

ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕСТА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.С. Кравченко, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

Д.М. Марченко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, зав. отделом селекции и семеноводства озимой пшеницы, wiza101@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

О.А. Некрасова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, nekrasova_olesya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

Ю.Н. Алты-Садых, техник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0002-3969-1166
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Представлены результаты изучения качества муки сортов озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Цель исследований – оценка изменчивости величины показателей, которые характеризуют физические и реологические свойства теста, изучение сопряженности между ними, выделение генетических источников. В качестве объекта исследований использовали 20 сортов озимой мягкой пшеницы. Полевые опыты проводили в 2017–2019 годах на полях отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, предшественник – кукуруза на зерно. Сорт Дон 107 использовали в качестве стандарта. Качество зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы определяли в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна. Выделены сорта с максимальным содержанием клейковины в зерне: Аскет (26,9%), Подарок Крыму (26,2%), Золотой Колос (25,5%) и Изюминка (25,5%). Определено, что признак «индекс деформации клейковины» варьировал от 62 единиц до 77 единиц прибора, все сорта соответствовали 1-му классу качества. Выделены генотипы с низкими значениями коэффициента вариации признака: Вольный Дон, Дон 93, Премьера, Подарок Крыму, Амбар, Донской сюрприз и Изюминка. Определены сорта с низкими значениями коэффициента вариации признака «удельная работа деформации теста» Краса Дона (6,7%), Жаворонок (6,8%) и Аскет (8,2%). Выделены сорта Дон 93, Изюминка и Подарок Крыму, которые по показателю P/L соответствовали классу сильных пшениц. Установлено, что сорта Золотой Колос и Вольница во все годы исследований соответствовали классу сильных пшениц по валориметрической оценке. Корреляционный анализ показал, что на выраженность реологических свойств теста значительное влияние оказывало количество клейковины в зерне. Определена количественная выраженность и вариабельность показателей, которые характеризуют реологические и физические свойства теста. Выделены сорта с наименьшей сортовой вариацией признаков, которые рекомендуем использовать в селекционном процессе в качестве источников полезных признаков и свойств. Отбор по признакам «разжижение теста» и «валориметрическая оценка» позволяют создать и внедрить в производство генотипы с высокими хлебопекарными свойствами.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, реологические свойства теста, валориметрическая оценка, качество муки.

Для цитирования: Кравченко Н.С., Марченко Д.М., Некрасова О.А., Алты-Садых Ю.Н. Изучение реологических и физических свойств теста сортов озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 45–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-45-52.



THE STUDY OF RHEOLOGICAL AND PHYSICAL DOUGH PROPERTIES OF THE WINTER WHEAT VARIETIES

N.S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

D.M. Marchenko, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the department of winter wheat breeding and seed production, wiza101@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

O.A. Nekrasova, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, nekrasova_olesya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-4409-4542;

Yu.N. Alty-Sadykh, technician-researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, ORCID ID: 0000-0002-3969-1166
Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

There have been represented the study results of flour quality of the winter bread wheat varieties of semi-intensive type of the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”. The purpose of the current study was to estimate variability of the values of indicators that characterize physical and rheological dough properties, to identify the correlation between them, and to isolate genetic sources. The objects of study were 20 winter bread wheat varieties. Field trials were carried out in 2017–2019 in the fields of the department of winter wheat breeding and seed production, the forecrop

was maize for grain. The variety 'Don 107' was used as a standard. The quality of grain and flour of the winter bread wheat varieties was assessed in the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality. There have been identified the varieties 'Asket' (26.9%), 'Podarok Krymu' (26.2%), 'Zolotoy Kolos' (25.5%) and 'Izyuminka' (25.5%) with the maximum gluten content in grain. It was determined that the trait 'gluten deformation index' varied from 62 u.v. to 77 u.v., all varieties corresponded to the 1st quality class. There have been identified the genotypes 'Volny Don', 'Don 93', 'Premiera', 'Podarok Krymu', 'Ambar', 'Donskoy Surpriz' and 'Izyuminka' with low values of the variation coefficient of the trait. There have been identified the varieties 'Krasa Dona' (6.7%), 'Zhavoronok' (6.8%) and 'Asket' (8.2%) with low values of the variation coefficient of the trait 'specific work of dough deformation'. There have been identified the varieties 'Don 93', 'Izyuminka' and 'Podarok Krymu', which according to P/L corresponded to the class of strong wheat. It was found that the varieties 'Zolotoy Kolos' and 'Volnitsa' corresponded to the class of strong wheat according to the valorimetric assessment. Correlation analysis showed that the rheological dough properties were significantly influenced by gluten content in grain. There has been estimated the quantitative manifestation and variability of the traits, which characterize the rheological and physical dough properties. There have been identified the varieties with the smallest varietal variation of traits, which are recommended to use in the breeding process as sources of useful traits and properties. The selection according to the traits 'delute of dough' and 'valorimetric assessment' allow developing and introducing into production genotypes with good baking properties.

Keywords: winter wheat, variety, rheological dough properties, valorimetric assessment, flour quality.

Введение. Качество пшеницы складывается из совокупности биологических, физико-химических, технологических и потребительских свойств и признаков, определяющих пригодность зерна к использованию по назначению, в частности на продовольственные цели (Варламов и др., 2013; Дулов и др., 2010).

Многие исследователи говорят о снижении качества производимого в России зерна мягкой пшеницы в последние годы (Потоцкая и др., 2021; Мелешкина и др., 2021). Так же уменьшаются объемы производства хлеба, и ухудшается качество изделий. Одной из причин этого авторы выделяют низкие технологические характеристики муки, что негативно влияет на качество конечной продукции. На предприятиях для корректировки качества муки все чаще применяют химические улучшители, которые повышают технологичность процесса, но ухудшают потребительские свойства хлеба. В качестве альтернативного подхода к решению проблемы предложено естественное улучшение исходных характеристик муки благодаря реализации генетического потенциала сортов мягкой пшеницы (Хлесткина и др., 2017).

Процесс приготовления теста является одним из важнейших технологических этапов при производстве хлебобулочных изделий, т. к. от свойств теста зависит качество готового продукта. В период замеса теста формируется его структура в результате развития физико-химических, коллоидных и биохимических процессов (Сокол и др., 2018).

Наибольшую значимость при оценке хлебопекарных свойств сортов пшеницы имеют содержание белка и клейковины, разжижение теста и валориметрическая оценка. Однако признаки, которые характеризуют физические и реологические свойства теста относятся к наиболее варьирующим как по сортам, так и по годам, что свидетельствует о значительном влиянии условий выращивания на их выраженность (Сухоруков и др., 2017). Для селекционного улучшения новых сортов пшеницы по реологическим свойствам теста важно определять взаимосвязи между признаками и изучать факторы, влияющие на их выраженность.

Цель исследований – оценка изменчивости величины показателей, которые характеризуют

физические и реологические свойства теста, изучение сопряженности между ними, выделение генетических источников.

Материалы и методы исследований.

В качестве объекта исследований использовали 20 сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) селекции «Аграрного научного центра «Донской». Полевые опыты проводили в 2017–2019 годах на полях отдела селекции и семеноводства озимой пшеницы, предшественник – кукуруза на зерно. Сорт Дон 107 использовали в качестве стандарта.

Показатели качества зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы определяли в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна ФГБНУ «АНЦ «Донской» в соответствии с общепринятыми методиками.

Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова (2014). Варьирование признаков определяли по классификации В.А. Дзюба (2010): изменчивость принято считать незначительной, или слабой ($CV = 10,0\%$); средней ($CV = 10,0\% - 20,0\%$); значительной, или высокой ($CV > 20,0\%$).

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

Характерной особенностью климата южной зоны Ростовской области является полузасушливое жаркое лето и умеренно мягкая зима. За период вегетации растений озимой пшеницы сумма положительных температур в среднем составляет 3450 °С, среднегодовая температура воздуха +9,6 °С, а среднемноголетнее количество осадков – 582,4 мм.

В 2016–2017 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 10,0 °С (норма – 9,6 °С). Сумма осадков за год была на уровне среднемноголетних показателей – 585,9 мм (норма – 582,4 мм). В период «колошение-созревание» (май, июнь, июль) среднесуточные температуры воздуха отмечены 15,9 °С (норма – 16,4 °С), 20,8 °С (норма – 20,5 °С) и 24,4 °С (норма – 23,1 °С) со-

ответственно. Количество осадков за эти месяцы составило в мае 59,3 мм (норма – 51,3 мм), в июне 88,6 мм (71,3 мм) в июле 42,2 мм (норма 53,3 мм). Формирование и созревание зерна озимой пшеницы проходило в благоприятных гидротермических условиях.

В 2017–2018 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 11,8 °С (норма – 9,6 °С). Осадков за год выпало 453,6 мм, что ниже на 128,8 мм среднемноголетней нормы. Колошение и созревание протекало при повышенных среднесуточных температурах воздуха: в мае 19,2 °С (норма – 16,4 °С), в июне 23,9 °С (норма – 20,5 °С), в июле 25,9 °С (норма – 23,1 °С) и относительной влажности воздуха ниже нормы.

В 2018–2019 сельскохозяйственном году среднесуточная температура воздуха составила 11,8 °С (норма – 9,6 °С). Отмечено неравномерное выпадение осадков, их сумма за год была меньше среднемноголетней на 54,5 мм

и составила 527,9 мм. Формирование и созревание зерна проходило при повышенных температурах воздуха в мае 19,0 °С (норма – 16,4 °С), в июне 25,2 °С (норма – 20,5 °С), в июле 22,7 °С (норма – 23,1 °С) и низкой влажности воздуха.

Почвенная и воздушная засухи отрицательно влияют на формирование клейковины, она становится крошащейся и неэластичной, что в свою очередь ухудшает технологические свойства муки.

Результаты и их обсуждение. Количество и качество клейковины в зерне – признаки, от которых, в первую очередь, зависят хлебопекарные свойства сортов. В среднем за изучаемый период значения количества клейковины в зерне варьировали от 21,7% (Капризуля) до 26,9% (Аскет). Максимальное содержание клейковины в зерне сформировали сорта Аскет (26,9%), Подарок Крыму (26,2%), Золотой Колос (25,5%) и Изюминка (25,5%), которые соответствовали 3-му классу качества (табл. 1).

1. Количество и качество клейковины в зерне сортов озимой пшеницы (2017–2019 гг.) 1. Quantity and quality of gluten in grain of the winter wheat varieties (2017–2019)

Сорт	Качество клейковины, единиц прибора ИДК		Количество клейковины, %	
	среднее	CV, %	среднее	CV, %
Дон 107, ст.	66	17,5	23,6	25,5
Дон 93	65	2,4	22,4	16,0
Станичная	63	10,4	25,0	16,1
Ермак	63	13,8	23,0	22,4
Донской сюрприз	66	8,0	24,9	21,0
Аскет	71	12,7	26,9	13,9
Изюминка	74	9,0	25,5	23,6
Лидия	65	21,5	22,9	20,7
Капризуля	72	13,3	21,7	16,9
Лилит	66	18,1	22,8	9,6
Краса Дона	63	16,6	22,3	13,0
Вольница	62	22,1	24,5	21,5
Вольный Дон	68	2,2	23,1	16,3
Жаворонок	69	14,7	23,9	11,4
Полина	68	18,6	22,3	18,3
Нива Дона	72	15,3	22,5	16,2
Амбар	69	5,2	22,7	18,7
Подарок Крыму	75	4,0	26,2	19,3
Золотой колос	67	19,3	25,5	14,3
Аюта	70	21,4	23,1	1,1
Премьера	77	4,0	22,7	14,3
НСР _{0,5}	5,7	–	2,0	–

Варьирование признака «количество клейковины в зерне» отмечено от низкого 1,1% (Аюта) до высокого 25,5% (Дон 107).

Признаком, который характеризует эластичность, упругость и растяжимость клейковины, является индекс деформации.

В среднем за годы исследований у всех изучаемых сортов индекс деформации клейкови-

ны варьировал от 62 (Вольница) до 77 единиц прибора (Премьера) и они соответствовали 1-му классу качества. Значения коэффициента вариации изменялись в широких пределах от низких 2,2% (Вольный Дон) до высоких 22,1% (Вольница). Выделены генотипы с минимальным варьированием, т. е. стабильные по этому показателю: Вольный Дон (2,2%), Дон 93 (2,4%),

Премьера (4,0%), Подарок Крыму (4,0%), Амбар (5,2%), Донской сюрприз (8,0%) и Изюминка (9,0%), которые рекомендуем использовать в качестве источников полезных признаков.

В системе оценки технологических свойств зерна озимой пшеницы определение свойств теста является необходимым процессом. Результаты изучения муки генотипов *Triticum aestivum* L. с помощью альвеографа свидетельствуют, что показатель «сила муки» варьировал от 112 (Премьера) до 238 единиц альвеографа (Дон 93, Вольница). Определено, что сорта не достигали нормативных показателей для сильных пшениц (280 е. а.). По нашему

мнению основным фактором получения «несильного» зерна стал высокий уровень показателя P/L у основного количества изучаемых сортов, т. е. они сформировали короткую рвущуюся неэластичную клейковину, что в дальнейшем отразилось на результатах пробной лабораторной выпечки. Варьирование показателя «сила муки» отмечено в широких пределах от низких значений 6,7% (Краса Дона) до высоких 49,2 % (Дон 107). Выделены сорта с низкими значениями коэффициента вариации Краса Дона (6,7%), Жаворонок (6,8%) и Аскет (8,2%).

Значения коэффициента P/L изменялись от 1,7 (Дон 93) до 5,7 (Полина) (табл. 2).

2. Удельная работа деформации теста и коэффициент P/L сортов озимой пшеницы (2017–2019 гг.)

2. Specific work of dough deformation and P/L coefficient of the winter wheat varieties (2017–2019)

Сорт	Удельная работа деформации теста, W, единиц альвеографа		Коэффициент отношения упругости теста к его растяжимости, P/L, единиц	
	среднее	CV, %	среднее	CV, %
Дон 107, стандарт	191	49,2	4,5	60,8
Дон 93	238	31,8	1,7	66,3
Станичная	155	14,1	3,5	42,9
Ермак	178	39,7	3,4	68,3
Донской сюрприз	200	19,6	3,2	34,5
Аскет	165	8,2	2,3	52,9
Изюминка	179	12,0	2,0	60,6
Лидия	148	26,7	3,4	76,3
Капризуля	152	31,5	2,9	67,1
Лилит	167	25,1	3,1	77,1
Краса Дона	157	6,7	4,0	37,8
Вольница	238	37,5	3,2	70,5
Вольный Дон	163	20,1	4,0	76,9
Жаворонок	161	6,8	3,2	49,3
Полина	119	25,6	5,7	50,6
Нива Дона	175	33,3	3,5	75,0
Амбар	145	13,1	3,7	54,9
Подарок Крыму	211	10,1	2,0	41,8
Золотой колос	225	29,5	3,4	58,6
Аюта	172	10,9	2,9	57,7
Премьера	112	17,8	3,1	58,7
НСР _{0,5}	20,1	–	0,6	–

Выделены сорта Дон 93 (1,7), Изюминка (2,0) и Подарок Крыму (2,0), которые по показателю P/L соответствовали классу сильных пшениц.

Также отмечено значительное варьирование показателя P/L по годам исследований от 34,5% (Донской сюрприз) до 76,9% (Вольный Дон), что свидетельствует о значительном влиянии условий выращивания на выраженность этого показателя.

Качество муки определяют с помощью фаринографа. При выполнении анализа определяют следующие показатели: водопоглатитель-

ную способность муки, время образования теста, устойчивость теста к замесу, сопротивляемость (стойкость) теста, эластичность, разжижение теста и валориметрическую оценку. В соответствии с классификационными нормами Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур требования предъявляются к разжижению теста и валориметрической оценке, остальные показатели не учитываются в селекционном процессе.

Для характеристики физических свойств теста единым обобщающим показателем слу-

жит величина площади, занимаемая фаринотраммой – валориметрическая оценка. Эту величину устанавливают, применяя специальное устройство – валориметр. Показания валориметра для сортов пшеницы различного качества колеблются в пределах 20–100 единиц валориметра. Максимальная площадь фаринотраммы, равная 100 единицам валориметра,

характеризует муку сильной пшеницы, тесто которой обладает большой устойчивостью при замесе.

Исследованиями было установлено значительное сортовое варьирование абсолютных значений валориметрической оценки от 44 единиц валориметра (Дон 93) до 100 единиц (Золотой Колос, Краса Дона) (табл. 3).

3. Пределы варьирования признаков, характеризующих качество теста сортов озимой пшеницы, определяемых на фаринографе (2017–2019 гг.)

3. Variation limits of the traits characterizing dough quality of the winter wheat varieties assessed by the farinograph (2017–2019)

Сорт	Разжижение теста, единиц фаринографа		Водопоглатительная способность муки, %		Валориметрическая оценка, единиц валориметра	
	min–max	CV, %	min–max	CV, %	min–max	CV, %
Дон 107, ст/	10–40	57,3	63,0–67,2	3,3	50–70	16,7
Дон 93	30–80	77,9	58,0–64,0	5,2	44–87	35,2
Станичная	30–60	43,3	60,0–61,6	3,0	52–82	22,2
Ермак	20–70	78,7	59,4–64,0	3,8	50–76	22,1
Донской сюрприз	20–50	45,8	62,4–66,6	3,3	67–86	13,7
Аскет	20–40	33,3	61,0–65,2	3,9	60–75	11,2
Изюминка	20–70	58,1	59,8–64,0	3,6	54–86	28,0
Лидия	40–60	21,7	61,0–64,0	3,1	49–72	20,0
Капризуля	20–40	33,3	62,2–64,0	1,6	53–88	29,5
Лилит	30–60	43,3	62,2–64,0	1,5	52–79	21,2
Краса Дона	30–40	15,7	63,0–64,0	0,9	54–100	33,3
Вольница	20–30	24,7	62,0–67,4	4,3	71–99	19,9
Вольный Дон	20–80	65,5	59,6–64,0	3,6	46–84	29,2
Жаворонок	10–80	81,0	61,0–63,6	2,1	48–84	27,0
Полина	10–40	57,3	64,0–67,2	2,8	55–99	32,8
Нива Дона	40–45	6,9	61,0–64,0	2,8	50–84	25,4
Амбар	30–40	15,7	60,4–64,2	3,1	66–85	13,6
Подарок Крыму	10–60	68,6	60,0–65,2	4,3	46–96	35,8
Золотой колос	20–40	32,9	63,0–68,4	4,1	78–100	13,3
Аюта	40–80	43,3	63,0–66,8	2,9	55–79	17,8
Премьера	30–60	43,3	62,0–65,4	2,9	56–76	15,1
НСР _{0,5}	14,0	–	1,7	–	8,4	–

Выделены сорта Золотой Колос и Вольница, которые во все годы исследований соответствовали классу сильных пшениц по валориметрической оценке (не менее 70–85 единиц валориметра).

При этом изучаемые сорта (кроме сортов Золотой Колос и Вольница) формировали физические свойства теста в соответствии с требованиями к пшеницам-филлерам до сильных пшениц-отличных улучшителей. Такое варьирование свидетельствует о существенном влиянии на качество муки условий выращивания.

Разжижение теста – величина изменения консистенции теста через 12 минут от начала снижения графика, является важным селекционным признаком, характеризующим качество сортовой муки.

В соответствии с требованиями Госкомиссии по сортоиспытанию для сильных пшениц отличных улучшителей должно быть не более 30 единиц фаринографа, для сильных пшениц хороших улучшителей – не более 50 единиц фаринографа, для сильных пшениц удовлетворительных улучшителей – не более 60 единиц фаринографа, для ценных – не более 80 единиц фаринографа.

Выделены сорта, которые в среднем за изучаемый период характеризовались как сильные-хорошие улучшители по валориметрической оценке: Дон 107 (27 ед. фар.), Аскет (30 ед. фар.), Вольница (30 ед. фар.) и Полина (27 ед. фар.). Остальные сорта характеризовались как хорошие и удовлетворительные улучшители. Однако такие высокие значения разжижения муки не позволяют сильным сортам

реализовать свои хлебопекарные свойства в полной мере, их лучше использовать в качестве добавки к муке с более слабыми свойствами, что позволит получить хлеб с лучшими потребительскими свойствами.

Водопоглатительная способность муки является важным технологическим параметром, который позволяет определить фактический выход хлеба и уменьшить сырьевые потери при его производстве (Мелешкина, 2021).

В среднем за годы исследований варьирование этого показателя отмечено от 61,5%

(Изюминка) до 65,8% (Золотой колос). Установлена низкая изменчивость значений коэффициента вариации от 0,9% (Краса Дона) до 5,2% (Дон 93).

Пробная лабораторная выпечка хлеба является интегральной оценкой качества муки и даёт наиболее полное представление о хлебопекарных свойствах генотипа.

Результаты проведения лабораторной выпечки показали, что значения объёмного выхода хлеба варьировали от 483 см³ (Дон 107, Дон 93) до 583 см³ (Вольница, Аюта) (табл. 4).

4. Количественная выраженность хлебопекарных свойств сортов озимой мягкой пшеницы (2017–2019 гг.) 4. Quantitative manifestation of baking properties of the winter bread wheat varieties (2017–2019)

Сорт	Объёмный выход хлеба, см ³		Общая хлебопекарная оценка, балл	
	среднее	CV, %	среднее	CV, %
Дон 107, ст/	483	10,2	2,7	22,4
Дон 93	483	11,8	2,9	18,2
Станичная	547	21,4	3,2	21,1
Ермак	550	11,9	3,3	19,9
Донской сюрприз	557	16,3	3,3	20,0
Аскет	577	19,2	3,7	10,8
Изюминка	577	8,2	3,3	21,9
Лидия	533	13,8	2,9	35,3
Капризуля	543	27,3	3,5	18,7
Лилит	570	18,6	3,3	18,3
Краса Дона	537	10,3	3,1	20,1
Вольница	583	18,8	3,6	21,2
Вольный Дон	547	16,4	3,2	25,0
Жаворонок	510	18,7	3,2	18,7
Полина	493	16,4	2,5	27,0
Нива Дона	490	10,8	2,9	14,1
Амбар	560	19,6	3,3	25,5
Подарок Крыму	530	12,4	3,2	21,9
Золотой колос	550	9,6	3,3	13,9
Аюта	583	15,0	3,3	21,2
Премьера	527	6,7	3,0	10,0
НСР _{0,5}	49,6	–	0,3	–

Варьирование признака «объёмный выход хлеба» отмечено в широких пределах от низких значений 6,7% (Премьера) до высоких 27,3% (Капризуля).

Для понимания пути селекционного улучшения создаваемых сортов по реологическим свойствам теста важно определять корреляционные взаимосвязи между признаками, определяющими технологические и хлебопекарные свойства зерна в условиях южной зоны Ростовской области. Проведенный корреляционный анализ установил, что количество

клейковины в зерне оказывает положительное влияние на выраженность признаков качества, которые характеризуют реологические, физические и хлебопекарные свойства муки. Так, признак «количество клейковины» положительно коррелировал с удельной работой деформации теста ($r = 0,53$), также были установлены достоверные средние взаимосвязи с эластичностью теста ($r = 0,67$), с валориметрической оценкой ($r = 0,49$), с объёмным выходом хлеба ($r = 0,46$) и общей хлебопекарной оценкой ($r = 0,45$) (табл. 5).

5. Коэффициенты корреляции показателей качества зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы, n = 21 (2017–2019 гг.)
5. Correlation coefficients of the indicators of grain and flour quality of the winter bread wheat varieties, n = 21 (2017–2019)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,00	-0,11	-0,32	-0,31	-0,07	-0,20	-0,28	0,03	-0,10	0,04	-0,07	-0,02	0,02
2	–	1,00	0,53*	-0,30	0,03	0,26	0,03	0,27	0,67*	-0,21	0,49*	0,46*	0,45*
3	–	–	1,00	-0,45*	0,17	0,48*	0,08	0,34	0,27	0,05	0,33	0,07	0,27
4	–	–	–	1,00	0,43	-0,01	0,39	0,16	-0,29	-0,48*	0,13	-0,31	-0,53*
5	–	–	–	–	1,00	0,30	0,58*	0,53*	-0,24	-0,47*	0,58*	0,03	-0,12
6	–	–	–	–	–	1,00	0,45*	0,55*	0,14	-0,32	0,74*	0,41	0,31
7	–	–	–	–	–	–	1,00	0,49*	-0,10	-0,40	0,73*	-0,02	-0,03
8	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,08	-0,41	0,83*	0,08	0,10
9	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,27	0,02	0,16	0,08
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	-0,45*	-0,14	-0,20
11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,27	0,28
12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,82*
13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00

* 1 – Индекс деформации клейковины, единиц прибора ИДК; 2 – Количество клейковины, %; 3 – Удельная работа деформации теста, единиц прибора; 4 – Коэффициент отношения упругости теста к его растяжимости; 5 – Водопоглотительная способность муки, %; 6 – Время образования теста, мин.; 7 – Стабильность, мин.; 8 – Сопротивляемость теста; 9 – Эластичность, мм; 10 – Разжижение теста; 11 – Валориметрическая оценка, единиц валориметра; 12 – Объем хлеба, см³; 13 – Общая хлебопекарная оценка, балл.

Определены значимые положительные сильные взаимосвязи валориметрической оценки со временем образования теста ($r = 0,74$), со стабильностью теста ($r = 0,73$) и с сопротивляемостью теста ($r = 0,83$). Установлена значимая отрицательная средняя взаимосвязь валориметрической оценки с разжижением теста ($r = -0,45$).

На выраженность общей хлебопекарной оценки повлияли количество клейковины в зерне, коэффициент P/L и объемный выход хлеба. Установлены значимые положительные взаимосвязи признака «общая оценка хлеба» средняя с признаком «количество клейковины» ($r = 0,45$) и сильная с объемным выходом хлеба ($r = 0,83$). Определена значимая отрицательная средняя взаимосвязь общей хлебопекарной оценки с коэффициентом P/L ($r = -0,53$),

т. е. чем выше абсолютные значения коэффициента, тем ниже общая оценка хлеба.

Выводы. Проведенные исследования позволили определить количественную выраженность и вариабельность показателей, которые характеризуют реологические и физические свойства теста. Выделены сорта Аюта, Премьера, Амбар, Подарок Крыму, Вольный Дон и Вольница с наименьшей сортовой вариацией некоторых признаков, которые рекомендуем использовать в селекционном процессе в качестве источников полезных признаков и свойств.

Отбор по признакам «разжижение теста» и «валориметрическая оценка» позволяет создавать генотипы с высокими хлебопекарными свойствами.

Библиографические ссылки

1. Варламов В.А., Варламова Е.Н. Влияние предшественников и минерального питания на хлебопекарные свойства зерна озимой пшеницы // Нива Поволжья. 2013. № 2(27). С. 14-20.
2. Дулов М.И., Блинова О.А., Троц А.П. Продуктивность и качество зерна мягкой пшеницы в Поволжье: монография. Самара: РИЦ СГСХА, 2010. 216 с.
3. Мелешкина Е.П., Коломиец С.Н., Жильцова Н.С., Бундина О.И. Современная оценка хлебопекарных свойств российской пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. №1. С. 155-162. DOI:10.20914/2310-1202-2021-1-155-162.
4. Потоцкая И.В., Шаманин В.П., Шепелев С.С., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г., Моргунов А.И. Поиск генетических источников для улучшения качества зерна сортов пшеницы // Вестник Омского ГАУ. 2021. № 1(41). 2021. С. 45-53.
5. Сокол Н.В., Санжаровская Н.С., Храпко О.П. Использование нетрадиционного сырья в технологии сырцовых пряников // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 1(136). С. 147-154.
6. Сухоруков А.А., Шаболкина Е.Н., Пронович Л.В. Селекционное улучшение реологических свойств теста сортов озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3(51). С. 28-31.
7. Хлесткина Е.К., Журавлева Е.В., Пшеничникова Т.А., Усенко Н.И., Морозова Е.В., Осипова С.В., Пермьякова М.Д., Афонников Д.А., Отмахова Ю.С. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 501-514. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus.
8. Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Marchenko D.M., Nekrasov E.I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. 2021. V. 273. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301027>.

References

1. Varlamov V.A., Varlamova E.N. Vliyanie pedshestvennikov i mineral'nogo pitaniya na hlebopekarnye svoystva zerna ozimoy pshenicy [The effect of forecrops and mineral nutrition on the baking properties of winter wheat grain] // Niva Povolzh'ya. 2013. № 2(27). S. 14-20.
2. Dulov M.I., Blinova O.A., Troc A.P. Produktivnost' i kachestvo zerna myagkoj pshenicy v Povolzh'e [Productivity and quality of bread wheat in the Volga region]: monografiya. Samara: RIC SGSKHA, 2010. 216 s.
3. Meleshkina E.P., Kolomiec S.N., ZHil'cova N.S., Bundina O.I. Sovremennaya ocenka hlebopekarnyh svoystv rossijskoj pshenicy [Modern estimation of the baking properties of Russian wheat] // Vestnik VGUIT. 2021. T. 83. №1. S. 155-162. DOI:10.20914/2310-1202-2021-1-155-162.
4. Potockaya I.V., SHamanin V.P., SHepelev S.S., CHursin A.S., Kuz'min O.G., Morgunov A.I. Poisk geneticheskikh istochnikov dlya uluchsheniya kachestva zerna sortov pshenicy [Search for genetic sources to improve grain quality of wheat varieties] // Vestnik Omskogo GAU. 2021. № 1(41). 2021. S. 45-53.
5. Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S., Hrapko O.P. Ispol'zovanie netradicionnogo syr'ya v tekhnologii syr covykh pryankov [Use of unconventional raw materials in raw gingerbread technology] // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 1(136). S. 147-154.
6. Suhorukov A.A., SHabolkina E.N., Pronovich L.V. Selekcionnoe uluchshenie reologicheskikh svoystv testa sortov ozimoy pshenicy [Breeding improvement of rheological dough properties of the winter wheat varieties] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 3(51). S. 28-31.
7. Hlestkina E.K., ZHuravleva E.V., Pshenichnikova T.A., Usenko N.I., Morozova E.V., Osipova S.V., Permyakova M.D., Afonnikov D.A., Otmahova YU.S. Realizaciya geneticheskogo potentsiala sortov myagkoj pshenicy pod vliyaniem uslovij vneshnej sredy: sovremennyye vozmozhnosti uluchsheniya kachestva zerna i hlebopekarnoj produkcii (obzor) [Realization of the genetic potential of bread wheat varieties under the influence of environmental conditions: modern opportunities for improving grain and bakery quality (review)] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2017. T. 52. № 3. S. 501-514. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus
8. Nekrasova O.A., Kravchenko N.S., Marchenko D.M., Nekrasov E.I. Estimation of grain productivity and biochemical indicators of the winter bread wheat varieties depending on the forecrop // E3S Web of Conferences. 2021. V. 273. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301027>.

Поступила: 28.07.21; принята к публикации: 8.09.21.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кравченко Н.С., Марченко Д.М., Некрасова О.А., Алты-Садых Ю.Н. – концептуализация исследований, выполнение лабораторных опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.