

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНА ТВЕРДОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИИ

С.А. Коваленко, ORCID ID: 0000-0003-0726-7499, E-mail: sa_kovalenko_83@mail.ru

В.П. Кадушкина, ORCID ID: 0000-0001-6363-9352, E-mail: kadushkina1964@mail.ru

О.В. Бирюкова, ORCID ID: 0000-0001-8155-5371, E-mail: biryukova.22@bk.ru

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

Исследования проводили с целью выявить закономерности изменчивости физических и химических свойств зерна сортов и линий яровой твердой пшеницы в разные по погодным условиям годы. Приведены данные по качеству зерна яровой твердой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания за 2018-2021 гг. В качестве предшественника использовали зернобобовые. В результате исследований выявлено, что физические свойства зерна (крупность, выполненность, стекловидность, натура, которые влияют на количество и качество крупки) наряду с генотипическими особенностями находятся в зависимости от условий вегетации. По массе 1000 зерен высокие значения отмечены в жарком 2021 г. – 35,8 г (с колебаниями по сортам от 32,1 г у сортообразца 4783/15 до 38,5 г у стандарта Донская элегия и линии 4804/18). Наименее существенные различия наблюдали при изучении стекловидности и натуры зерна. Межсортовая изменчивость по годам была незначительной: по стекловидности – $V=2,62-7,51\%$, по натуре – $V=1,47-2,91\%$ с отклонением от средней в ту или иную сторону. Показано, что содержание белка в зерне, который в большей степени влияет на качество макаронных изделий (прочность, разваримость, сухой остаток) находится в строгой зависимости не только от условий вегетации, особенно от температурного режима в период налива и созревания ($r=+0,51$), но и от уровня урожайности ($r=-0,44 - -0,62$). Высокое его содержание отмечено в 2020 г. – 16,4% с варьированием от 15,8 до 17,0%. Содержание клейковины в зерне по всем образцам отвечало требованиям ГОСТа Р.52554-2006 на твердую пшеницу. Наибольшее его значение отмечено так же в 2020 г. – 35,9% (32,4-37,6). По числу падения малой вариабельностью отличился 2021 год – 6,26%. Результаты всесторонней оценки качества зерна в зависимости от условий вегетации позволяют сделать заключение, что такие сорта и линии яровой твердой пшеницы, как Донская элегия, Вольнодонская и 4804/18 характеризуются максимальной выраженностью всех признаков, отвечающих мировому уровню.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, селекция, сорт, вегетация, коэффициент вариации, качество зерна.

Для цитирования: Коваленко С.А., Кадушкина В.П., Бирюкова О.В. Изменчивость технологических свойств зерна твердой яровой пшеницы под влиянием условий вегетации. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 1(41):110-115. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-109-114

VARIABILITY IN TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF DURUM SPRING WHEAT GRAIN UNDER THE INFLUENCE OF VEGETATION CONDITIONS

S.A. Kovalenko ORCID ID: 0000-0003-0726-7499, E-mail: sa_kovalenko_83@mail.ru

V.P. Kadushkina ORCID ID: 0000-0001-6363-9352, E-mail: kadushkina1964@mail.ru

O.V. Biryukova ORCID ID: 0000-0001-8155-5371, E-mail: biryukova.22@bk.ru

FSBSI «FEDERAL ROSTOV AGRARIAN RESEARCH CENTER»

Abstract: *The research was carried out in order to identify patterns of variability of physical and chemical properties of grain varieties and lines of spring durum wheat in different weather conditions years. Data on the quality of spring durum wheat grain in the nursery of competitive variety testing for 2018-2021 are presented. Legumes were used as a precursor. As a result of the research, it was revealed that the physical properties of grain (size, completeness, vitreousness, nature, which affect the quantity and quality of grains), along with genotypic features, depend on the conditions of vegetation. By weight of 1000 grains, high values were noted in the hot 2021 – 35.8 g (with fluctuations in grades from 32.1 g in the 4783/15 variety to 38.5 g in the Don Elegy standard and line 4804/18). The least significant differences were observed when studying the vitreousness and nature of the grain. The interport variability over the years was insignificant: in vitreousness - $V=2.62-7.51\%$, in nature - $V=1.47-2.91\%$ with a deviation from the average in one direction or another. It is shown that the protein content in the grain, which has a greater effect on the quality of pasta (strength, digestibility, dry residue), is strictly dependent not only on the growing season conditions, especially on the temperature regime during filling and ripening ($r=+0.51$), but also on the yield level ($r=-0.44 - -0.62$). Its high content was noted in 2020 – 16.4% with a variation from 15.8 to 17.0%. The gluten content in the grain in all samples met the requirements of GOST R.52554-2006 for durum wheat. Its greatest value was also noted in 2020 – 35.9% (32.4-37.6). In terms of the number of falls, 2021 was distinguished by a small variability – 6.26%. The results of a comprehensive assessment of grain quality, depending on the growing season conditions, allow us to conclude that such varieties and lines of spring durum wheat as Don Elegia, Volnodonskaya and 4804/18 are characterized by the maximum severity of all signs that meet the world level.*

Keywords: spring durum wheat, breeding, variety, vegetation, coefficient of variation, grain quality.

Высокое качество продукции - важнейшее требование к сортам любой культуры, особенно к твердой яровой пшенице.

Зерно твердой пшеницы является особо ценным сырьем для производства высококачественных макаронных изделий, спагетти, круп, продуктов детского питания. Другие виды пшениц в этом отношении не конкурируют с ней. Однако не все сорта твердой пшеницы могут стабильно давать сырье высокого качества, так как помимо наследственности, его формирование во многом зависит от условий выращивания [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Современные сорта культуры очень часто формируют высокий урожай зерна с низкими продовольственными качествами, из-за чего его используют на фуражные и технические цели [5, 6, 7]. Эта тенденция в результате селекции только усиливается [8]. Поэтому очень важно выявлять ценные образцы для создания сортов, формирующих высокий, стабильный и качественный урожай зерна даже при неблагоприятных условиях среды [4, 5, 6].

Вопросы изменчивости признаков качества при нарастании аридности климата по культуре твердая яровая пшеница освящены не в полной мере. В то же время эти сведения очень важны для выбора стратегии селекции, определения лимитов отбора.

Цель исследований - оценка изменчивости физических и химических свойств зерна сортов и линий яровой твердой пшеницы в разные по погодным условиям годы.

Материал и методы исследований

Изучение признаков качества проводили в 4-польном селекционном севообороте по 8 сортам и линиям яровой твердой пшеницы Донской селекции в конкурсном сортоиспытании – Донская элегия, Вольнодонская, Мелодия Дона, Донэла М, 4783/15, 4125/17, 4193/17, 4804/18. выращиваемых по предшественнику зернобобовые. Опытные делянки площадью 15,8 м² размещали в 4-х повторениях. Почвы опытного участка – южный среднemocный карбонатный слабовыщелочный чернозем с различной мощностью гумусового горизонта (32-51 см).

Анализ качественных показателей зерна осуществляли по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур». Технологическая оценка зерновых,

крупяных и зернобобовых культур (1988)», по существующим ГОСТам. Чтобы представить изменчивость признаков в одинаковых единицах, использовали коэффициент вариации (V), рассчитанный по Б.А. Доспехову (1985 г.)

Погодные условия в годы исследований в период от колошения до полной спелости (по многолетним данным это III декада мая – II декада июля) существенно различались.

Для характеристики метеорологических условий за 2018-2021 гг. использовали данные метеопоста Тарасовское опытное поле. Основной лимитирующий фактор для формирования высокой урожайности яровой твердой пшеницы – ежегодный дефицит влаги. В 2018 и 2019 гг., несмотря на большое количество осадков (за вегетационный период их выпало 238 и 287,6 мм соответственно при среднемноголетней норме 199 мм), периоды вегетации были засушливыми, так как основная часть осадков пришлась на время уборки урожая, когда уже закончился процесс созревания зерна. ГТК за вегетационный период в 2018 и 2019 гг. составил соответственно (по классификации Селянинова высокая влагообеспеченность), но в критические для формирования колоса периоды (всходы – выход в трубку – колошение) он был очень низким (0,00...0,40), что негативно повлияло на урожайность зерна.

В 2020 г. растения испытывали острый недостаток влаги (48...76%) практически на протяжении всего вегетационного периода, и лишь в конце вегетации, когда процесс формирования зерновки уже закончился, выпало 73,5 мм осадков (среднемноголетнее – 55 мм). ГТК за вегетационный период составил 0,78, а в наиболее важные межфазные периоды (от всходов до колошения) всего 0,00...0,40. Это обстоятельство и оказало отрицательное влияние в формировании урожайности.

2021 год в целом был благоприятным для роста и развития яровой твердой пшеницы. В период от всходов и вплоть до молочной спелости метеоусловия способствовали хорошему развитию растений. ГТК за период вегетации яровой твердой пшеницы составил 1,18 (высокая влагообеспеченность). Растения при таких условиях хорошо кустились и заложили мощные генеративные органы. Но в июле месяце в период налива зерна температура воздуха превышала среднемноголетнюю на 5,6°C при недостатке влаги в этот период (выпало 27,6 мм при норме 59 мм).

Результаты и их обсуждение

В результате исследований выявлено, что физические свойства зерна (крупность, выполненность, стекловидность, натура, которые являются одними из основных и важных характеристик, которые влияют на количество и качество крупки) наряду с генетическими особенностями находятся в зависимости от условий вегетации (табл. 1).

Таблица 1

Количественная выраженность критериев по качеству зерна пшеницы твердой яровой (среднее по 8 сортам и линиям)

Признак качества	Показатели	Годы				Среднее за 4 года
		2018	2019	2020	2021	
Масса 1000 зерен, г	среднее	34,4	28,4	34,5	35,8	33,28
	пределы	31,8-37,4	25,8-31,4	32,8-36,2	32,1-38,5	30,6-35,9
	НСР05	2,1	3,2	2,4	3,6	2,83
	V	5,92	6,48	3,74	7,88	6,01
Стекловидность, %	среднее	82	97,6	90,6	90,	90,08
	пределы	78-85	93-100	84-97	76-96	82,8-94,5
	НСР05	9,7	8,9	7,3	11,3	9,3
	V	3,32	2,62	4,9	7,51	4,59
Натура зерна, г/л	среднее	748,1	758,1	461,9	811,9	695,00
	пределы	730-775	730-790	745-790	795-830	735-785
	НСР05	27,1	26,4	25,3	27,8	26,65
	V	2,17	2,91	2,13	1,47	2,17

Высокие значения массы 1000 зерен отмечены в жарком 2021 г. – 35,8 г (с колебаниями по сортам от 32,1 до 38,5 г); при ухудшении температурного режима в 2018 г. – 34,4 г (с варьированием от 31,8 до 37,4 г) и в 2020 г. – 34,5 г (с варьированием от 32,8 до 36,2 г). Самой низкой масса 1000 зерен была в 2019 г. – 28,4 г (с колебаниями по сортам от 25,8 до 31,4 г), что связано с избыточным увлажнением в предуборочный период зерна, наличием болезней. Изменчивость этого признака между сортами по годам была незначительной (от 3,74 в 2020 г. до 5,92% в 2018 г.). Это свидетельствует о том, что при выполненности зерна и по крупности ведется постоянная жесткая браковка на всех этапах селекционного процесса и данный признак является одним из критериев отбора.

Наименее существенные различия наблюдали при изучении стекловидности зерна. Межсортовая изменчивость по годам была незначительной ($V=2,62-7,51\%$) с отклонением от средней в ту или иную сторону. Это свидетельствует о достаточно жестком отборе по данному признаку, который оказывается наиболее результативным на фоне лимитирующих факторов – в прохладные года с повышенным количеством осадков в период созревания и уборки.

Натура зерна также зависела от условий вегетации, но в меньшей степени, чем стекловидность. Разница между сортами по годам исследований была иногда значима: 2018 г. – 45 л/г; 2019 г. – 60 л/г; 2020 г. – 45 л/г; 2021 г. – 35 л/г, что выражается коэффициентом вариации в 1,47-2,91%. Высокие значения этого признака, соответствующие первому классу по ГОСТу, получены в 2019, 2020 и 2021 гг. – 790 (730-790), 790 (745-790) и 795-830 г/л соответственно, низкие – в 2018 г. с колебаниями по сортам от 730 у сортообразца 4125/17 до 775 г/л у сорта Вольнодонская.

Результаты наших исследований по содержанию белка в зерне, который в большей степени влияет на качество макаронных изделий (прочность, разваримость, сухой остаток), показывают, что оно находится в зависимости не только от условий вегетации, особенно температурного режима в период налива и созревания ($r= +0,51$), но и от уровня урожайности ($r= -0,44 - -0,62$). Высокое его содержание отмечено в 2020 г. – 16,4% с варьированием по сортам от 15,8 до 17,0%, 2018 г. – 15,0% (от 14,4 до 15,8%) и 2019 г. – 15,0% (от 13,7 до 16,5%), т.е. в годы с повышенным температурным режимом (табл. 2).

Таблица 2

Количественная выраженность технологических критериев качества зерна пшеницы твердой яровой (среднее по 8 сортам и линиям)

Признак качества	Показатели	Годы				Среднее за 4 года
		2018	2019	2020	2021	
Белок, %	среднее	15	15	16,4	12,7	14,78
	пределы	14,4-15,8	13,7-16,5	15,8-17,0	12,1-13,3	14-15,7
	НСР05	1,2	3,5	2,4	1,3	2,10
	V	3,34	7,73	2,55	3,53	4,29
Клейковина, %	среднее	33,5	33,4	35,9	18,3	30,28
	пределы	26,6-37,0	29,2-37,2	32,4-37,6	16,6-20,0	26,2-33,0
	НСР05	6,4	4,8	2,1	2,3	3,9
	V	10,56	8,95	4,89	5,94	7,59
Качество клейковины, ИДК е.п.	среднее	109,3	112,6	115,3	119,0	112,40
	пределы	96-120	106-120	112-118	118-120	105-119
	НСР05	10,2	8,7	6,6	5,2	8,5
	V	8,54	4,24	1,9	0,90	4,89
Число падения, сек	среднее	415,5	433,1	413,1	448,3	427,50
	пределы	327-488	248-507	275-535	409-500	315-508
	НСР05	98,3	108,9	112,2	51,9	92,8
	V	12,21	19,5	21,87	6,26	14,96

Самым низким количество белка было в 2021 г. – 12,7% (от 12,1-13,3%). Между сортами и линиями наблюдали незначительную дифференциацию ($V= 1,61-3,53\%$), так как на повышенное содержание белка ведется постоянный отбор, начиная с селекционного питомника.

По содержанию клейковины в зерне межсортовое варьирование по годам исследований было более значительным, чем по белку: 2018 г. – от 26,6 до 37,0%; 2019 г. – от 29,2 до 37,2%; 2020 г. – 32,4 до 37,6%; 2021 г. – от 16,6 до 20,0%, что выражается коэффициентами вариации от 4,89 (2020 г.) до 10,56 (2018 г.). В то же время в наших опытах содержание клейковины по всем образцам отвечало требованиям ГОСТа Р. 52554-2006 на твердую пшеницу.

В отличие от количества клейковины качество ее, определяемое на приборе ИДК-1 (характеризуют реологические свойства теста, особенно при производстве спагетти), у большинства сортов и линий оказалось низким: ИДК – 105 е.п. и выше, кроме сортообразца 4125/17 в 2018 г. – 96 е.п., что соответствует качеству клейковины третьей группы. Варьирование этого свойства в зависимости от условий года было существенным, особенно в 2018 и 2021 годах (V по ИДК 8,54-11,21 %). Этот признак также является критерием отбора, особенно на ранних этапах селекции. Это позволило ранее отобрать образцы со стабильным качеством клейковины третьей группы: Донская элегия, Вольнодонская.

Важным признаком качества зерна, в конечном счете и макаронных изделий, является активность альфа-амилазы (α -амилазы), определяемая числом падения. В мировой практике стандартным показателем числа падения для твердой пшеницы является 400 секунд. Этот показатель находится в большой зависимости от количества осадков в период созревания и уборки, сортовых особенностей. Дифференциация по числу падения была различной: 2018 г. – от 327 до 488 сек; 2019 г. – от 248 до 507 сек; 2020 г. – от 275 до 535 сек; 2021 г. – от 409 до 500 сек, что соответствовало коэффициентам вариации 12,21; 19,50; 21,87; 6,26 %.

Это свидетельствует о большой амилолитической активности твердой пшеницы и требует усиления селекционных работ в этом направлении.

По данному признаку малой вариабельностью отличился 2021 год. На протяжении всех лет исследований лучшие результаты в сравнении со стандартным показателем (400 сек) показали Донская элегия (407-440 сек), Вольнодонская (465-527 сек), 4804/18 (453-479 сек).

Условия года по-разному влияли на количественную выраженность показателей качества сортов, различных по хозяйственно ценным признакам и свойствам (табл. 3).

Таблица 3

Вариабельность (V) признаков качества зерна у сортов твердой яровой пшеницы, % (2018-2021 гг.)

Сорт	Масса 1000 зерен	Стекловидность	Натура	Содержание белка в зерне	Содержание клейковины в зерне	Качество клейковины, ИДК	Число падения
Донская элегия, St	13,66	10,78	3,96	11,43	27,5	5,56	7,13
Вольнодонская	10,54	5,95	2,74	10,46	25,62	4,6	5,33
Мелодия Дона	7,67	9,44	2,93	11,2	26,08	1,62	30,44
Донэла М	10,14	8,21	4,71	9,89	27,28	4,14	14,42
4783/15	11,79	8,24	3,28	11,81	31,28	4,77	11,86
4125/17	10,66	3,72	3,77	13,48	26,92	9,32	12,32
4193/17	12,34	8,78	4,25	9,61	26,85	7,54	16,39
4804/18	10,04	7,31	5,26	9,77	26,67	1,88	2,41
НСР05	2,51	5,37	16,32	0,89	3,10	7,13	93,16

Так, сильной вариабельностью по числу падения характеризовался сорт Мелодия Дона ($V=30,44\%$), по содержанию клейковины в зерне – Донская элегия ($V=27,5\%$), Вольнодонская ($V=25,62\%$) и т.д., средней изменчивостью обладал сортообразец по числу падения 4193/17 ($V=16,39\%$); по содержанию белка в зерне – 4125/17 ($V=13,48\%$), 4783/15 ($V=11,81\%$); по стекловидности – Донская элегия ($V=10,78\%$); по массе 1000 зерен – Донская элегия ($V=13,66\%$), 4193/17 ($V=12,34\%$) и т.д.

Заключение

Таким образом, данные всесторонней оценки сортов по основным признакам качества зерна, а также изменчивость в зависимости от условий вегетации свидетельствуют о том, что такие сорта и линии твердой яровой пшеницы в изучаемых опытах, как Донская элегия, Вольнодонская и 4804/18 характеризуются максимальной выраженностью всех признаков, отвечающих мировому уровню. Отмечается стабильность их качества в годы исследований. Остальные сорта и линии обладают несколькими ценными признаками, по которым они меняются местами в зависимости от условий года и места выращивания. В тоже время наличие таких сортов дает возможность использовать их в гибридизации для создания исходного материала с сочетанием необходимого комплекса признаков качества.

Литература

1. Научное обеспечение стабильности производства зерновых и кормовых культур/ Печ. по решению Ученого совета Всероссийский НИИ зерновых культур им. И.Г. Калининко// Ростов н/Д, – 2008. – 432 с.
2. Мудрова А.А. Селекция озимой твердой пшеницы на Кубани - КНИИСХ. – Краснодар, – 2004. – 190 с.
3. Амелин А.В., Чекалин Е.И., Заикин В.В., Мазалов В.И., Городов В.Т., Икусов Р.А. Биохимические показатели качества зерна у современных сортов яровой пшеницы // Вестник аграрной науки, – № 2 (77), – 2019.
4. Кадушкина В.П., Грабовец А.И., Бiryukova О.В., Коваленко С.А. Качество зерна сортов яровой твердой пшеницы донской селекции// Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – №4 (32), – 2018. – С. 266-276.
5. Зверева Н.А., Терехин М.В., Мищенко Л.Н. Влияние погодных условий и природной зоны возделывания на качество зерна яровой пшеницы в Амурской области// Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2013. 4 (102). - С.10-13.
6. Асеева Т.А. [и др.] Влияние погодных условий на формирование урожая и качество зерна яровой пшеницы в среднем Приамурье// Вестник ДВО РАН. – 2016. – № 2 (186). – С. 64-70.
7. Батудаев А.П., Цыдыпов Б.С. Агротехнические приемы и их влияние на урожайность и качество зерна яровой пшеницы// Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. №1 (54), 2019. С. 6-13.
8. Крупнова О.В. Взаимосвязь между содержанием белка в муке и числом падения у мягкой яровой пшеницы// Аграрный вестник Юго- Востока. – 2009. – №3. – 64 с.

References

1. Nauchnoe obespechenie stabil'nosti proizvodstva zernovyh i kormovyh kul'tur. [Scientific support for the stability of the production of grain and fodder crops] *Pech. po resheniyu Uchenogo soveta Vserossijskoj NII zernovyh kul'tur im. I.G. Kalinenko. Rostov n/D, 2008, 432 p.* (In Russian)
2. Mudrova A.A. Selekcija ozimoj tvrdoj pshenicy na Kubani. [Selection of winter durum wheat in the Kuban] - *KNIISKH, Krasnodar, 2004, 190 p., 9 pic., 65 tabl.* (In Russian)
3. Amelin A.V., Shekalin E.I., Zaikin V.V., Mazalov V.I., Gorodov V.T., Ikusov R.A. Biohimicheskie pokazateli kachestva zerna u sovremennyh sortov yarovoj pshenicy. [Biochemical indicators of grain quality in modern varieties of spring wheat] *Vestnik agrarnoj nauki, 2019, no.2 (77).* (In Russian)
4. Kadushkina V.P., Grabovets A.I., Biryukova O.V., Kovalenko S.A. Kachestvo zerna sortov yarovoj tvrdoj pshenicy donskoj selekcii. [Grain quality of varieties of spring durum wheat of the Don breeding] *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2018, no.4 (32), pp.266-276.* (In Russian)
5. Zvereva N.A., Terekhin M.V., Mishchenko L.N. Vliyanie pogodnyh uslovij i prirodnoj zony vozdelevaniya na kachestvo zerna yarovoj pshenicy v Amurskoj oblasti. [Influence of weather conditions and the natural zone of cultivation on the quality of spring wheat grain in the Amur region] *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2013, no.4 (102). pp.10-13.* (In Russian)
6. Aseeva T.A. [et al.] Vliyanie pogodnyh uslovij na formirovanie urozhaya i kachestvo zerna yarovoj pshenicy v srednem Priamur'e. [Influence of weather conditions on crop formation and grain quality of spring wheat in the middle Amur region] *Vestnik DVO RAN. 2016, no.2 (186), pp.64-70.* (In Russian)
7. Batudaev A.P., Cydygov B.S. Agrotekhnicheskie priemy i ih vliyanie na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshenicy. [Agricultural practices and their impact on the yield and quality of spring wheat] *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2019, no.1 (54), pp. 6-13.* (In Russian)
8. Krupnova O.V. Vzaimosvyaz' mezhdru sodержaniem belka v muke i chislom padeniya u myagkoj yarovoj pshenicy. [The relationship between the protein content in flour and the fall number in soft spring wheat] *Vserossijskij nauchno-prakticheskij zhurnal «Agrarnyj vestnik YUgo- Vostoka», 2009, no.3, 64 p.* (In Russian).