

А.Ф. Сухоруков, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник;

А.А. Сухоруков, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;

Е.Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;

Л.В. Пронович, научный сотрудник,

ФГБНУ «Самарский НИИСХ».

(446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; тел.: 8 (84676) 2-11-40;

e-mail: samniish@mail.ru)

СЕЛЕКЦИОННОЕ УЛУЧШЕНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ПРИЗНАКУ «ЧИСЛО ПАДЕНИЯ»

Экспериментальные исследования проведены в 2005-2015 гг. на экспериментальной базе ФГБНУ «Самарский НИИСХ». Предшественник – чистый пар. Учетная площадь делянок – 25 м². Повторность – четырехкратная. Анализы зерна проведены по средней пробе из четырех повторений по стандартным методикам. Метеорологические условия за годы исследований существенно различались по сумме осадков в период «колошение-созревание», что позволило выделить сорта с устойчивостью к стрессовым факторам и оценить влияние генотипа и условий вегетации на формирование признака «число падения». В неблагоприятных для формирования признака «число падения» условиях коэффициенты генотипической вариации признака – 23,2%, в благоприятных – 48,4%. Фенотипическая изменчивость признака – 9,4-31,3%. Максимальная выраженность признака «число падения» у сортов Безенчукская 380 -408 с, Безенчукская 616 – 416 с, Бирюза – 401 с, Санта – 366 с. Минимальная за годы исследований величина признака «число падения» сортов Безенчукская – 380 – 269 с, Бирюза – 242 с, Санта – 283 с, Безенчукская 616 – 225 с соответствует норме для пшеницы первого класса. Определяющее влияние на формирование признака «число падения» оказывает генотип. Доля генотипа в вариации признака «число падения» – 68%, условий среды – 24%. Сорта озимой пшеницы Безенчукская 380, Безенчукская 616, Бирюза обладают высокой генотипической гибкостью и компенсаторной способностью к стрессу. В качестве генотипических источников признака «число падения» в селекции пшеницы мягкой озимой рекомендуются сорта: Безенчукская 380, Бирюза, Юнона; селекционные линии: Ферругинеум 897, Лютесценс 898 с числом падения 353-406 с и комплексом других селекционно-ценных признаков и свойств: урожай зерна – 3,65-4,56 т/га, высота

растений – 74-101 см, объем хлеба – 858-993 мл, общая хлебопекарная оценка – 4,3 - 4,8 балла. Особый интерес для селекции представляют новые линии озимой пшеницы, созданные в ФГБНУ «Самарский НИИСХ»; Ферругинеум 897, Лютесценс 898, обладающие высокой зимостойкостью, имеющие отличные хлебопекарные свойства, стебель высотой 74 – 84 см, на 17 – 27 см ниже, чем у Безенчукской 380.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, генотипический источник, число падения, коэффициент вариации, продуктивность.

A.F. Sukhorukov, Doctor of Agricultural Sciences, chief research officer of the laboratory of winter wheat breeding;

A.A. Sukhorukov, Candidate of Agricultural Sciences, chief research officer of the laboratory of winter wheat breeding;

E.N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, leading research officer of the group of grain and seed quality technologies of the laboratory of techno-analytical service;

L.V. Pronovich, research officer of the laboratory of techno-analytical service
FSBSI 'Samara RIA'

(446254, Samara region, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; tel.: 8 (84676) 2-11-40;
email: samniish@mail.ru)

BREEDING IMPROVEMENT OF WINTER WHEAT ON THE TRAIT 'FALLING NUMBER'

The researches were conducted on the experimental base of FSBSI 'Samara RIA' in 205-2016. The crop was sown in fallow land. The experiment was conducted four times. The area of the plots was 25m². The meteorological conditions during the years of study largely varied in the amount of precipitations in the period 'earring-maturing' that allowed selecting varieties with resistance to stress factors and estimating the effect of genotype and vegetation conditions on the formation of the trait 'falling number'. The variety 'Bezenchukskaya 380' showed the largest expressivity of the trait with 408s, the variety 'Bezenchukskaya 616' – 416s, the variety 'Biryuza' – 401s, the variety 'Santa' – 366s. Genotype has got a determining effect on the formation of the trait 'falling number'. The share of the genotype in the range of the trait was of 68%, the share of the environmental conditions was 24%. The winter wheat varieties 'Bezenchukskaya 380', 'Bezenchukskaya 616' and 'Biryuza' showed high genotypic flexibility and compensatory resistance to stresses during the years of study. As genetic sources of the trait 'falling number' we recommend using the following varieties and lines in winter wheat breeding: 'Bezenchukskaya 380', 'Biryuza' and 'Yunona'; 'Ferrugineum 897', 'Lyutestsens 898' with the falling number of 353-406s and with other valuable traits and properties (grain productivity of 3.65-4.56 t/ha, plant height of 74-101 cm, bread volume of 858-993 ml, general baking assessment of 4.3-4.8 p). The new lines of winter wheat 'Ferrugineum 897' and 'Lyutestsens

898' developed in FSBSI 'Samara RIA' are of special interest due to their economic-valuable traits and properties.

Keywords: *winter wheat, variety, falling number, coefficient of deviation, productivity.*

Введение. Число падения – признак качества зерна, нормируемый стандартом. Для пшеницы первого, второго и третьего класса установлена минимальная норма 200с [1]. Мировые экспортеры зерна пшеницы предъявляют более высокие требования к величине признака «число падения». В Австралии среднее значение числа падения не ниже 350с, в Канаде – 400с и более [2]. Число падения отражает уровень активности фермента альфа – амилаза в зерне. От величины признака «число падения» зависит качество зерна и его цена. Выраженность признака «число падения» зависит от генотипа и условий среды в предуборочный период [3,4,5].

Исследователи [4,6] изучаемые генотипы пшеницы условно разбивают на три группы: низкое число падения (ниже 150-200с), среднее (200-350с) и высокое (выше 350с). В природе вступление созревающих семян в покой является важным признаком приспособления к окружающей среде [7] и препятствует прорастанию зерна в колосе. Проблема увеличения признака «число падения» наиболее успешно решается в селекции краснозерных сортов [2]. Число падения – один из основных показателей качества зерна пшеницы и его взаимосвязь с другими показателями важна для наиболее полной оценки генотипов в процессе селекции. Отбор на число падения должен сочетаться с другими признаками: продуктивностью, устойчивостью к полеганию, толерантностью, устойчивостью к абио-и биострессорам [8].

По данным [3], отмечена высокая корреляционная взаимосвязь между показателями «число падения» и «время образования теста по фаринографу» (0,813), отрицательная – с показателем «разжижение теста» (- 0,578). Величина признака «число падения» отрицательно коррелирует со способностью зерна прорасти в колосе при перестое на корню. Чем меньше число падения, тем выше вероятность прорастания зерна в колосе и резкого снижения технологических и хлебопекарных свойств зерна пшеницы.

Цель исследований – оценить сорта озимой пшеницы, включенные в Государственный реестр, по стабильности формирования признака «число падения», выделить перспективные для селекции генетические источники.

Материалы и методы. Исследования проведены в 2006-2015 гг. на экспериментальной базе ФГБНУ «Самарский НИИСХ». В качестве материала использованы сорта пшеницы мягкой озимой Самарского и Краснодарского НИИСХ. Предшественник – чистый пар. Учетная площадь делянок 25 м², повторность – четырехкратная. Число падения определяли по ГОСТ 30498 – 97 [9] на приборе Хагберга

– Пертена по средней пробе из четырех повторений. Адаптивный потенциал сортов по признаку «число падения» определяли по уравнениям А.А. Rosiell, J. Hambin [10]. Зимостойкость сортов оценивали по Международному классификатору СЭВ рода *Triticum L.* по 9 балльной шкале [11]. Выпечка хлеба и хлебопекарная оценка проведены по методике Госкомиссии [12]. Статистическая обработка данных выполнена по программе AGROS.

Метеорологические условия за годы исследований существенно различались по сумме осадков за период «колошение – созревание».

Результаты. Данные таблицы 1 показывают, что сумма осадков за период «колошение – полная спелость» оказывает влияние на величину признака «число падения» всех изученных сортов.

1. Влияние суммы осадков периода «колошение – полная спелость» на величину признака «число падения» сортов озимой пшеницы

Год	Сумма осадков, мм факт/норма	Число падения, с			
		Безенчук- кая 380	Бирюза	Санта	Светоч
2007	157/45	300	322	291	200
2008	120/45	269	242	283	147
2014	88/45	322	330	315	248
2015	45/45	332	320	278	217

Однако сорта озимой пшеницы с генетически обусловленной низкой активностью фермента альфа – амилаза Безенчукская 380, Бирюза, Санта в условиях повышенного увлажнения сохраняют уровень признака «число падения», соответствующий норме для пшеницы первого класса. Зерно сорта Светоч в особо неблагоприятных условиях по величине признака «число падения» соответствует пшенице четвертого класса.

Определяющее влияние на формирование величины признака «число падения» оказывает генотип, что подтверждает двухфакторный дисперсионный анализ комплекса «генотип-год» (табл.2).

2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа: влияние условий года и сорта на величину признака «число падения»

Варьирование	Сумма квадратов, SS	Доля в вариации признака, %	F факт.
Общее	42482,0	-	-
Сорта	28873,5	68,0	25,5*

Годы	10205,0	24,0	9,00*
Взаимодействие «генотип-год»	3403,5	8,0	123,0

*- достоверно на 95% уровне значимости

Сорта озимой пшеницы Самарского НИИСХ Безенчукская 380, Безенчукская 616, Бирюза, Санта имеют высокий потенциал и минимальную фенотипическую изменчивость признака «число падения» (табл.3). Эти сорта в условиях Среднего Поволжья стабильно в любых метеорологических условиях формируют зерно, отвечающее требованиям стандарта на пшеницу первого класса по признаку «число падения». Максимальная выраженность данного признака у сортов озимой пшеницы Безенчукская 380, Безенчукская 616, Бирюза соответствует требованиям, предъявляемым в Канаде, у сорта Санта – в Австралии.

По уровню устойчивости к стрессу выделяются сорта Санта и Безенчукская 380. Сорта Безенчукская 380, Безенчукская 616, Бирюза, Санта обладают высокой генетической гибкостью и высокой компенсаторной способностью по признаку «число падения» (табл.3).

3. Адаптивный потенциал сортов озимой пшеницы по признаку «число падения», 2006-2015 гг.

Сорт	Число падения, с					
	$X \pm Sx$	Min	Max	Max - Min	$\frac{(Min+Max)}{2}$	$C_v, \%$
Безенчукская 380	$330 \pm 14,3$	269	408	- 139	338,5	12,2
Безенчукская 616	$338 \pm 16,3$	225	416	- 191	320,5	13,4
Бирюза	$325 \pm 16,1$	242	401	- 159	321,5	14,0
Малахит	$206 \pm 14,4$	149	270	- 121	209,5	19,8
Светоч	$197 \pm 16,2$	147	254	- 107	200,5	23,2
Ресурс	$267 \pm 30,0$	177	340	- 163	258,5	31,7
Санта	$305 \pm 10,1$	283	366	- 83	324,5	9,4

Результаты селекционного улучшения сортов озимой пшеницы по признаку «число падения» демонстрирует коэффициент генотипической вариации, рассчитанный по сортам конкурсного испытания ($n = 30$) в благоприятный и неблагоприятный для формирования признака год. В неблагоприятном 2007 году величина признака «число падения»

варьирует от 92 до 347с при коэффициенте генотипической вариации 23,2%. Максимальная выраженность признака у сорта Безенчукская 380.

В благоприятном для формирования признака «число падения» 2015 году признак варьирует от 217 до 444с при коэффициенте генотипической вариации 48,4%. Максимальная выраженность признака у сорта Ферругинеум 897.

В селекции на число падения важная роль принадлежит исходному материалу, привлекаемому в гибридизацию. Из данных таблицы 4 следует, что наряду с известными сортами озимой пшеницы Безенчукская 380, Бирюза, Юнона значительный интерес для селекции на признак «число падения» представляют селекционные линии Ферругинеум 897, Лютесценс 898, созданные в Самарском НИИСХ.

Селекционная линия Ферругинеум 897 создана индивидуальным отбором из гибридной популяции Безенчукская 765 / KS90WGRC -10 (США) и по признаку «число падения» является положительной трансгрессией. Линия обладает на уровне стандарта зимостойкостью, имеет укороченный стебель, по урожайности превосходит Безенчукскую 380 на 0,21 т/га, по числу падения превышает Безенчукскую 380 на 51 с, хлебопекарная оценка высокая – 4,7 балла.

Селекционная линия Лютесценс 898 создана индивидуальным отбором из образца Cimmyt, ICARDA Т 136 / Т 812*2/ Kare (США). Зимостойкость линии высокая, урожайность зерна выше Безенчукской 380 на 0,19 т/га, высота растений – 74 см, на 27 см меньше, чем у Безенчукской 380, хлебопекарная оценка – 4,8 балла (табл.4).

4. Характеристики генетических источников признака «число падения» (среднее за 2014-2015 гг.)

Сорт	Происхождение	Число падения, с	Урожай зерна, т/га	Зимостой - кость, %	Высота растений, см	Объем хлеба, мл	Общая оценка хлеба, балл
Безенчукская 380	СНИИСХ *	353	3,69	8	101	993	4,7
Бирюза	СНИИСХ	325	3,65	6	89	848	4,3
Юнона	КНИИСХ **	390	4,56	7	78	918	4,4
Ферругинеум 897	СНИИСХ	406	3,90	8	84	895	4,7
Лютесценс 898	СНИИСХ	404	3,88	8	74	858	4,8

*- Самарский НИИСХ, ** - Краснодарский НИИСХ

Выводы. В результате проведенных исследований выявлена ведущая роль генотипа в формировании признака «число падения». Условия увлажнения в период созревания зерна вызывают значительную фенотипическую изменчивость признака у сортов с генетически обусловленной повышенной активностью фермента альфа-амилаза. Созданы перспективные генетические источники признака «число падения» для селекции озимой пшеницы.

Литература

1. ГОСТ Р 52554 – 2006. Пшеница заготавливаемая.
2. Крупнов, В.А. Подходы по улучшению качества зерна пшеницы: селекция на число падения / В.А. Крупнов, О.В. Крупнова // Вавиловский журнал генетики и селекции – 2015. – 19.5. – С. 604-612.
3. Букреева, Г.И. К вопросу об оценке качества зерна пшеницы / Г.И. Букреева, М.И. Домченко, Е.Е. Мельникова // 100 лет на службе АПК: традиции, достижения, инновации: Сб. науч. трудов в честь 100-летия со дня основания Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко.– Краснодар: ООО «ЭДВИ», 2014. – С.181-189.
4. Fu, B.X. Effects of sprout damage on durum wheat milling and postharvest processing quality / B.X. Fu, D.W. Hatcher, L. Schlichting // Can.J. Plant. – Sci. – 2014. – 94. – P. 545-553.
5. Крупнова, О.В. Устойчивость к предуборочному прорастанию и число падения у озимой мягкой пшеницы в Поволжье / О.В. Крупнова, Ю.С. Свистунов // Доклады РАСХН. – 2014. – №5. – С. 3-6.
6. Deneis, S. Hagberg falling number and rheological properties of wheat cultivars in wet and dry preharvest periods / S. Dencic, R. De Pauw, B. Kobiljski, V. Momeilovic // Plant Prod. – Sci 2013. – 16. – P. 342-351.
7. Finch – Savage, W.E. Seed dormancy and the control of germination / W.E. Finch – Savage, G. Leber – Metzger // New Phytologist. – 2006. – 171. – p. 501-523.
8. De Pauw, R.M. Developing standardized methods for breeding preharvest sprouting resistant wheat, challenges and successes in Canadian wheat / R.M. De Pauw., R.E. Knok., A.K. Singh., S.L. Fox., D.G. Humphreys., P. Hucl // Euphytica. – 2012. – 188. – p. 7-14.
9. ГОСТ 30498 – 97. Зерновые культуры. Определение числа падения.
10. Rossielle, A.A. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments / A.A. Rossielle., J. Hambin // Crop Sci. 1981. – 21. № 6.
11. Международный классификатор СЭВ рода Triticum L. – Л.: РИО ВИР, 1984. –17с.
12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. – М.: Госагропром СССР, 1988. – С. 3-78.

Literature

1. GOST R 52554-2006. Wheat. Technical conditions. M.: Standartinform, 2006. 12 p.
2. Krupnov, V.A. Methods of the improvement of wheat quality: breeding on a falling number / V.A. Krupnov, O.V. Krupnova // Vavilov journal of genetics and breeding. – 2015. – 19.5. – PP. 604-612.
3. Bukreeva, G.I. To the question of wheat quality / G.I. Bukreeva, M.I. Domchenko, E.E. Melnikova // The 100 years in the AIC: traditions, achievements, Innovations: The collection of works in honor of the 100-th anniversary of the foundation of Krasnodar RIA named after P.P. Lukyanenko. – Krasnodar: OOO 'EDVI', 2014. – P. 181-189.
4. Fu, B.X. Effects of sprout damage on durum wheat milling and post sprouting quality / B.X. Fu, D.W. Hatcher, L. Schlichting // Can.J. Plant. – Sei. – 2014. – 94. – P. 545-553.
5. Krupnova O.V. Tolerance to pre-harvest sprouting and falling number of winter soft wheat in the Povolzhie / O.V. Krupnova, Yu.S. Svistunov // Reports of RAAS. – 2014. – №5. – PP. 3-6.
6. Deneis, S. Hagberg falling number and rheological properties of wheat cultivars in wet and dry pre-harvest periods / S. Dencic, R. De Pauw, B. Kobiljski, V. Momeilovie // Plant Prod. – Sei 2013. – 16. – P. 342-351.
7. Finch – Savage W.E. Seed dormancy and the control of germination / W.E. Finch – Savage, G. Leber – Metzger // New Phytologist. – 2006. – 171. – p. 501-523.
8. De Pauw, R.M. Developing standardized methods for breeding pre-harvest sprouting resistant wheat, challenges and successes in Canadian wheat / R.M. De Pauw., R.E. Knok., A.K. Singh., S.L. Fox., D.G. Humphreys., P. Hucl // Euphytica. – 2012. – 188. – P. 7-14.
9. GOST 30498 – 97. Grain crops. Assessment of falling number.
10. Rossielle, A.A. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments / A.A. Rossielle., J. Hambin // Crop Sci. 1981. – 21. № 6.
11. International classifier of COMECON of the kind of Tritikum L. – L.: RIO VIR, 1984. – P.17.
12. Methodology of State Variety Testing of agricultural crops. Technological assessment of grain crops, groats and legumes. – M.: Gosagroprom USSR, 1988. – PP. 3-78.