

А.Ф. Сухоруков, доктор сельскохозяйственных наук
 А.А. Сухоруков, кандидат сельскохозяйственных наук
 Н.Э. Бугакова, младший научный сотрудник

Самарский ФИЦ РАН «Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова»
 РФ, 446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41
 E-mail: samniish@mail.ru

УДК 633.11. «324»: 631.52

DOI:10.30850/vrsn/2021/5/22-25

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА СОРТА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ БИРЮЗА

Исследования проведены в 2012–2020 годах на экспериментальной базе Самарского НИИСХ для уточнения методов отбора новых высококачественных генотипов озимой мягкой пшеницы в изменяющихся метеорологических условиях Среднего Поволжья. Качество зерна устанавливали по ГОСТам, экспериментальные данные статистически обрабатывали в Microsoft Office Excel. Анализ метеорологических условий созревания зерна выполнен по данным Безенчукской аэрологической станции. За годы исследований коэффициент вариации суммы осадков составил 70,7 %, максимальной температуры воздуха – 8,1 %, минимальной относительной влажности воздуха – 24,8 %, относительной влажности воздуха – 8,4 %. Среднее число падения у сорта озимой мягкой пшеницы Бирюза – 346 с (вариация по годам 224–470 с); массовая доля белка в зерне – 14,5 % (12,4–15,3 %), сырой клейковины в зерне – 32,7 % (25–41,5 %); время образования и устойчивости теста – 9,2 мин. (3,5–14,5 мин.); разжижение теста – 57 ед. фаринографа (40–100 ед.); валориметрическая оценка теста – 75 ед. валориметра (56–90 ед.); объем хлеба – 730 мл (600–850 мл); оценка хлеба – 4,2 балла (3,8–4,4 балла). Сумма осадков положительно коррелировала с временем образования, устойчивостью теста ($r = 0,78$, P_{01}) и валориметрической оценкой ($r = 0,76$, P_{03}), минимальная и средняя относительная влажность воздуха – с массовой долей белка в зерне ($r = 0,85$, P_{01}). В результате проведенных исследований установлена высокая вариабельность метеорологических условий созревания зерна озимой пшеницы, вызывающая существенную фенотипическую изменчивость показателей качества зерна. Для повышения эффективности отбора генотипов озимой пшеницы с максимальной генетически обусловленной выраженностью признака «число падения» отбор целесообразно проводить в годы с повышенной суммой осадков периода созревания зерна. Отбор генотипов с максимальной выраженностью признака «массовая доля белка в зерне» наиболее эффективен при минимальной относительной влажности воздуха периода созревания зерна.

Ключевые слова: озимая пшеница, Среднее Поволжье, сорт, метеорологические условия, качество зерна, коэффициент вариации, корреляция.

A.F. Sukhorukov, Grand PhD in Agricultural sciences
 A.A. Sukhorukov, PhD in Agricultural sciences
 N.E. Bugakova, junior researcher

Samara FRC of the RAS «N.M. Tulaykov Samara Scientific Research Institute of Agriculture»
 RF, 446254, Samarskaya obl., p. Bezenchuk, ul. Karla Marksa, 41
 E-mail: samniish@mail.ru

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE GRAIN QUALITY OF THE WINTER WHEAT «BIRYUZA» VARIETY

The research was carried out in 2012–2020 on the experimental basis of the Samara Research Institute of Agricultural Sciences in order to refine the methods for selecting new high – quality genotypes of winter soft wheat in the varying meteorological conditions of the Middle Volga region. The analysis of meteorological conditions of grain maturation was performed according to the data of the Bezenchuk Aerological Station. The quality of grain was studied according to GOST standards. Statistical processing of experimental data in Microsoft Office Excel. Over the years of research, the coefficient of variation of the precipitation amount was 70.7 %, the maximum air temperature was 8.1 %, the minimum relative humidity was 24.8 %, and the relative humidity was 8.4 %. The average number of drops in the winter soft wheat variety Biryuza over the years of research is 346 c with a variation from 224 to 470 c; the mass fraction of protein in the grain is 14.5 % with a variation from 12.4 to 15.3 %; the mass fraction of raw gluten in the grain is 32.7 % with a variation from 25.7 to 41.5 %; the formation time and stability of the test is 9.2 minutes with a variation from 3.5 minutes to 14.5 minutes; dilution of the dough – 57 units of the farinograph with a variation over the years from 40 units to 100 units; valorimetric test score – 75 units of the valorimeter with a variation over the years from 56 units to 90 units; bread volume – 730 ml with a variation from 600 ml to 850 ml; bread score – 4.2 points with a variation over the years from 3.8 points to 4.4 points. The amount of precipitation was positively correlated with the formation time and stability of the test ($r = 0.781$) and the valorimetric score ($r = 0.76$). The minimum and average relative humidity of the air positively correlated with the mass fraction of protein in the grain ($r = 0.85$). As a result of the conducted studies, a high variability of meteorological conditions of winter wheat grain maturation was established, which causes a significant phenotypic variability in grain quality indicators. To increase the efficiency of the selection of winter wheat genotypes with the maximum genetically determined severity of the “fall number” trait, it is advisable to select in years with an increased amount of precipitation compared to the norm during the grain maturation period. The selection of genotypes with the maximum severity of the “mass fraction of protein in the grain” trait is most effective in the conditions of the minimum relative humidity of the air during the grain maturation period.

Key words: winter wheat, Middle Volga region, variety, meteorological conditions, grain quality, coefficient of variation, correlation.

Пшеница – важнейшая продовольственная культура России и мира. Ценность зерна определяется количеством и качеством белка, а также технологическими и хлебопекарными свойствами.

Качество зерна пшеницы зависит от генетических особенностей сорта, естественного плодородия почвы, основных фитометрических и структурных параметров посева, интенсивных агротехнологий, метеорологических условий формирования зерна. [1, 3, 4, 7, 8]

В Российской Федерации доля производимого зерна пшеницы 4 и 5 классов в общем объеме – более 75 %. [5] Исследования в области повышения его качества имеют высокую актуальность.

Цель работы – уточнение методов отбора новых высококачественных генотипов озимой мягкой пшеницы в изменяющихся метеорологических условиях Среднего Поволжья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2012–2020 годах изучали сорт мягкой озимой пшеницы *Бирюза*, включенный в Государственный реестр селекционных достижений, допущенный к использованию в Центрально-Черноземном и Средне-вожском регионах Российской Федерации. [2]

Предшественник – чистый пар. Почва – чернозем обыкновенный с содержанием гумуса (по Тюрину, ГОСТ 23740 – 79) – 4,0 %, нитратного азота – 4,7 мг/кг (26107-84), подвижного фосфора – 132 и обменного калия – 110 мг/кг (ГОСТ 26204 – 91).

Учетная площадь делянок 25 м². Повторность четырехкратная. Для оценки влияния метеорологических условий созревания зерна озимой пшеницы использованы данные наблюдений Безенчукской агрологической станции за первую и вторую декады июля: сумма осадков, средняя максимальная температура воздуха, минимальная и средняя относительная влажность воздуха. Качество зерна определяли по средней из четырех проб массой 2 кг: число падения – по ГОСТ – ISO 3093 – 2016, массовую долю белка – ГОСТ – 10846 – 91, массовую долю клейковины и ее качество – ГОСТ Р 54478, реологические свойства теста на фаринографе – ГОСТ ISO 5530 – 1 – 2013,

качество зерна по классам – ГОСТ 9353 – 2016, соответствие показателей для сильной и ценной пшеницы – по Методике Государственного сортоиспытания. [6] Экспериментальные данные статистически обрабатывали в Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сумма осадков с 1 по 20 июля в среднем за девять лет наблюдений составила 29,6 мм (табл. 1) с варьированием от 0,0 в 2020 году до 56,3 мм в 2019 (Cv = 70,7 %). Средняя максимальная температура воздуха – 33,9°C, оптимальная (29,1°C) в 2019 году, критическая (37,8°C) в 2018 (Cv = 8,1 %).

Нестабильность суммы осадков и изменяющуюся температуру воздуха за период созревания зерна необходимо учитывать при отборе генотипов для создания сортов озимой пшеницы формирующих высокое качество зерна, независимо от складывающихся метеорологических условий.

За годы наблюдений период созревания зерна озимой пшеницы характеризовался пониженной минимальной относительной влажностью воздуха от 16,5 в 2012 году до 36,5 % в 2017 (Cv = 24,8 %). Установлено влияние сухости воздуха на формирование основных параметров качества зерна озимой мягкой пшеницы в регионе Среднего Поволжья.

Число падения при средней за девять лет величине – 346 с (табл. 2) изменяется от 224 в 2018 году при повышенном увлажнении (47,1 мм) до 470 с в 2016 (16,8 мм, Cv = 19 %). Вариабельность признака определяется суммой осадков за период созревания зерна. По минимальной величине признака (224 с) сорт *Бирюза* соответствует первому классу.

Отбор генотипов озимой мягкой пшеницы с максимальным значением числа падения наиболее эффективен при повышенной влажности в период созревания зерна.

По величине **массовой доли белка в зерне** сорт *Бирюза* пять из девяти лет соответствовал пшенице первого класса – 14,8...15,3 %, четыре – второго (14,3...14,4 %) и один год на фоне рекордной для Среднего Поволжья урожайности (8,5 т/га) – третьего (12,4 %). Слабое варьирование признака (Cv = 5,9 %)

Таблица 1.

Метеорологические условия при созревании зерна озимой пшеницы (1–20 июля)

Год	Сумма осадков, мм	Средняя		
		максимальная температура воздуха, °C	минимальная относительная влажность воздуха, %	относительная влажность воздуха, %
2012	19,6	34,7	16,5	60,5
2013	47,9	32,1	29,0	60,5
2014	2,9	33,6	22,5	59,5
2015	47,2	35,6	22,0	61,0
2016	16,8	33,8	21,0	57,0
2017	29,2	31,8	36,5	73,0
2018	47,1	37,2	27,5	60,5
2019	56,3	29,1	24,0	63,0
2020	0,0	37,9	19,0	54,5
Среднее	29,6	33,9	24,2	61,0
Cv, %	70,7	8,1	24,8	8,4
НСР ₀₅	20,9	2,8	6,0	5,1

Таблица 2.

Характеристика технологических и хлебопекарных свойств зерна сорта озимой пшеницы *Бирюза*

Год	Число падения, с	Массовая доля в зерне, %		ИДК, ед.	Время образования и устойчивость теста, мин.	Разжижение теста, ед.	Валометрическая оценка, ед.	Объем хлеба, мл	Общая оценка хлеба, балл
		белка	сырой клейковины						
2012	320	14,8	41,5	102	3,5	80	56	850	4,2
2013	354	14,4	38,9	92	8,0	40	78	840	4,4
2014	330	14,4	38,4	100	5,0	40	62	630	4,2
2015	320	15,2	31,6	105	13,5	60	80	835	4,2
2016	470	14,5	28,2	102	8,5	40	78	600	3,8
2017	362	12,4	25,7	97	6,5	50	73	700	4,1
2018	224	14,3	26,2	98	12,0	60	85	720	4,3
2019	340	14,8	28,9	95	14,0	100	90	655	4,1
2020	397	15,3	34,6	92	6,5	40	70	740	4,4
Среднее	346	14,5	32,7	98,1	8,6	57	75	730	4,2
Cv, %	19	5,9	18,1	4,6	43,6	37,4	14,4	13	4,4
НСР ₀₅	65	0,8	5,9	4,5	3,7	21	10	94	0,8

свидетельствует о высокой роли генотипа в его формировании.

Массовая доля сырой клейковины в зерне в среднем за 2012–2020 годы составила 32,7 % (от 25,7 в 2017 до 41,5 % в засушливом 2012). Признак – средневарирующий (Cv=18,1 %). Максимальное количество сырой клейковины в зерне сорта *Бирюза* сформировано при дефиците осадков в период созревания зерна, в 2012 году – 41,5 %, 2014 – 38,4, 2020 – 34,6 %, сумма осадков – 19,6 мм, 2,9, 0,0 мм соответственно. Отбор на генетический потенциал линии по признаку эффективен в сухие годы.

Качество клейковины в восьми случаях из девяти соответствовало второй группе. Признак – слабаварирующий (Cv = 4,56 %) и детерминируется в основном генотипом сорта. Однако в 2015 году качество зерна ухудшилось до третьей группы (ИДК = 105 ед.), при сумме осадков за период его созревания

47,1 мм. Поэтому отбор генотипов озимой мягкой пшеницы с высоким качеством клейковины эффективнее в годы с повышенной влажностью во время созревания зерна.

Время образования и устойчивость теста, разжижение теста зависят от внешних условий и характеризуются высокой вариабельностью – Cv = 43,6 % и 37,6 % соответственно. В то же время генетический потенциал сорта *Бирюза* при формировании данных признаков соответствует требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам. [6]

По величине валориметрической оценки (обобщенный показатель признаков) сорт в семи случаях из девяти соответствовал сильной пшенице, в двух – ценной. Признак средневарирующий (Cv = 14,4 %). Генетический потенциал сорта *Бирюза* – -90 ед. валориметра, что значительно выше нормы для сильной пшеницы.

Таблица 3.

Матрица коэффициентов корреляции, среднее за 2012–2020 годы

	Признак												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,00												
2	0,01	1,00											
3	0,00	0,43	1,00										
4	-0,07	0,09	-0,04	1,00									
5	-0,27	0,24	-0,06	0,06	1,00								
6	-0,38	0,18	-0,09	0,12	0,41	1,00							
7	-0,11	0,02	-0,71*	-0,22	0,91**	0,26	1,00						
8	-0,36	0,25	0,5	0,0	-0,07	0,12	-0,21	1,00					
9	-0,53	0,24	0,44	-0,54	-0,09	-0,11	-0,12	0,62	1,00				
10	-0,45	-0,06	-0,36	-0,04	0,78*	0,53	0,76*	0,29	0,06	1,00			
11	-0,20	0,38	0,09	0,17	-0,15	-0,40	-0,27	0,26	0,37	-0,41	1,00		
12	-0,17	-0,85**	-0,52	-0,33	0,15	-0,17	0,37	-0,11	0,04	0,41	-0,39	1,00	
13	-0,21	-0,85**	-0,41	0,02	0,04	0,23	,011	-0,00	-0,17	0,37	-0,54	0,80*	1,00

Примечание. 1 – число падения, с; 2 – массовая доля белка в зерне, %; 3 – массовая доля сырой клейковины в зерне, %; 4 – ИДК, ед. прибора; 5 – время образования и устойчивость теста, мин.; 6 – разжижение теста, ед.; 7 – валориметрическая оценка, ед.; 8 – объем хлеба, мл; 9 – оценка хлеба, балл; 10 – сумма осадков, мм; 11 – средняя максимальная температура воздуха, °С; 12 – средняя за период минимальная относительная влажность воздуха, %; 13 – средняя относительная влажность воздуха, %.

* – достоверно на 5 %-м уровне значимости, ** – 1%-м.

Объем хлеба и общая хлебопекарная оценка характеризуют потребительские качества пшеничной муки. Объем хлеба из 100 г муки по годам варьирует от 600 мл (3,8 балла) в 2016 году при сумме осадков за период созревания зерна 16,8 мм до 850 мл в 2012 (Cv = 13 %). Однако при минимальном показателе реологические свойства теста соответствовали сильной пшенице: время образования и устойчивость – 8,5 мин., разжижение – 40 ед., валориметрическая оценка – 78 ед.

Низкое качество хлеба при хороших реологических свойствах теста объясняется формированием очень крепкой белковой массы, устойчивой к разрыхлению при созревании теста под действием дрожжевых грибов. Такие партии зерна целесообразно использовать в смеси с рядовой пшеницей для улучшения ее технологических свойств. При отборе генотипов необходимо соблюдать баланс между реологическими и хлебопекарными свойствами пшеничной муки.

Сумма осадков за период созревания зерна положительно коррелирует с временем образования, устойчивостью теста ($r = 0,78, P_{05}$) и валориметрической оценкой ($r = 0,76, P_{05}$). Взаимосвязь суммы осадков и числа падения имеет отрицательное значение ($r = -0,45$), но при величине выборки ($n = 9$) недостоверна. Не обнаружено зависимости между суммой осадков и массовой долей белка и клейковины в зерне, объемом и качеством хлеба.

Достоверной взаимосвязи между максимальной температурой воздуха и числом падения, массовой долей белка и клейковины, качеством клейковины, временем образования и устойчивостью теста, разжижением теста, валориметрической оценкой, объемом хлеба, оценки хлеба не найдено. Минимальная и средняя относительные влажности воздуха на 1 %-м уровне отрицательно коррелируют с массовой долей белка в зерне ($r = -0,85, P_{01}$). Снижение относительной влажности воздуха способствует повышению массовой доли белка в зерне озимой пшеницы сорта *Бирюза*.

Установлена вариабельность метеорологических условий созревания зерна озимой мягкой пшеницы, вызывающая существенную изменчивость показателей его качества.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гостев, А.В. Условия формирования зерна высокого качества в высокопродуктивных ресурсосберегающих агротехнологиях / А.В. Гостев // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 16–20. DOI:10.24411 / 0044–3913–2019–10604.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорты растений (официальное издание). – М.: Росинформагротекс, 2018. – Т. 1. – 508 с.
3. Гулянов, Ю.А. Экологизация степных агротехнологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды. / Ю.А. Гулянов, А.А. Чибилев // Технологическая и прикладная экология. – 2019. – № 3. – С. 5–11. DOI:10.25750 / 1995–4301–2019–3–005–011.

4. Гулянов, Ю.А., Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья / Ю.А. Гулянов, А.А. Чибилев, А.А. Чибилев (мл.) // М.: Редакция журнала «Юг России: Экология, развитие», 2020. – Т. 15. – № 1 (54). – С. 79–88. DOI:10.18470 / 1992–1098–2020–1–79–88.
5. Итоги работы отрасли растениеводство в 2017 году и задачи на 2020 год. – М., 2018 [электронный ресурс]. URL: <http://barley-mail.ru/wp-content/uploads/2018/02/agronomycheskoe-soveschanye-ytogy-2017.pdf>. (дата обращения 10.03.2021).
6. Методика государственного сортоиспытания. Технологическая оценка зерна. – М.: Изд. Колос, 1988. – 122 с.
7. Сухоруков, А.Ф. Адаптивный потенциал исходного материала озимой пшеницы в Среднем Поволжье / А.Ф. Сухоруков, А.А. Сухоруков // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 2. – С. 3–6. DOI:org / 10.31857 / S 2500–2627201923–6.
8. Финни, К.Ф. Качество твердозерной, мягкой и durum пшениц / К.Ф. Финни, У.Т. Ямазаки // Пшеница и ее улучшение. – М.: Изд-во «Колос», 1970. – С. 469–492.

LIST OF SOURCES

1. Gostev, A.V. Usloviya formirovaniya zerna vysokogo kachestva v vysokoproduktivnykh resursosberegayushchih agrotekhnologiyah / A.V. Gostev // Zemledelie. – 2019. – № 6. – S. 16–20. DOI:10.24411 / 0044–3913–2019–10604.
2. Gosudarstvennyy reestr selekcionnykh dostizhenij, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Sorta rastenij (ofitsial'noe izdanie). – М.: Rosinformagroteks, 2018. – Т. 1. – 508 s.
3. Gulyanov, Yu.A. Ekologizatsiya stepnykh agrotekhnologiy v usloviyah prirodnykh i antropogennykh izmenenij okruzhayushchej sredy. / Yu.A. Gulyanov, A.A. Chibilev // Tekhnologicheskaya i prikladnaya ekologiya. – 2019. – № 3. – S. 5–11. DOI:10.25750 / 1995–4301–2019–3–005–011.
4. Gulyanov, Yu.A., Rezervy povysheniya urozhnosti i kachestva zerna ozimoy pshenicy i ih zavisimost' ot geterogennosti posevov v usloviyah stepnoj zony Orenburgskogo Predural'ya / Yu.A. Gulyanov, A.A. Chibilev, A.A. Chibilev (ml.) // М.: Redaktsiya zhurnala «Yug Rossii: Ekologiya, razvitiye», 2020. – Т. 15. – № 1 (54). – S. 79–88. DOI:10.18470 / 1992–1098–2020–1–79–88.
5. Itogi raboty otrasli rasteniyevodstvo v 2017 godu i zadachi na 2020 god. – М., 2018 [elektronnyy resurs]. URL: <http://barley-mail.ru/wp-content/uploads/2018/02/agronomycheskoe-soveschanye-ytogy-2017.pdf>. (data obrashcheniya 10.03. 2021).
6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya. Tekhnologicheskaya ocenka zerna. – М.: Izd. Kolos, 1988. – 122 s.
7. Suhorukov, A.F. Adaptivnyy potencial iskhodnogo materiala ozimoy pshenicy v Srednem Povolzh'e / A.F. Suhorukov, A.A. Suhorukov // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – 2019. – № 2. – S. 3 – 6. DOI:org / 10.31857 / S 2500–2627201923–6.
8. Finni, K.F. Kachestvo tverdozernoj, myagkoj i durum pshenic / K.F. Finni, U.T. Yamazaki // Pshenica i ee uluchshenie. – М.: Izd-vo «Kolos», 1970. – S. 469–492.