаронных изделий самого высшего качества с сохранением питательной ценности.

Однако засушливые условия и колебания температурного режима сказываются на урожайности сельскохозяйственных культур (Гречишкина О.С. и др., 2021). Обеспечение стабильного роста урожайности сортов пшеницы невозможно без повышения их адаптивности. Каждый её сорт обладает индивидуальной стабильностью и пластичностью к определённым условиям среды (Елисеев В.И. и Сандакова Г.Н., 2017; Lozhkin AG et al., 2020; Мухитов Л.А. и Тимошенкова Т.А., 2021). Статистическая оценка на основе урожайности является распространённым методом, используемым для характеристики сортов (Li L et al., 2022; Cai Y et al., 2019; Feng P et al., 2020; Nan Gu et al., 2022).

Цель исследования.

Определить экологическую пластичность и стабильность сортов твёрдой пшеницы в условиях Оренбургской области.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. 12 сортов твёрдой пшеницы: Безенчукская степная, Безенчукская нива, Безенчукская золотистая, Безенчукская 205, Оренбургская 10, Оренбургская 21, Марина, Донская элегия, Мелодия Дона, Твердыня, Харьковская 46, Безенчукская 210.

Характеристика территорий, природно-климатические условия. Климат Оренбургской области – резко континентальный, характеризуется умеренно холодной зимой с устойчивым снежным покровом и засушливым жарким летом. По гидротермическому коэффициенту увлажнения показатели области варьируют в среднем от 0,9 до 0,5 и относятся к засушливым и очень засушливым зонам. Почвы пахотных земель в основном составляют южные и обыкновенные чернозёмы.

Полевые исследования проводились на землях п. Чебеньки Оренбургского района, расположенных в центральной степной зоне Оренбургской области. Изучение метеорологических данных АМП Чебеньковский показали, что 2018 и 2020 годы проведения исследований можно характеризовать, как засушливые, а 2019 год – как год с оптимальным режимом увлажнения. Изменения метеоусловий представлены на рисунках 1 и 2.

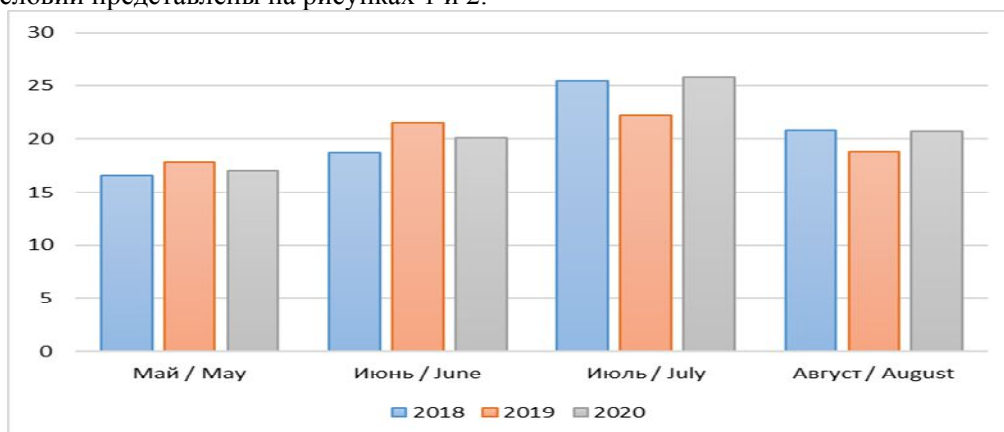


Рис. 1 – Показатели температуры воздуха в вегетационный период сортов твёрдой пшеницы
 Figure 1 – Air temperature indicators during the growing season of durum wheat varieties

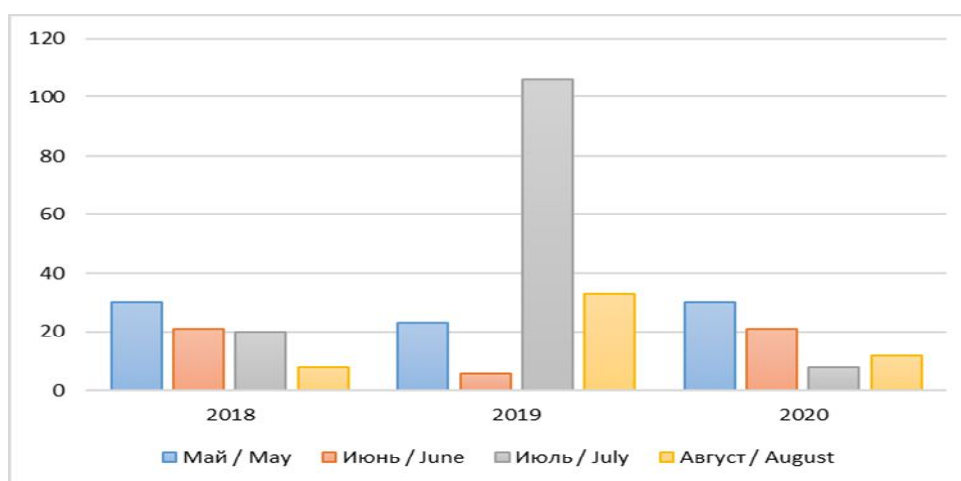


Рис. 2 – Сумма количества осадков, выпавших в вегетационный период сортов твёрдой пшеницы

Figure 2 – The amount of precipitation that fell during the growing season of durum wheat varieties

Анализ динамики среднесуточной температуры показал, что пик высоких температур в годы проведения исследований приходился на июль. За исследуемый период сумма осадков 2018 и 2020 годов в июне, июле и августе была ниже нормы, а в 2019 г. в июле превышала норму.

Схема эксперимента. Сравнительная характеристика по урожайности сортов твёрдой пшеницы проводилась с 2018 по 2020 годы на базе опытных полей ФНЦ БСТ РАН (п. Чебеньки, Оренбургский район). Агротехнические мероприятия выполняли по рекомендованным для центра и востока Оренбургской области зональным технологиям (Балыкин С.В. и др., 2019). Сорта твёрдой пшеницы выращивались на делянках 16,4 м² в трёхкратной повторности. Посев проводили с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Предшественник – чистый пар. Питомники конкурсного испытания закладывали во II декаде мая.

Оборудование и технические средства. Исследования проводились в лаборатории селекции ярового ячменя ФНЦ на базе ЦКП БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>. При проведении полевых работ использовали трактор МТЗ 80 (Беларуссия), российского производства: культиватор КПС-4, бороны зубовые, кольчатые катки, сеялку ССФК-7, а также комбайн САМПО-130 (Финляндия).

Статистическая обработка. Статистический анализ выполняли с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) (Чешкова А.Ф. и др., 2020). Использовали методику полевого опыта Доспехова Б.А. (1985), методику государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Беляков А.М., 2020). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на уровне вероятности $P \leq 0,05$. Экологическую пластичность и стабильность сортов оценивали на основе данных урожайности по методике Эберхарта и Рассела (1966) (Децына А.А. и др., 2019).

Индекс условий среды (I_j) представляет собой совокупность характеристик среды, изменение условий окружающей среды, влияющих на выращивание культур (Пушкарев Д.В. и др., 2018). Значения индекса среды при вычислении могут иметь положительные и отрицательные значения в зависимости от благоприятности условий (Meuwissen MPM et al., 2019). Положительные значения являются наиболее благоприятными, отрицательные – неблагоприятными. Коэффициент линейной регрессии (b_i) отражает реакцию растений на улучшение условий среды для роста (Cogendo AA et al., 2021). Чем большее значение имеет коэффициент, тем большую отзывчивость сорт проявляет к благоприятным условиям. Такие сорта требуют большего агротехнического потенциала для максимальной отдачи (Мейлиев А.Х. и Тошметова Ф.Н., 2020).

Определение экологической стабильности требует дополнительных значений, таких как теоретическая урожайность, основанная на росте сортов в оптимальных условиях (Malchikov PN et al., 2019).

Результаты исследования.

Средняя урожайность твёрдой пшеницы за исследованные годы составила 1,52 т/га. Наибольшая величина урожая была выявлена в 2019 году (2,72 т/га). Данный год характеризовался обильными осадками в период вегетации при максимально благоприятном индексе условий среды ($I_j=+1,21$). Средние температурные показатели вегетационного периода за 2019 год составляли +20,1 °С (рис. 1), сумма осадков – 42 мм (рис. 2). Гидротермический коэффициент увлажнения – 0,68.

Минимальная урожайность наблюдалась в 2018 году (0,75 т/га, при $I_j=-1,76$). Средняя температура в вегетационный период составляла +20,4 °С, сумма осадков – 20 мм, гидротермический коэффициент увлажнения – 0,31.

Значения коэффициента линейной регрессии могут быть равными единице или меньше неё. Сорта с величиной коэффициента регрессии меньше единицы лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут большую продуктивность при минимуме затрат (табл. 1).

Анализ результатов вычислений коэффициента линейной регрессии урожайности позволил выявить наиболее пластичные сорта. Наибольшей пластичностью обладает сорт Безенчукская нива ($b_i=1,51$), чуть менее пластичными оказались сорта Безенчукская степная, Оренбургская 10 и Оренбургская 21 ($b_i=1,25$; 1,31 и 1,22 соответственно). Данные сорта дают большую урожайность при улучшении условий среды. Сорта Марина, Твердыня и Харьковская 46 ($b_i=1,05$; 1,00 и 1,03 соответственно) обладают коэффициентом регрессии, приближенным по величине к единице, что свидетельствует о зависимости изменения их урожайности от условий выращивания. У остальных исследуемых сортов твёрдой пшеницы коэффициент регрессии урожайности зерна на индексы среды по величине – меньше единицы, и это свидетельствует о том, что эти сорта слабо реагируют на изменение условий выращивания.

Таблица 1. Показатели урожайности сортов твёрдой пшеницы за годы исследований
 Table 1. Yield indicators of durum wheat varieties over the years of research

Сорт / Variety	Средняя урожайность по сорту, т/га / Average variety yield, t/ha			Сумма урожайности по сорту ($\sum Y_i$), т/га / The sum of variety yield ($\sum Y_i$), t/ha	Средняя урожайность по сорту (Y_i), т/га / Average variety yield (Y_i), t/ha	Коэффициент регрессии (b_i) / Regression coefficient (b_i)
	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	2020 г. / 2020			
Безенчукская 210 / <i>Bezenchukskaya 210</i>	1,29	2,6	0,95	4,84	1,61	0,80
Безенчукская степная / <i>Bezenchukskaya stepnaya</i>	0,11	2,79	1,27	4,17	1,39	1,25
Безенчукская нива / <i>Bezenchukskaya niva</i>	0,79	2,89	1,08	4,76	1,59	1,51
Безенчукская золотистая / <i>Bezenchukskaya zolotistaya</i>	1,09	2,77	1,31	5,17	1,72	0,89
Безенчукская 205 / <i>Bezenchukskaya 205</i>	0,96	2,67	0,98	4,61	1,53	0,95
Оренбургская 10 / <i>Orenburgskaya 10</i>	0,15	2,78	0,85	3,78	1,26	1,31
Оренбургская 21 / <i>Orenburgskaya 21</i>	0,18	2,69	1,02	3,89	1,29	1,22
Марина / <i>Marina</i>	0,61	2,7	1,16	4,47	1,49	1,05
Донская элегия / <i>Donskaya elegiya</i>	0,97	2,81	1,23	5,01	1,67	0,97
Мелодия Дона / <i>Melodiya Dona</i>	1,17	2,45	1,04	4,66	1,55	0,74
Твердыня / <i>Tverdnyya</i>	0,79	2,62	0,86	4,27	1,42	1,00
Харьковская 46 / <i>Khar'kovskaya 46</i>	0,88	2,87	1,27	5,02	1,67	1,03
Сумма урожайности по году ($\sum Y_i$), т/га / The sum of yield per year ($\sum Y_i$), t/ha	8,99	32,64	13,02	54,65	-	-
Средняя урожайность по году (Y_j), т/га / Average yield per year (Y_j), t/ha	0,75	2,72	1,09	-	1,52	-
Индекс среды (I_j) / Environment index (I_j)	-1,76	1,21	-0,42	-	-	-
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,26	0,24	0,21	-	-	-

Для определения экологической стабильности сортов твёрдой пшеницы предварительно определяли теоретическую урожайность, которую они могли бы дать при выращивании их в оптимальных условиях (табл. 2).

По результатам расчёта можно наблюдать, что наиболее оптимальным для всех сортов является период выращивания 2019 года, менее продуктивным оказался 2020 год.

Таблица 2. Расчётная теоретическая урожайность сортов твёрдой пшеницы
Table 2. Estimated theoretical yield of durum wheat varieties

Сорт / Variety	Средняя теоретическая урожайность по сорту, т/га / Average theoretical yield of variety, t/ha		
	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	2020 г. / 2020
Безенчукская 210 / <i>Bezenchukskaya 210</i>	1,00	2,58	1,27
Безенчукская степная / <i>Bezenchukskaya stepnaya</i>	0,44	2,90	0,87
Безенчукская нива / <i>Bezenchukskaya niva</i>	0,44	3,41	0,96
Безенчукская золотистая / <i>Bezenchukskaya zolotistaya</i>	1,04	2,80	1,34
Безенчукская 205 / <i>Bezenchukskaya 205</i>	0,81	2,68	1,13
Оренбургская 10 / <i>Orenburgskaya 10</i>	0,26	2,85	0,71
Оренбургская 21 / <i>Orenburgskaya 21</i>	0,36	2,77	0,78
Марина / <i>Marina</i>	0,70	2,80	1,04
Донская элегия / <i>Donskaya elegiya</i>	0,93	2,84	1,26
Мелодия Дона / <i>Melodiya Dona</i>	1,00	2,45	1,24
Твердыня / <i>Tverdunya</i>	0,66	2,63	1,00
Харьковская 46 / <i>Khar'kovskaya 46</i>	0,89	2,92	1,24

Для расчёта показателя стабильности необходимо определение отклонения (σ_{ij}) фактической урожайности от теоретической (табл. 3).

Таблица 3. Отклонение фактической урожайности сортов твёрдой пшеницы от теоретически ожидаемой

Table 3. Deviation of the observed and the theoretically expected yield of durum wheat varieties

Сорт / Variety	Отклонение урожайности (σ_{ij}), т/га / Deviation of yield (σ_{ij}), t/ha			Среднеквадратическое отклонение (σ) / Standard deviation (σ)
	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	2020 г. / 2020	
Безенчукская 210 / <i>Bezenchukskaya 210</i>	0,29	0,02	-0,32	2,49
Безенчукская степная / <i>Bezenchukskaya stepnaya</i>	-0,33	-0,11	0,4	3,06
Безенчукская нива / <i>Bezenchukskaya niva</i>	0,35	-0,52	0,12	3,68
Безенчукская золотистая / <i>Bezenchukskaya zolotistaya</i>	0,05	-0,03	-0,03	0,38
Безенчукская 205 / <i>Bezenchukskaya 205</i>	0,15	-0,01	-0,15	1,73
Оренбургская 10 / <i>Orenburgskaya 10</i>	-0,11	-0,07	0,14	1,10
Оренбургская 21 / <i>Orenburgskaya 21</i>	-0,18	-0,08	0,24	1,79
Марина / <i>Marina</i>	-0,09	-0,1	0,12	1,04
Донская элегия / <i>Donskaya elegiya</i>	0,04	-0,03	-0,03	0,33
Мелодия Дона / <i>Melodiya Dona</i>	0,17	0	0,20	1,51
Твердыня / <i>Tverdunya</i>	0,13	-0,01	-0,14	1,10
Харьковская 46 / <i>Khar'kovskaya 46</i>	-0,01	-0,05	0,03	0,34

Экологически стабильные сорта обладают наименьшими значениями среднеквадратического отклонения (σ), наибольшие значения указывают на нестабильность сортов. Таким образом, высокой стабильностью отличаются сорта Безенчукская золотистая, Донская элегия и Харьковская 46 ($\sigma=0,38$; 0,33 и 0,34 соответственно).

Результаты исследования среднеквадратического отклонения и коэффициента регрессии сортов твёрдой пшеницы отражены на графике (рис. 3).

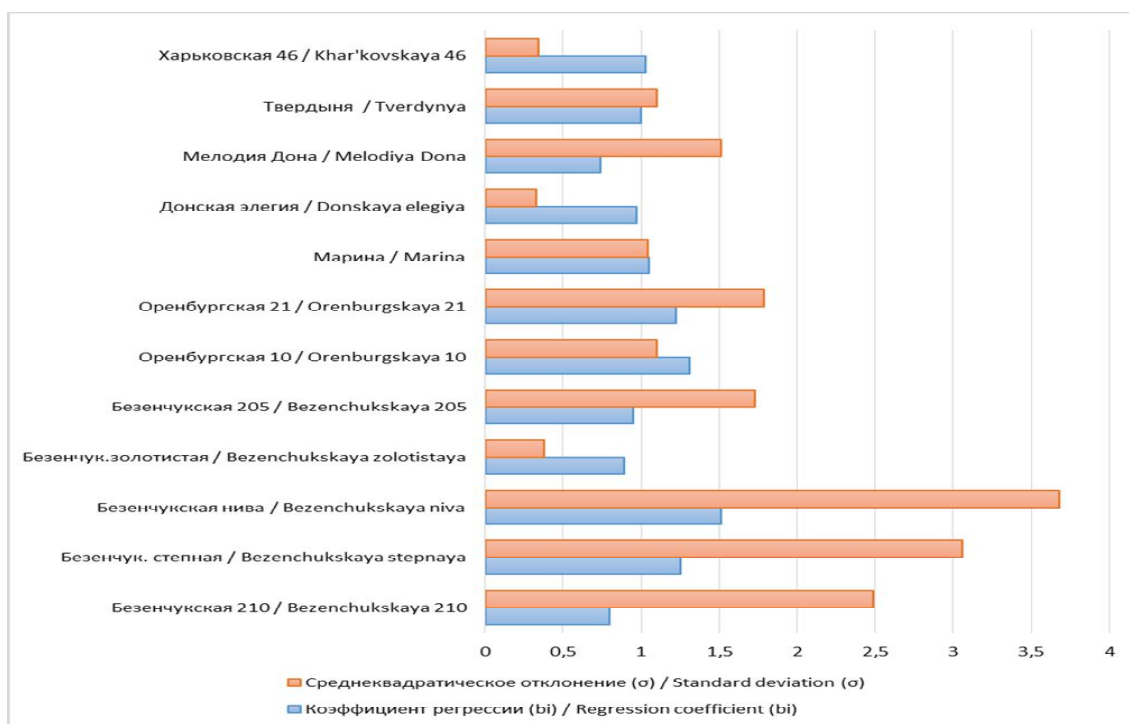


Рис. 3 – Среднеквадратическое отклонение и коэффициент регрессии исследуемых сортов твёрдой пшеницы

Figure 3 – Standard deviation and regression coefficient of the studied durum wheat varieties

Обсуждение полученных результатов.

Оценка стабильности и экологической пластичности является необходимой частью сортоиспытаний. С помощью этих данных можно сделать вывод об устойчивости и приспособляемости сортов к разным природно-климатическим условиям возделывания твёрдой пшеницы. В разные годы в различных регионах нашей страны проводили сравнительную оценку сортов твёрдой пшеницы по параметрам экологической адаптивности и стабильности (Малокостова Е.И., 2019; Сапега В.А. и Турсумбекова Г.Ш., 2020). Полученные результаты использовались в селекции твёрдой пшеницы для создания засухоустойчивых, скороспелых, стабильно высокоурожайных сортов с хорошим качеством зерна.

Полученные данные в наших исследованиях позволяют рекомендовать более широкое внедрение в производство и применение в селекции (в качестве родительских форм) адаптированных к условиям возделывания экологически стабильных сортов твёрдой пшеницы для Оренбуржья – Харьковская 46; Донская элегия; Безенчукская золотистая.

Заключение.

В результате проведённого исследования по зависимости урожая твёрдых сортов пшеницы от адаптивных свойств, стабильности и пластичности, были определены наиболее подходящие для климата Оренбургской области сорта твёрдой пшеницы и оптимальные условия произрастания. На основе полученных результатов вычислений были выявлены наиболее экологически адаптивные образцы: Харьковская 46; Донская элегия; Безенчукская золотистая. Эти сорта твёрдой пшеницы обладают наиболее высокой стабильностью, благодаря соотношению среднеквадратического отклонения и коэффициента регрессии, по сравнению с другими образцами культуры.

Список источников

1. Беляков А.М. Система сортоиспытания как фактор обеспечения продуктивности сельскохозяйственных культур // Научно-агрономический журнал. 2020. № 1(108). С. 31-34. [Belyakov AM. Variety testing system as a factor of ensuring the growth of crop productivity. Scientific Agronomy Journal. 2020;1(108):31-34. (*In Russ.*)]. doi: 10.34736/FNC.2020.108.1.006.31-34
2. Гречишкина О.С., Хутамбирдина Р.Д., Мордвинцев М.П. Величина и структура урожая зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях засухи разного типа // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 4. С. 217-232. [Grechishkina OS, Khutambirdina RD, Mordvintsev MP. Amount and structure of grain yield of spring soft wheat varieties in various types of drought conditions. Animal Husbandry and Fodder Production. 2021;104(4):217-232. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-217
3. Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Оценка экологической пластичности и стабильности крупноплодных сортов подсолнечника // Масличные культуры. 2019. № 3(179). С. 35-39. [Detsyna AA, Illarionova IV, Shcherbinina VO. Estimation of environmental plasticity and stability of confectionary sunflower varieties. Maslichnye kul'tury. 2019;3(179):35-39. (*In Russ.*)]. doi: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-35-39
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. [Dospikhov BA. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i pererab. Moscow: Agropromizdat; 1985:351 p. (*In Russ.*)].
5. Елисеев В.И., Сандакова Г.Н. Зависимость урожайности яровой мягкой пшеницы сильных сортов от уровня минерального питания в условиях Оренбургского Предуралья // Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства в условиях часто повторяющихся засух: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию юбилею Оренбург. НИИСХ, (г. Оренбург, 19-20 июля 2017 г.). Оренбург: ООО "Агентство "Пресса", 2017. С. 233-240. [Eliseev VI, Sandakova GN. Dependence of spring soft wheat yield on weather conditions and mineral nutrition in Orenburg Cis-Urals. (Conference proceedings) Nauchnoe obespechenie innovacionnogo razvitija sel'skogo hozjajstva v uslovijah chasto povtorjajushhihsja zasuh: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashhennoj 80-letnemu jubileju Orenburgskogo NIISH, (g. Orenburg, 19-20 ijulja 2017 g.). Orenburg: ООО "Агентство "Пресса"; 2017:233-240. (*In Russ.*)].
6. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области / Д.В. Пушкарев, А.С. Чурсин, О.Г. Кузьмин, Ю.С. Краснова, И.И. Каракоз, В.П. Шаманин // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. № 3(31). С. 26-35. [Pushkarev DV, Chursin AS, Kuz'min OG, KrasnovaYuS, Karakoz II, Shamanin VP. Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region. Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018;3(31):26-35. (*In Russ.*)].
7. Малокозова Е.И. Результаты изучения экологической адаптивности и стабильности сортов яровой твердой пшеницы в условиях юго-востока ЦЧЗ // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4(48). С. 66-69. [Malokostova EI. Results of research of ecological adaptivity and stability of spring hard wheat in the conditions of the south-east of the central black soil zone. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2019;4(48):66-69. (*In Russ.*)]. doi: 10.18286/1816-4501-2019-4-66-69
8. Мейлиев А.Х., Тошметова Ф.Н. Отбор сортов твердой пшеницы преобладающие хозяйственно-ценными признаками // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 2-3(7). С. 38-41. [Mejliev AH, Toshmetova FN. Selection of durum wheat varieties with predominant economically valuable characteristics. Life Sciences and Agriculture. 2020;2-3(7):38-41. (*In Russ.*)]. doi: 10.24411/2181-0761/2020-10089

9. Мухитов Л.А., Тимошенкова Т.А. Сорты яровой твёрдой пшеницы, адаптированные к условиям степи Уральского региона // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3(89). С. 15-19. [Mukhitov LA, Timoshenkova TA. Varieties of spring durum wheat adapted to the conditions of the steppe of the Ural region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;3(89):15-19. (*In Russ.*)]. doi: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-15-19
10. Реализация методов оценки стабильности сортов сельскохозяйственных культур в пакете функций agrostab программной среды R / А.Ф. Чешкова, И.Г. Гребенникова, А.Ф. Алейников, Д.И. Чанышев // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 7. С. 91-96. [Cheshkova AF, Grebennikova IG, Aleynikov AF, Chanyshev DI. Implementation of methods for assessing the stability of crop varieties in the agrostab package of function of R software environment. *Achievements of Science and Technology of the Agro-industrial complex*. 2020;34(7):91-96. (*In Russ.*)]. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10716.
11. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 2. С. 114-123. [Sapega VA, Tursumbekova GSh. Yield, ecological plasticity and stability of spring soft and durum wheat varieties in the southern forest steppe of Tyumen region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(2):114-123. (*In Russ.*)]. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123
12. Система устойчивого развития сельского хозяйства Оренбургской области / под ред. С.В. Балыкина и др. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2019. 335 с. [Balykin SV et al., editors. *Sistema ustoychivogo razvitiya sel'skogokhozyaystva Orenburgskoy oblasti*. Irkutsk: ООО «Megaprint»; 2019:335 p. (*In Russ.*)].
13. Cai Y, Guan K, Lobell D, Potgieter AB, et al. Integrating satellite and climate data to predict wheat yield in Australia using machine learning approaches. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019;274:144-159. doi: 10.1016/j.agrformet.2019.03.010
14. Correndo AA, Hefley TJ, Holzworth DP, Ciampitti IA. Revisiting linear regression to test agreement in continuous predicted-observed datasets. *Agricultural Systems* 2021;192:103194. doi: 10.1016/j.agsy.2021.103194
15. Feng P, Wang B, Liu DL, Waters C, et al. Dynamic wheat yield forecasts are improved by a hybrid approach using a biophysical model and machine learning technique. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020;285-286:107922. doi: 10.1016/j.agrformet.2020.107922
16. Li L, Wang B, Fang P, Liu DL, Qinsi H, et al. Developing machine learning models with multi-source environmental data to predict wheat yield in China. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022;194:106790. doi: 10.1016/j.compag.2022.106790
17. Lozhkin AG, Malchikov PN, Makushev AE, Vasiliev OA, Shashkarov LG, Pushkarenko NN. Evaluation of spring durum wheat varieties by yield, structure and grain quality. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference (AgroScience-2019) 1-2 June 2019, Cheboksary, Russia. Bristol, England: IOP Publishing; 2020;433:012045. doi: 10.1088/1755-1315/433/1/012045
18. Malchikov PN, Rozova MA, Ziborov AI, Myasnikova MG, Chakheeva TV. Challenges and opportunities of breeding and genetic improvement of durum wheat in Russia. In: Kochetov A, Salina E, editors. *Current Challenges in Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology. Proceedings of the Fifth International Scientific Conference PlantGen2019 (June 24-29, 2019, Novosibirsk, Russia)*. Novosibirsk: ICG SB RAS; 2019:207-210. doi: 10.18699/ICG-PlantGen2019-67
19. Meuwissen MPM, Feindt PH, Spiegel A, Termeer CJAM, et al. A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*. 2019;176:102656. doi: 10.1016/j.agsy.2019.102656
20. Nan Gu, Zhang J, Wang G, Liu C, Wang Z, Lü H. An atmospheric and soil thermal-based wheat crop coefficient method using additive crop growth models. *Agricultural Water Management*. 2022;269:107691. doi: 10.1016/j.agwat.2022.107691

References

1. Belyakov AM. Variety testing system as a factor of ensuring the growth of crop productivity. *Scientific agronomy journal*. 2020;1(108):31-34. doi: 10.34736/FNC.2020.108.1.006.31-34
2. Grechishkina OS, Khutambirdina RD, Mordvintsev MP. Amount and structure of grain yield of spring soft wheat varieties in various types of drought conditions. *Animal husbandry and fodder production*. 2021;104(4):217-232. doi: 10.33284/2658-3135-104-4-217
3. Detsyna AA, Illarionova IV, Shcherbinina VO. Estimation of environmental plasticity and stability of confectionary sunflower varieties. *Oilseeds*. 2019;3(179):35-39. doi: 10.25230/2412-608X-2019-3-179-35-39
4. Dospikhov BA. Field experiment methodology: (with the basics of statistical processing of research results). 5-th edition, supplemented and revised. Moscow: Agropromizdat; 1985:351 p.
5. Eliseev VI, Sandakova GN. Dependence of spring soft wheat yield on weather conditions and mineral nutrition in Orenburg Cis-Urals. (Conference proceedings) Scientific support of innovative development of agriculture in conditions of frequent droughts: Proceedings of the International scientific and practical conf., dedicated to the 80th anniversary of Orenburg SRIA, (Orenburg, 19-20 July 2017). Orenburg: "Agentstvo "Pressa" Ltd.; 2017:233-240.
6. Pushkarev DV, Chursin AS, Kuz'min OG, KrasnovaYuS, Karakoz II, Shamanin VP. Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region. *Vestnik of Omsk State Agrarian University*. 2018;3(31):26-35.
7. Malokostova EI. Results of research of ecological adaptivity and stability of spring hard wheat in the conditions of the south-east of the central black soil zone. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019;4(48):66-69. doi: 10.18286/1816-4501-2019-4-66-69
8. Mejliev AH, Toshmetova FN. Selection of durum wheat varieties with predominant economically valuable characteristics. *Life Sciences and Agriculture*. 2020;2-3(7):38-41. doi: 10.24411/2181-0761/2020-10089
9. Mukhitov LA, Timoshenkova TA. Varieties of spring durum wheat adapted to the conditions of the steppe of the Ural region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;3(89):15-19. doi: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-15-19
10. Cheshkova AF, Grebennikova IG, Aleynikov AF, Chanyshev DI. Implementation of methods for assessing the stability of crop varieties in the agrostab package of function of R software environment. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2020;34(7):91-96. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10716.
11. Sapega VA, Tursumbekova GSh. Yield, ecological plasticity and stability of spring soft and durum wheat varieties in the southern forest steppe of Tyumen region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(2):114-123. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123
12. Balykin SV et al., editors. The system of sustainable development of agriculture in Orenburg region. Irkutsk: «Megaprint» Ltd.; 2019:335 p.
13. Cai Y, Guan K, Lobell D, Potgieter AB, et al. Integrating satellite and climate data to predict wheat yield in Australia using machine learning approaches. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019;274:144-159. doi: 10.1016/j.agrformet.2019.03.010
14. Correndo AA, Hefley TJ, Holzworth DP, Ciampitti IA. Revisiting linear regression to test agreement in continuous predicted-observed datasets. *Agricultural Systems* 2021;192:103194. doi: 10.1016/j.agsy.2021.103194
15. Feng P, Wang B, Liu DL, Waters C, et al. Dynamic wheat yield forecasts are improved by a hybrid approach using a biophysical model and machine learning technique. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020;285-286:107922. doi: 10.1016/j.agrformet.2020.107922

16. Li L, Wang B, Fang P, Liu DL, Qinsi H, et al. Developing machine learning models with multi-source environmental data to predict wheat yield in China. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022;194:106790. doi: 10.1016/j.compag.2022.106790
17. Lozhkin AG, Malchikov PN, Makushev AE, Vasiliev OA, Shashkarov LG, Pushkarenko NN. Evaluation of spring durum wheat varieties by yield, structure and grain quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International AgroScience Conference (AgroScience-2019) 1-2 June 2019, Cheboksary, Russia*. Bristol, England: IOP Publishing; 2020;433:012045. doi: 10.1088/1755-1315/433/1/012045
18. Malchikov PN, Rozova MA, Ziborov AI, Myasnikova MG, Chakheeva TV. Challenges and opportunities of breeding and genetic improvement of durum wheat in Russia. In: Kochetov A, Salina E, editors. *Current Challenges in Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology. Proceedings of the Fifth International Scientific Conference PlantGen2019 (June 24-29, 2019, Novosibirsk, Russia)*. Novosibirsk: ICG SB RAS; 2019:207-210. doi: 10.18699/ICG-PlantGen2019-67
19. Meuwissen MPM, Feindt PH, Spiegel A, Termeer CJAM, et al. A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*. 2019;176:102656. doi: 10.1016/j.agsy.2019.102656
20. Nan Gu, Zhang J, Wang G, Liu C, Wang Z, Lü H. An atmospheric and soil thermal-based wheat crop coefficient method using additive crop growth models. *Agricultural Water Management*. 2022;269:107691. doi: 10.1016/j.agwat.2022.107691

Информация об авторах:

Антонина Александровна Новикова, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекционно-генетических исследований в растениеводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1 тел.: 8922888448.

Анастасия Анатольевна Пустовалова, лаборант-исследователь, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1.

Анастасия Алексеевна Емельянова, лаборант-исследователь, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1.

Ольга Сергеевна Гречишкина, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, зав. лабораторией селекции ярового ячменя, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, тел.: 89225314123.

Татьяна Александровна Мишенина, специалист, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1.

Максим Викторович Замерзляк, агроном, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1.

Information about authors:

Antonina A Novikova, Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, Head of the Laboratory for Breeding and Genetic Research in Plant Growing, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051, tel.: 89228884481.

Anastasia A Pustovalova, master student, Laboratory Researcher, Laboratory of Selection and Genetic Research in Crop Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051.

Anastasia A Emelyanova, master student, Laboratory Researcher, Laboratory of Selection and Genetic Research in Crop Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051, tel.: 89198526182.

Olga S Grechishkina, Cand. Sci. (Agriculture), Researcher, Head of the Laboratory for spring barley breeding, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051, tel.: 89225314123

Tatyana A Mishenina, specialist, Laboratory of Selection and Genetic Research in Crop Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051, tel.: 89225361286.

Maxim V Zamerzlyak, agronomist, Laboratory of Selection and Genetic Research in Crop Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051, tel.: 89228884496.

Статья поступила в редакцию 17.10.2022; одобрена после рецензирования 28.11.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 17.10.2022; approved after reviewing 28.11.2022; accepted for publication 12.12.2022.