

Е.И. Некрасов, ✉
Д.М. Марченко,
М.М. Иванисов

Аграрный научный центр «Донской»,
Зерноград, Ростовская область,
Российская Федерация

✉ 89585748977@yandex.ru

Поступила в редакцию:
11.04.2022

Одобрена после рецензирования:
01.08.2022

Принята к публикации:
16.08.2022

Evgeny I. Nekrasov, ✉
Dmitry M. Marchenko,
Mikhail M. Ivanisov

Agricultural Research Center «Donskoy»,
Zernograd, Rostov region, Russian Federation

✉ 89585748977@yandex.ru

Received by the editorial office:
11.04.2022

Accepted in revised:
01.08.2022

Accepted for publication:
16.08.2022

Изучение адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы селекции Аграрного научного центра «Донской» по признаку «масса 1000 зерен»

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Масса 1000 зерен является составляющей урожайности, она зависит от многих компонентов, которые оказывают свое воздействие в предшествующие наливу зерна фазы онтогенеза. Анализ статистических параметров взаимосвязи массы 1000 зерен и условий среды, изучение адаптивных свойств генотипов дают возможность наиболее упорядоченно осуществлять подбор исходного материала при создании высокоурожайных сортов пшеницы.

Методы. Объектами изучения послужили 14 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Работу проводили в 2018–2021 гг. на полях отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, предшественник — подсолнечник, в качестве стандарта использовали сорт Дон 107.

Результаты. В ходе проведения исследований было установлено, что высокой реакцией на изменения условий среды характеризовались сорта Краса Дона, Капризуля, Ермак, Полина, Аюта и Премьера ($b_i = 1,12-1,30$); к сортам, сочетающим высокую пластичность с высокой стабильностью, относились Капризуля ($b_i = 1,13$ и $S_{2d} = 0,02$) и Краса Дона ($b_i = 1,12$ и $S_{2d} = 0,04$); высокими значениями гомеостатичности ($Hom = 27,68-38,13$) и самыми низкими коэффициентами вариации ($C_v = 10,57-12,78\%$) характеризовались сорта Золотой колос, Жаворонок, Подарок Крыму и Дон 107; сорта Золотой колос, Жаворонок и Подарок Крыму обладали высокой селекционной ценностью ($Sc = 31,44-33,30$) и стрессоустойчивостью (от $-10,20$ до $-11,70$); наиболее генетически гибкими были сорта Жаворонок, Аюта и Премьера ($43,9-44,3$).

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорт, масса 1000 зерен, условия выращивания, адаптивность, экологическая пластичность, стабильность, гомеостатичность

Для цитирования: Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Иванисов М.М. Изучение адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы селекции Аграрного научного центра «Донской» по признаку «масса 1000 зерен». <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-142-145>

© Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Иванисов М. М.

The study of adaptive potential of the winter common wheat varieties developed by the Agricultural Research Center «Donskoy» according to the trait 1000-grain weight

ABSTRACT

Introduction. 1000-grain weight is an essential element of a yield, which depends on many components that have their effect in the previous phases of ontogenesis. The analysis of the statistical parameters of correlation between 1000-grain weight and environmental conditions, the study of the adaptive properties of genotypes make it possible to select the initial material in the most orderly manner when developing highly productive wheat varieties.

Methods. The objects of the study were 14 winter bread wheat varieties developed by the FSBSI «ARC «Donskoy». The work was carried out in 2018–2021 on the fields of the department of winter wheat breeding and seed production, the forecrop was sunflower, the variety Don 107 was used as a standard.

Results. In the course of the current study, there has been found that the varieties Krasa Dona, Kaprizulya, Ermak, Polina, Ayuta and Premiera were characterized by a high response to environmental changes ($b_i = 1,12-1,30$). The varieties possessing high adaptability and high stability included Kaprizulya ($b_i = 1,13$ and $S_{2d} = 0,02$) and Krasa Dona ($b_i = 1,12$ and $S_{2d} = 0,04$). The varieties Zolotoy Kolos, Zhavoronok, Podarok Krymu and Don 107 had highest homeostatic values ($Hom = 27,68-38,13$) and lowest coefficients of variation ($C_v = 10,57-12,78\%$). The varieties Zolotoy Kolos, Zhavoronok and Podarok Krymu had high breeding value ($Sc = 31,44-33,30$) and stress resistance (from $-10,20$ to $-11,70$). The most genetically flexible varieties were Zhavoronok, Ayuta and Premiera ($43,85-44,30$).

Key words: winter common wheat, variety, 1000-grain weight, growing conditions, ecological adaptability, stability, homeostaticity

For citation: Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Ivanisov M.M. The study of adaptive potential of the winter common wheat varieties developed by the Agricultural Research Center «Donskoy» according to the trait 1000-grain weight <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-142-145>

© Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Ivanisov M.M.

Введение/Introduction

Пшеница — одна из старейших зерновых продовольственных культур, она является основным источником пищевого белка во всем мире. Зерновые культуры наиболее подвержены влиянию глобального потепления, так как непредсказуемые колебания температуры во время цветения и налива зерна препятствуют формированию и повышению продуктивности. Изучение взаимодействия «генотип×окружающая среда», при котором сравнительные характеристики различных сортов будут варьироваться в зависимости от воздействия окружающей среды, остается важной задачей для селекционеров [1–3].

Признак «масса 1000 зерен» используется как один из параметров оценки качества зерна. Кроме того, чем больше масса зерновки наряду с ее выполненностью, тем лучше мукомольные свойства сорта.

Масса 1000 зерен является составляющей урожайности зерна; она зависит от многих компонентов, которые оказывают свое влияние в предшествующие наливу зерна фазы онтогенеза [4–6].

Известно, что на формирование этого признака могут повлиять агротехнические показатели, такие как время и сроки посева, минеральные удобрения, а также агроэкологические условия выращивания [7].

Анализ статистических параметров взаимосвязи массы 1000 зерен и условий среды, изучение адаптивных свойств генотипов дают возможность наиболее упорядоченно осуществлять подбор исходного материала при создании высокоурожайных сортов пшеницы.

Целью данного исследования являлось изучение адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы по признаку «масса 1000 зерен» и выделение наиболее ценных образцов для селекционной работы.

Материалы и методы / Materials and methods

Объектом изучения послужили 14 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Работу проводили в 2018–2021 гг. на полях отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, предшественник — подсолнечник, в качестве стандарта высевали сорт Дон 107.

Климат Ростовской области характеризуется как резко континентальный. Среднегодовое количество осадков — 588,8 мм, среднегодовая температура воздуха — +9,7 °C.

Почва опытного участка — чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощный, с высокой карбонатностью — от 2,5 до 4,0% CaCO_3 в пахотном слое мощного горизонта (до 140 см). Содержание гумуса — 3,6–4,0%; подвижного фосфора — 20–23 мг/кг; обменного калия — 300–380 мг/кг почвы.

Во время проведения опыта метеорологические условия были различными. В 2018 и 2020 гг. количество атмосферных осадков в период вегетации было значи-

тельно ниже среднеегодовой нормы (на 135,2 мм и 125,1 мм соответственно), температура воздуха превышала среднеегодовые значения на 2,1 °C и на 1,6 °C. В 2019 и 2021 гг. также зафиксирован недостаток осадков, но в меньших количествах (на 64,7 мм и 19,6 мм соответственно), отмечено превышение на 1,8 °C и 2,0 °C среднесуточной температуры воздуха к среднеегодовой норме.

Определение массы 1000 зерен выполняли по методике государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

Оценку экологической пластичности и стабильности проводили по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина [8], гомеостатичности — по методике В.В. Хангильдина и Н.А. Литвиненко [9].

Математическую обработку данных выполняли по методике Б.А. Доспехова [10].

Результаты и обсуждение/Results and discussion

В формировании массы 1000 зерен фактор «год» оказал наибольшее влияние — 82,92%, что позволяет говорить о преобладающей доле средовых эффектов по годам изучения и о существенности их воздействия на фенотипическую изменчивость данного признака. Намного меньше оценивалась роль сорта как отдельного фактора, она составила всего 9,89%. Вклад в итоговый показатель совместного действия обоих факторов составил 7,19% (табл. 1).

Масса 1000 зерен озимой мягкой пшеницы сильно изменялась в зависимости от условий выращивания и особенностей сортов. В среднем по опыту изучаемый признак варьировал от 39,0 г до 45,4 г (Полина и Аюта соответственно) (табл. 2).

Наибольшая масса 1000 зерен за годы изучения отмечена у сортов Лидия (43,1 г), Жаворонок (43,4 г), Премьера (44,7 г) и Аюта (45,4 г).

Для описания особенностей выращивания использован индекс условий среды, который может характеризоваться положительным и отрицательным значением. Было установлено, что для формирования массы 1000 зерен у сортов озимой мягкой пшеницы наиболее благоприятно сложились условия в 2018 ($I_j = +6,77$) и 2019 гг. ($I_j = +2,35$), худшими оказались 2020 ($I_j = -7,13$) и 2021 гг. ($I_j = -1,98$).

При изучении экологической пластичности сортов важное значение приобретает оценка их способности стабильно формировать высокую массу 1000 зерен под воздействием различных погодных и агротехнических условий. Для расчета экологической пластичности применяется коэффициент линейной регрессии (b_i), который в наших исследованиях изменялся в пределах от 0,72 до 1,30.

По самой высокой реакции на изменения условий выращивания ($b_i > 1$) выделены сорта Краса Дона ($b_i = 1,12$), Капризуля ($b_i = 1,13$), Ермак ($b_i = 1,15$), По-

Таблица 1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа массы 1000 зерен озимой пшеницы

Table 1. Results of the two-way analysis of variance (ANOVA) of 1000-grain weight of winter wheat

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{таб.}}$	Вклад фактора, %
Фактор А (сорт)	293,95	13,00	22,61	120,68*	1,9	9,89
Фактор В (год)	3181,90	3,00	1060,63	5660,85*	2,8	82,92
Взаимодействие А × В	276,18	39,00	7,08	37,80*	1,7	7,19

Примечание: $F_{\text{факт.}}$ — фактическое значение отношения Фишера, $F_{\text{таб.}}$ — табличное значение отношения Фишера, * — достоверно на уровне вероятности 95%.

Таблица 2. Параметры адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы, 2018–2021 гг.

Table 2. Adaptability parameters of the winter commonwheat varieties, 2018–2021

Сорт	Средняя масса 1000 зерен, г	bi	S2d	Cv, %	Hom	Sc	(Ymin — Ymax)	(Ymax + Ymin)/2
Дон 107, стандарт	40,2	0,80	2,39	12,19	27,68	29,88	-11,90	40,55
Ермак	42,7	1,15	6,28	16,77	15,61	28,43	-16,30	40,75
Изюминка	40,6	0,94	0,87	13,93	21,43	28,85	-13,60	40,20
Лидия	43,1	0,94	19,54	15,47	20,18	31,14	-13,80	42,90
Капризуля	39,7	1,13	0,02	15,44	17,86	27,46	-14,40	39,50
Лилит	41,3	0,91	5,52	13,92	25,13	31,17	-11,80	42,30
Краса Дона	40,0	1,12	0,04	16,27	16,10	27,75	-15,60	40,80
Вольный Дон	40,8	0,93	4,75	14,24	20,46	28,60	-14,00	39,90
Жаворонок	43,5	0,89	3,66	12,78	29,49	33,30	-11,50	43,85
Полина	39,1	1,19	0,72	18,22	12,68	24,98	-16,90	38,45
Подарок Крыму	41,8	0,85	0,13	12,18	29,31	31,44	-11,70	41,45
Премьера	44,8	1,30	1,07	17,35	13,86	29,20	-18,60	44,30
Золотой колос	41,1	0,72	0,60	10,57	38,13	32,10	-10,20	41,50
Аюта	45,4	1,22	2,85	16,31	16,17	30,52	-17,20	44,00

Примечание: bi — коэффициент линейной регрессии; S2d — среднее квадратическое отклонение; Cv, % — коэффициент вариации; Hom — показатель гомеостатичности; Sc — показатель селекционной ценности; (Ymin — Ymax) — показатель стрессоустойчивости сорта; (Ymax + Ymin)/2 — показатель генетической гибкости.

лина (bi = 1,19), Аюта (bi = 1,22) и Премьера (bi = 1,30). Слабую отзывчивость на перемену условий культивирования (bi < 1) показало большинство изучаемых образцов (bi = 0,72–0,94).

Наиболее ценными считаются те генотипы, у которых bi больше 1, а S2d стремится к 0. К таким сортам, сочетающим и высокую пластичность, и высокую стабильность, относились Капризуля (bi = 1,13 и S2d = 0,02) и Краса Дона (bi = 1,12 и S2d = 0,04).

В проведенных исследованиях сорта Золотой колос (Hom = 38,13), Жаворонок (Hom = 29,49), Подарок Крыму (Hom = 29,31) и стандарт Дон 107 (Hom = 27,68) характеризовались не только наивысшими показателями гомеостатичности, но и самыми низкими коэффициентами вариации изучаемого признака (Cv = 10,57–12,78%). Полученные данные позволяют предположить, что при ухудшении условий выращивания масса 1000 зерен у данных образцов снизится минимально.

Для оценки стабильности сорта еще одним важным параметром является селекционная ценность генотипа (Sc). Сорта Подарок Крыму, Золотой колос и Жаворонок отличались высокой селекционной ценностью (Sc = 31,44; 32,10 и 33,30 соответственно), что указывает на возможность формирования устойчиво стабильной массы 1000 зерен. Эти же образцы характеризовались наиболее высокими значениями стрессоустойчивости: min — max у сорта Золотой колос = –10,20; у сорта Жаворонок = –11,50; у сорта Подарок Крыму = –11,70.

Генетическая гибкость ((Ymax + Ymin)/2) отражает среднюю массу 1000 зерен сорта в контрастных (благо-

приятных и неблагоприятных) условиях за годы изучения. Самые высокие значения зафиксированы у сортов Жаворонок (43,9), Аюта (44,0) и Премьера (44,3).

Изучение параметров экологической адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы позволит в максимальной степени использовать почвенно-климатический потенциал региона, в котором они возделываются, что будет способствовать увеличению урожайности этой культуры и ее стабильности.

Выводы/Conclusion

В результате исследований было установлено, что высокой реакцией на изменения условий среды характеризовались сорта Краса Дона (bi = 1,12) Капризуля (bi = 1,13), Ермак (bi = 1,15), Полина (bi = 1,19), Аюта (bi = 1,22) и Премьера (bi = 1,30). Установлено, что к сортам, сочетающим высокую пластичность с высокой стабильностью, относились Капризуля (bi = 1,13 и S2d = 0,02) и Краса Дона (bi = 1,12 и S2d = 0,04).

Высокими значениями гомеостатичности (Hom = 27,68–38,13) и самыми низкими коэффициентами вариации (Cv = 10,57–12,78%) характеризовались сорта Золотой колос, Жаворонок, Подарок Крыму и Дон 107. Сорта Золотой колос, Жаворонок и Подарок Крыму обладали высокой селекционной ценностью (Sc = 31,44–33,30) и стрессоустойчивостью (от –10,20 до –11,90).

Самыми генетически гибкими были сорта Жаворонок, Аюта и Премьера (43,0–44,3).

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладышева О.В., Банникова М.И. Урожайность и оценки адаптивности раннеспелых и позднеспелых сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья. *Аграрная наука*. 2021;344(1): 129-132. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-129-132>.
2. Чешкова А.Ф., Степочкин П.И., Алейников А.Ф., Гребенникова И.Г., Пономаренко В.И. Сравнение статистических методов оценки стабильности урожайности озимой пшеницы. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020;24(3): 267-275. DOI 10.18699/VJ20.619.
3. Kumar M., Yadav R., Gaikwad K.B. Deciphering the environmental impact on spike architectural traits for grain yield consolidation in bread wheat (T. aestivum L.). *Saudi Journal of Biological Sciences*. doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.007.
4. Некрасова О.А., Костылев П.И., Некрасов Е.И. Изучение типов наследования массы 1000 зерен у гибридов F1 мягкой озимой пшеницы. *Зерновое хозяйство России*. 2017;1(49): 20-23.
5. Костылев П.И., Некрасова О.А. Изучение типов наследования ряда признаков мягкой озимой пшеницы и ее комбинационной способности. *Зерновое хозяйство России*. 2015;(6): 10-15.
6. Громова С.Н., Скрипка О.В., Самофалов А.П., Подгорный С.В., Некрасова О.А., Чернова В.Л. Продуктивность и элементы структуры урожая сортов и линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании в условиях «АНЦ «Донской». *Зерновое хозяйство России*. 2019;(3): 26-29. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-26-29.
7. Protić R., Todorović G., Protić N., et al. Effect of seed protection on the mass of 1,000 grains of three winter wheat genotypes, inoculated with *tilletia tritici*. *Romanian agricultural research*. 2013;(30): 343-348.
8. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, 2005: 100 с.
9. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1981;№ 1: 8-14.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 изд., перераб. и доп. Стереотип. изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.

ОБ АВТОРАХ:

Евгений Игоревич Некрасов, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа
Аграрный научный центр «Донской», 3; Научный городок Зерноград, Ростовская обл. 347740, Российская Федерация
<http://orcid.org/0000-0002-9505-7899>;

Дмитрий Михайлович Марченко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа
Аграрный научный центр «Донской», 3; Научный городок Зерноград, Ростовская обл. 347740, Российская Федерация
<http://orcid.org/0000-0002-5251-3903>;

Михаил Михайлович Иванисов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», 3; Научный городок Зерноград, Ростовская обл. 347740, Российская Федерация
<http://orcid.org/0000-0001-7395-0910>.

REFERENCES

1. Gladysheva O.V., Bannikova M.I. Productivity and adaptability assessment of early- and latematuring varieties of winter soft wheat in the central nonchernozem region. *Agrarian science*. 2021;344(1): 129-132. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-129-132> (In Russian.).
2. Cheshkova A.F., Stepochkin P.I., Aleynikov A.F., Grebennikova I.G., Ponomarenko V.I. A comparison of statistical methods for assessing winter wheat grain yield stability. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* = *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(3):267-275. DOI 10.18699/VJ20.619 (In Russian.).
3. Kumar M., Yadav R., Gaikwad K.B. Deciphering the environmental impact on spike architectural traits for grain yield consolidation in bread wheat (T. aestivum L.). *Saudi Journal of Biological Sciences*. doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.007.
4. Nekrasova O.A., Kostylev P.I., Nekrasov E.I. The study of inheritance types of 1000-grain weight in the F1 hybrids of winter bread wheat. *Grain Economy of Russia*. 2017;1(49): 20-23. (In Russian.).
5. Kostylev P.I., Nekrasova O.A. The study of the inheritance types of a number of traits of winter bread wheat and its combination ability. *Grain Economy of Russia*. 2015;(6): 10-15. (In Russian.).
6. Gromova S.N., Skripka O.V., Samofalov A.P., Podgorny S.V., Nekrasova O.A., Chernova V.L. Productivity and its structure elements of the winter soft wheat varieties and lines in the competitive variety-testing conducted by the ARC "Donskoy". *Grain Economy of Russia*. 2019;(3): 26-29. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-26-29. (In Russian.).
7. Protić R., Todorović G., Protić N., et al. Effect of seed protection on the mass of 1,000 grains of three winter wheat genotypes, inoculated with *tilletia tritici*. *Romanian agricultural research*. 2013;(30): 343-348.
8. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S. Methodology for calculating and estimating the parameters of ecological adaptability of agricultural plants. *Ufa: BashGAU*, 2005: 100 p. (In Russian.).
9. Khangildin V.V., Litvinenko N.A. Homeostasis and adaptability of winter wheat varieties. *WSGI Scientific and Technical Bulletin*. 1981; No. 1: 8-14. (In Russian.).
10. Dospekhov B.A. Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results). 5th ed., add. Stereotype. Publ. M.: Alliance, 2014. 351 p. (In Russian.).

ABOUT THE AUTHORS:

Evgeny Igorevich Nekrasov, C, candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type
Agricultural Research Center "Donskoy", 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation
<http://orcid.org/0000-0002-9505-7899>;

Dmitry Mikhailovich Marchenko, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type
Agricultural Research Center "Donskoy", 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation
<http://orcid.org/0000-0002-5251-3903>;

Mikhail Mikhailovich Ivanisov, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type, Agricultural Research Center "Donskoy", 3, Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation
<http://orcid.org/0000-0001-7395-0910>.