

Н.С. Кравченко, научный сотрудник;
Е.В. ИONOва, доктор сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
зерновых культур им. И.Г. Калинин
(347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3,
biokhimiya.vniizk@mail.ru)

ПАРАМЕТРЫ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ПРИЗНАКУ «МАССА 1000 СЕМЯН» В УСЛОВИЯХ ПРОВОКАЦИОННОГО ФОНА («ЗАСУШНИК»)

В статье рассмотрены параметры экологической пластичности и стабильности признака «масса 1000 семян» сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («засушник»). А также изучены стрессоустойчивость, генетическая гибкость и гомеостатичность данного признака. В результате проведенных исследований выявлен низкий коэффициент вариации признака у сортов Дон 93 ($V=20,3\%$) и Спартак ($V=20,1\%$). Определен коэффициент линейной регрессии (b_i) у всех изучаемых сортов, который достоверно больше 1. Это свидетельствует о том, что масса 1000 семян увеличивается под влиянием улучшения условий выращивания. Выявлена экологическая стабильность показателя «масса 1000 семян» у сортов Дон 95, Дон 107, Лидия, Марафон, Изюминка. В результате исследований определена высокая стрессоустойчивость у таких сортов, как Лидия, Дон 107, Дон 95, Дон 93. Стабильными при изменении условий выращивания по признаку «масса 1000 семян» являются сорта Спартак и Дон 93.

Ключевые слова: озимая пшеница, масса 1000 семян, параметры адаптивности, экологическая пластичность и стабильность сортов.

N.S. Kravchenko, researcher;
E.V. Ionova, Doctor of Agricultural Sciences;
FSBSI All-Russian Research Institute of Grain Crops after I.G. Kalinenko.
(347740, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; biokhimiya.vniizk@mail.ru)

ADAPTIVE OPTIONS OF SOFT WINTER WHEAT CULTIVARS ON A TRAIT 'MASS (WEIGHT) OF 1000 SEEDS' UNDER CONDITIONS OF PROVOCATIVE BACKGROUND ('ZASUSHNIK')

The parameters of ecological plasticity and stability of the trait 'mass of 1000 seeds' of soft

winter wheat cultivars under conditions of provocative background ('zasushnik') have been considered in the paper. Stress tolerance, genetic versatility and homeostasis of the trait have been studied as well. During the study the cultivar 'Don' and 'Spartak' showed a low coefficient of variability of the trait, $V=20,3\%$ and $V=20,1\%$ respectively. All cultivars' coefficient of line regression (b_i) was determined which is more than one, indicating that mass of 1000 seeds tends to increase at better growing conditions. The cultivars 'Don 95', 'Don 107', 'Lidiya', 'Marafon', 'Don 107', 'Don 95' and 'Don 93' showed ecological stability of the trait 'mass of 1000 seeds'. During the study the cultivars 'Lidiya', 'Don 107', 'Don 95' and 'Don 93' showed the highest stress tolerance. The cultivars 'Don 93' and 'Spartak' showed stability of the trait 'mass of 1000 seeds' when the growing conditions changed.

Keywords: *winter wheat, mass of 1000 seeds (weight of 1000 seeds), adaptive options, ecological plasticity, stability of cultivars.*

Введение. Погодная и климатическая составляющая вариабельности величины, качества и себестоимости урожая с.-х. культур во многих регионах России достигает 60-80% [1].

В целях уменьшения экологической зависимости сортов особый приоритет должна получить целенаправленная селекция на адаптивность к контрастным и прежде всего к экстремальным погодным условиям [2].

В настоящее время все большую важность приобрели вопросы выявления и создания адаптивных сортов и линий, характеризующихся стабильностью основных признаков урожайности и качества зерна, в том числе его крупностью [3]. Известно, что от крупности зерна зависят мукомольные и хлебопекарные качества пшеницы. Более крупные зерна имеют большую устойчивость к лимитирующим факторам среды. Семена с высокой массой 1000 зерен обладают, как правило, достаточным запасом питательных веществ и имеют высокие посевные и урожайные свойства [4].

Масса 1000 семян, по мнению О.С. Корзун, А.С. Бруйло [5], наиболее соответствует поиску критерия адаптивности, так как является интеграционным признаком, который характеризует конечный результат взаимодействия генотипа и среды в процессе онтогенетического становления продуктивности.

Стрижкова Ф.М., оценивая адаптивные свойства сортов яровой пшеницы, делает вывод о том, что в контрастных условиях возделывания определяющее влияние на формирование крупности зерна оказывают факторы внешней среды [6]. Стабильность размеров семян может служить критерием для косвенной оценки и отбора адаптивных генотипов на всех этапах селекции [5].

Масса 1000 семян – признак с низким уровнем модификационной изменчивости, не значительно изменяющийся от экологических условий года, что позволяет предположить об эффективности его использования в качестве критерия для отбора адаптивных форм, а также в качестве источника крупнозерности в гибридизации [7].

Целью исследований было определение параметров экологической пластичности и стабильности признака «масса 1000 семян» сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях вегетационного опыта «засушник». Проводилось изучение стрессоустойчивости (min-max), генетической гибкости ($(\max + \min)/2$) и гомеостатичности (НОМ) данного признака [8].

Материалы и методы. В качестве материала использованы сорта и линии озимой пшеницы селекции ВНИИЗК. В 2010-2012 гг. в условиях модельной засухи вегетационного опыта «засушник» были одновременно созданы два фона для выращивания растений озимой пшеницы – оптимальный и экстремальный. В опыте (засуха) развитие растений проходило в жестких условиях, так как они выращивались без доступа влаги, начиная с фазы выхода в трубку. В контроле развитие растений проходило при оптимальной влагообеспеченности (70% ПВ на поливе).

Двухфакторный дисперсионный анализ проводили по методике Б. А. Доспехова [9]. Оценку экологической пластичности и стабильности к условиям внешней среды по признаку «масса 1000 семян» проводили по методикам Eberhart S.A. & Russel W.A. [10] в методической версии В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной [11], показатель гомеостатичности (НОМ) вычисляли по В.В. Хангильдину [12].

Результаты. Проблема соотношения потенциальной продуктивности и экологической устойчивости сортов приобретает все большее теоретическое и практическое значение. Знание о требовательности сорта к условиям внешней среды и его отзывчивости на их улучшение в настоящее время приобретает первостепенное значение, а изучение экологической пластичности сортов при их испытании приобретает определенную ценность.

Метод S.A. Eberhart & W.A. Russel основан на расчете двух параметров: коэффициента регрессии (b_i) и дисперсии (S^2_i). Первый показывает отклик генотипа на улучшение условий выращивания, а второй характеризует стабильность сорта в различных условиях среды. На первом этапе устанавливается наличие взаимодействия «генотип среда» для изучаемых сортов.

1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа сортов озимой мягкой пшеницы селекции ВНИИЗК по показателю «масса 1000 семян»

Источник варьирования	Число степеней свободы	Средний квадрат (дисперсия)	Вклад факторов, %	F факт.	F теор.
Сорт	15	32,04	1,76	8,59	1,78
Год	5	1775,21	97,56	475,94	2,32
Взаимодействие «сорт-год»	75	8,46	0,46	2,27	1,44
Повторения в условиях	6	-	-	-	-
Случайное отклонение	90	3,73	-	-	-

Методом двухфакторного дисперсионного анализа массы 1000 семян сортов установлено, что дисперсия взаимодействия «генотип-среда (год)» достоверно превышает значение дисперсии (ошибки). Это свидетельствует о том, что сорта по-разному реагируют на изменение климатических условий (таблица 1). Доминирующее влияние на изменчивость признака «масса 1000 семян» оказывал фактор «год»-97,56%. Фактор «сорт» определяет проявление признака на 1,76%. Взаимодействие между факторами достоверно и составляет 2,27%, что позволяет провести расчет параметров экологической пластичности. Коэффициенты линейной регрессии пластичности (b_i) и стабильности (S^2_i) представлены в таблице 2.

2. Параметры адаптивных свойств сортов озимой пшеницы по признаку «масса 1000 семян»

Сорт, линия	Среднее, $\bar{x}_i$	Коэффициент вариации ($V, \%$)	Параметры адаптивности по S.A. Eberhart & W.A. Russel	
			b_i	S^2_i
Дон 95, стандарт	27,10	23,8	2,03*	641
Дон 93	31,97	20,3	2,00*	762
Изюминка	29,58	21,7	2,15*	691
Аскет	29,73	21,6	2,21*	725
Ермак	30,18	26,4	2,37*	906
Спартак	31,03	20,1	2,21*	714
Дон 107	27,28	23,5	2,06*	656
511/03	31,98	25,2	2,47*	971
Капитан	32,27	24,0	2,46*	942
379/05	30,28	23,7	2,29*	810
Лидия	28,95	21,4	2,10*	658
629/05	31,55	23,6	2,37*	869

Ростовчанка 5	29,38	24,0	2,21*	760
Ростовчанка 7	30,32	25,6	2,36*	887
Марафон	30,53	21,5	2,15*	684
Танаис	27,68	28,1	2,14*	740

*Значимо по t-критерию при 5%-м уровне

Практический интерес представляют сорта и линии, у которых сочетаются максимальная средняя масса 1000 семян и наименьший коэффициент вариации признака по годам. В наших исследованиях наиболее низкий коэффициент вариации отмечен у сортов Дон 93 ($V=20,3\%$) и Спартак ($V=20,1\%$), при этом средние значения массы 1000 семян составили 32,0 г и 31,0г соответственно. У этих сортов наиболее высокая устойчивость признака «масса 1000 семян» в различных условиях

Условия формирования признака «масса 1000 семян» за годы исследований в опыте и в контроле были отличны друг от друга. Наиболее благоприятные условия отмечены в контроле, при оптимальных условиях в 2010 и 2012 годах ($I_j=8,0$ и $11,0$ соответственно). Худшие условия для формирования массы 1000 семян отмечены в опыте, в условиях модельной засухи в 2011 и 2012 годах ($I_j=-9,0$ и $-2,3$ соответственно).

Коэффициент линейной регрессии массы 1000 семян сортов (b_i) показывает реакцию генотипа на изменение условий выращивания. Он может принимать значения больше, меньше 1, а также быть равным 1. Чем выше значение коэффициента b_i ($b_i>1$), тем большей отзывчивостью обладает данный сорт. В случае $b_i<1$ сорт реагирует слабее на изменения условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов. При условии $b_i=1$ имеется полное соответствие изменения признака сорта изменению условий выращивания [10].

В наших исследованиях коэффициенты линейной регрессии у всех изучаемых сортов b_i достоверно больше 1, что свидетельствует о том, что масса 1000 семян увеличивается под влиянием улучшения условий выращивания. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники.

Показатель S^2_i – дисперсия отклонения от линии регрессии - показывает, чем меньше эта величина, тем более устойчив признак во времени в пространстве. По вариансе экологической стабильности показателя «масса 1000 семян» самый низкий результат получен у сортов Дон 95 ($S^2_i=641$), Дон 107 ($S^2_i=656$), Лидия ($S^2_i=658$), Марафон ($S^2_i=684$), Изюминка ($S^2_i=691$).

В различных условиях выращивания, в оптимальных и экстремальных условиях модельной засухи важным показателем сортов и линий является их устойчивость к стрессу, уровень которого определяется по разности между минимальным и максимальным значением признака «масса 1000 семян» (min-max) (таблица 3). Этот

параметр имеет отрицательное значение, чем его величина меньше, тем выше стрессоустойчивость генотипа по данному признаку.

Результаты исследований показали, что меньшее значение признака «масса 1000 семян», т.е. высокая стрессоустойчивость, отмечено у таких сортов, как Лидия (-16,6), Дон 107 (-17,8), Дон 95 (-18,4), Дон 93 (-18,6).

3. Стрессоустойчивость, генетическая гибкость, гомеостатичность сортов и линий озимой мягкой пшеницы

Сорт, линия	Масса 1000 семян (min-max), г	Стрессоустойчивость (min-max)	(max+min)/2	НОМ
Дон 95, стандарт	16,3-34,7	-18,4	27,1	9,7
Дон 93	21,2-39,8	-18,6	32,0	12,5
Изюминка	18,0-38,0	-20,0	29,6	11,5
Аскет	18,4-38,4	-19,0	29,7	11,7
Ермак	18,2-39,9	-21,7	30,2	7,8
Спартак	20,3-38,8	-18,6	31,0	12,9
Дон 107	17,3-35,1	-17,8	27,3	9,5
511/03	20,4-41,6	-20,2	32,0	7,8
Капитан	19,8-41,7	-21,9	32,3	8,8
379/05	19,5-41,1	-21,6	30,3	9,2
Лидия	19,2-35,8	-16,6	29,0	10,8
629/05	20,0-42,2	-22,2	31,6	10,0
Ростовчанка 5	16,6-38,2	-21,6	29,4	9,4
Ростовчанка 7	17,8-41,6	-23,8	30,3	8,8
Марафон	17,4-38,7	-21,3	30,5	10,1
Танаис	15,2-36,4	-21,2	27,7	7,2

Среднее значение признака в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях ((max+min)/2)) характеризует их генетическую гибкость [8]. Высокие значения этого показателя указывают на большую степень соответствия между генотипом и факторами среды. В наших исследованиях были выделены сорта озимой пшеницы, имеющие максимальное соотношение между генотипом и факторами среды. Это сорта Капитан (32,3), Дон 93 (32,0), линия 511/03 (32,0), 629/05 (31,6), Спартак (31,0).

Одним из важных показателей, характеризующих устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды, является гомеостаз, являющийся универсальным свойством в системе взаимоотношения генотипа и внешней среды. Гомеостаз – это способность генотипа сводить к минимуму последствия воздействия неблагоприятных условий [13]. Критерием гомеостатичности сортов можно считать их способность поддерживать низкую вариабельность признака. Одним словом, связь гомеостатичности (НОМ) с коэффициентом вариации (V%) характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды.

В нашей работе наиболее стабильными при изменении условий выращивания по

признаку «масса 1000 семян» отмечены сорта Спартак (НОМ=12,9; V=20,1%) и Дон 93 (НОМ=12,5; V=20,3%).

Выводы

1. В результате исследований установлено доминирующее влияние на изменчивость признака «масса 1000 семян» оказывал фактор «год»-97,56%. Фактор «сорт» определяет проявление признака на 1,76%.

2. Наиболее низкий коэффициент вариации признака отмечен у сортов Дон 93 (V=20,3%) и Спартак (V=20,1%), при этом средние значения массы 1000 семян составили 32,0 и 31,0 г соответственно.

3. В наших исследованиях коэффициенты линейной регрессии у всех изучаемых сортов b_i достоверно больше 1, что свидетельствует о том, что масса 1000 семян увеличивается под влиянием улучшения условий выращивания.

4. Экологической стабильностью показателя «масса 1000 семян» характеризовались сорта Дон 95 ($S^2_i=641$), Дон 107 ($S^2_i=656$), Лидия ($S^2_i=658$), Марафон ($S^2_i=684$), Изюминка ($S^2_i=691$).

5. Высокая стрессоустойчивость отмечена у таких сортов как Лидия (-16,6), Дон 107 (-17,8), Дон 95 (-18,4), Дон 93 (-18,6).

6. Наиболее стабильными при изменении условий выращивания по признаку «масса 1000 семян» отмечены сорта Спартак (НОМ=12,9; V=20,1%) и Дон 93 (НОМ=12,5; V=20,3%)

Литература

1. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбинация, агробиоценоз) / А.А. Жученко. - Кишинев, 1980. - 558 с.
2. Ионова, Е.В. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур (Обзор) / Е.В. Ионова, В.Л. Газе, Е.В. Некрасов // Зерновое хозяйство России. - 2013. - №3 (27). - С. 19-22.
3. Зыкин, В.А. Экология пшеницы: монография / В.А. Зыкин, В.П. Шаманин, И.А. Белан. - Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. - 124 с.
4. Стрижкова, Ф.М. Роль сортовых особенностей яровой пшеницы в формировании признака «масса 1000 семян» / Ф.М. Стрижкова, Л.В. Беленинова // Вестник Алтайского государственного университета. 2012-№4(90) .
5. Корзун, О.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие / О.С. Корзун, А.С. Бруйло. - Гродно: ГГАУ, 2011. - 140 с.
6. Стрижкова, Ф.М. Пластичность сортов яровой пшеницы / Ф.М. Стрижкова // Аграрная

наука. - 2003. - №4. - С. 30-31.

7. *Мясина, В.П.* Масса 1000 семян как параметр для оценки адаптивности форм сои различного происхождения при селекции и интродукции / В.П. Мясина // Селекция и семеноводство полевых культур. - Сб. науч. тр., посв. 120-летию Вавилова Н.И. - Воронежский ГАУ им. К.Д. Глинки. - Ч.1. - Воронеж, 2007. - С. 110-114.
8. *Гочаренко, А.А.* Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А.А. Гончаренко // Вестник Россельхозакадемии. - 2005. - №6. - С 49-53.
9. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта: (С основами стат. обраб. результатов исслед.) / Доспехов, Б. А.. - 5-е изд. Доп. и перераб. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
10. *Eberhart S. A.* Stability parameters for comparing varieties. / S.A. Eberhart et W.A. Russel// Jorп Sci. - 1966. - V. 6. - №1. - P. 36-40.
11. *Пакудин, В. З.* Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур /В. З. Пакудин, Л. М. Лопатина // Сельскохозяйственная биология – 1984. – № 4. – С. 109-113.
12. *Хангильдин, В.В.* Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях/ В.В. Хангильдин, С.В. Бирюков// Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. - 1984. - №1. - С. 67-76.
13. *Кондратенко, Е.П.* Оценка урожайности, экологической стабильности и пластичности новых сортов озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны Кемеровской области / Е.П. Кондратенко, Е.А. Егушова, О.Б. Константинова, И.О. Пикулина, Г.Н. Тюкало // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - №3. - 7 с.

Literature

1. *Zhuchenko, A.A.* Ecological genetics of cultural plants (adaptation, recombination, agrobiocenosis)/ A.A. Zhuchenko. Kishinev, 1980. – 558 p.
2. *Ionova, E.V.* Perspectives of use of adaptive zoning and adaptive breeding of agricultural crops (Review)/ E.V. Ionova, V.L. Gaze, E.V. Nekrasov// Grain Economy of Russia. – 2013. - №3 (27). - P. 19-22.
3. *Zykin, V.A.* Ecology of wheat: monograph/ V.A. Zykin, V.P. Shamanin, I.A. Belan. – Omsk: Publ. OSAU, 2000. – 124 p.
4. *Striizhova, F.M.* Role of variety features of spring wheat when forming a trait 'mass of 1000 seeds'/ F.M. Striizhova, L.V. Beleninova// Vestnik of Altay State University №4 (90), 2012.
5. *Korzun, O.S.* Adaptive features of breeding and seed-growing of agricultural crops: handbook/ O.S. Korzun, A.S. Bruylo. – Grodno: GSAU, 2011. – 140 p.
6. *Strizhkova, F.M.* Plasticity of spring wheat varieties/ F.M. Strizhkova// Agrarian science. –

2003. - №4. - P. 30-31.

7. *Myasina, V.P.* Mass of 1000 seeds as a parameter for assessment of adaptability of soybean hybrids of different origin during selection and introduction/ V.P. Maysina// Breeding and seed-growing of plants. – Col.of scien.w., dedic.to the 120-th birthday of Vavilov N.I. – Voronezh SAU after K.D. Glinki. – P.1. – Voronezh, 2007. - P. 110-114.

8. *Gocharenko, A.A.* About adaptability and ecological stability of grain varieties/ A.A. Gocharenko// Vestnik of RusAgroAcademy. – 2005. - №6. – P. 49-53.

9. *Dospekhov B.A.* Methodology of field experiment: (With basis of statistic results of the research)/ Dospekhov, B.A.. – 5-th ed.. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.

10. *Eberhart S. A.*, Stability parameters for comparing varieties. / S.A. Eberhart et W.A. Russel// Jorp Sci. – 1966. - V. 6. - №1. – P. 36-40.

11. *Pakudin, V.Z.* Assessment of ecological plasticity and stability of crops/ V.Z. Pakudin, L.M. lopatina// Agricultural biology. – 1984. - № 4. – P. 109-113.

12. *Khangildin, V.V.* Problems of homeostasis in genetic-selection research/ V.V. Khangildin, S.V. Biryukov// Genetic-cytological aspects in crop breeding. – 1984. - №1. - P. 67-76.

13. *Kondratenko, E.P.* Assessment of productivity, ecological stability and plasticity of new varieties of winter wheat in the conditions of forest-steppe zone of Kemerovo region/ E.P. Kondratenko, E.A. Egushova, O.B. Konstantinova, I.O. Pikulina, G.N. Tyukalo// Present problems of science and education. - 2014. - №3. - 7 p.