

ВАРЬИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Марина Анатольевна Фоменко, доктор сельскохозяйственных наук

Татьяна Александровна Олейникова, старший научный сотрудник

Елена Анатольевна Бабровская, научный сотрудник

Ольга Викторовна Бирюкова, старший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», Ростовская обл., Россия

E-mail: fomenko.marina.1602@mail.ru

Аннотация. Исследования проводили в 2016–2023 годах в степной зоне Ростовской области. Проанализированы данные по изменчивости показателей качества зерна в различных условиях среды у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»: Донская Т 20, Богема, Пафос, Донмира, Пальмира 18, Дonya и Константа 22. Почва опытного участка — чернозем южный среднесиловой карбонатный. Предшественник — черный пар. При недостаточном и непостоянном увлажнении почвы в течение вегетации озимой пшеницы выявили сильную вариабельность взаимосвязей между урожайностью и содержанием белка в зерне ($r = -0,74-0,26$). Аналогичные результаты получены по клейковине, что свидетельствует о зависимости генотипов от условий формирования качества зерна. Соотношение между количеством клейковины и белка озимой пшеницы в степной зоне Ростовской области составляет 1,3–2,3. Отмечена высокая стабильность по урожаю зерна, содержанию белка, клейковины, показателям объемного выхода хлеба и стекловидности зерен. Наибольшая изменчивость была выявлена по признаку «число падения», определяющему активность α -амилазы. Установлено влияние протеолитических ферментов клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps*) на технологические и хлебопекарные свойства сортов.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, коэффициент вариации, изменчивость признака, сорт, качество

VARIATION OF WINTER WHEAT GRAIN QUALITY TRAITS IN THE STEPPE ZONE OF THE ROSTOV REGION

M.A. Fomenko, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

T.A. Oleynikova, *Senior Researcher*

E.A. Babrovskaya, *Researcher*

O.V. Biryukova, *Senior Researcher*

Federal Rostov Agricultural Research Centre», Rostov region, Russia

E-mail: fomenko.marina.1602@mail.ru

Abstract. The research was carried out in 2016–2023 in the steppe zone of the Rostov region. The article presents data on the variability of grain quality indicators in various environmental conditions in varieties of winter soft wheat of the selection Federal Rostov Agricultural Research Centre: Donskaya T 20, Bogema, Pafos, Palmira 18, Donya, Konstanta 22. The soil of the experimental site is southern medium-sized carbonate chernozem. The predecessor in the experiment is black steam. Various correlations from $r = -0,74-0,26$ between yield and protein content in grain were revealed. The ratio of the gluten and protein content of winter wheat in the steppe zone of the Rostov region is 1,3–2,3. In the conditions of the steppe of the Rostov region, the high stability of the varieties of winter wheat of the French selection was noted in terms of protein content, gluten, volume yield of bread and grain vitreousness. The greatest variability was revealed on the basis of the number of drops that determines the activity of α -amylase, which indicates the dependence of the genotype on the conditions for the formation of grain quality. The influence of proteolytic enzymes of the bug harmful turtle (*Eurygaster integriceps*) on the technological and baking properties of varieties was revealed.

Keywords: winter soft wheat, coefficient of variation, variability of the trait, variety, quality

Озимая мягкая пшеница — востребованная злаковая культура. В Российской Федерации площади под ней составляют 14,1 млн га. В Ростовской области в 2023 году собрали рекордные 15,1 млн т. Проблема в области производства зерна — улучшение и стабилизация его качества. [7] Под влиянием климатических условий меняется не только урожайность озимой пшеницы, но и показатели качества зерна: крупность, стекловидность, накопление белка и клейковины, объем хлеба и его общая оценка. [6, 7, 9, 17] Эти параметры подвержены большой вариабельности как под влиянием условий среды, так и в зависимости от генотипа сортов. [9]

В последние два десятилетия наметился тренд на снижение качества зерна пшеницы, уменьшение доли продовольственного зерна в общем урожае. В современных условиях взаимодействие генотипа со средой выражается в снижении качества клейковины при тепловых стрессах. [16]

Необходимы эффективные технологии получения экологически безопасного высокобелкового зерна и выявление доноров, в том числе для транслокаций от других видов злаков в пшеницу для повышения потенциала качества и адаптивности. [4, 6, 8, 11, 14, 15]

Усилия селекционеров направлены на улучшение выносливости сортов к меняющимся условиям среды,

получение стабильных урожаев высокого качества продукции по годам, сочетание в одном сорте устойчивости к стресс-факторам различного происхождения. Основа стабильности урожая зерна в растениеводстве — адаптивный пластичный сорт, формирующий в различных условиях высокие продуктивность и качество продукции. [12]

Цель работы — презентация итогов исследований по изучению особенностей и стабильности формирования показателей качества зерна сортов озимой пшеницы селекции ФРАНЦ в лимитированных условиях вегетации степной зоны Ростовской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2016–2023 годах в ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (ФРАНЦ). Объект изучения — сорта озимой пшеницы селекции ФРАНЦ: *Донская Т 20*, *Богема*, *Пафос*, *Донмира*, *Пальмира 18*, *Донья* и *Константа 22*. Из-за почвенной и воздушной засухи при посеве в северо-западной зоне Ростовской области полевые опыты закладывали в селекционном севообороте по предшественнику черный пар. Агротехника общепринятая для озимых культур.

Почва — чернозем южный среднемошный карбонатный, мощность гумусового горизонта — 30...40 см. Количество гумуса в пахотном слое — 3,6% (ГОСТ 26213-91). Содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) — 19 и 320 мг/кг (по Кирсанову, ГОСТ 26204-91), общего азота (ГОСТ Р 58596-2019) — 44 мг/кг.

Изучали технологические показатели качества зерна: натуру (ГОСТ 10840-64), массу 1000 зерен (ГОСТ 12042-80), стекловидность (ГОСТ 10987-76), количество и качество клейковины (ГОСТ 13586.1-68), количество зерен поврежденных клопом-черепашкой (ГОСТ 33538-2015), физические свойства теста и объемный выход хлеба. [10] Определяли число падения на приборе Falling Number (Методика Пертена, 1992, метод ICC стандарт № 107/1, 1995; ААСС метод 56-81 В). Оценили качество зерна пшеницы по классам (ГОСТ 9353-2016).

Провели расчет генотипических, экологических коэффициентов корреляции признаков качества зерна со степенью повреждения клопом вредная черепашка. Экспериментальные данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа с помощью компьютерной программы «Microsoft Office Excel».

Климат Ростовской области умеренно-континентальный с частыми сменами различных атмосферных циклонов, которые формируют неустойчивость погодных явлений. Среднесуточная температура воздуха за годы исследования — 10,79°C, что выше среднегодовой нормы на 3,83°C. Абсолютный максимум температур доходил до 37,5°C. Количество осадков варьировало от 388,8 до 687,8 мм (норма — 451 мм).

За период наблюдений благоприятными по обеспечению влагой были 2016–2018, 2022, 2023 годы. Особенность вегетации 2018 года — аномальное выпадение осадков в июне при полной спелости зерна (180 мм при норме 59 мм), что вызвало усиление активности α -амилазы. 2020 год был наиболее засушливым (388,8 мм). В фазе формирования репродуктивных органов засуха сократила фазу налива и созревания зерновки на 10...14 дн. Годовое количество осадков в 2021 году составило 523 мм (115% к норме), однако

при посеве и наливе зерна в июне—июле наблюдали острую засуху. В 2022 и 2023 годах количество осадков — 576...654 мм, но их распределение было неравномерным, при недостатке в наиболее важные фазы развития растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В почвенно-климатических условиях степной зоны Ростовской области между урожайностью и содержанием белка, одним из наиболее информативных признаков качества зерна, выявили взаимосвязи от слабоположительных ($r = 0,26$) до значимых отрицательных ($r = -0,74$, достоверно при 5%-ом уровне значимости). При недостаточном водообеспечении погодноклиматические условия, необходимые для формирования высокой продуктивности (оптимальный режим) и максимума накопления белка (повышенные температуры), не совпадают. Это объясняет отсутствие четко выраженных взаимосвязей между урожайностью и накоплением белка, обуславливает трудность сочетания этих показателей в создаваемых генотипах.

Мы разработали маркерные признаки отбора высокоурожайных засухоустойчивых форм пшеницы: масса зерна с растения и колоса, индекс урожая и емкость ценоза. [13] В 2016–2023 годах в конкурсных сортоиспытаниях выявлены взаимосвязи между накоплением белка с данными маркерными признаками, слагающими продуктивность: с массой зерна с колоса ($r = -0,45...0,39$) и растения ($-0,35...0,49$), индексом урожая ($-0,62...0,25$), емкостью ценоза ($-0,3...0,3$).

Направленность современных исследований — повышение продуктивности параллельно снижению высоты соломины растений, создание интенсивных полукарликовых генотипов. Сопряженности между содержанием белка и высотой в большинстве случаев были положительные ($r = -0,32...0,63$), с надземной биомассой — незначительные ($-0,19...0,27$).

Содержание белка тесно коррелировало с количеством клейковины ($r = 0,39...0,95$). Взаимосвязь между количеством белка и объемом деформации теста («сила» муки) в зависимости от генотипа варьировала от слабоотрицательной до среднеположительной ($r = -0,17...0,37$), с объемом хлеба была незначительная ($r = -0,51...0,14$), по натуре зерна от слабоотрицательной до среднеположительной ($-0,28...0,41$). Количество клейковины положительно коррелировало с показателем седиментации ($r = 0,32...0,68$) и объемом хлеба ($0,15...0,46$). Наиболее тесно связана стекловидность зерна ($r \geq 0,7$) с содержанием в нем белка, натурным весом и числом падения. В условиях засушливой среды степной зоны Ростовской области соотношение содержания клейковины к белку в зерне пшеницы — 1,3...2,3.

Выявленный спектр варьирования взаимосвязи между накоплением белка и элементами, формирующими продуктивность, свидетельствует о возможности селекционного улучшения морфобиотипов озимой пшеницы с высоким потенциалом накопления белка. Установленные отрицательные сопряженности между урожайностью и признаками качества зерна сочетаются с дефицитом поглощенных углеводов, особенностями фотосинтеза сортов, которые расходуются на урожай и его качество.

Из представленных генотипов сорт *Пальмира 18* характеризуется наиболее стабильным проявлением

Таблица 1.

Урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы, среднее за 2016–2023 годы

Сорт	Урожайность, т/га	Белок, %	Клейковина, %	Натурный вес, г/л	Стекловидность, %	Объем хлеба, см ³	Число падения, сек.
Донская Т 20®	7,4	14,1	28,03	785	80,3	786	468
Богема®	7,51	13,7	26,71	784	78	778	464
Пафос®	7,44	13,9	26,66	752	75	830	446
Донмира®	7,1	14,0	26,73	764	77,5	832	407
Пальмира 18®	7	14,0	26,37	781	80,4	811	459
Донья*	7,8	13,7	25,01	760	70	770	403
Константа 22*	7,6	14,0	22,09	766	76,8	780	442
НСР _{0,5}	0,44	0,70	1,5	15,2	80,3	90,3	81,3

Примечание. ® – сорт защищен патентом, * – изучают в Госсорткомиссии.

высокого накопления белка в различные годы исследований, который тесно сопряжен с накоплением клейковины ($r = 0,76$), натурным весом зерна ($r = 0,46$), седиментацией ($r = 0,68$), объемом деформации теста ($r = 0,45$), упругостью и растяжимостью теста ($r = 0,35$ и $0,46$ соответственно), объемом хлеба ($r = 0,56$).

Сорта озимой пшеницы значительно различались по урожайности и отдельным показателям качества зерна (табл. 1).

Варьирование количества белка в зерне озимой пшеницы в годы исследований зависело от генотипа сорта – 13,7...14,1% (табл. 1). Наиболее высокие показатели по содержанию белка были выявлены у сортов *Донская Т 20* (14,1%), *Пальмира 18* (14,0%), *Донмира* (14,0%, табл. 1).

Сорта *Донская Т 20*, *Богема*, *Донмира* характеризовались наибольшим количеством клейковины в зерне – 28,03, 26,71, 26,73% соответственно.

Один из критериев качества зерна пшеницы – его натурная масса, которая зависит от крупности, налива, считается косвенным признаком степени жаростойкости и засухоустойчивости генотипа. В наших исследованиях натура зерна была достаточно высокая, базовая норма – 750 г/л (табл. 1). Лидеры среди перечисленных сортов – *Донская Т 20* (785 г/л), *Пальмира 18* (781 г/л) и *Богема* (784 г/л). У остальных показатель варьировал от 752 до 766 г/л, что было достаточным для выраженности данного признака.

Стекловидность пшеницы – признак твердозерности зерна, в среднем у сортов он составлял 70,0...80,3%, максимальный – у *Донской Т 20* (81,6%), *Богемы* (79,1%) и *Пальмиры 18* (81,9%).

Прямой показатель хлебопекарного качества муки сорта – объемный выход хлеба со 100 г муки. Он варь-

ровал от 770 (*Донья*) до 832 см³ (*Донмира*). Значение показателя выше уровня 800 см³ у *Пафоса* и *Пальмиры 18* (табл. 1).

При влажной погоде, особенно при перестое колоса на корню, важно узнать число падения. Оно характеризует активность фермента α -амилазы в зерне пшеницы. Для хлебопечения нормой для муки высших сортов число падения должно быть выше 185 сек., среднее за годы исследований варьировало от 403 до 468 сек., максимальное – у *Богемы* (464 сек.), *Донской Т 20* (468 сек.), *Пальмиры 18* (459 сек.), минимальное – у *Доньи* (407 сек.).

Была выявлена изменчивость показателей качества зерна в зависимости от условий вегетации и особенностей генотипов (табл. 2). Установлено, что один из наиболее стабильных показателей качества зерна – накопление белка. Коэффициент вариации данного признака – 4,8...8,9%. Для сорта *Пафос* коэффициент изменчивости (C_v) составил 4,8%, для него характерна минимальная вариабельность по данному признаку при среднем содержании белка 13,9%.

Сорта *Донмира*, *Пальмира 18* и *Константа 22* характеризуются содержанием белка в зерне 14,0%. Коэффициент вариации проявления признака – 5,7, 6,8 и 7,3% соответственно (табл. 2).

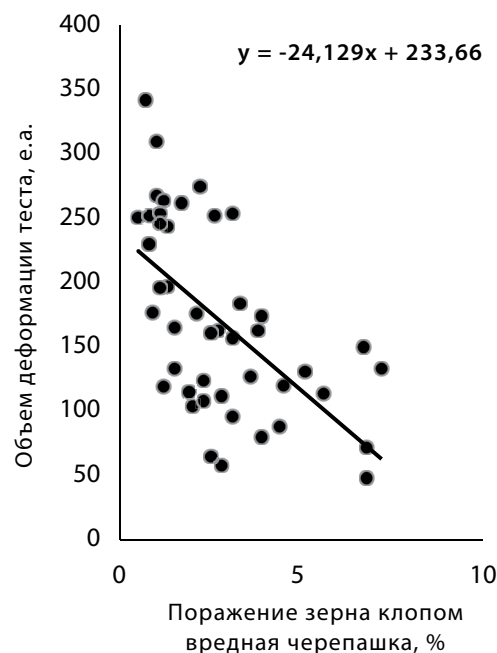
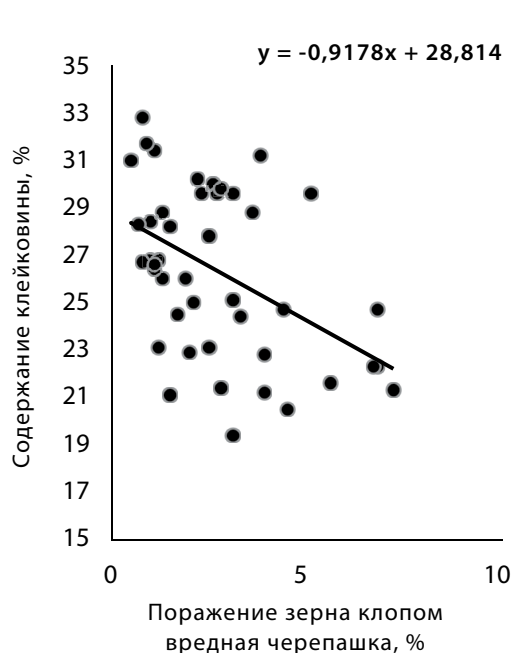
Относительно стабильным по накоплению белка в зерне был сорт *Донская Т 20*, у которого коэффициент вариации признака – 8,9%, содержание белка менялось по годам от 13,0 до 16,2% (среднее – 14,1%).

Коэффициенты изменчивости (C_v) количества клейковины в зерне были также незначительными (обуславливается количеством белка): от 11,2 (*Пальмира 18*) до 16,4% (*Богема*). Стабильность признака выявлена у сортов *Вольная заря*, *Пальмира 18*, *Пафос*. За исследуемые годы наиболее высокий показатель

Таблица 2.

Изменчивость урожайности и показателей качества зерна (C_v^* , %) сортов озимой пшеницы, 2016–2023 годы

Сорт	Коэффициент вариации (C_v) признаков						
	урожайность	белок	клейковина	натурный вес	стекловидность	объем хлеба	число падения
Донская Т 20®	14,02	8,9	16,9	2,8	12,3	8,7	3,9
Богема®	20,7	6,1	16,4	3,6	9,5	7	5,5
Пафос®	15,9	4,8	12,5	4,8	7,3	4,8	15,2
Донмира®	19	5,7	14,9	1,7	7,9	3,8	26,8
Пальмира 18®	23,8	6,8	11,2	3,8	8,8	5,4	13,5
Донья	17,9	7,6	12,4	2,7	18,1	4,2	16,4
Константа 22	18,3	7,3	14,6	2,04	9,2	5,7	19,3



Распределение сортов озимой пшеницы по содержанию клейковины в зерне и объему деформации теста при повреждении зерна вредителем.

клейковины у *Донской Т 20* (28,03%) с варьированием признака ($C_v = 16,9\%$).

Пределы изменчивости натурального веса зерна были одними из наименьших, что подтверждает низкий коэффициент вариации (1,7...4,8%). Это свидетельствует о повышенной жаростойкости и засухоустойчивости сортов пшеницы селекции ФРАНЦ. Признак выполненности зерна в большей степени детерминирован генотипом сорта, и в незначительной — условиями среды. Наибольшая величина натурности зерна выявлена у сортов *Пальмира 18*, *Донская Т 20*, *Богема* — 781...785 г/л, коэффициент вариации — 2,8...3,8% соответственно.

Установлена существенная вариабельность признака стекловидности в различных условиях вегетации. Наиболее стабилен показатель у сорта *Пафос* (7,3%). Формирование стекловидности зерна *Донья* со значительной изменчивостью признака ($C_v = 18,1\%$) сильно зависит от условий среды, хотя проявление стекловидности (70%) достаточно для формирования хорошего качества зерна. По остальным сортам коэффициент варьировал в средней степени (7,9...12,3%).

Коэффициент вариации признака «объем хлеба» у сортов пшеницы — 4,2...8,7%, то есть его изменчивость была незначительная. Максимальное проявление объемного выхода хлеба со 100 г муки выявлено у сортов *Пафос* (830 см³) и *Донмира* (832 см³) с небольшой степенью изменчивости в пределах 7,3 и 7,9%, что служит подтверждением генетической детерминации у данных сортов.

Максимальная вариабельность установлена по числу падения, которое используют для определения активности α -амилазы (степень разжижения клейстеризованной водно-мучной суспензии в кипящей водяной бане) и будущего качества муки. Метод определяет хлебопекарные свойства муки, свидетельствует о количестве крахмала и активности ферментов муки, позволяет выделять генотипы, устойчивые к предуборочному прорастанию зерна.

Коэффициент изменчивости по признаку число падения менялся от 3,9% у сорта *Донская Т 20* до 26,8% у *Донмиры*. У *Донской Т 20*, *Богемы*, *Вольной Зари* признак варьировал несущественно ($C_v = 3,9...5,5$), активность α -амилазы низкая, стабильно высокая

Таблица 3.

Фенотипические (rph), генотипические (rg) и экологические (re) коэффициенты корреляции между поражением зерна клопом вредная черепашка и показателями качества зерна, данные конкурсных испытаний

Признак	rph								rg	re
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
Средний % поражения зерна вредителем	3,6	1,3	3,2	3,0	1,3	1,7	6,3	4,0		
Масса 1000 зерен, г	−0,11	−0,58	0,47	0,07	0,25	−0,02	−0,06	0,08	0,02	0,48
Натурный вес, г/л	−0,5	0,79	−0,10	0,76	0,11	0,34	0,52	−0,16	0,22	0,67
Стекловидность, %	−0,53	0,48	−0,44	0,55	0,56	0,39	0,83	0,10	0,24	0,79
Число падения, сек.	0,73	0,16	−0,56	−0,15	−0,05	0,28	0,61	0,37	0,17	0,46
Белок, %	0,85	0,41	0,11	−0,67	−0,37	−0,34	0,52	0,29	0,1	0,37
Клейковина, %	0,7	0,72	0,12	−0,67	−0,21	−0,32	0,73	0,23	0,16	−0,78
ИДК	−0,62	0,09	−0,15	0,72	0,27	−0,63	−0,65	−0,12	−0,14	−0,39
Объем деформации теста, е.а	−0,88	0,52	−0,22	−0,07	−0,23	−0,74	−0,02	−0,27	−0,24	−0,85
Объем хлеба со 100 г муки, см³	0,1	−0,52	0,45	0,1	0,41	0,18	0,37	0,27	0,17	−0,41

устойчивость к предуборочному прорастанию зерна в колосе. Эти сорта могут быть использованы как доноры в селекционных программах. У остальных образцов коэффициент вариации средний, что свидетельствует о зависимости показателя числа падения у генотипов от условий формирования качества зерна. Однако среднее значение проявления признака достаточно высокое — 403...468 сек.

При глобальном потеплении климата отмечено расширение ареала и численности вредителей, в частности клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps*).

Повреждения зерна, вызванные действием экзогенных ферментов вредителя, снижает выраженность генетически детерминированных признаков качества генотипа, затрудняет отбор высококачественных форм в селекционном процессе. В среднем по годам такое повреждение составило от 1,3 (2017 год) до 6,3% (2022), по сортам — от 1,7 (*Пафос*, *Донмира*) до 3,9% (*Донская Т 20*). Снижение показателей качества зерна (содержание клейковины, объем деформации теста), отмечали при повреждении свыше 2% (см. рисунок).

Расчет коэффициентов корреляции показал различное влияние степени повреждения зерна вредителем на качество зерна (табл. 3).

За годы наблюдений экзогенные протеолитические ферменты вредителей значительного негативного действия на крупность зерновки не оказали. Исключение составил 2017 год, когда при среднем поражении зерна вредителем (1,7%) масса 1000 зерен при достоверно отрицательной сопряженности данных признаков ($r = -0,58$).

Снижение натурального веса и стекловидности наблюдали в 2016 и 2018 годах при отрицательных взаимосвязях признаков со степенью повреждения зерна.

Число падения в меньшей степени зависимо от дефектов зерна, что проявилось от незначительно отрицательных до достоверных положительных взаимосвязей ($-0,15...0,73$). Исключение — 2018 год, когда затяжные дожди вызывали снижение среднесуточной

температуры. Температурный шок повлиял на активность α -амилазы и соответственно снизил число падения, что обусловило отрицательную взаимосвязь с повреждениями, вызванными вредителем.

Степень повреждения клопом на содержание белка и клейковины оказывала неоднозначное влияние: от проявления отрицательных ($r = -0,67$) до значительных положительных ($r = 0,85$). Повреждения клопом не снижает количество клейковины, а изменяет ее качество (ИДК) и удельную работу деформации теста (сила муки).

Расчет генотипических и экологических коэффициентов корреляции показал, что признаки (масса 1000 зерен, стекловидность, натура и число падения зерна) не сильно зависят от поражения вредителем. Тогда как на накопление белка и клейковины, ее качество (ИДК) и технолого-хлебопекарные свойства (удельная работа деформации теста, объем хлеба) ферменты клопа вредная черепашка оказывают более негативное действие.

Выявлена различная выносливость сортов к повреждению зерна (табл. 4). У сортов, содержащих в пробе 3,1...5,9% зерен, испорченных вредителем, масса 1000 зерен была меньше на 2,1...6,9 г. При повреждении зерна клопом свыше 3% (*Константа 22* и *Пальмира 18*) отмечено снижение массы 1000 зерен на 13,3...17,9%. Сорт *Донская Т 20* более вынослив, в пробе до 5,6% поражения, отмечено уменьшение крупности зерна на 4 г (9,8%).

Аналогично в пробах с повреждением зерна 3,1...5,6% натуральный вес снижался на 40...60 г/л, стекловидность — 5...16%.

В зерне сортов *Пальмира 18* и *Богема* в пробах при повреждении в пределах 2,3...2,5% незначительно уменьшалась доля белка (0,2...0,5%), клейковины — 3,2...3,4%. Эти параметры соответствуют требованиям сильных и ценных пшениц. Повышение процента дефектного зерна до 4,0% вызвало потерю белка на 1,7...2,1%, клейковины — 5,6...11%, но и эти пробы допустимы для продовольственных партий пшеницы.

Таблица 4.

Параметры качества зерна пшеницы в зависимости от повреждения вредителем, 2022 год

Сорт	Степень повреждения, %	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Клейковина, %	Натурная масса, г/л	Стекловидность, %	Объем деформации теста, е.а.	Объем хлеба, см ³	Число падения, сек.
<i>Пальмира 18</i>	1,1	38,4	15,3	31,4	805	84	248	850	504
	2,5	37,3	15,1	28,0	785	76	258	800	486
	4,0	31,5	13,2	25,8	745	73	177	730	455
Среднее	2,5	35,7	14,5	28,3	778	78	228	793	481
	0,8	33,1	14,5	32,8	815	87	249	820	459
<i>Богема</i>	2,3	32,5	14,0	29,6	790	86	205	765	470
	4,0	31,0	13,3	21,2	775	74	171	670	451
Среднее	2,4	32,2	14,0	27,9	793	82,3	175	751	460
	0,9	40,6	16,2	31,7	800	90	274	880	446
<i>Донская Т 20</i>	2,2	39,2	13,9	30,2	775	90	248	850	454
	5,6	36,6	13,0	26,6	745	85	126	860	460
Среднее	2,9	38,8	14,4	29,5	773	88	216	793	481
	0,7	36,7	15,3	28,3	790	85	339	800	459
<i>Константа 22</i>	1,1	33,1	14,3	27,6	750	77	251	790	467
	3,1	31,8	13,5	27,8	740	69	243	770	458
Среднее	1,6	33,9	14,4	26,9	760	77	278	787	394

Сорт *Константа 22* при повреждении зерна 3,1% соответствовал требованиям ценных пшениц: доля белка и клейковины — 13,5 и 27,8%, стекловидность — 69%, натура — 750 г/л. Проба зерна сорта *Донская Т 20* с дефектным зерном 5,6% содержит белка и клейковины соответственно 13,0 и 26,6%, это параметры для продовольственной пшеницы. Генотипы *Пальмира 18*, *Донская Т 20*, *Константа 22*, *Богема* характеризуются способностью сохранять достаточно высокие параметры качества зерна, определяющие технолого-хлебопекарные свойства при повреждении зерна клопом вредная черепашка.

Таким образом, в лимитированных условиях внешней среды степной зоны Ростовской области отмечена высокая стабильность сортов озимой пшеницы селекции ФРАНЦ по содержанию белка, клейковины, объемного выхода хлеба и стекловидности зерна. Наибольшая изменчивость выявлена по числу падения, определяющему активность α -амилазы, что свидетельствует о зависимости генотипа от условий формирования качества зерна. Установлено действие протеолитических ферментов клопа вредная черепашка на технологические и хлебопекарные свойства сортов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Стабильность урожая в широком диапазоне сред — основной параметр при селекции озимой пшеницы // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 3–7. DOI: 10.31857/S2500262720050014.
2. Кинчаров А.И., Дёмина Е.А., Кинчарова М.Н. и др. Методика оценки агроэкологической адаптированности генотипов в условиях глобального потепления климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. № 4. С. 39–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47.
3. Кравченко Н.С., Ионова Е.В., Газе В.Л. Влияние условий выращивания на урожайность и качество образцов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4 (64). С. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35.
4. Крупин П.Ю., Дивашук М.Г., Карлов Г.И. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 3. С. 409–425. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.409rus.
5. Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Иванисов М.М. Экологическая пластичность сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 2. С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58.
6. Новиков Н.Н. Новый метод диагностики азотного питания и прогнозирования качества зерна озимой пшеницы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 5. С. 29–40. DOI: 10.26897/0021-342X-2017-5-29-40.
7. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалева М.С., Бугрова В.В. Научная селекция озимой мягкой пшеницы в Нечерноземной зоне России: история, методы и результаты // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-o.
8. Соколенко Н.И., Комаров Н.М., Галушко Н.А., Дубинина В.В. Источники высокого качества зерна в селекции мягкой озимой пшеницы и тритикале // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 33–36. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11108.
9. Сухоруков А.Ф., Сухоруков А.А., Бугакова Н.Э. Адаптивный потенциал сортов пшеницы мягкой озимой по качеству зерна в среднем Поволжье // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6 (78). С. 62–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-62-66.
10. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур / под общ. ред. М.А. Федина. М.: Б. и., 1988. 121 с.
11. Фадеева И.Д., Игнатъева И.Ю., Хакимова А.Г., Митрофанова О.П. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на качество зерна в условиях севера Среднего Поволжья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. № 1. С. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
12. Фоменко М.А., Грабовец А.И., Олейникова Т.А., Железняк Е.А. Особенности селекционного улучшения озимой пшеницы в степной зоне Ростовской области // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 5. С. 18–22. DOI: 10.30850/vrsn/2020/5/18-22.
13. Фоменко М.А., Грабовец А.И., Олейникова Т.А., Железняк Е.А. Особенности трансгрессивной селекции озимой пшеницы в условиях засух // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 5. С. 28–32. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10504.
14. Хакимова А.Г., Губарев Н.К., Кошкин В.А., Митрофанова О.П. Генетическое разнообразие и селекционная ценность синтетический гексаплоидной пшеницы, привлеченной в коллекцию ВИР // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 108–115. DOI: 10.18699/VJ19.548.
15. Cher P. Estimation of winter wheat grain protein content based on multisource data assimilation // Remote sensing. 2020. N. 12. P. 1–20. DOI: 10.3390/rs12193201.
16. Luo Y., Wang W., Fan Y.Z. Exogenously-Supplied trehalose provides better protection for D1 protein in winter wheat under heat stress // Russian Journal of Plant Physiology. 2018. Т. 65. № 1. P. 115–122. DOI: 10.1134/S1021443718010168.
17. Ray D.K., Gerber J.S., MacDonald G.K., West P. Climate variation explains a third of global crop yield variability // Nature Communications. 2015. № 6. P. 5989. DOI: 10.1038/ncomms6989.

REFERENCES

1. Grabovec A.I., Fomenko M.A. Stabil'nost' urozhayev v shirokom diapazone sred — osnovnoy parametr pri selektsii ozimoy pshenicy // Rossiyskaya sel'skhozaystvennaya nauka. 2020. № 5. S. 3–7. DOI: 10.31857/S2500262720050014.
2. Kincharov A.I., Dyomina E.A., Kincharova M.N. i dr. Metodika ocenki agroekologicheskoy adaptirovannosti genotipov v usloviyah global'nogo potepleniya klimata // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. 2022. T. 183. № 4. S. 39–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-39-47.
3. Kravchenko N.S., Ionova E.V., Gaze V.L. Vliyanie usloviy vyrashchivaniya na urozhajnost' i kachestvo obrazcov ozimoy myagkoj pshenicy // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 4 (64). S. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35.
4. Krupin P.Yu., Divashuk M.G., Karlov G.I. Ispol'zovanie geneticheskogo potentsiala mnogoletnih dikorastushchih zlakov v selektsionnom uluchshenii pshenicy // Sel'skhozaystvennaya biologiya. 2019. T. 54. № 3. S. 409–425. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.409rus.
5. Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Ivanisov M.M. Ekologicheskaya plastichnost' sortov ozimoy myagkoj pshenicy // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2022. T. 14. № 2. S. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58.

6. Novikov N.N. Novyj metod diagnostiki azotnogo pitaniya i prognozirovaniya kachestva zerne ozimoy pshenicy // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skhozoyajstvennoj akademii. 2017. № 5. S. 29–40. DOI: 10.26897/0021-342X-2017-5-29-40.
7. Sanduhadze B.I., Mamedov R.Z., Krahmaleva M.S., Bugrova V.V. Nauchnaya selekciya ozimoy myagkoj pshenicy v Nechernozemnoj zone Rossii: istoriya, metody i rezul'taty // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2021. T. 25. № 4. S. 367–373. DOI: 10.18699/VJ21.53-o.
8. Sokolenko N.I., Komarov N.M., Galushko N.A., Dubinina V.V. Istochniki vysokogo kachestva zerna v selekcii myagkoj ozimoy pshenicy i triticale // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32. № 11. S. 33–36. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11108.
9. Suhorukov A.F., Suhorukov A.A., Bugakova N.E. Adaptivnyj potencial sortov pshenicy myagkoj ozimoy po kachestvu zerna v srednem Povolzh'e // Zernovoe hozjajstvo Rossii. 2021. № 6 (78). S. 62–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-62-66.
10. Tekhnologicheskaya ocenka zernovyh, krupyanyh i zernobobovyh kul'tur / pod obshch. red. M.A. Fedina. M.: B. i., 1988. 121 s.
11. Fadeeva I.D., Ignat'eva I.Yu., Hakimova A.G., Mitrofanova O.P. Iskhodnyj material dlya selekcii ozimoy myagkoj pshenicy na kachestvo zerna v usloviyah severa Srednego Povolzh'ya // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2022. T. 183. № 1. S. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
12. Fomenko M.A., Grabovec A.I., Olejnikova T.A., Zheleznyak E.A. Osobennosti selekcionnogo uluchsheniya ozimoy pshenicy v stepnoj zone Rostovskoj oblasti // Vestnik Rossijskoj sel'skhozoyajstvennoj nauki. 2020. № 5. S. 18–22. DOI: 10.30850/vrsn/2020/5/18-22
13. Fomenko M.A., Grabovec A.I., Olejnikova T.A., Zheleznyak E.A. Osobennosti transgressivnoj selekcii ozimoy pshenicy v usloviyah zasuh // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. T. 35. № 5. S. 28–32. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10504.
14. Hakimova A.G., Gubarev N.K., Koshkin V.A., Mitrofanova O.P. Geneticheskoe raznoobrazie i selekcionnaya cennost' sinteticheskij geksaploidnoj pshenicy, privlechennoj v kollekciju VIR // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2019. T. 23. № 6. S. 108–115. DOI: 10.18699/VJ19.548.
15. Cher P. Estimation of winter wheat grain protein content based on multisource data assimilation // Remote sensing. 2020. N. 12. P. 1–20. DOI: 10.3390/rs12193201
16. Luo Y., Wang W., Fan Y.Z. Exogenously-Supplied trehalose provides better protection for D1 protein in winter wheat under heat stress // Russian Journal of Plant Physiology. 2018. T. 65. № 1. P. 115–122. DOI: 10.1134/S1021443718010168.
17. Ray D.K., Gerber J.S., MacDonald G.K., West R. Climate variation explains a third of global crop yield variability // Nature Communications. 2015. № 6. P. 5989. DOI: 10.1038/ncomms6989.

Поступила в редакцию 20.02.2024

Принята к публикации 05.03.2024