

Влияние биотических и абиотических факторов на хлебопекарные свойства муки в Оренбургской области*

Г.Н. Сандакова, к.т.н., ФГБНУ ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН

Мука – основное сырьё для хлебопекарной промышленности.

Главным методом оценки хлебопекарных свойств пшеничной муки является пробная выпечка хлеба, результаты которой в значительной мере зависят от физических и биохимических особенностей муки – силы муки. Сила муки рассматривается как способность сильной пшеницы поддерживать в определённом процентном соотношении слабую в хлебопекарном отношении пшеницу для производства из неё хлеба удовлет-

ворительного качества. Для оценки качества муки, помимо метода пробных выпечек, используют показатели физических свойств теста, определяемые при помощи самопишущих приборов: альвеографа, фаринографа, экстенсографа и др. Существуют более быстрые методы предварительной оценки качества зерна пшеницы по мукомольным и хлебопекарным свойствам при приёмке и размещении зерна на элеваторах, мелькомбинатах, позволяющие правильно размещать партии, разнородные по качеству. Данные показатели исходного качества зерна включены в ГОСТ Р 52554-2006 и являются ориентировочной оценкой хлебопекарных свойств пшеницы.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 17-04-203-74/17

Госкомиссия по сортоиспытанию с.-х. культур для характеристики сортов пшеницы по хлебопекарным качествам отобрала комплекс наиболее существенных показателей, который был положен в основу примерной схемы оценки пшеницы по силе, физическим и биохимическим показателям зерна, физическим свойствам теста, а также пробным выпечкам.

Поскольку мука является промежуточным продуктом между зерном и хлебом, проблема влияния на физические свойства теста и хлебопекарные свойства муки исходного качества зерна, погодных факторов и агротехнических приёмов возделывания находится в центре внимания оренбургских учёных, разным аспектам его применения посвящены многие работы, однако все результаты исследований были получены в краткосрочных опытах, комплексных же исследований в этой области на представительной выборке сортов яровой мягкой пшеницы сильных сортов, по существу, не проводилось, несмотря на их актуальность [1–5].

Материал и методы исследования. Для исследования были использованы материалы по оценке хлебопекарных свойств сильных сортов яровой мягкой пшеницы, полученные в Центральной лаборатории Госкомиссии по сортоиспытанию с.-х. культур, за период 1980–2016 гг. по всем госсортоучасткам Оренбургской области (всего выборка составила 216 образцов пшеницы), а также материалы гидрометеостанций за рассматриваемый период. Вероятностную оценку образцов проводили на соответствие физических свойств теста и хлебопекарных качеств муки требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам, по трём предшественникам: пар, озимые, яровая пшеница.

Поиск количественных связей физических свойств теста и хлебопекарной оценки муки с показателями качества зерна, погодными (биотическими) факторами и агротехническими приёмами возделывания (абиотическими факторами) яровой мягкой пшеницы, разработка моделей (регрессионных) осуществлены методом нелинейного корреляционно-регрессионного и множественного регрессионного анализов на ПЭВМ с помощью прикладных программ Exsel, Statistika.

Результаты исследования. Определение хлебопекарных свойств пшеницы имеет большое значение не только для хлебопекарной промышленности, но и для сельского хозяйства. Известно, например, что пшеница с высоким содержанием клейковины обеспечивает больший выход хлеба из единицы веса сырья, чем пшеница худшего качества [6]. Поиск корреляционных связей исходного качества зерна с показателями физических свойств теста и хлебопекарных качеств муки позволили получить множественные регрессионные модели «исходное качество зерна – удельная работа деформации теста», «исходное качество зерна – объёмный выход хлеба», «исходное качество зерна – общая хлебопекарная оценка» (табл. 1).

На основании полученных уравнений были сделаны выводы, что удельная работа деформации теста в 64% случаев зависит от содержания и качества клейковины в зерне. Увеличение количества клейковины на 1% (в изученных пределах 19,7–43,3%) и уменьшение показания прибора ИДК-1 на 1 ед., т.е. улучшение качества клейковины (в изученных пределах 45–105 ед. ИДК-1) приводят к повышению данного показателя на 12,83 и 5,22 е.а. соответственно.

1. Множественные регрессионные модели влияния исходного качества зерна яровой мягкой пшеницы сильных сортов на физические свойства теста и хлебопекарные качества муки

Независимая переменная (исходное качество зерна)	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка	T-значение	Уровень значимости	β-коэффициент
Удельная работа деформации теста по альвеографу, е.а.					
Свободный член	280,311	42,816	6,547	0,000	–
Содержание клейковины, % (x ₁)	12,828	1,216	10,547	0,000	0,484
Качество клейковины, ед. ИДК-1 (x ₂)	-5,225	0,432	-12,082	0,000	-0,554
Для полной регрессии: стандартная ошибка оценки = 94,570 е.а.; R ² = 0,638; F _{отношение} = 103,20; F _{теор.0,05} = 2,30					
Объёмный выход хлеба, мл					
Свободный член	500,248	77,974	6,415	0,000	–
Стекловидность, % (x ₁)	2,040	0,856	2,381	0,000	0,113
Содержание клейковины, % (x ₂)	20,403	1,766	11,550	0,000	0,567
Качество клейковины, ед. ИДК-1 (x ₃)	-2,773	0,627	4,415	0,000	-0,216
Для полной регрессии: стандартная ошибка оценки = 136,67 мл; R ² = 0,633; F _{отношение} = 49,604; F _{теор.0,05} = 2,30					
Общая хлебопекарная оценка, балл					
Свободный член	2,422	0,295	8,201	0,000	–
Стекловидность, % (x ₁)	0,010	0,030	3,528	0,000	0,171
Белок, % (x ₂)	0,139	0,015	8,966	0,000	0,434
Качество клейковины, ед. ИДК-1 (x ₃)	-0,012	0,002	5,967	0,000	-0,288
Для полной регрессии: стандартная ошибка оценки = 0,458 балла; R ² = 0,605; F _{отношение} = 44,354; F _{теор.0,05} = 2,30					

В дисперсию объёмного выхода хлеба наибольшее положительное влияние вносит содержание клейковины ($\beta = 0,567$), меньшее – качество клейковины ($\beta = -0,216$) и стекловидность ($\beta = 0,113$). Увеличение стекловидности зерна на 1% (в изученных пределах 47–90%), содержания клейковины на 1% и уменьшение показания прибора ИДК-1 на 1 ед. (улучшение качества клейковины) приводят к повышению объёмного выхода хлеба на 25 мл.

Общая хлебопекарная оценка муки в большей степени ($\beta = 0,434$) зависит от содержания белка, в меньшей от качества клейковины ($\beta = -0,288$) и стекловидности ($\beta = 0,171$). Увеличение стекловидности зерна на 1%, содержания белка на 1% (в изученных пределах 9,0–18,8%) и уменьшение показания прибора ИДК-1 на 1 ед. (улучшение качества клейковины) приводят к повышению общей хлебопекарной оценки на 0,16 балла.

Методом нелинейного регрессионного анализа рассчитаны корреляционные связи показателей физических свойств теста и хлебопекарной оценки

муки с погодными факторами: средней температурой воздуха и осадками в разрезе месяцев периода вегетации яровой мягкой пшеницы.

Выявлено, что физические свойства теста находятся в сильной корреляционной связи ($\eta = 0,78–0,89$) со средней температурой июля (рис. 1). Увеличение средней температуры воздуха с 16,9 до 24,2°C способствует улучшению теоретического показателя разжижения теста с 105 до 89 е.ф., валориметрической оценки с 51 до 61 е. вал., отношения упругости теста к растяжимости с 1,7 до 0,9 ед. При росте средней температуры с 16,9 до 19,5°C наблюдается улучшение показателя упругости теста с 94 до 104 мм, дальнейшее повышение температуры до 24,2°C приводит к снижению упругости теста до 72 мм. Средняя температура в пределах 16,9–21,9°C способствует росту удельной работы деформации теста с 122 до 273 е.а., дальнейшее повышение средней температуры до 24,2°C приводит к снижению данного показателя до 243 е.а. Наблюдается рост общей хлебопекарной оценки муки по пробной выпечке с

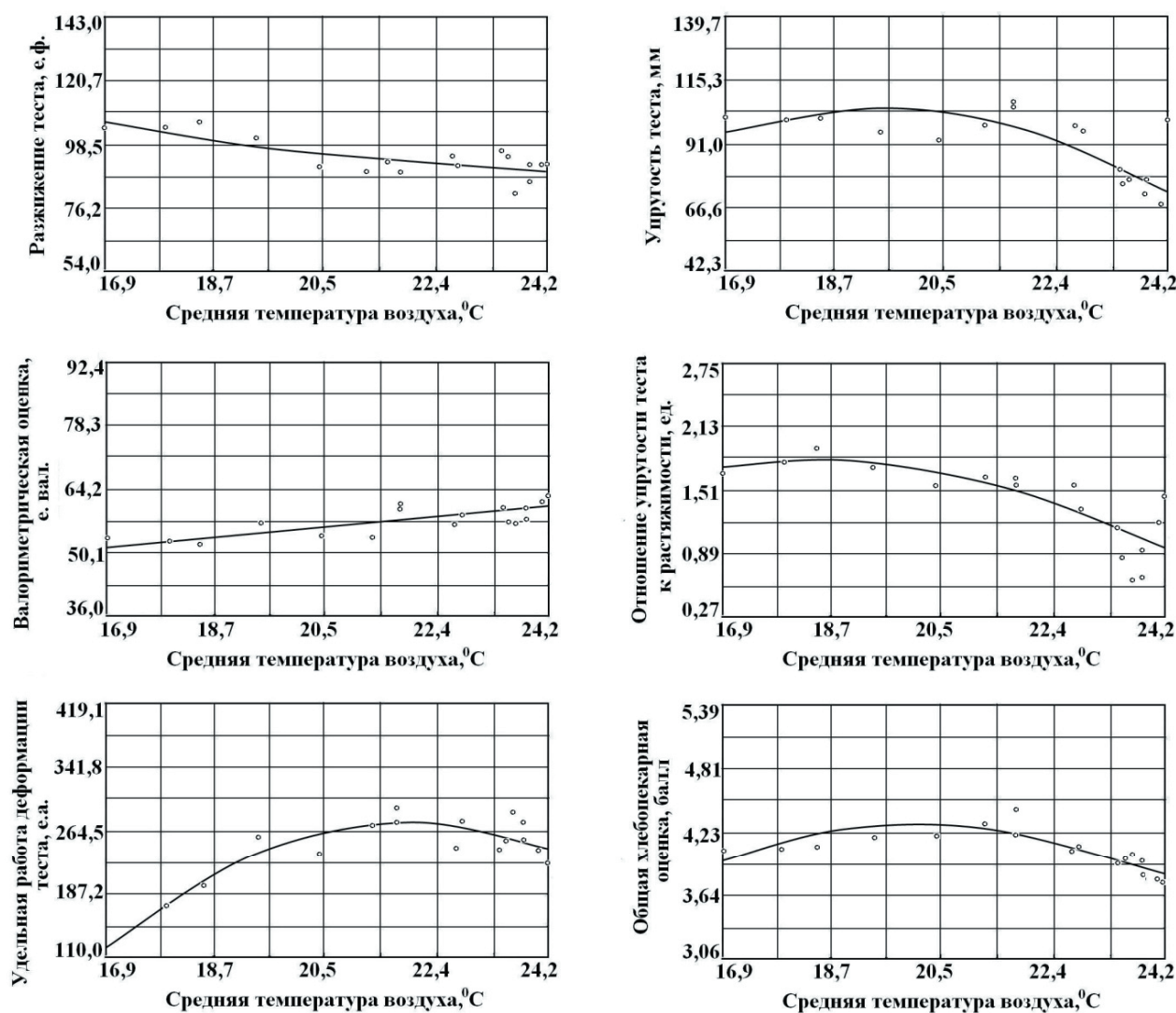


Рис. 1 – Влияние средней температуры воздуха июля на физические свойства теста и хлебопекарные качества муки

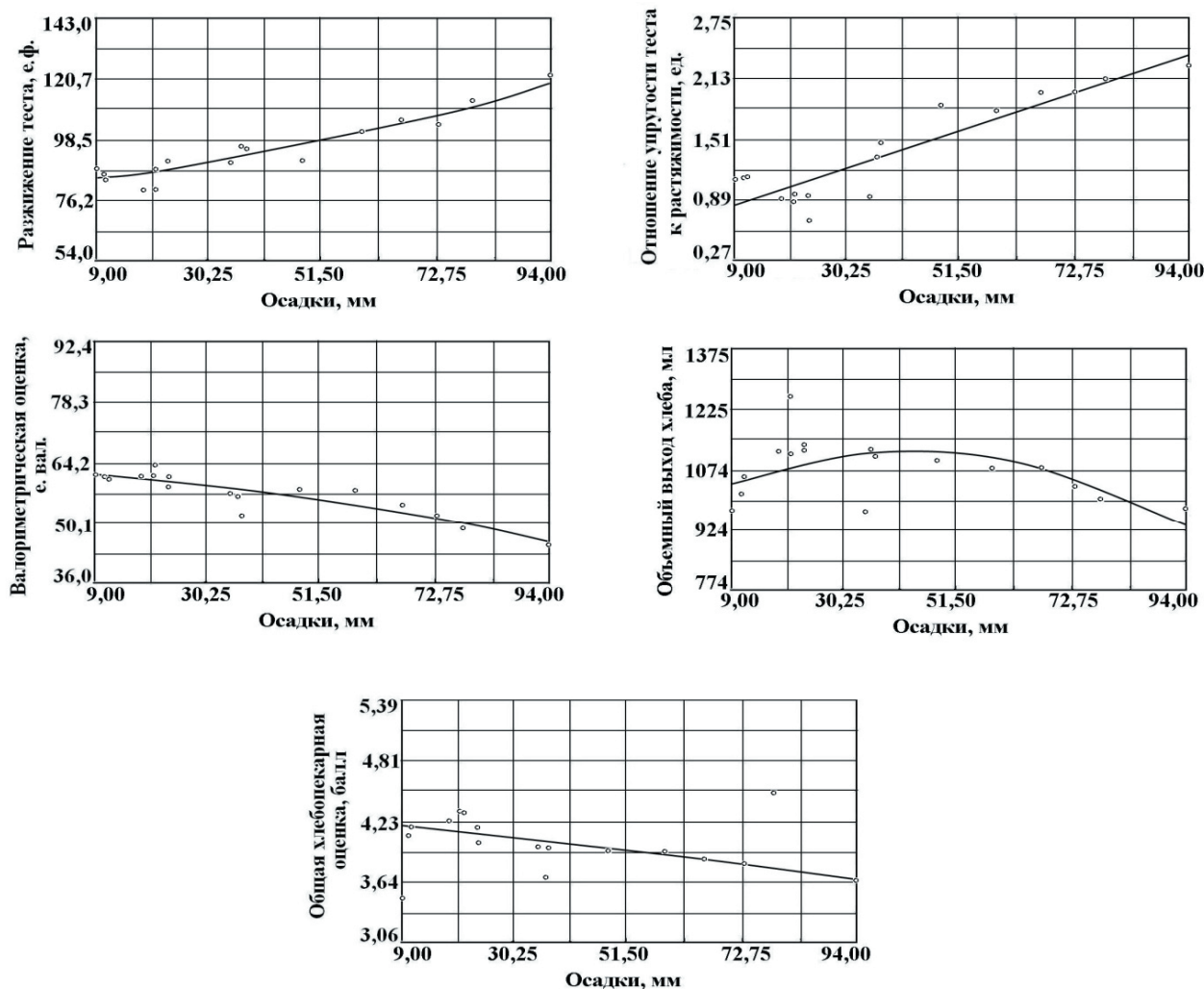


Рис. 2 – Влияние осадков июля на физические свойства теста и хлебопекарные качества муки

4,0 до 4,3 балла в диапазоне средней температуры 16,9–20,2°C, повышение средней температуры до 24,2°C сопровождается снижением данного показателя до 3,8 балла.

Установлено, что в июле на физические свойства теста и хлебопекарную оценку муки сильное влияние ($\eta = 0,81–0,95$) оказывают осадки (рис. 2). Увеличение осадков с 9,0 до 94 мм сопровождается ухудшением показателя разжижения теста с 83 до 119 е.ф., валориметрической оценки с 61 до 46 е.вал., отношения упругости теста к растяжимости с 0,8 до 2,4 ед., удельной работы деформации теста с 304 до 262 е.а., общей хлебопекарной оценки с 4,2 до 3,7 балла. Объёмный выход хлеба при увеличении осадков с 9,0 до 42 мм увеличивается с 1041 до 1118 мл, дальнейший рост осадков до 94 мм приводит к снижению данного показателя до 936 мл.

Чтобы оценить частоту формирования зерна с высокими показателями физических свойств теста и хлебопекарных качеств муки, т.е. насколько часто в многолетнем ряду повторяются те или иные параметры качества (их вероятность), исследованные партии сильных сортов пшеницы были сгруппи-

рованы по каждому признаку качества согласно Классификационным нормам ЦЛГ и вычислено число партий в %, соответствующее этим нормам по каждому виду предшественника (табл. 2).

При оценке на фаринографе сильной считается мука, которая имеет показатель разжижения теста не более 60 е.ф. Наибольшая вероятность формирования сильной муки по данному показателю наблюдается по предшественнику пар – 39%, по озимым и яровой пшенице вероятность одинаковая – 30%. Однако по озимым выше вероятность формирования ценной муки – 24% против 13% по яровой пшенице.

Валориметрическая оценка для сильной муки должна быть не менее 70 е. вал. 47% партий муки с таким показателем формируется по предшественнику – пар, по озимым – 26, по яровой пшенице – 13%.

При исследовании на альвеографе сильная мука должна иметь показатель W (удельная работа деформации теста по альвеографу) не менее 280 е.а. По данному показателю мука соответствует требованиям по пару в 62, по озимым – в 54, по яровой пшенице – в 33% случаев.

2. Вероятность формирования физических свойств теста и хлебопекарных качеств муки сильных сортов яровой пшеницы в зависимости от предшественников на госсортоучастках Оренбургской области (1980–2016 гг.)

Характеристика сортов пшеницы	Физические свойства теста					Хлебопекарная оценка муки	
	разжижение теста, е. ф.	валориметрическая оценка, е. вал.	удельная работа деформации теста, е.а.	упругость теста, мм	отношение упругости к растяжимости, ед.	объёмный выход хлеба, мл	общая хлебопекарная оценка, балл
Предшественник – пар							
Отличный улучшитель	11	6	6	47	53	3	10
Хороший улучшитель	15	14	19	16	0	9	11
Удовлетвор. улучшитель	13	27	37	12	12	13	4
Ценные пшеницы	21	39	9	10	6	17	46
Хороший филлер	25	9	8	7	8	47	22
Удовлетвор. филлер	8	6	13	6	14	7	4
Слабые пшеницы	7	0	9	2	6	3	3
Итого, %	100	100	100	100	100	100	100
Предшественник – озимые							
Отличный улучшитель	6	9	8	47	35	1	10
Хороший улучшитель	13	5	10	17	0	3	6
Удовлетвор. улучшитель	11	12	36	11	19	14	6
Ценные пшеницы	24	34	11	7	5	18	38
Хороший филлер	36	26	2	9	15	46	31
Удовлетвор. филлер	9	15	20	3	13	12	7
Слабые пшеницы	3	0	14	7	13	6	3
Итого, %	100	100	100	100	100	100	100
Предшественник – яровая пшеница							
Отличный улучшитель	7	0	2	36	36	0	7
Хороший улучшитель	16	4	13	13	0	0	2
Удовлетвор. улучшитель	7	9	18	2	17	9	4
Ценные пшеницы	13	44	9	13	0	9	31
Хороший филлер	36	22	7	13	20	47	29
Удовлетвор. филлер	11	20	27	16	16	20	13
Слабые пшеницы	11	0	24	7	12	16	13
Итого, %	100	100	100	100	100	100	100

Кроме того, сильная мука должна иметь показатель упругости теста не менее 80 мм. В 75% случаев мука сильная по предшественникам пар и озимые, по яровой пшенице – в 51% случаев.

Для сильной муки отношение упругости к растяжимости теста должно находиться в пределах значений 0,7–2,0 ед. По данному показателю мука сильная по пару в 65% случаев, по озимым – в 54, по яровой пшенице – в 53% случаев.

Объёмный выход хлеба из 100 г муки сильной пшеницы должен быть не менее 1200 мл (метод лабораторной выпечки ЦЛГ), по данному показателю мука сильная в 25% случаев по пару, по озимым – в 18, по яровой пшенице – в 9% случаев.

Общая хлебопекарная оценка для сильной муки должна быть не ниже 4,5 балла, по пару она в 25, по озимым – в 22, по яровой пшенице – в 13% случаев является сильной.

Если за 100% принять сумму всех вероятностей по всем рассмотренным показателям физических свойств теста и хлебопекарной оценки муки, то

вероятность соответствия показателей качества сильной муке составит по пару 48%, по озимым – 40%, по яровой пшенице – 29%. Вероятность соответствия ценной муке составит: по пару – 21%, по озимым – 20%, по яровой пшенице – 17%. Хорошему филлеру соответствует по пару 18%, по озимым – 23, по яровой пшенице – 25% партий муки, удовлетворительному филлеру соответственно 8, 11 и 18% партий муки. Слабая мука составила по пару 4%, по озимым – 6, по яровой пшенице – 12%.

Выводы. На физические свойства теста и хлебопекарные качества муки оказывают влияние биотические (исходное качество зерна, погода) и абиотические (агротехнические) факторы.

Полученные регрессионные уравнения, описывающие связь данных показателей с исходным качеством зерна, могут применяться на практике для оценки хлебопекарных свойств яровой мягкой пшеницы на определённых этапах производства зерна, они позволяют заменить сложный метод – выпечку хлеба более простыми методами оценки.

Регрессионные уравнения, описывающие связь показателей физических свойств теста и хлебопекарной оценки муки со средней температурой и осадками в июле могут применяться на практике для прогноза показателей качества в зависимости от данных погодных факторов.

Установлено, лучшим предшественником для формирования показателей физических свойств теста и хлебопекарной оценки муки, соответствующих сильным пшеницам, является пар, худшие показатели получены по предшественнику яровая пшеница.

Литература

1. Крючков А.Г. Современные технологии в сельском хозяйстве. Оренбург, 2007. 432 с.
2. Дегтярева Г.В. Погода, урожай и качество зерна яровой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 216 с.
3. Ряховский А.В. Урожай и белковость зерна яровой пшеницы по различным предшественникам в зависимости от нормы высева семян и удобрений // *Зерновые культуры*, 1998. № 3. С. 18.
4. Долгалев М.П., Тихонов В.Е. Адаптивная селекция яровой пшеницы в Оренбургском Приуралье. Оренбург, 2005. 290 с.
5. Соколов Ю.В., Яичкин В.Н. Влияние почвенно-климатических условий Оренбуржья, сортовых особенностей и агротехники выращивания на мукомольные и хлебопекарные свойства зерна яровой мягкой пшеницы // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2008. № 2 (18). С. 27–28.
6. Козьмина Н.П. Зерно. М.: Колос, 1969. 216 с.