

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЮГО-ВОСТОКА»

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
ПО РЕОЛОГИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ТЕСТА

Методические рекомендации

Саратов – 2017

УДК
ББК

Методические подходы к оценке качества зерна озимой пшеницы по реологическим свойствам теста / Т.Б. Кулеватова [и др.]; – Саратов: ФБГНУ «НИИСХ Юго-Востока», 2017. – 21 с.

ISBN

Методические рекомендации подготовлены на основе результатов экспериментальных исследований, проведенных сотрудниками лаборатории качества зерна: кандидатом биологических наук Кулеватовой Т.Б., кандидатами сельскохозяйственных наук Андреевой Л.В., Злобиной Л.Н., Осыка И.Н., доктором биологических наук Крупновой О.В.; при непосредственном участии старшего научного сотрудника лаборатории селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы Бекетовой Г.А.; заведующей селекционным центром, кандидатом сельскохозяйственных наук Ляцевой С.В.

Настоящие методические рекомендации содержат актуальные и востребованные практикой сведения о биохимических и технологических особенностях качества зерна пшеницы и аспектах его тестирования по реологическим свойствам теста. Освещены нетрадиционные методические подходы к оценке качества зерна в процессе селекции и переработки.

Рекомендации предназначены для студентов, магистров, аспирантов, научных сотрудников.

УДК
ББК

ISBN

© Кулеватова Т.Б., 2017
© Андреева Л.В., 2017
© Злобина Л.Н., 2017
© Крупнова О.В., 2017
© Осыка И.А., 2017
© Бекетова Г.А., 2017
© Ляцева С.В., 2017

ВВЕДЕНИЕ

Понятие о качестве зерна может быть различным в зависимости от направления его использования. Известно, что качество зерна определяется как генотипом, так и условиями внешней среды (прил.1). В основу требований, предъявляемых к сортам сельскохозяйственных культур, должна быть положена частота формирования ими в данном регионе зерна, пригодного для получения муки высокого качества. Отобрать лучшие генотипы по качеству, в определенных условиях среды, можно лишь с помощью оценки их фенотипов в тех же экологических условиях.

В связи с непрерывным повышением требований к вновь создаваемым сортам большое значение имеет разработка принципиально новых методов и подходов к оценке селекционного материала, также, как и к отбору высококачественных генотипов. К настоящему времени для этих целей рекомендовано значительное количество (около 50) критериев. Поиск новых и совершенствование традиционных методик тестирования качества зерна и муки на основе современных научных знаний и приборной базы является чрезвычайно актуальным как в производственном, так и селекционном процессах. Учитывая постоянно возрастающий объем работ, выражение множества показателей через меньшее их число очень важно.

Принято считать, что в основном, качество зерна определяет количество осадков в период его формирования, налива и созревания, поэтому реакцию сортов на изменение погодных условий в период вегетации необходимо контролировать систематически. Модификация методов с учетом погодных условий также является первоочередной необходимостью в системе мер, связанных с интенсификацией селекции на качество.

Миксолаб – новый инструмент изучения реологии теста

На современном этапе развития науки в лабораторном контроле качества зерна принято анализировать такие системы как шрот, мука, тесто, суспензия. Тестируют множество отдельно взятых параметров различных ком-

понентов зерна и муки: крахмала, протеинов, ферментов. Существует целый ряд веществ, которыми часто пренебрегают в процессе изучения: клетчатка, жиры и др. Одна из причин этого – очень трудоемкие и долговременные методики их определения, требующие множества химических реактивов и специально оборудованных помещений.

Для интегральной оценки хлебопекарных свойств необходим контроль реологических параметров теста, так как они определяют качество хлеба и хлебобулочных изделий. Реологические (структурно-механические) свойства характеризуют поведение системы в условиях напряженно-деформированного состояния и позволяют связать между собой в виде математических зависимостей нагрузку и деформацию, и их производные по времени (скорости нагружения и деформирования). Физические свойства теста оценивают традиционно на фаринографе, амилографе, миксографе, альвеографе и др. Однако, данные приборы работают в ограниченном режиме измерения. В настоящее время все большее распространение приобретают испытания, проводимые на приборе Миксолаб французской фирмы Chopin (рис.1).

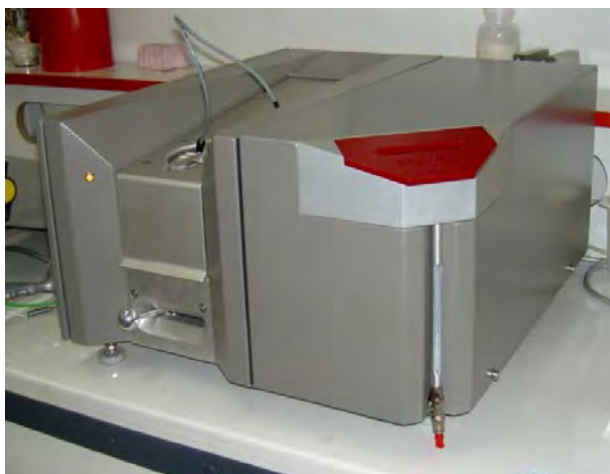


Рис. 1. Внешний вид прибора Миксолаб

Главное отличие этого современного прибора от подобных - в возможности варьирования важнейших параметров эксперимента, таких как температурный режим, время, консистенция теста, деформационная нагрузка и др. Испытания на нем стандартизированы под нормой ICC 173 «Whole meal and flour from T. Aestivum. Determination of rheological behavior as a function of

mixing and temperature increase». В 2011 году был утвержден ГОСТ Р 54498-2011 на пшеницу «Определение водопоглощения и реологических свойств теста с применением Миксолаба» [1].

При испытании на Миксолабе реализуются несколько стандартных протоколов эксперимента, таких как Chopin S, Chopin+, Chopin Wheat+, Chopin Durum 1 и другие, каждый из которых учитывает особенности (дисперсность, химический состав) изучаемой системы. Показатели реологической кривой визуализируются на графике зависимости крутящего момента (H^*m) от времени (мин) в определенном температурном режиме. Протокол Chopin + (анализу подвергается мука) предполагает 5 интервалов температур, при которых идет исследование: I длится 8 минут (при $30^{\circ}C$); II – последовательное повышение температуры от 30 до $90^{\circ}C$ ($4^{\circ}C$ в минуту); III – 7 минут (при $90^{\circ}C$); IV характеризуется последовательным понижением температуры от 90 до $50^{\circ}C$ ($4^{\circ}C$ в минуту); V – 5 минут (при $50^{\circ}C$) (рис.2).

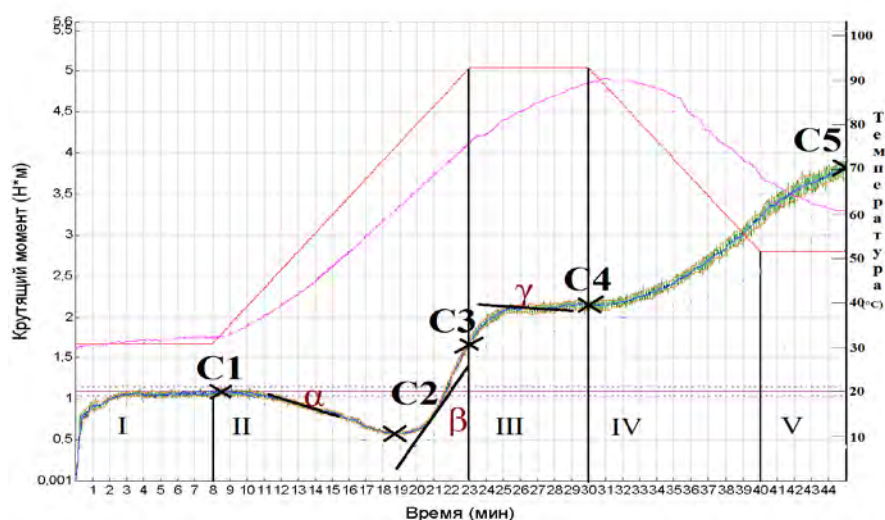


Рис. 2. Фазы реологического анализа теста в протоколе Chopin+

При анализе экспериментальных данных процесс записи реологической кривой условно делили на 2 части, характеризующие белково-протеиназный и углеводно-амилазный комплексы (рис.3). Такое деление предопределяет политермальный режим исследования, а условность состоит в том, что сис-

тема замкнута, и речь здесь идет лишь о векторном действии тех или иных ферментов (амилаз, протеаз) на тот или иной субстрат (белки, крахмал).

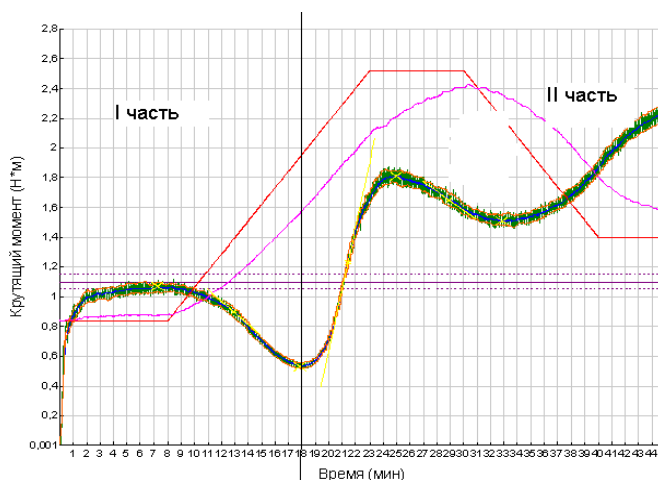


Рис.3. Схема эксперимента в протоколе Chopin+

Анализируют следующие индексы реологического состояния теста: время образования теста (мин), стабильность теста (мин), водопоглотительная способность (ВПС, %), РА (Вт*ч/кг) – общая энергия, поглощенная тестом во время замеса; $(РА)_1$ (Вт*ч/кг) – энергия на начальном (I) этапе эксперимента; $(РА)_2$ (Вт*ч/кг) – энергия на конечном (II) этапе эксперимента (рис.3). Данные показатели нами рекомендованы, исходя из анализа биохимических процессов, протекающих в системе (тесто), состоящей из продуктов переработки зерна и воды, представляющей по химической сущности - коллоидную. Крутящий момент (н*м) в анализируемых точках экстремума графика, с точки зрения биохимии, характеризует различные процессы: C_1 - образование теста; C_2 - разжижение теста; C_3 – максимальную скорость гелеобразования крахмала; C_4, C_5 – начало и окончание ретроградации крахмала в рамках эксперимента; α, β, γ – скорости биохимических реакций (расчетные величины).

Способ отображения данных стандартного графика с помощью радиальной диаграммы

Совокупность получаемых индексов миксолабограммы позволяет создать определенный графический профиль - профайлер, присущий конкретному образцу муки, и описать его реологические характеристики в виде по-

следовательных 6 индексов качества продукта для сравнения и использования. Каждая фаза графика оценивается по шкале от 0 до 9 и отображается на диаграмме с шестью осями, соответствующими определенному параметру качества (рис.4) и позволяющими в одном образце теста проанализировать качество всего спектра основных составных частей зерна и муки, принимая в расчет их постоянное взаимодействие.

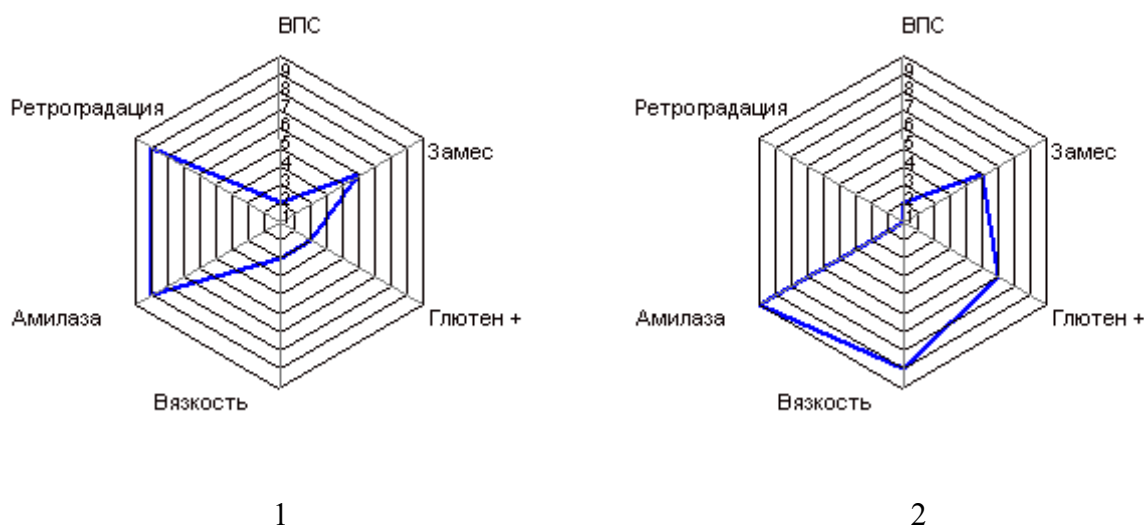


Рис. 4. Профайлеры сортов озимой пшеницы:
1 – Жемчужина Поволжья (1-52-288), 2 – Саратовская 17 (1-56-890)

Первая ось отображает водопоглотительную способность муки (количество воды, необходимое для достижения определенной консистенции теста). Увлажнение муки непосредственно влияет на массу получаемого теста и качество готового продукта. Увеличение ВПС приводит к лучшей желатинизации, большему поднятию при выпечке, меньшему загустеванию крахмала. Высокое значение этого параметра позволит сделать больше теста с меньшими затратами.

Вторая - индекс замешивания (стабильность теста при 30 °С). Его выраженность зависит от поведения теста во время замешивания, в особенности от стабильности. Продолжительное время образования теста в сочетании с хорошей стабильностью соответствуют достойному качеству.

Третья - индекс Глютен + характеризует сопротивление протеина повышению температуры (фаза между 30 °С и 60 °С). Снижение консистенции

теста обусловлено главным образом разрывом водородных связей в белковых молекулах. Существует прямая связь между минимальной консистенцией теста и поднятием теста во время выпечки.

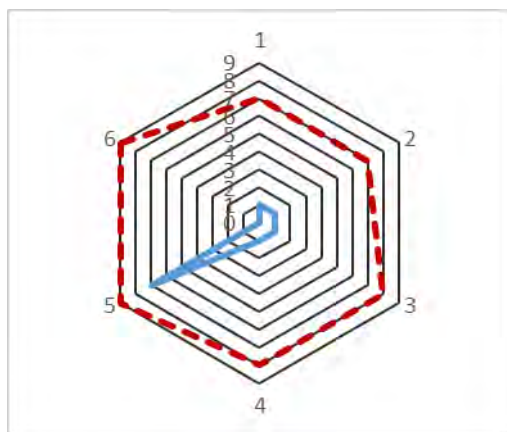
Четвертая - индекс вязкости (между 60 °С и 80 °С) характеризует гидролиз крахмала под действием амилаз: низкое значение вязкости укажет на высокую амилолитическую активность.

Пятая - индекс амилазы. Высокий индекс амилазы Миксолаба будет соответствовать слабой активности фермента (гиподиастаз), а низкий индекс – его высокой активности (гипердиастаз).

Шестая - индекс загустевания (ретроградации) крахмала, он напрямую связан со способностью конечного продукта противостоять черствению и сохранять товарный вид.

Для создания профиля качественной муки требуется проанализировать определенное количество образцов пшеницы, соответствующих качественному продукту. По каждому из получаемых индексов будет автоматически создан допустимый предел: минимальное и максимальное значение признака. Полученный профиль сохраняется в базе данных, автоматически становясь реологическим паспортом конечного продукта. При анализе нового образца и образца сравнения с требуемым профилем, если некоторые из индексов не подходят, программа подскажет причины возможных отклонений и решение проблемы качества.

Данные миксолабограмм теста образцов с отличными хлебопекарными свойствами представлены на радиальной диаграмме (рис.5). Были проанализированы 29 высококачественных сортообразцов пшеницы и на основе хлебопекарных данных составлен целевой профиль. Большой разброс индексов свидетельствует о том, что большинство сортов пшеницы селекции ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» являются высококачественными.



1



Рис. 5. 1 – Целевой профиль муки с отличными хлебопекарными свойствами. Минимальное значение индексов 1-11-170 (сплошная линия); максимальное - 7-78-999 (пунктирная линия).

Информативность нетрадиционных критериев технологических свойства теста на основе зерна озимой мягкой пшеницы

Под информативностью того или иного показателя в селекции понимают его количественную выраженность, лимитированность (пределы варьирования) по годам и в течение ряда лет; генотип-средовые взаимодействия; сортовую вариацию и технологическую ценность.

Метеорологические условия в период формирования и налива зерна в годы проведения полевых экспериментов были различными (табл. 1,2).

Таблица 1

Количество осадков за весенне-летний период 2011-2013гг
в сравнении с многолетними данными

Год	Количество осадков							
	май		июнь		июль		август	
	мм	% от нормы	мм	% от нормы	мм	% от нормы	мм	% от нормы
2011	12,3	29	62,7	139	4,9	10	19,9	45
2012	6,0	14	46,7	104	27,2	53	94,8	215
2013	44,0	102	141,0	313	37,2	73	11,1	25

В 2011 году количество выпавших осадков было недостаточным и составило 29% от нормы в мае, 10% - в июле и 45% - в августе. Температура воздуха в течение всего вегетационного периода была выше средней многолетней и составила в мае 17,1⁰С (114% от нормы), в июне-19,5⁰С (101% от

нормы), в июле - 26,2⁰С (122% от нормы), в августе - 21,7⁰С (109% от нормы). Гидротермический коэффициент - 0,5, что соответствует слабому увлажнению.

Таблица 2

Температура воздуха за весенне-летний период 2011-2013гг
в сравнении с многолетними данными

Год	Температура воздуха								ГТК
	май		июнь		июль		август		
	t, ⁰ С	% от нормы	t, ⁰ С	% от нормы	t, ⁰ С	% от нормы	t, ⁰ С	% от нормы	
2011	17,1	114	19,5	101	26,2	122	21,7	109	0,5
2012	19,3	129	23,0	119	23,9	112	22,2	112	0,7
2013	19,6	131	20,9	108	21,3	100	21,4	108	1,2

В 2012 году количество выпавших осадков было недостаточным в мае: 6,0 мм (14% от нормы), в июле - 27,2 мм (53%); и выше нормы в июне и августе - 104 и 205% соответственно. Температура воздуха была выше многолетней нормы в течение всего вегетационного периода. Гидротермический коэффициент составил 0,7; что свидетельствует о недостаточном увлажнении.

Период формирования зерна 2013 года отличался достаточно высокой влагообеспеченностью, количество выпавших осадков в мае составило 44,0 мм (102% от нормы), в июне - 141мм (313%). Температура воздуха за весенне-летний период была выше в сравнении с многолетними данными. Гидротермический коэффициент-1,2; что соответствует оптимальному увлажнению. Таким образом, разнообразие погодных условий в годы исследований позволило всесторонне изучить сорта озимой пшеницы по показателям качества зерна.

Изучение набора сортов и популяций озимой пшеницы, выращенных в селекционных питомниках лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» в 2011, 2012 и 2013 гг: Мироновская 808, Лютесценс 230, Саратовская 8, Виктория 95, Губерния, Донская безостая, Саратовская 90, Левобережная 1, Смуглянка, Жемчужина Поволжья, Саратовская 17, Калач 60, Созвездие и др. свидетельствует, что по вре-

мени образования и стабильности теста выделились Жемчужина Поволжья, Саратовская 17, Донская безостая и Созвездие. Данные сорта можно использовать как улучшители в смесях с низкокачественными пшеницами (табл.3).

Таблица 3

Показатели реологических свойств теста на основе зерна озимой пшеницы

№	Название сорта	Время образования теста (мин)			Стабильность теста (мин)		
		2011	2012	2013	2011	2012	2013
1.	Мироновская 808	8,67	8,02	3,33	10,87	6,00	9,12
2.	Лютесценс 230	7,83	8,40	3,35	9,35	6,00	7,28
3.	Саратовская 8	8,92	8,62	1,45	10,32	4,48	11,03
4.	Виктория 95	6,13	6,00	3,50	3,70	2,60	4,22
5.	Губерния	5,42	5,17	3,03	3,35	3,63	3,53
6.	Донская безостая	3,32	8,43	1,58	10,17	11,03	11,02
7.	Саратовская 90	8,82	5,02	3,15	8,08	9,58	9,93
8.	Левобережная 1	7,62	3,07	1,77	9,92	10,72	9,32
9.	Смуглянка	5,17	4,08	3,23	9,27	8,20	7,55
10.	Жемчужина Поволжья	7,98	8,93	4,92	10,03	10,80	9,77
11.	Саратовская 17	8,50	7,45	5,33	11,65	10,65	10,38
12.	Созвездие	8,15	9,37	1,53	11,68	11,08	10,02
F		NS			9,7*		
НСР					2,4		

Наибольшей водопоглотительной способностью обладают Лютесценс 230, Саратовская 90, Виктория 95 и Левобережная 1 (табл.4).

Таблица 4

Водопоглотительная способность и энергия, поглощенная тестом во время замеса, у сортов озимой пшеницы

№	Название сорта	ВПС (%)			РА (Вт*ч/кг)		
		2011	2012	2013	2011	2012	2013
1.	Мироновская 808	52,5	52,5	54,9	140,31	146,29	156,13
2.	Лютесценс 230	56,3	56,1	56,3	127,04	125,99	158,17
3.	Саратовская 8	54,1	54,2	54,2	139,27	145,46	170,45
4.	Виктория 95	55,2	55,2	56,8	109,85	111,49	105,47
5.	Губерния	54,2	54,4	55,9	110,94	115,10	103,34
6.	Донская безостая	53,8	55,3	58,7	131,73	144,80	126,58
7.	Саратовская 90	55,5	55,7	55,7	132,64	132,49	165,23
8.	Левобережная 1	55,7	53,9	57,3	134,11	146,97	134,60
9.	Смуглянка	53,0	54,9	57,2	129,94	123,68	114,91
10.	Жемчужина Поволжья	52,8	53,0	57,2	128,98	147,27	135,16
11.	Саратовская 17	52,4	53,8	56,1	146,02	153,22	143,43
12.	Созвездие	54,9	54,7	56,1	148,71	152,92	168,40
F		2,4*			6,2*		
НСР		1,7			18,1		

В интервале температур 30-60°C достигается оптимум действия протеолитических ферментов. Вследствие этого клейковинные белки деградируют, тесто разжижается. Момент силы в точке C_2 (Н*м) характеризует данный биохимический процесс. Наиболее перспективны по данному признаку, который напрямую связан с объемным выходом хлеба, сорта Виктория 95, Губерния и Смуглянка (табл.5).

Таблица 5

Крутящий момент в точках экстремума функции

№	Название сорта	C_2 (Н*м)			C_5 (Н*м)		
		2011	2012	2013	2011	2012	2013
1.	Мироновская 808	0,49	0,48	0,47	3,65	3,78	4,83
2.	Лютесценс 230	0,47	0,40	0,42	3,11	3,28	5,08
3.	Саратовская 8	0,54	0,49	0,54	3,50	3,73	5,43
4.	Виктория 95	0,37	0,37	0,39	2,87	2,72	2,45
5.	Губерния	0,37	0,40	0,37	2,82	2,79	2,57
6.	Донская безостая	0,52	0,55	0,54	3,30	3,62	3,18
7.	Саратовская 90	0,49	0,47	0,49	3,26	3,28	5,09
8.	Левобережная 1	0,43	0,52	0,49	3,50	3,68	4,00
9.	Смуглянка	0,41	0,41	0,42	3,22	2,92	2,52
10.	Жемчужина Поволжья	0,42	0,48	0,48	3,30	3,78	3,86
11.	Саратовская 17	0,58	0,50	0,55	3,83	3,94	3,37
12.	Созвездие	0,58	0,49	0,53	3,84	3,97	5,15
F		12,1*			2,9*		
НСР		0,1			1,0		

Начиная с некоторой температуры, доминирующими становятся явления, связанные с клейстеризацией, автолизом и желатинизацией крахмала. Момент силы в точках C_3 , C_4 , C_5 характеризует углеводно-амилазный комплекс изучаемой системы и процессы, происходящие в нем. Высокой автолитической активностью обладают Виктория 95, Губерния, Смуглянка во все годы исследования. Сорта, имеющие высокое значение C_3 : Саратовская 8, Донская безостая, Левобережная 1, Саратовская 17 и Созвездие, во время выпечки хлеба будут формировать мелкопористую структуру мякиша.

Сорта Мироновская 808, Саратовская 8, Левобережная 1, Саратовская 17, Созвездие с высоким значением C_4 отличаются слабой ферментативной активностью.

Момент силы в точке C_5 характеризует процесс ретроградации крахмала при охлаждении. Данный показатель связан с процессами очерствения хлебобулочных изделий. Максимальное значение момента силы в точке C_5 показали Саратовская 17 и Созвездие. Наименее перспективны по этому признаку сорта Виктория 95, Губерния и Смуглянка. Показатель C_2 напрямую связан с объемным выходом хлеба (табл.5).

Выраженность показателя РА (Вт*ч/кг), характеризующего количество поглощенной энергии в процессе замеса теста, показана в табл.6. Его значения варьируют от 97,24 у сорта Калач 60 до 170,45 у Саратовской 8. Высокая вариация по сортам указывает на значимость его оценки в процессе селекции. Мы рекомендуем анализировать его, в дальнейшем на различных этапах эксперимента, которые отличаются температурным режимом, а, следовательно, и биохимическими процессами, происходящими в системе, отдельно.

Выявлена довольно высокая корреляция (0,5014) этого показателя с максимальной высотой амилограммы в 2013 году, и высокосignificant корреляция данного показателя с разностью температур начала и окончания клейстеризации (0,7537*).

Таблица 6

Водопоглотительная способность и энергия, поглощенная тестом во время замеса, у сортов озимой пшеницы

№	Название сорта	ВПС (%)			РА (Вт*ч/кг)		
		2011	2012	2013	2011	2012	2013
1.	Мироновская 808	52,5	52,5	54,9	140,31	146,29	156,13
2.	Лютесценс 230	56,3	56,1	56,3	127,04	125,99	158,17
3.	Саратовская 8	54,1	54,2	54,2	139,27	145,46	170,45
4.	Виктория 95	55,2	55,2	56,8	109,85	111,49	105,47
5.	Губерния	54,2	54,4	55,9	110,94	115,10	103,34
6.	Донская безостая	53,8	55,3	58,7	131,73	144,80	126,58
7.	Саратовская 90	55,5	55,7	55,7	132,64	132,49	165,23
8.	Левобережная 1	55,7	53,9	57,3	134,11	146,97	134,60
9.	Смуглянка	53,0	54,9	57,2	129,94	123,68	114,91
10.	Жемчужина Поволжья	52,8	53,0	57,2	128,98	147,27	135,16
11.	Саратовская 17	52,4	53,8	56,1	146,02	153,22	143,43
12.	Созвездие	54,9	54,7	56,1	148,71	152,92	168,40
	F		2,4*			6,2*	
	НСР		1,7			18,1	

В условиях Нижнего Поволжья в период формирования, налива и созревания зерна озимой пшеницы осадки выпадают, как правило, крайне неравномерно. Поскольку они в основном и определяют качество зерна, то необходимо выявлять тесноту и характер корреляции между контролируемыми в селекции признаками. Сопряженность между признаками миксолабограммы и традиционными показателями качества представлена в таблице 7.

Таблица 7

Сопряженность (r) между признаками миксолабограммы и традиционными показателями качества зерна озимой пшеницы

Традиционные показатели качества	Признаки миксолабограммы					
	Время образования теста (мин)	Стабильность теста (мин)	C ₂ (Н*м)	C ₅ (Н*м)	ВПС, %	РА (Вт*ч/кг)
2011 год						
Объемный выход хлеба, см ³	0,0869	-0,1633	0,1107	-0,2507	0,7637**	-0,1003
Содержание клейковины, %	-0,3196	-0,6003*	-0,2601	-0,5886*	0,5553*	-0,5185
Показатель ИДК-1, ед.пр.	-0,2680	-0,4897	-0,3067	-0,6536**	0,3211	-0,5280
P/L	-0,1248	0,2239	0,2199	0,3664	0,0892	0,2249
W, ea	0,1906	0,7424**	0,5423	0,7167**	0,0267	0,6997**
2012 год						
Объемный выход хлеба, см ³	0,3912	-0,4564	-0,4691	-0,2136	0,0123	-0,2386
Содержание клейковины, %	0,2232	-0,4993	-0,2148	-0,2480	0,1947	-0,2431
Показатель ИДК-1, ед.пр.	0,2878	-0,7292**	-0,5314	-0,4044	0,1558	-0,4380
P/L	-0,3718	0,6227	0,6278*	0,2899	-0,0540	0,3433
W, ea	0,1295	0,1832	0,0813	-0,2714	0,5197	-0,1842
2013 год						
Объемный выход хлеба, см ³	0,2720	-0,2606	-0,1489	0,2255	-0,2100	0,0633
Содержание клейковины, %	0,0607	-0,1464	0,0751	0,3113	-0,0610	0,2696
Показатель ИДК-1, ед. пр.	0,1789	-0,2976	-0,0446	-0,1901	0,1157	-0,2197
P/L	-0,3330	0,3021	0,2071	0,0391	0,0224	0,0700
W, ea	-0,1640	0,3831	0,3102	0,3075	0,0004	0,3551

В 2011, 2012 гг., когда налив и созревание зерна проходили при дефиците осадков: 10 и 53% от нормы, наблюдалась тесная взаимосвязь стабильности теста с содержанием клейковины, показателем ИДК-1 и с др. Что касается 2013г (июнь – 313% осадков от нормы; июль – 73%), то такой сопряженности не было выявлено.

При изучении селекционного материала необходимо обязательно учитывать эффекты взаимодействия генотипов со средой. Взаимодействие проявляется в том, что изменение условий среды неодинаково влияет на выраженность признаков у разных генотипов. Генотип-средовые взаимодействия по времени образования теста проявлялись в 100% случаев. Коэффициенты корреляции при других сравнениях были достоверными (табл.8).

Таблица 8

Сезонные эффекты по признакам качества зерна озимой пшеницы

Годы	2011	2012	2013
Время образования теста, мин			
2011	1,0000	0,2257	0,2145
2012		1,0000	0,2994
2013			1,0000
Стабильность теста, мин			
2011	1,0000	0,6925**	0,8877**
2012		1,0000	0,7119**
2013			1,0000
C ₂ , Н*М			
2011	1,0000	0,6540*	0,8730**
2012		1,0000	0,8929*
2013			1,0000
C ₅ , Н*М			
2011	1,0000	0,9014**	0,5116*
2012		1,0000	0,5878*
2013			1,0000
РА, Вт*ч/кг			
2011	1,0000	0,8903*	0,7582**
2012		1,0000	0,6179**
2013			1,0000
ВПС, %			
2011	1,0000	0,6936**	0,0419
2012		1,0000	0,2544
2013			1,0000

Определение коэффициента корреляции между одноименными признаками у генотипов, выращенных в различных условиях, является одним из наиболее простых способов оценки генотип-среда. При отсутствии взаимодействия коэффициент корреляции по одному и тому же признаку равен +1. Чем сильнее выражено взаимодействие, тем больше отклоняется коэффициент корреляции от +1. Чем меньше признак модифицируется средой, и, сле-

довательно, чем выше наследуемость, тем слабее генотип-средовые взаимодействия. Оценка этих взаимодействий является первым звеном в алгоритме подсчета адаптивных свойств сортов.

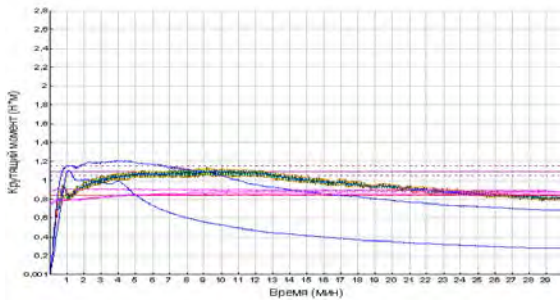
Влияние протеолитических ферментов вредной черепашки на физические свойства теста озимой пшеницы

В числе опасных для сельского хозяйства насекомых издавна известны хлебные клопы, к которым и принадлежит вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.), наносящая урон всем злаковым культурам и особенно пшенице. Большая вредоносность обуславливается тем, что клопы и личинки вредной черепашки отличаются внекишечным способом переваривания пищи [3]. Накалывая зерно, вредитель вместе со слюной вносит ряд ферментов, среди которых особенно активны протеолитические, расщепляющие глиадины и глютенины, вследствие чего клейковина при отмывании разжижается. При размалывании зерна фермент попадает в общую массу муки и является причиной ухудшения качества теста. Оно теряет упругость, становится чрезмерно растяжимым и неустойчивым при замесе. Повреждение пшеницы вредной черепашкой затрудняет оценку генотипически обусловленного качества зерна в связи с селекцией, так как негативно отражается на объективности всех технологических критериев [4]. Известно, что показатели физических свойств теста, измеряемые на фаринографе, миксографе и альвеографе, чувствительны к протеолитическим ферментам клопа-черепашки.

Для изучения влияния массовой доли пораженного зерна в навеске на выраженность индексов реограммы Миксолаба привлекали сорта озимой пшеницы, выращенные в питомнике конкурсного сортоиспытания. Неповрежденное и поврежденное клопом зерно размалывали отдельно на мельнице «Квадрумат Юниор». Продукты размола для исследования объединялись по весу в смеси. Фиксировались водопоглотительная способность (ВПС), время образования теста (мин), устойчивость теста (мин) и стабильность (мин) (время образования + устойчивость) в протоколе Chopin S.

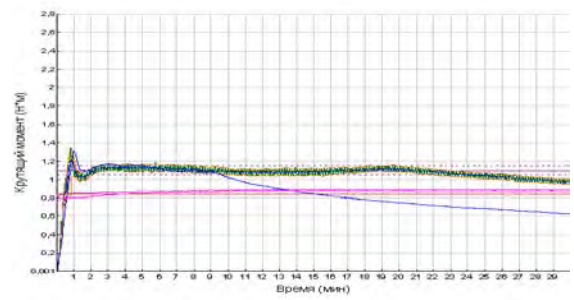
На рис. 5 представлены реологические кривые теста из неповрежденно-го и поврежденного зерна изучаемых сортов.

Саратовская 90



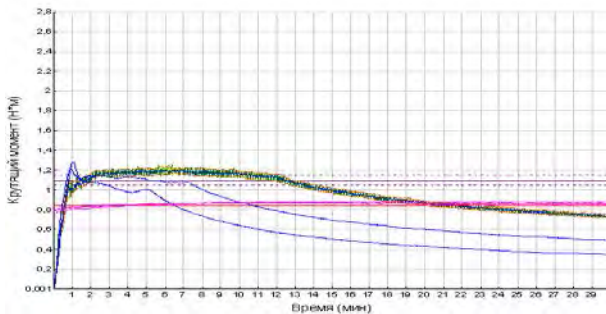
2 - 15% поврежденного зерна; 3 – 100% поврежденного зерна

Мироновская 808



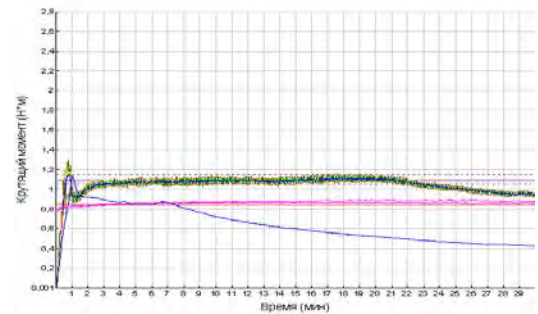
2 - 30% поврежденного зерна

Жемчужина Поволжья



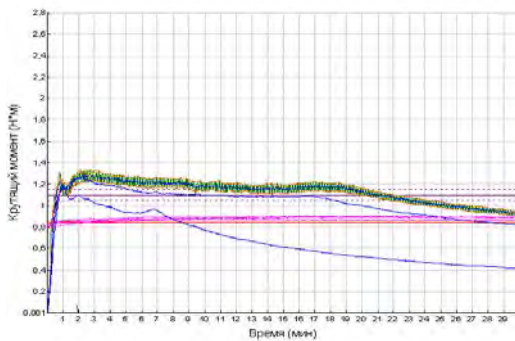
2 - 50% поврежденного зерна; 3 - 100% поврежденного зерна

Саратовская 17



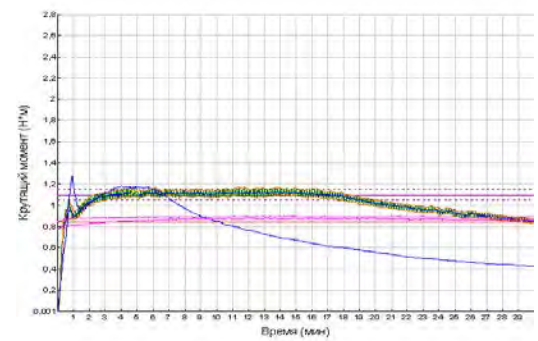
2 – 100% поврежденного зерна

Левобережная 1



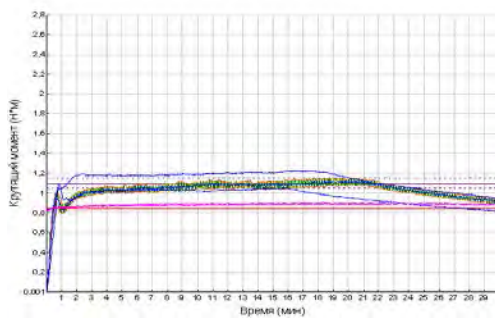
2 - 15% поврежденного зерна; 3 – 100% поврежденного зерна

Донская безостая



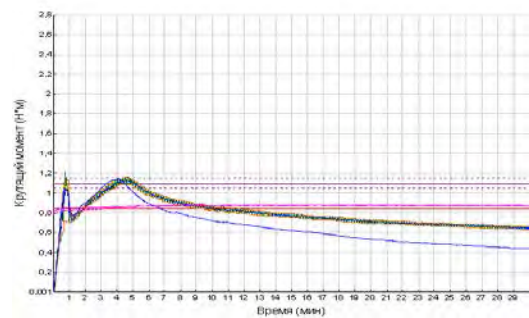
2 – 30% поврежденного зерна

Саратовская 8



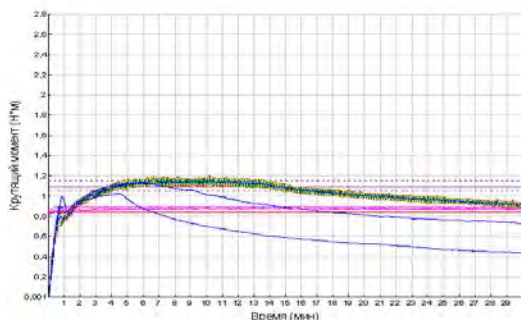
2 – 15% поврежденного зерна; 3 – 30% поврежденного зерна

Губерния



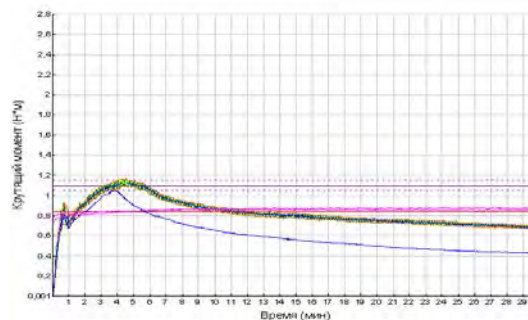
2 - 15% поврежденного зерна

Лютесценс 230



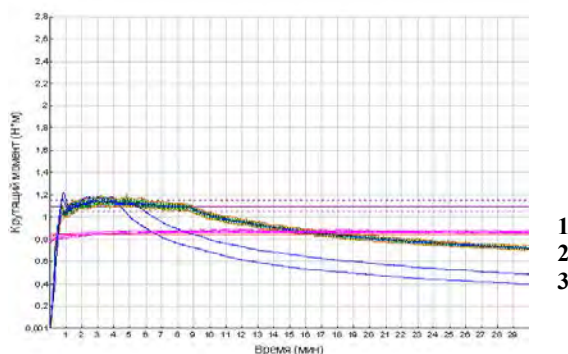
2 - 30% поврежденного зерна; 3 - 100% поврежденного зерна

Виктория 95



2 - 30% поврежденного зерна

Смуглянка



2 - 15% поврежденного зерна; 3 - 30% поврежденного зерна

Рис.5. Реограммы теста из неповрежденного зерна и с массовой долей поврежденного зерна 15, 30, 50, 100%.

Анализируя неповрежденное зерно по миксолабограмме (графики №1 на рисунке), видно, что более высокие показатели по абсолютному значению имеют сорта Саратовская 8, Донская безостая, Саратовская 17, Мироновская 808, Левобережная 1, Саратовская 90, Жемчужина Поволжья, Лютесценс 230. Ценность таких сортов состоит в том, что они могут выступать улучшителями в смесях. Хуже реологические свойства у Смуглянки, Губернии, Виктории 95. Данные сорта характеризуются небольшим временем образования теста, быстрым и резким его разжижением. Отсутствовала устойчивость теста у Виктории 95 и Губернии (табл.7). У Саратовской 90, Левобережной 1, Саратовской 8, Смуглянки графики №2 соответствуют образцам с массовой долей поврежденного зерна 15%. У Мироновской 808, Донской безостой, Виктории 95, Лютесценс 230 график №2 соответствует 30% -ному поражению зерна, тогда как такая же массовая доля пораженного зерна в навеске у

Смуглянки и Саратовской 8 визуализируется на графиках № 3. При увеличении ее в навеске отчетливо прослеживается тенденция снижения абсолютных значений всех показателей реологических индексов у всех изучаемых сортов, без исключения.

У сортов озимой пшеницы Саратовская 17, Левобережная 1, Саратовская 90, Жемчужина Поволжья, Лютесценс 230 график №3 соответствует 100%-ному поражению зерна клопом-черепашкой. Из реограмм и данных табл.8 видно, что при таком повреждении у всех сортов, кроме Лютесценс 230, тесто практически не успевает образовываться, ферментативные процессы начинаются со времени начала эксперимента и протекают с большой скоростью.

Таблица 7

Основные показатели миксолабограммы неповрежденного зерна

Название сорта	ВПС (%)	Время образования теста (мин)	Устойчивость теста (мин)	Стабильность теста (мин)
Саратовская 17	52,7	16,0	6,0	22,0
Саратовская 8	52,9	19,0	2,0	21,0
Мироновская 808	52,2	3,0	17,0	20,0
Левобережная 1	53,5	3,0	16,0	19,0
Донская безостая	55,3	4,5	12,0	16,5
Лютесценс 230	55,5	6,5	7,0	13,5
Саратовская 90	53,2	9,0	3,0	12,0
Жемчужина Поволжья	53,4	6,5	6,0	12,5
Смуглянка	51,8	3,0	6,0	9,0
Виктория 95	54,9	4,5	0,0	4,5
Губерния	54,0	4,5	0,0	4,5

Сорт Лютесценс 230 даже при 100% повреждении образовывал тесто в течение 5 минут. Это явление можно назвать уникальным.

Из выше сказанного можно сделать общий вывод: поражение зерна хлебным клопом (*Eurygaster integriceps* Put.) ведет к ухудшению всех реологических показателей теста, измеряемых на приборе «Миксолаб», включая водопоглотительную способность (ВПС). Чем качественнее сорт, тем он имеет больший «запас прочности» реологических характеристик. У таких сортов

при повреждении 15 и 30% еще сохраняются показатели на уровне качества, которое можно использовать в определенном технологическом процессе.

Таблица 8

Основные показатели миксолабограммы зерна, поврежденного на 100% клопом-черепашкой

Название сорта	ВПС (%)	Время образования теста (мин)	Устойчивость теста (мин)	Стабильность теста (мин)
Саратовская 17	49,5	1,0	0,0	0,0
Саратовская 90	51,5	1,0	0,0	1,0
Левобережная 1	52,1	1,0	0,0	1,5
Лютесценс 230	52,2	4,5	0,0	4,5
Жемчужина Поволжья	50,8	1,5	0,0	1,5

Показатели реограммы Миксолаба несут ценную информацию не только для технологов, но и для селекционеров, и должны широко использоваться в селекции озимой пшеницы на качество зерна.

Литература

1. ГОСТ Р 54498-2011 Зерно и мука из мягкой пшеницы. Определение водопоглощения и реологических свойств теста с применением Миксолаба, Стандарт информ, 2013, стр.12.
2. Дюба А. Современный метод контроля качества зерна и муки по реологическим свойствам теста, определяемых с помощью Миксолаб профайлер / А. Дюба, К.Д. Рысев // Управление реологическими свойствами пищевых продуктов: сб. материалов Первой науч. - практ. конф., 25-26 сент. 2008. – М., 2008. – С. 86 – 95.
3. Т.Б. Кулеватова. Влияние поражения зерна озимой пшеницы клопом-черепашкой (*Eurygaster integriceps* Put.) на показатели реологических свойств теста/ Л.В. Андреева, Г.В. Пискунова, В.А. Матвеева: Агро XXI, 2013, №4-6, С. 27-28.
4. М.А. Володичев. Вредоносность личинок и клопов нового поколения вредной черепашки (*Eurygaster integriceps* Put.) на пшенице/ М.А. Володичев// С.-х. биология. 1986.-№8.-С.118-123.

**Факторы,
влияющие на качество зерна сорта**

