

ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Д.Д. САЙФУТДИНОВА, научный сотрудник, E-mail: sayfut2009@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0001-7679-7915

М.Л. ПОНОМАРЕВА, доктор биологических наук, E-mail: smponomarev@yandex.ru,
ORCID ID 0000-0002-1648-3938

С.Н. ПОНОМАРЕВ, доктор сельскохозяйственных наук,
E-mail: s.ponomarev2020@yandex.ru, ORCID ID 0000-0001-8898-4435

Г.С. МАННАПОВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
E-mail: mgs1980@mail.ru, ORCID ID 0000-0002-9097-783X

ТАТАРСКИЙ НИИСХ – ОСП ФГБУН ФИЦ «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН»

***Аннотация.** В период с 2020-2024 гг. в республике Татарстан было проведено исследование реологических свойств зерна озимой ржи (8 сортов) и озимой мягкой пшеницы (9 сортов). Эксперименты проводились на базе ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Для ржи определяли число падения (ЧП), высоту амилограммы, водопоглотительную способность (ВПС) и время образования теста из ржаного шрота. Для пшеницы оценивали физические свойства теста на альвеографе и фаринографе, руководствуясь ГОСТ 34702-2020. Большинство сортов имели ЧП в пределах 200-300 сек (1 класс). Амилографическая вязкость варьировала значительно (310-1290 ед.). Гибриды Проммо и Авиатор показали ЧП 280 и 312 сек, амилографическую вязкость 811 и 1039 ед. соответственно, а также наименьшую изменчивость реологических свойств. Эти показатели не подходят для выпечки ржаного хлеба в чистом виде, но могут быть полезны для улучшения муки из некачественного зерна. Сорта Радонь, Авиатор и Проммо отличались высокой ВПС цельнозернового шрота (до 72%), что важно для ржаного хлебопечения. Время формирования теста составляло 2-5 минут, при этом сорта Эстафета Татарстана и Огонёк показали наибольшую стабильность. В целом, татарстанские сорта озимой ржи обладают хорошими хлебопекарными свойствами, обусловленными их реологией, но высокая изменчивость требует совершенствования селекционных подходов. Выявлена сильная корреляция между ЧП и активностью альфа-амилазы ($r=0,989$). Сила муки у сортов озимой пшеницы изменялась в пределах 203-343 ед. альвеографа. Все исследованные татарские сорта соответствуют требованиям к сильной или средней по силе муке, пригодной для хлебопечения. Сорта Надежда, Дарина и Универсиада показали оптимальные результаты на альвеографе (297-299 ед. и соотношение упругости к растяжимости 0,7-1,1) и фаринографе (ВПС 60-61% и валориметрическая оценка 65-78%). Краснодарские сорта Сварог (сильная пшеница), Юка и Антонина (ценная пшеница) также продемонстрировали высокое качество.*

***Ключевые слова** озимая рожь, озимая мягкая пшеница, сорт, реология теста, водопоглотительная способность, сила муки.*

***Для цитирования:** Сайфутдинова Д.Д., Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Маннапова Г.С. Изучение реологических свойств озимых культур в условиях республики Татарстан. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 3(55):155-164. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-155-164*

STUDY OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF WINTER CROPS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

D.D. Saifutdinova, M.L. Ponomareva, S.N. Ponomarev, G.S. Mannapova

TATAR RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE SSU FRC KazSC RAS, Kazan, Russia

Abstract: *In the period from 2020-2024, a study of the rheological properties of winter rye grain (8 varieties) and winter soft wheat (9 varieties) was conducted in the Republic of Tatarstan. The experiments were conducted at the Tatar Research Institute of Agriculture SSU FRC KazSC RAS. For rye, the falling number (FN), amylogram height, water absorption capacity (WAC) and dough formation time of rye extracted meal were determined. For wheat, the physical properties of the dough were evaluated on the alveograph and farinograph, guided by GOST 34702-2020. Most cultivars had FN between 200-300 sec (grade 1). Amylographic viscosity varied significantly (310-1290 units). Prommo and Aviator hybrids showed FN 280 and 312 sec, amylographic viscosity 811 and 1039 units, respectively, and the least variability in rheological properties. These values are not suitable for baking pure rye bread, but may be useful for improving flour from poor quality grain. Radon, Aviator and Prommo varieties were characterized by high WAC of whole-grain extracted meal (up to 72%), which is important for rye bread making. The time of dough formation was 2-5 minutes, with the varieties Estafeta Tatarstan and Ogonyok showing the greatest stability. In general, Tatarstan varieties of winter rye have good baking properties due to their rheology, but high variability requires improvement of breeding approaches. A strong correlation was found between FN and alpha-amylase activity ($r=0,989$). Flour strength in winter wheat varieties varied between 203-343 alveograph units. All Tatarstan varieties studied meet the requirements for strong or medium strength flour suitable for baking. Nadezhda, Darina and Universiada varieties showed optimal results on alveograph (297-299 units and elasticity to extensibility ratio 0.7-1.1) and farinograph (WAC 60-61% and valorimetric score 65-78%). Krasnodar varieties Svarog (strong wheat), Yuka and Antonina (valuable wheat) also demonstrated high quality.*

Keywords: winter rye, winter soft wheat, variety, dough rheology, water absorption capacity, flour strength.

Введение

Озимая рожь и пшеница играют ключевую роль в агропромышленном секторе как стратегически важные сельскохозяйственные культуры, поставляющие сырье для мукомольной, хлебопекарной и кормовой промышленности. В связи с этим селекция данных культур сосредоточена на обеспечении стабильного и высокого качества урожая в разнообразных климатических условиях.

Озимая пшеница (*Triticum aestivum*) – важнейшая продовольственная культура России основное назначение которой – производство муки для выпечки хлеба и изготовления кондитерских и макаронных изделий [1]. Качественные характеристики теста, такие как высокая водопоглотительная способность, эластичность и растяжимость, критически важны для успешного функционирования мукомольной и хлебопекарной промышленности. На эти свойства влияют наследственные особенности сорта и условия выращивания. Получение зерна, соответствующего высоким стандартам сильных сортов, представляет собой сложную задачу для агропромышленного комплекса. Решение этой проблемы заключается в создании и внедрении сортов озимой пшеницы, обладающих высоким качеством зерна и способных давать хлебопекарное зерно в различных климатических зонах [2].

Рожь (*Secale cereale* L.), культивируемая в Европе с древности, занимает второе место по значимости после пшеницы в производстве хлеба и других изделий из теста [3]. В России рожь является традиционной национальной культурой, образно говоря, это её «колыбель» [4]. Среди зерновых культур рожь является единственным злаком, похожим на пшеницу с точки зрения получения муки, которая при замесе с водой дает вязкое, растяжимое тесто. Однако отличие состоит в том, что белки ржи не формируют клейковинный комплекс, как это происходит с пшеничной мукой; вместо этого доминирующую роль играют некрахмальные полисахариды-пентозаны или арабиноксиланы [5].

Ржаное тесто по реологическим свойствам и пригодности для хлебопечения уступает пшеничному, поскольку обладает более низкими показателями упругости и газодерживающей способности. В процессе тестоведения ржи преобладает молочнокислое брожение, что приводит к быстрому повышению кислотности, деградации клейковинных белков, затрудняя формирование клейковинного комплекса [6].

Главное качество муки, которое играет решающую роль в хлебопекарной индустрии, определяется ее силой, то есть способностью обеспечивать тесту определенную структуру и объем. В зависимости от силы муки, пшеница классифицируется на различные категории: сильная (улучшитель), средняя по силе (ценная), филлер и слабая. Сильная пшеница обладает уникальной способностью улучшать хлебопекарные характеристики более слабых сортов, позволяя увеличить выход муки и самого хлеба, что существенно сокращает расход зерна [7]. В свете растущего спроса на хлебобулочные изделия высокого качества и развития экспортного потенциала становится острой необходимостью производить зерно именно из "сильных" и "ценных" сортов пшеницы.

Проблематика качества зерна остается значимой, особенно в контексте традиций хлебопечения в республике Татарстан. Это связано с тем, что именно в этом регионе России озимые культуры занимают значительные площади посева. Качество хлеба и муки определяется широким спектром факторов, от химического состава и содержания белка до активности ферментов и условий выращивания и хранения. Реологические свойства теста, то есть его поведение при замесе, растяжении и сжатии, оказывают существенное влияние на формирование структуры теста и напрямую влияют на качество как хлебобулочных, так и кондитерских изделий [8]. Эти свойства обусловлены составом муки, включая содержание белка, клейковины и крахмала, а также сортом и условиями выращивания. Современные приборы, например, альвеограф и фаринограф, позволяют быстро и точно измерить указанные свойства.

Цель исследования – детальная характеристика реологических свойств зернового шрота из сортов озимой ржи и муки из сортов озимой мягкой пшеницы, выращиваемых в условиях республики Татарстан.

Материал и методы исследований

Полевые исследования проводили в период с 2020 по 2024 гг. на экспериментальной базе ТатНИИСХ. Отличительной чертой вегетационных сезонов данного периода являлась их высокая контрастность (табл. 1). Метеоусловия 2021 года характеризовались крайним дефицитом влаги, особенно сухим был июнь (ГТК=0,16), температурный режим был выше среднемноголетних данных, что привело к раннему созреванию зерна. Дефицит осадков, повышенный температурный режим наблюдались и в условиях 2023 года. Относительно благоприятными были условия 2020, 2022, 2024 гг.

Таблица 1

Метеорологические условия периода вегетации озимых культур

Показатель	Год	Май	Июнь	Июль
Среднесуточная температура воздуха, °С	2020	13,4	16,6	22,0
	2021	18,0	22,2	21,9
	2022	9,6	17,8	21,2
	2023	16,0	16,5	21,5
	2024	10,3	21,1	21,3
	Среднемноголетние	13,8	17,6	20,3
Сумма осадков, мм	2020	60	35	32
	2021	17	11	32
	2022	60	27	64
	2023	81	7	73
	2024	39	50	99
	Среднемноголетние	36	62	63
Гидротермический коэффициент (ГТК)	2020	1,68	0,73	0,47
	2021	0,32	0,16	0,41
	2022	2,20	0,51	0,97
	2023	1,73	0,14	1,08
	2024	1,63	0,79	1,51

Эксперимент по изучению качественных характеристик сортов озимой ржи и озимой пшеницы был заложен в условиях селекционного севооборота, расположенного в Лаишевском районе республики Татарстан, в окрестностях села Большие Кабаны. Исследование проводилось на серой лесной почве, где предшественником в севообороте был чистый пар. Площадь опытной делянки составляла 12,5 м², повторность четырёхкратная. В качестве объектов изучения выступали 8 сортов озимой ржи и 9 сортов озимой пшеницы. Среди ржи рассматривались как популяционные сорта селекции ФИЦ КазНИЦ РАН (Тантана, Эстафета Татарстана, Радонь, Огонёк, Подарок, Зилант), так и гибридные сорта немецкой селекции компании KWS (Авиатор, Проммо). В исследовании также участвовали сорта озимой пшеницы, выведенные в ФИЦ КазНИЦ РАН (Казанская 560, Казанская 285, Надежда, Дарина, Универсиада, Султан). Кроме того, в течение двух лет (2023-2024 гг.) изучались сорта селекции НЦЗ им. П.П. Лукьяненко: Юка, Антонина и Сварог. Все исследуемые сорта, за исключением Султана (имеющего патент № 10140 от 09.04.2019), включены в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в Средневолжском регионе. Стандартом по озимой ржи служил сорт Тантана, по озимой пшенице – Казанская 560.

Оценку качественных показателей проводили стандартными методами. Зерно озимой ржи было размолото до получения шрота на лабораторной мельнице фирмы Perten 3100. Число падения определяли на приборе Hagberg-Perten Falling Number 1500 по ГОСТ 30498-97 (ИСО 3093-2016), амилолитическую активность – на приборе Amylograph Brabender по ГОСТ ISO 7973-2013. Размол зерна пшеницы произведен на мельнице СД-1 фирмы Chopin, с выходом муки 70%. Определение физических и реологических свойств теста проводилось с использованием альвеографа по ГОСТ Р 51415-99 (ISO 5530-4-91) и фаринографа согласно ГОСТ ISO 5530-1-2013. Для проведения статистического анализа применен пакет программ MS Excel 16.0. Модификационная изменчивость признака оценивалась по коэффициенту вариации (CV, %), где вариация <10% классифицировалась как слабая, 11-25% – средняя, >25% – сильная.

Результаты и их обсуждение

Число падения – показатель активности альфа-амилазы в зерне, определяющий способность крахмала клейстеризоваться. Чем выше значение показателя, тем меньше ферментативная активность и тем лучше сохранены крахмалистые вещества, необходимые для выпечки хорошего хлеба. В случае ржаной муки высокое число падения (более 200 с) указывает на низкую активность ферментов, а низкое число падения (менее 80 с) – на высокую активность альфа-амилазы. Данный показатель является ограничительной нормой, определяющей классность зерна ржи. Ржаная мука, пригодная для выпечки, характеризуется числом падения в диапазоне 125-200 с, максимальной амилографической вязкостью в диапазоне 400-600 и конечной температурой клейстеризации в диапазоне 65-68°C [9].

Наши исследования показывают, что большинство сортов имеют высокие значения числа падения (в среднем от 200 до 300 с), что соответствует требованиям ГОСТ 16990-2017 для первого класса (табл.2). Среди них достоверно выделяются гибридные сорта Проммо и Авиатор, которые демонстрируют отличные результаты, как по средним значениям, так и по стабильности показателей. Параметры углеводно-амилазного комплекса у популяционных сортов значительно изменялись под влиянием внешних факторов: число падения и высота амилограммы колебались в пределах CV= 23,7-36,1% и 28,6-40,0% соответственно. Это подтверждается результатами научных исследований [10].

Повышенная амилолитическая активность зерна негативно влияет на состояние крахмала ржаной муки, так как это приводит к ускоренному расщеплению крахмальных зёрен на декстрины, снижая качество выпечки и придавая мякишу липкость. Оптимальная высота амилограммы варьирует от 350 до 650 единиц амилографа (е.а), что обеспечивает отличное качество муки для выпечки на закваске и дрожжах. [11].

Число падения и высота амилограммы сортов озимой ржи, ср. за 2020-2024 гг.

Сорт	Число падения, сек			Высота амилограммы, е.а		
	Среднее	Лимиты	CV, %	Среднее	Лимиты	CV, %
Тантана (стандарт)	233	172-312	28,6	636	335-990	40,0
Эстафета Татарстана	213	156-275	26,2	515	310-700	28,6
Радонь	220	146-275	23,7	551	380-830	33,4
Огонёк	229	131-294	30,3	607	405-930	34,6
Подарок	202	119-277	36,1	489	325-690	36,0
Зилант	218	128-299	33,3	596	360-890	39,2
Авиатор	280	218-327	16,0	811	620-980	19,2
Проммо	312	292-329	4,9	1039	790-1290	19,8
НСР 05	39			84		

Высота амилограммы варьировала в широких пределах – от 310 е.а. у сорта Эстафета Татарстан до максимальных 1290 е.а. у сорта Проммо. Популяционные сорта ржи, такие как Огонек и стандарт Тантана, показали лучшие результаты по этому показателю, у остальных сортов он был ниже, чем у стандарта на 39-147 условных единиц. Достоверно ниже стандарта высота амилограммы была у Эстафеты Татарстана и Подарка. В условиях 2023 и 2024 годов были получены оптимальные значения этого показателя, подходящие для выпечки в чистом виде. Гибридные сорта ржи Авиатор (811 е.а) и Проммо (1039 е.а.) имели низкую ферментативную активность. Эти значения были выше оптимального диапазона по сравнению с мукой, предназначенной для производства высококачественного ржаного хлеба. По данным S. Stępniewska et al. [9] (2021) хлеб, приготовленный из муки с низкой активностью альфа-амилазы (число падения выше 200 с, амилолитическая активность выше 700 ед.) будет иметь неудовлетворительное качество. Тесто из такой муки будет жёстким, а полученный хлеб – небольшим по объёму, слегка кисловатым, малоароматным, с плотной или даже крошащейся мякотью. Поэтому названные гибриды могут быть охарактеризованы и задействованы как улучшители партий муки из проросшего или низкокачественного зерна. Значительная вариация показателя высоты амилограммы (>25%) также говорит о высокой степени изменчивости этого параметра. Таким образом, исследуемые сорта ржи как популяционные, так и гибридные, показали высокий уровень устойчивости к прорастанию. Однако популяционные сорта, несмотря на хорошие параметры рассматриваемых признаков, демонстрировали более высокую изменчивость качественных показателей по годам исследования и широкую амплитуду варьирования, поэтому требуются новые подходы к селекции по этим признакам.

Водопоглотительная способность (ВПС) – это способность муки связывать и удерживать воду при замесе теста. Этот показатель критически важен в хлебопечении, определяя консистенцию теста, объем готового изделия и его свежесть в течение времени. ВПС напрямую влияет на типичную липкость ржаного теста и обеспечивает характерную сочность мякиша. Для ржаной муки ВПС особенно значима из-за особенностей ее биохимического состава, в частности из-за высокого содержания пентозанов и других гемицеллюлоз. Во время приготовления теста из цельнозерновой ржаной муки происходит конкуренция между белками и пищевыми волокнами за взаимодействие с молекулами воды [12].

Исследования показали, что средняя ВПС для различных сортов ржи составляет около 70% с незначительными колебаниями (CV < 3,2%) (табл.3). Наиболее высокой водопоглотительной способностью отличались сорта Радонь, Авиатор и Проммо, но существенной разницы от стандарта не отмечено.

Время образования теста варьировало в зависимости от сорта: от 2 минут (Радонь) до 5 минут (Тантана, Зилант). Сорта Эстафета Татарстана и Огонёк демонстрировали большую

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 3 (55) 2025 г. стабильность по времени образования теста (коэффициент вариации CV=16,4% и CV=11% соответственно), в то время как сорта Радонь и Подарок показали значительную изменчивость этого показателя.

Анализ показал наличие высокой и статистически значимой корреляции ($r=0,989$) между числом падения и высотой амилограммы у изученных сортов озимой ржи. В то же время, связь этих параметров с водопоглотительной способностью была значительно слабее и характеризовалась умеренной корреляцией ($r=0,596$ и $r=0,581$ соответственно).

Таблица 3

Физические свойства сортов озимой ржи, оцененные на фаринографе Брбендера, среднее за 2020-2023 гг.

Сорт	ВПС, %			Время образования теста, мин		
	Среднее	Лимиты	CV, %	Среднее	Лимиты	CV, %
Тантана стандарт	71	69-72	1,7	3,9	3,0-5,0	26,3
Эстафета Татарстана	70	69-71	1,3	3,1	2,5-3,7	16,4
Радонь	72	70-73	1,8	2,9	2,0-3,9	28,4
Огонёк	70	69-72	1,5	2,8	2,4-3,1	11,0
Подарок	71	68-72	2,1	3,5	2,3-4,4	28,3
Зилант	71	70-73	1,9	3,7	2,6-5,0	27,0
Авиатор	72	71-74	1,6	3,3	2,7-4,5	25,1
Проммо	72	70-75	3,2	3,6	2,8-4,6	20,7
НСР 05	1,5			0,9		

Удельная работа деформации теста (энергия деформации) и коэффициент отношения упругости теста к его растяжимости характеризуют реологические свойства муки и являются информативными признаками оценки технологических свойств зерна пшеницы. В качестве инструмента для исследования был выбран альвеограф, поскольку он позволяет проводить комплексную оценку реологических свойств муки и теста, измеряя одновременно несколько параметров, непосредственно связанных с характеристиками теста, и является признанным стандартным методом.

В соответствии со стандартами, связанные с силой муки, сильные сорта пшеницы должны обладать энергией деформации теста не менее 240 единиц альвеографа (е.а), а ценные сорта – не менее 200 е.а. (табл. 4). В ходе исследований было установлено, что среди изучаемых сортов пшеницы удельная работа теста (сила муки) варьировала в диапазоне от 203 е.а (Казанская 285) до 343 е.а (Дарина). Коэффициент вариации данного показателя изменялся от 3,0% у сорта Антонина до 11,3% у сорта Казанская 285. Сорт Универсиада (299 е.а) демонстрировал стабильно высокий результат на протяжении пятилетнего периода с низким уровнем вариации (3,8%). Схожие показатели наблюдались у сорта Надежда, который формирует силу на уровне 299 е.а и имел коэффициент вариации 6,2%. Краснодарские сорта в условиях исследования сформировали силу муки на уровне, соответствующем сильной пшенице. В целом, все изучаемые сорта находятся в пределах норм сильной или средней по силе муки категории, что подчеркивает значительную роль генетической природы сорта.

Коэффициент соотношения упругости и растяжимости теста отражает баланс этих основных физических свойств. По данным Кравченко Н.С. и соавторов [13] показатель P/L является одним из наиболее изменчивых, что создает трудности при селекции озимой пшеницы для улучшения хлебопекарных качеств. В соответствии со стандартными нормами, для сильных пшениц коэффициент P/L должен находиться в диапазоне от 0,7 до 2,0, для ценных – от 0,7 до 2,2. Если значение P/L менее 0,7, тесто имеет большую растяжимость и меньшую упругость. В ходе экспериментов выяснилось, что у изучаемых генотипов озимой мягкой пшеницы показатель P/L варьировался от 0,4 (например, у Казанская 285 и Султан) до 1,4 (как у Дарина, Юка и Сварог). Единственным сортом, продемонстрировавшим

статистически значимое превышение энергии деформации по сравнению со стандартным образцом, был сорт Сварог. При этом, все краснодарские сорта, а также татарстанские Надежда и Дарина, продемонстрировали значительные преимущества над стандартом по соотношению P/L. Самый высокий коэффициент вариации по силе муки (W) наблюдался у сорта Казанская 560 (33,6%), а самый низкий – у сорта Султан (12,8%). Такой разброс демонстрирует значительное влияние на показатель, как генотипа сорта, так и условий выращивания. Стабильные значения показателя в течение длительного времени показывал сорт Надежда (0,9), а за два года высокие результаты наблюдались у Юка (1,2), Антонина (1,0) и Сварог (1,2).

Таблица 4

Физические свойства теста сортов озимой пшеницы, оцененные на альвеографе, среднее за 2020-2024 гг.

Сорт	Энергия деформации, W, 10 ⁻⁴ Дж			Отношение упругости к растяжимости, P/L		
	Среднее	Лимиты	CV, %	Среднее	Лимиты	CV, %
Казанская 560 стандарт	277	259 - 304	6,4	0,7	0,5 - 1,1	33,6
Казанская 285	236	203 - 266	11,3	0,6	0,4 - 0,8	21,1
Надежда	299	277 - 324	6,2	0,9	0,7 - 1,1	18,3
Дарина	297	262 - 343	9,9	1,1	0,6 - 1,4	30,4
Универсиада	299	287 - 316	3,8	0,7	0,6 - 0,8	13,5
Султан	254	231 - 282	7,8	0,5	0,4 - 0,5	12,8
Юка	276	269 - 283	3,6	1,2	1,1 - 1,4	14,2
Антонина	282	276 - 288	3,0	1,0	0,8 - 1,3	32,9
Сварог	328	319 - 336	3,7	1,2	1,1 - 1,4	13,6
НСР 05	23			0,2		
Требования к реологическим свойствам для хлебопекарной пшеницы (ГОСТ 34702-2020)						
Сильная (улучшитель)	не менее 240			0,7-2,0		
Средняя по силе (ценная по качеству)	не менее 200			0,7-2,2		

В соответствии с требованиями стандарта, водопоглотительная способность (ВПС) сильной пшеницы должна составлять не менее 63%, в то время как ценной пшеницы — не менее 60%. В ходе исследования было установлено, что рассматриваемые сорта озимой пшеницы обладают высокой ВПС, которая изменяется по годам в пределах от 0,47 до 3,80%. В среднем за период исследования сорта Казанская 560, Надежда, Дарина, Универсиада, Юка и Антонина демонстрируют высокую водопоглотительную способность, соответствующую уровню ценных сортов пшеницы. Сорт Сварог, с показателем 63%, классифицируется как сильная пшеница. Валориметрическая оценка представляет собой комплексную характеристику физических свойств теста и его устойчивости к длительной механической нагрузке, определяемую с помощью фаринографа. Для сильной пшеницы этот показатель должен быть не менее 70 единиц валориметра (е.в.), для средних по силе сортов — не менее 55 е.в. У исследуемых сортов наблюдаются высокие значения валориметрической оценки (табл. 5). Краснодарские сорта выявили наиболее высокие и стабильные результаты за два года исследований. В течение пятилетнего периода сорта Надежда (70%) и Универсиада (78%) соответствовали стандартам сильной пшеницы, тогда как сорта Казанская 560 (63%), Казанская 285 (67%), Дарина (65%) и Султан (64%) относились к категории средней силы

Физические свойства сортов озимой пшеницы, оцененные на фаринографе Бранднера, среднее за 2020-2024 гг.

Сорт	ВПС, %			Валориметрическая оценка, %		
	Среднее	Лимиты	Сv, %	Среднее	Лимиты	Сv, %
Казанская 560 стандарт	60	58-61	2,16	63	58-69	7,9
Казанская 285	57	56-59	2,14	67	60-77	12,7
Надежда	60	56-62	3,80	70	63-84	11,9
Дарина	61	59-62	2,12	65	61-74	8,3
Универсиада	60	57-61	3,32	78	68-91	12,1
Султан	54	53-54	0,47	64	55-68	8,4
Юка	60	58-61	2,86	96	94-98	2,9
Антонина	60	59-60	1,91	97	93-100	5,1
Сварог	63	57-59	3,29	98	96-100	2,9
НСР 05	1,3			6,4		
Требования к реологическим свойствам для хлебопекарной пшеницы (ГОСТ 34702)						
Сильная (улучшитель)	не менее 63					
Средняя по силе (ценная по качеству)	не менее 60					

Коэффициент варьирования валориметрической оценки колебался от 2,9% у сортов Юка и Сварог до 12,7% для Казанской 285. Установлено, что коэффициент корреляции между ВПС и энергией деформации пшеницы был высокосignificant и положительным ($r=0,839$ при $r_{крит.}=0,754$), такой же была взаимосвязь между ВПС и P/L ($r=0,796$). Умеренная связь была выявлена между энергией деформации и P/L ($r=0,662$), а также между валориметрической оценкой и P/L ($r=0,700$).

Заключение

Озимая пшеница и рожь – ключевые культуры для агропромышленного комплекса Татарстана, служащие основой для производства муки и хлеба. Исследования показали, что реологические свойства зерна этих культур, определяющие качество теста, значительно различаются в зависимости от сорта и года урожая. Для озимой ржи оптимальными считаются показатели амилографической вязкости в диапазоне 350-650 единиц и число падения выше 200 секунд. Выяснено, что у большинства сортов число падения колеблется между 200 и 300 секундами, что удовлетворяет требованиям первого класса. Амилографическая вязкость варьировалась в широком диапазоне – от 310 до 1290 единиц, что указывает на различную активность ферментов, расщепляющих крахмал. Гибриды Проммо и Авиатор проявили наименьшую изменчивость реологических свойств теста, при средних значениях числа падения 280 и 312 секунд и максимальной вязкости на амилографе 811 и 1039 е.а. соответственно. Эти показатели не позволяют использовать их для выпечки ржаного хлеба в чистом виде, но они могут быть полезны в качестве улучшителей для подмеса в муку из проросшего или некачественного зерна. Сорта Радонь, Авиатор и Проммо отличались высокой водопоглощательной способностью цельнозернового шрота (до 72%), что является важным фактором для ржаного хлебопечения. Время формирования теста колебалось от 2 до 5 минут, при этом сорта Эстафета Татарстана и Огонёк показали наибольшую стабильность. Популяционные сорта озимой ржи, выращиваемые в Татарстане, обладают хорошими хлебопекарными качествами, связанными с их реологическими свойствами. Однако, из-за высокой изменчивости этих свойств, необходимы новые подходы к селекции. Была выявлена сильная взаимосвязь между числом падения и активностью альфа-амилазы ($r=0,989$), определяемой по высоте амилограммы. Связь с водопоглощательной способностью была умеренной ($r=0,596$ и $r=0,581$).

Сорта озимой пшеницы показали силу муки в диапазоне от 203 до 343 единиц альвеографа. Все исследованные сорта, выращенные в Татарстане, соответствуют требованиям к сильной или средней по силе муке, пригодной для хлебопечения. Сорта Надежда, Дарина и Универсиада продемонстрировали оптимальные показатели на альвеографе (297-299 единиц и соотношение упругости к растяжимости 0,7-1,1) и фаринографе (ВПС 60-61% и валориметрическая оценка 65-78%). Краснодарские сорта также показали высокое качество: Сварог соответствует требованиям к сильной пшенице, а Юка и Антонина – к пшенице средней силы.

Водопоглотительная способность пшеницы имела тесную статистически значимую связь с энергией деформации ($r=0,839$) и соотношением P/L ($r=0,796$). Энергия деформации и валориметрическая оценка показали умеренную связь с P/L ($r=0,662$ и $r=0,700$ соответственно).

Работа выполнена в рамках Государственного задания Татарского НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН № 125031003428-9.

Литература

1. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С., Бугрова В.В., Соболев С.В., Молодовский Я.С. Показатели качества зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка». // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – №3(47). – С. 42-47. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-42-47
2. Скрипка О.В., Подгорный С.В., Самофалов А.П., Некрасова О.А., Громова С.Н., Чернова В.Л., Кравченко Н.С. Хлебопекарные качества зерна озимой мягкой пшеницы в условиях юга Ростовской области. // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 6 (66). – С. 33-36. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-33-36.
3. Németh R., Tömösközi S. Rye: Current state and future trends in research and applications. *Acta Alimentaria*, 2021, V. 50, no. 4, pp. 620-640. DOI: 10.1556/066.2021.00162
4. Мелешкина Е.П., Бундина О.И. Введение новых гостей на зерно ржи и ржаную муку. // Хлебопродукты. – 2019. – № 6. – С. 25-27. – DOI 10.32462/0235-2508-2019-28-6-25-27.
5. Deleu L. J. et al. The major constituents of rye (*Secale cereale* L.) flour and their role in the production of rye bread, a food product to which a multitude of health aspects are ascribed. *Cereal Chemistry*, 2020, V. 97, no 4, pp. 739-754. DOI: 10.1002/cche.10306
6. Сайфутдинова Д.Д., Пономарева М.Л. Качественные характеристики озимой ржи и озимой пшеницы последнего поколения селекции. // Достижения и перспективы развития АПК России: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной памяти Р.Г. Гареева, Казань, 30-31 марта 2023 года. – Казань: Академия наук республики Татарстан. – 2023. – С. 120-124. DOI 10.37071/conferencearticle_65817335592691.71318164.
7. Мелешкина Е. П. Нужно ли стандартизировать классификацию зерна пшеницы по качеству. // Хлебопродукты. – 2020. – № 4. – С. 14-15.
8. Sun X. et al. Effects of ingredient and processing conditions on the rheological properties of whole wheat flour dough during breadmaking-A review. *Food Hydrocolloids*, 2023, V. 135, p. 108123. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2022.108123
9. Stepniewska S. et al. Assessment of the baking properties of rye flour based on the polysaccharide content and properties. *Applied Sciences*, 2024, V. 14, no. 7. – p. 2772. DOI:10.3390/app14072772
10. Shabolkina, E.N., Shevchenko, S.N., Bisharev, A.A. et al. Influence of Parameters of the Carbohydrate-Amylase Complex and Protein Content in Grain on the Baking Quality of Winter Rye. *Russ. Agricultural Sciences*, 2024, V. 50, pp 304-309. DOI:10.3103/S1068367424700277
11. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., Тимина М.А., Плеханова Л.В. Селекция озимой ржи на качество зерна в условиях Красноярского края. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 5. – С. 8-14.
12. Meeus Y. et al. The role of arabinoxylan in determining the non-linear and linear rheology of

bread doughs made from blends of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.) flour. *Food Hydrocolloids*, 2021, V. 120, pp. 106990. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106990

13. Кравченко Н.С., Некрасова О.А., Игнатъева Н.Г., Олдырева И.М., Алты-Садых Ю.Н. Качество зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области. // Зерновое хозяйство России. – 2020. – №(6). – С 101-107. DOI:10.31367/2079-8725-2020-72-6-101-107

References

1. Sanduhadze B.I., Mamedov R.Z., Krahmaljova M.S., Bugrova V.V., Sobolev S.V., Molodovskij Ja.S. Pokazateli kachestva zerna sortov i linij ozimoy mjagkoj pshenicy selekcii FIC «Nemchinovka». *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 2023, no 3(47), pp.42- 47. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-42-47 (In Russian)
2. Skripka O.V., Podgornij S.V., Samofalov A.P., Nekrasova O.A., Gromova S.N., Chernova V.L., Kravchenko N.S. Hlebopekarnye kachestva zerna ozimoy mjagkoj pshenicy v uslovijah juga Rostovskoj oblasti. *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, 2019, no 6(66), pp. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-33-36. (In Russian)
3. Németh R., Tömösközi S. Rye: Current state and future trends in research and applications. *Acta Alimentaria*, 2021, V. 50, no. 4, pp. 620-640. DOI:10.1556/066.2021.00162
4. Meleshkina, E. P, Bundina O.I. Vvedenie novyh gostov na zerno rzhi i rzhanuju. *Hleboprodukty*, 2019, no. 6, pp. 25-27. – DOI 10.32462/0235-2508-2019-28-6-25-27. (In Russian)
5. Deleu L.J. et al. The major constituents of rye (*Secale cereale* L.) flour and their role in the production of rye bread, a food product to which a multitude of health aspects are ascribed. *Cereal Chemistry*, 2020, V. 97, no 4, pp. 739-754. DOI:10.1002/cche.10306
6. Sajfutdinova D.D. Kachestvennye harakteristiki ozimoy rzhi i ozimoy pshenicy poslednego pokolenija selekcii. D.D. Sajfutdinova, M.L. Ponomareva. *Dostizhenija i perspektivy razvitiya APK Rossii. Materialy XIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, posvjashhennoj pamjati R.G. Gareeva, Kazan', 30-31 match 2023 year.* – Kazan': Akademija nauk Respubliki Tatarstan, 2023, pp. 120-124. – DOI 10.37071/conferencearticle_65817335592691.71318164. (In Russian)
7. Meleshkina E.P. Nuzhno li standartizirovat' klassifikaciju zerna pshenicy po kachestvu. *Hleboprodukty*, 2020, no. 4, pp 14–15. (In Russian)
8. Sun X. et al. Effects of ingredient and processing conditions on the rheological properties of whole wheat flour dough during breadmaking-A review. *Food Hydrocolloids*, 2023, V. 135, p. 108123. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2022.108123
9. Stępniewska S. et al. Assessment of the baking properties of rye flour based on the polysaccharide content and properties. *Applied Sciences*, 2024, V. 14, no. 7. – p. 2772. DOI: 10.3390/app14072772
10. Shabolkina, E.N., Shevchenko, S.N., Bisharev, A.A. et al. Influence of Parameters of the Carbohydrate-Amylase Complex and Protein Content in Grain on the Baking Quality of Winter Rye. *Russ. Agricultural Sciences*, 2024, V. 50, pp 304–309. DOI: 10.3103/S1068367424700277
11. Kobyljanskij V.D., Soloduhina O.V., Timina M.A., Plehanova L. V. Selekcija ozimoy rzhi na kachestvo zerna v uslovijah Krasnojarskogo kraja. *Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no.5, pp. 8-14. (In Russian)
12. Meeus Y. et al. The role of arabinoxylan in determining the non-linear and linear rheology of bread doughs made from blends of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.) flour. *Food Hydrocolloids*, 2021, V. 120, pp. 106990. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106990
13. Kravchenko N.S., Nekrasova O.A., Ignat'eva N.G., Oldyreva I.M., Alty-Sadyh Ju.N. Kachestvo zerna sortov i linij ozimoy mjagkoj pshenicy v uslovijah Rostovskoj oblasti. *Zernovoe hozjajstvo Rossii*, 2020, no 6, pp. 101-107. DOI:10.31367/2079-8725-2020-72-6-101-107 (In Russian)