

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА УРОЖАЯ И ЕЁ ОЦЕНКИ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

**Прянишников А.И., д.с/х н., член-корр. РАН, Лящева С.В., к.с/х н., Кулеватова Т.Б.,
к.с/х н., Андреева Л.В., к.с/х н., Бекетова Г.З., к.с/х н.**

ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»

E-mail: raiser_saratov@mail.ru

Создание сортов с высоким качеством зерна – один из ведущих факторов повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Хотя данный признак относится к наследственно закрепленным у пшеницы, тем не менее, он подвержен сильным изменениям в зависимости от условий выращивания. Показано, что в условиях Поволжья влияние фактора «годы» на формирование качества зерна озимой пшеницы, оцениваемое по его вкладу в общую сумму всех других факторов, определяющих величину и разнообразие признака, является преобладающим (табл. 1) [3]. Поэтому прогресс селекционных программ, ориентированных на создание адаптивных по качеству зерна сортов, не возможен без глубоких исследований взаимодействия «генотип-среда», имеющих особую значимость для понимания онтогенетической изменчивости показателей зерна [4]. Актуальность исследований усиливается сужающим спектром генетического разнообразия на завершающих этапах селекции, когда решается задача выделения лучших генотипов из почти однотипных (сходных) по качеству зерна генотипов [8].

Таблица 1. Вклад фиксированных и случайных факторов в формирование качества зерна, %

Показатели качества зерна	Факторы		
	Сорта (6)	Годы (10)	Случайные
Содержание клейковины в муке	8,6	80,1*	11,3
Показатель ИДК-1	18,2	49,5*	32,3
Упругость теста (P)	19,5	54,8*	25,7
P/L	7,5	67,1*	25,4
Удельная работа деформации теста (W)	16,5	59,3*	24,2
Объемный выход хлеба	5,5	51,2*	43,3
Пористость хлеба	7,3	37,8*	54,9

* – Влияние фактора значимо на 5%-ном уровне.

Примечание. В скобках количество лет и сортов.

Исследования критериев качества зерна проводили на селекционном материале конкурсного сортоиспытания озимой и яровой мягкой пшеницы с 1991 по 2015 гг. Анализу подвергали результаты как каждого года в отдельности, так и в динамике за весь исследуемый период лет. Изучение особенностей динамики качественных показателей у культур проводили с помощью модельных сортов яровой мягкой пшеницы – Лютесценс 62, Саратовская 29 и Саратовская 42, а у озимой пшеницы – Лютесценс 230, Саратовская 8 и Мироновская 808. В исследованиях использовали кластерный, корреляционный и факторный анализы, в частности одну из его модификаций – метод главных компонент [13]. Вся статистическая обработка велась по компьютерным программам пакета Агрос.

Анализ сопряженности показателей качества зерна с метеорологическими факторами в межфазные периоды вегетации у модельных сортов озимой пшеницы Мироновской 808 и яровой пшеницы Лютесценс 62 подтверждает, что уровень гидротермических условий играет важную роль при формировании качественных характеристик зерна. Достоверные корреляции подчеркивают, что высокий температурный фон в период налива и созревания зерна, а также низкий уровень выпадения осадков в период формирования зерновки благоприятствуют высокой выраженности показателей (табл. 2-5).

Таблица 2. Корреляция показателей качества зерна со среднесуточной температурой в меж-
фазные периоды вегетации у сорта Мироновская 808 (КСИ, 1990-2015 гг.)

	Фазы развития озимой пшеницы			
	Колошение	Формирование зерновки	Налив зерна	Созревание зерновки
Содержание клейковины, в %	0,18	0,14	-0,16	0,62*
Показатель ИДК-1, е.п.	-0,08	-0,15	-0,50*	0,26
Упругость теста (P)	-0,41*	-0,02	0,01	-0,21
Отношение P/L	-0,39*	-0,10	0,15	-0,31
Удельная работа деформации теста (W), е.а.	-0,20	0,29	-0,09	0,21
Объемный выход хлеба, мм ³	0,22	-0,06	-0,27	0,30
Пористость хлеба, балл	0,24	-0,52*	-0,38*	0,08

* – достоверно на 5% уровне значимости

К особенностям величины сопряженности метеорологических условий с отдельными признаками следует выделить критерии, отвечающие за качественное наполнение зерна (показатель ИДК, реологические свойства теста), чем их количественную выраженность. Это подтверждает выводы ведущих селекционеров, что генетически детерминированные показатели качества белка, реологических свойств теста имеют более узкие границы реакции на изменения климатических факторов, чем содержание белка и клейковины, которые более пластичны в своем ответе на почвенно-климатические условия и технологию возделывания [6]. В связи с этим, достоверные корреляции косвенно свидетельствуют в большей степени об адаптированности сортов по изучаемым признакам на фенотипическом уровне [3].

Таблица 3. Корреляция показателей качества зерна со среднесуточной температурой в меж-
фазные периоды вегетации у сорта Лютесценс 62 (КСИ, 1991-2015 гг.)

	Фазы развития яровой пшеницы			
	Колошение	Формирование зерновки	Налив зерна	Созревание
Содержание клейковины, в %	0,31	-0,13	0,06	-0,44*
Показатель ИДК-1, е.п.	0,11	-0,09	0,04	-0,21
Упругость теста (P)	0,07	0,07	0,33	0,49*
Отношение P/L	-0,31	-0,01	0,05	0,26
Удельная работа деформации теста (W), е.а.	0,40*	0,18	0,47*	0,30
Объемный выход хлеба, мм ³	-0,15	0,06	-0,05	-0,20
Пористость хлеба, балл	-0,33	0,13	0,07	0,34

* – достоверно на 5% уровне значимости

Среди различий культур по типам развития выделяется более четкая зависимость реологических свойств зерна от режима выпадения осадков в период формирования зерновки у яровой пшеницы, в то время как у озимой пшеницы выделяются достоверные корреляции с температурным режимом во время колошения, налива и созревания зерна. Полученные результаты свидетельствуют не только о различиях, сопряженных с типом развития растений, но и сложном механизме влияния постоянно изменяющихся внешних условий на реализацию генетической информации в онтогенезе.

Таблица 4. Корреляция показателей качества зерна и суммы осадков в межфазные периоды вегетации у сорта Мироновская 808 (КСИ, 1990-2015 гг.)

	Фазы развития озимой пшеницы			
	Колошение	Формирование зерновки	Налив зерна	Созревание зерновки
Содержание клейковины	-0,32	-0,02	0,18	-0,06
Показатель ИДК-1	0,00	-0,04	0,18	0,17
Упругость теста (P)	0,40*	-0,21	-0,21	0,14
Отношение P/L	0,66*	-0,07	-0,23	0,22
Удельная работа деформации теста (W)	-0,09	-0,35	-0,15	0,00
Объемный выход хлеба	-0,08	0,14	0,38*	0,05
Пористость хлеба	0,21	0,13	0,28	0,23

* – достоверно на 5% уровне значимости

Таблица 5. Корреляция показателей качества зерна и суммы осадков в межфазные периоды вегетации у сорта Лютесценс 62 (КСИ, 1991-2015 гг.)

	Фазы развития яровой пшеницы			
	Колошение	Формирование зерновки	Налив зерна	Созревание зерновки
Содержание клейковины, в %	-0,32	0,10	0,13	0,24
Показатель ИДК-1, е.п.	-0,35	0,53*	-0,07	-0,04
Упругость теста (P)	0,08	-0,39*	-0,06	-0,18
Отношение P/L	0,22	-0,14	-0,14	-0,06
Удельная работа деформации теста (W), е.а.	-0,07	-0,45*	-0,05	-0,18
Объемный выход хлеба, мм ³	-0,15	-0,05	0,05	0,21
Пористость хлеба, балл	0,12	-0,27	0,16	0,04

* – достоверно на 5% уровне значимости

Успех решения селекционных задач, связанных с адаптированностью сортов по качеству зерна во многом определяется системностью подходов с привлечением комплексных генетико-цитологических, биохимических и ДНК-маркированных исследований растений. Приоритетом фундаментальных исследований в данном направлении становится глубокое изучение генетической природы адаптации, усиление исследований по физиологии ответа растительной системы на постоянно меняющуюся климатическую обстановку с возможностью построения модели поведения растительного организма на всех этапах формирования признака [10]. В связи с этим основными задачами, решаемыми на первом этапе исследований, стали:

1. Типизация качественных показателей зерна, формируемого яровой и озимой пшеницей, и систематизация погодных условий, способствующих их проявлению.
2. Оценка информативности критериев качества и их селекционной значимости применительно к постоянно изменяющейся погодной обстановке во время формирования зерновой продукции.
3. Выработка алгоритмов отборов высококачественных генотипов в связи с селекционными задачами в конкретно сложившихся условиях среды.

Для изучения взаимодействия «генотип-среда» систематизировали годы по их влиянию на формирование качественных критериев зерна. Типизацию лет проводили на основе кластерного анализа показателей зерна модельных сортов озимой и яровой пшеницы, репродуцированных в разные по погодным условиям с 1991 по 2015 годы. Кластеры выделяли графическим способом с последующим анализом матрицы меж- и внутрикластерных евклидовых расстояний [10]. По вертикальной линии дендрограммы откладывали евклидовы расстояния, по горизонтальной – исследуемые годы. На рисунках 1 и 2 представлены дендро-

граммы кластерного анализа лет у сортов Мироновская 808 (озимая пшеница) и Лютесценс 62 (яровая пшеница) (рис. 1, 2).

Кластерный анализ эффектов года на качественные характеристики зерна позволил выявить четыре группы лет, которые способствовали формированию определенному их уровню и соотношения между собой (табл. 6, 7; рис. 3, 4). На долю основного (или стандартного) типа зерна, формируемого как озимой, так и яровой пшеницей, приходилось более половины случаев лет (соответственно 54,8% и 58,3%). Степень выраженности большей части критериев качества зерна, формирующих данный тип зерна, характеризовалась среднеголетними или же близкими к ним значениями, за исключением показателей реологических свойств теста. Так, показатели упругости теста (P) и отношения упругости теста к его растяжимости (P/L) у сравниваемых культур оказались достоверно ниже нормализованных показателей. Отличие же культур при данном типе зерна стал критерий удельной работы деформации теста (или сила муки, W), который у озимой пшеницы характеризовался на уровне среднеголетних величин, а у яровой пшеницы отличался в худшую сторону (менее 90%).

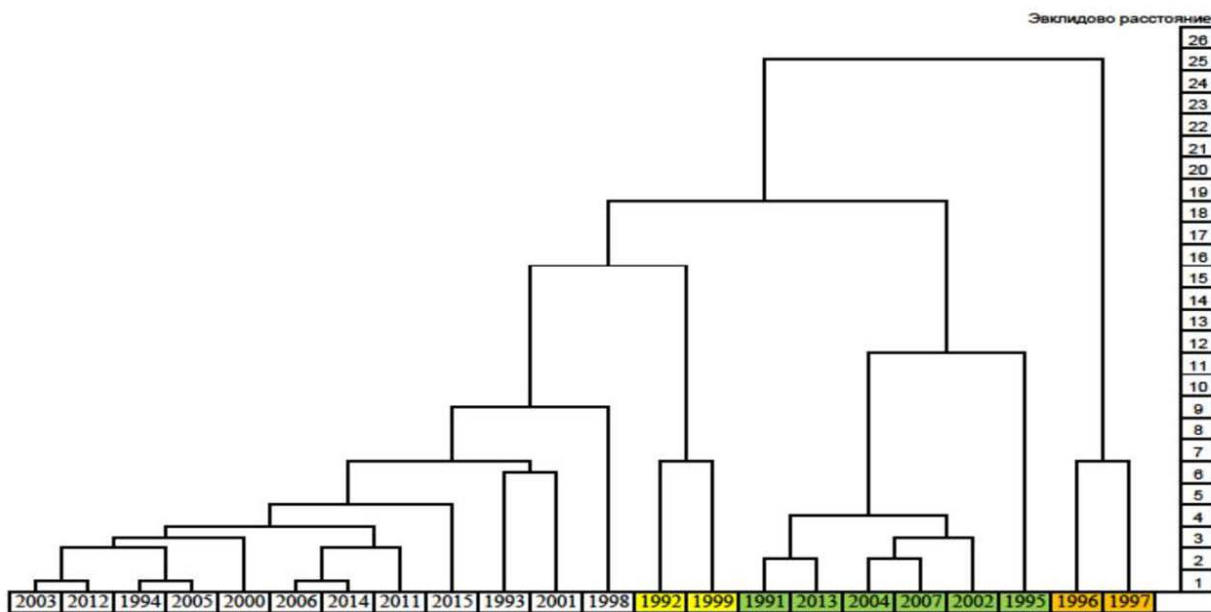


Рисунок 1. Дендрограмма кластерного анализа лет по критериям качества зерна сорта озимой пшеницы Мироновская 808

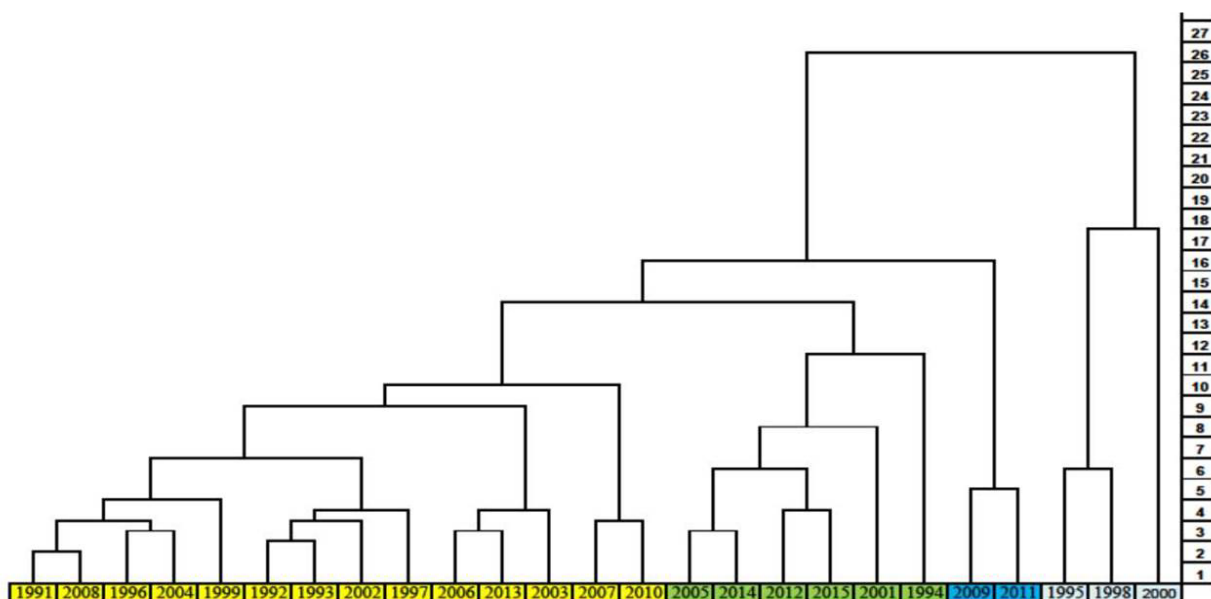


Рисунок 2. Дендрограмма кластерного анализа лет по критериям качества зерна сорта яровой пшеницы Лютесценс 62

Таблица 6. Количественная выраженность критериев качества зерна у сорта озимой пшеницы Мироновская 808 по типам лет (кластерным группам)

Показатели качества	Типы качества			
	1	2	3	4
Содержание клейковины, в %	34,9	23,8	35,4	19,4
Показатель ИДК-1, е.п.	83,6	66,3	79,0	76,0
Упругость теста (P)	75,4	75,5	149,5	150,5
Отношение P/L	1,3	2,0	2,6	5,8
Удельная работа деформации теста (W), е.а.	191,8	113,2	389,5	108,0
Объемный выход хлеба, мм ³	850,0	680	885,0	745,0
Пористость хлеба, балл	4,9	4,5	5,0	4,8
Частота лет, %	54,8	27,3	9,1	9,1

В менее половины случаев лет отмечаются различные вариации сочетания качественных характеристик в зерне. Среди их многообразия у культур выделяются группы, идентичные по степени выраженности качественных критериев. Так, у тождественных типов зерна 2-го у яровой пшеницы и 4-го у озимой, в противоположность, описанному выше основному типу, отмечались абсолютные показатели значений упругости теста (P) и отношения упругости теста к его растяжимости (P/L). Частота проявления данного типа у яровой составила 25% случаев лет, а у озимой пшеницы – немного более 9%.

Сходными по направленности сочетания критериев зерна оказались третьи типы яровой (8,3% случаев) и озимой пшеницы (9,1%), которые выделялись сбалансированностью характеристик изучаемого комплекса качественных показателей, выгодно отличаясь от основного типа по реологическим свойствам теста, достоверно превосходя по упругости (P) и удельной работе деформации теста (W).

Таблица 7. Количественная выраженность критериев качества зерна сорта яровой пшеницы Лютеценс 62 по типам лет (кластерным группам)

Показатели качества	Типы качества			
	1	2	3	4
Содержание клейковины, в %	32,8	26,3	27,2	41,8
Показатель ИДК-1, е.п.	79,4	70,0	79,0	88,0
Упругость теста (P)	71,4	93,0	107,5	48,0
Отношение P/L	1,0	2,1	1,2	0,6
Удельная работа деформации теста (W), е.а.	169,6	162,3	297,5	125,7
Объемный выход хлеба, мм ³	752,4	707,5	600,0	633,3
Пористость хлеба, балл	4,6	4,7	4,4	3,5
Частота лет, %	58,3	25,0	8,3	12,4

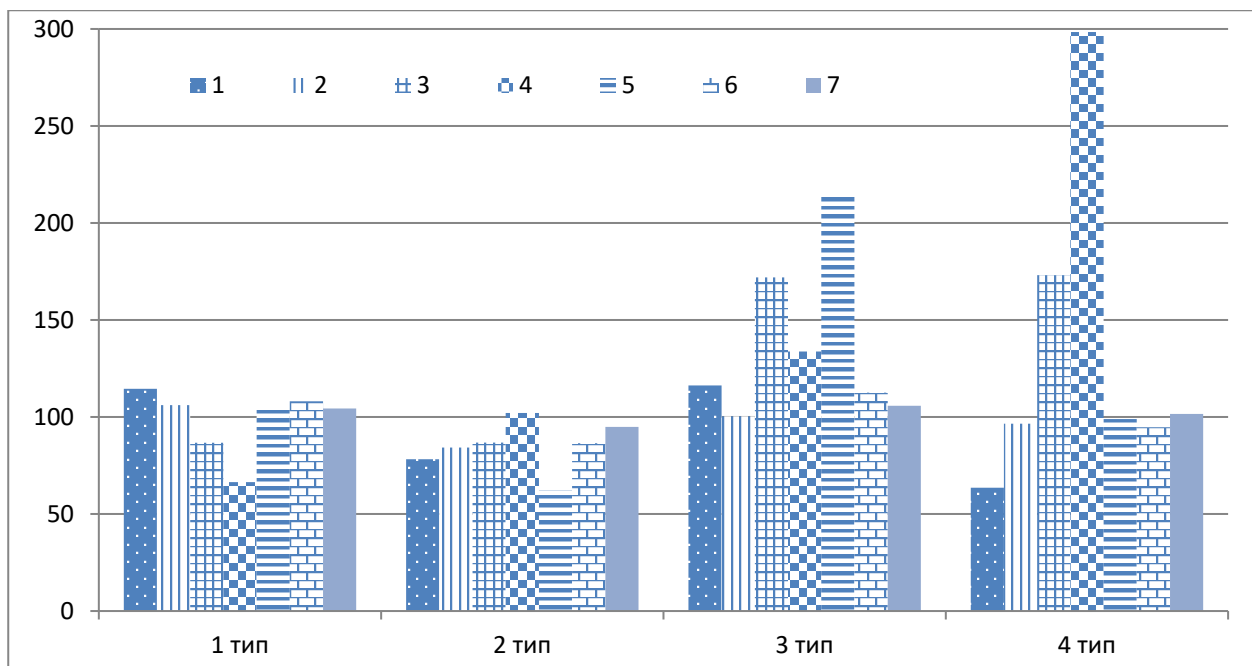


Рисунок 3. Типы зерна по признакам качества у озимой пшеницы. 1– содержание клейковины, 2 – показатель ИДК-1, 3 – упругость теста (P), 4 – отношение P/L, 5 –удельная работа деформации теста (W), 6 – объем хлеба, 7 – пористость хлеба

Кластерным анализом также были выделены типы зерна, которые на текущий момент свойственны только для озимой и яровой пшеницы. Так, второй тип зерна у озимой пшеницы (27,3% лет) характеризовался пониженным уровнем проявления всех критериев качества (рис. 3, табл. 6). А четвертый тип у яровой пшеницы отличался высоким содержанием клейковины в зерне и слабым ее качеством, низкими реологическими свойствами теста и хлебопекарной оценки за все годы исследований (рис. 4, табл. 7).

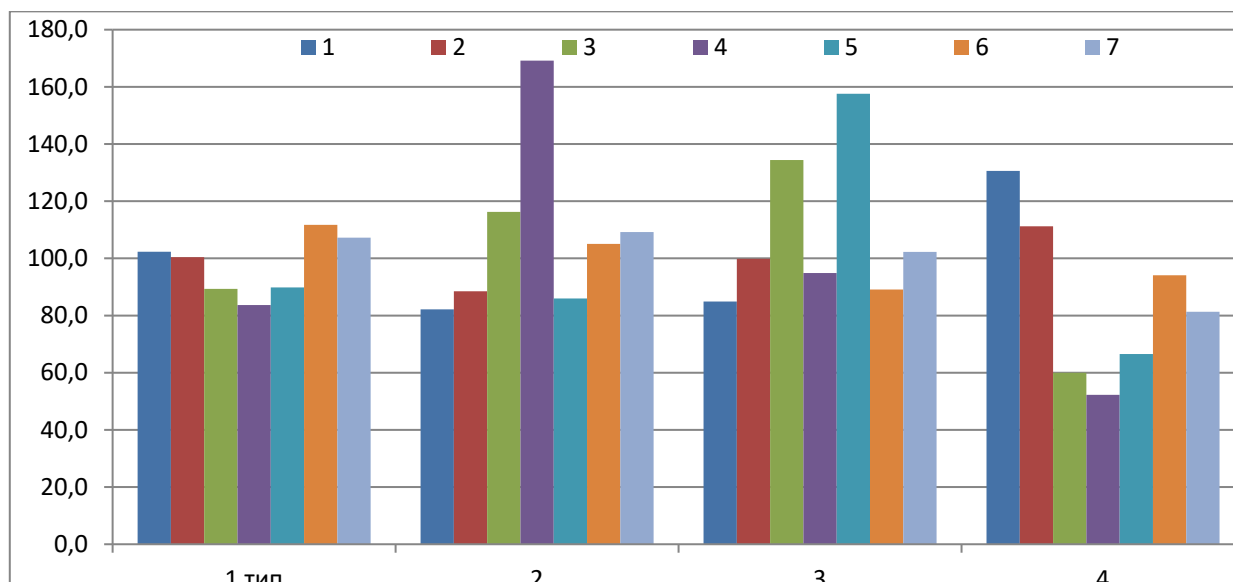


Рисунок 4. Типы зерна по признакам качества у яровой пшеницы. 1– содержание клейковины, 2 – показатель ИДК-1, 3 – упругость теста (P), 4 – отношение P/L, 5 –удельная работа деформации теста (W), 6 – объем хлеба, 7 – пористость хлеба

Типизация погодных условий подчеркнула их значимость в процессах, протекающих внутри растений в различные межфазные периоды формирования качественных свойств зерна, и оказывающие непосредственное влияние на онтогенетическую изменчивость изучаемых

мых признаков. Сокращение продолжительности периода «цветение-молочная спелость» сказывается, прежде всего, на донорно-акцепторных отношениях различных органов растений и побегов кушения [4]. Засушливость в этот период приводит к снижению интенсивности фотосинтеза, создает напряженность в работе ассимиляционного аппарата. В годы с высокой экстремальностью для сортов экстенсивного типа большое значение в накоплении пластических веществ в зерновке колоса имеет процесс реутилизации сухого вещества из вегетативных органов растений. В благоприятные годы поступление пластических веществ осуществляется за счет непосредственного поступления продуктов фотосинтеза из ассимилирующих органов. В период «молочная – восковая спелость» в засушливых условиях произрастания ведущую роль в накоплении веществ выполняет процесс реутилизации. В межфазный период «восковая – полная зрелость» в активную деятельность вступают процессы превращения накопленных веществ в запасные [5].

К основным отличиям температурного режима, сопутствующего формированию качественных критериев зерна у яровой пшеницы, следует отнести повышенный уровень (свыше 20 °С), которые объясняются более поздними сроками прохождения фаз (Рис 5, 6,). При этом у нее более четко просматривается момент относительного снижения среднесуточных температур в период «колошение-формирование зерна», что на общем фоне динамики смягчает условия для формирования зерновки растениями. У озимой пшеницы же период колошения и формирования зерновки проходят на фоне относительных умеренных температур (от 17 до 20 °С) с последующим нарастанием температур в период созревания до 22-23 °С. Помимо этого для яровой пшеницы в период «налив-созревание» динамика температур в отличие озимой пшеницы характеризуется нестабильностью и большей амплитудой, а также ярко выраженным разнообразием сценариев (Рис 7, 8,).

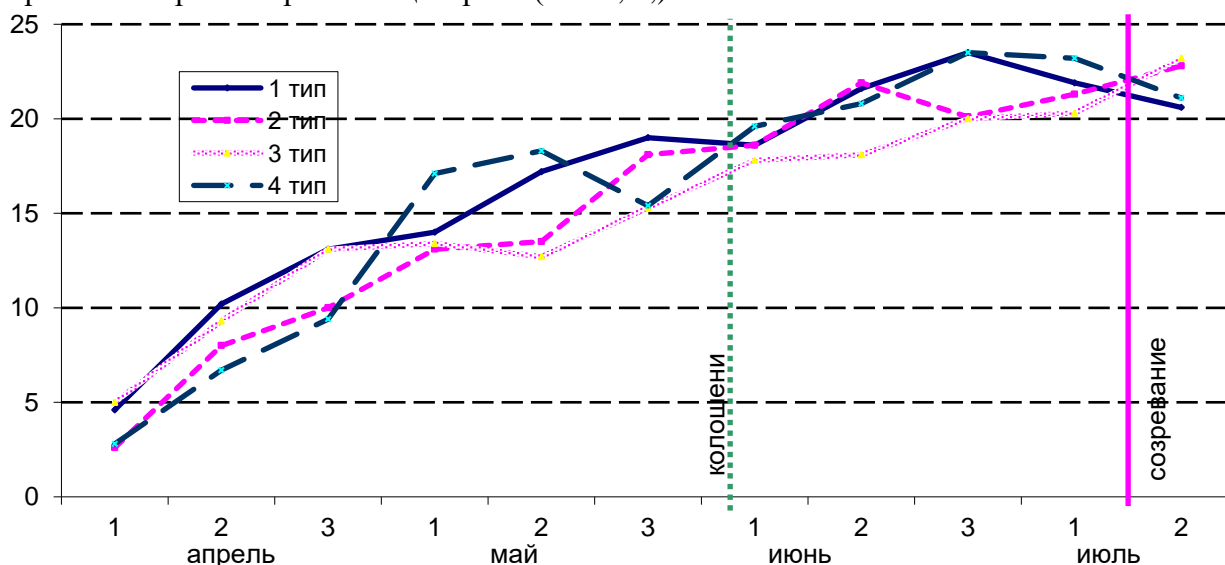


Рисунок 5. Динамика среднесуточных температур при формировании озимой пшеницей разных типов качества зерна

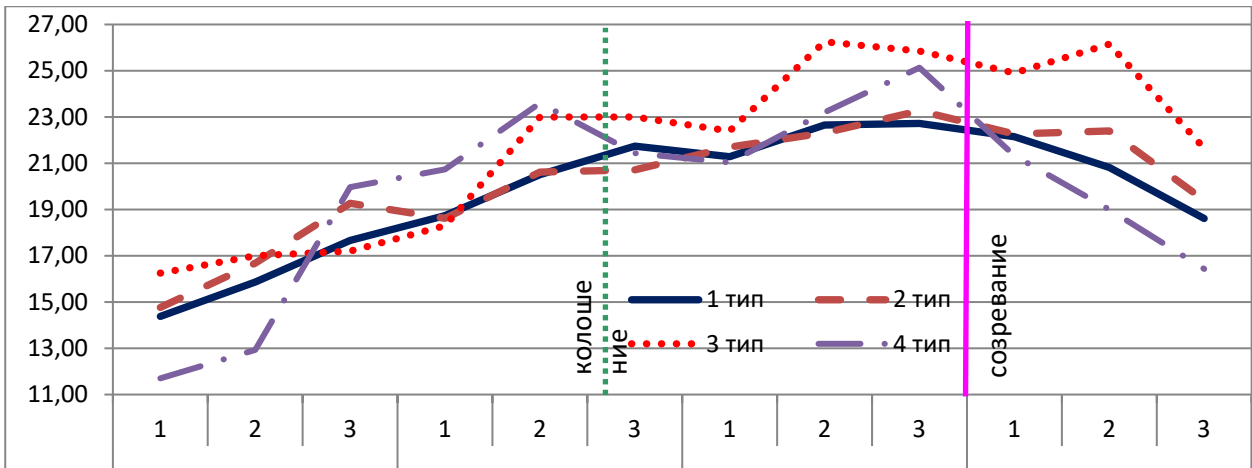


Рисунок 6. Динамика среднесуточных температур при формировании яровой пшеницей разных типов качества зерна

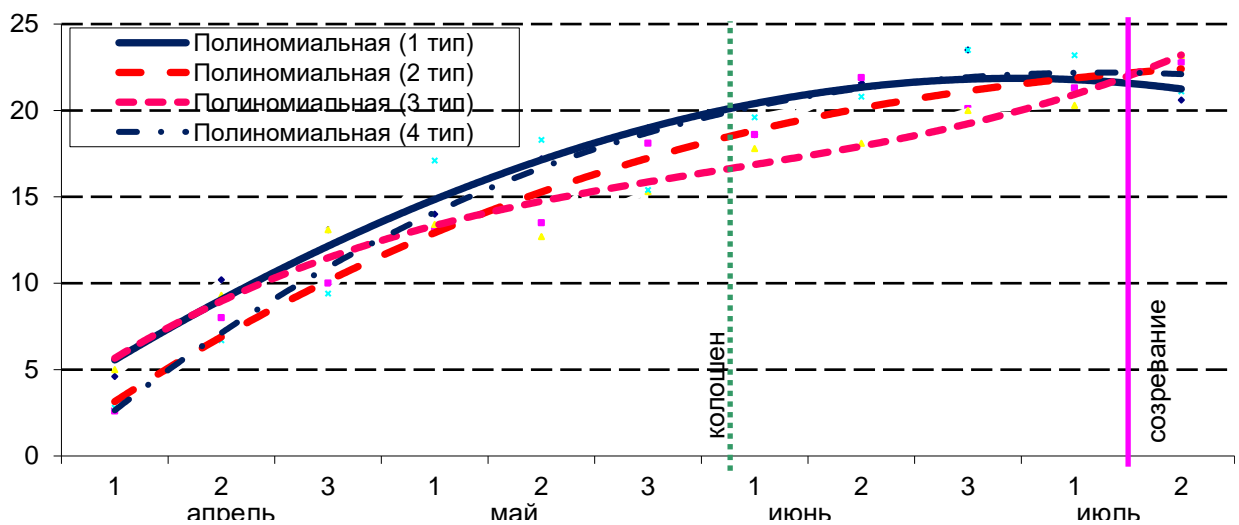


Рисунок 7. Тренды динамики среднесуточных температур при формировании разных типов качества зерна у озимой пшеницы

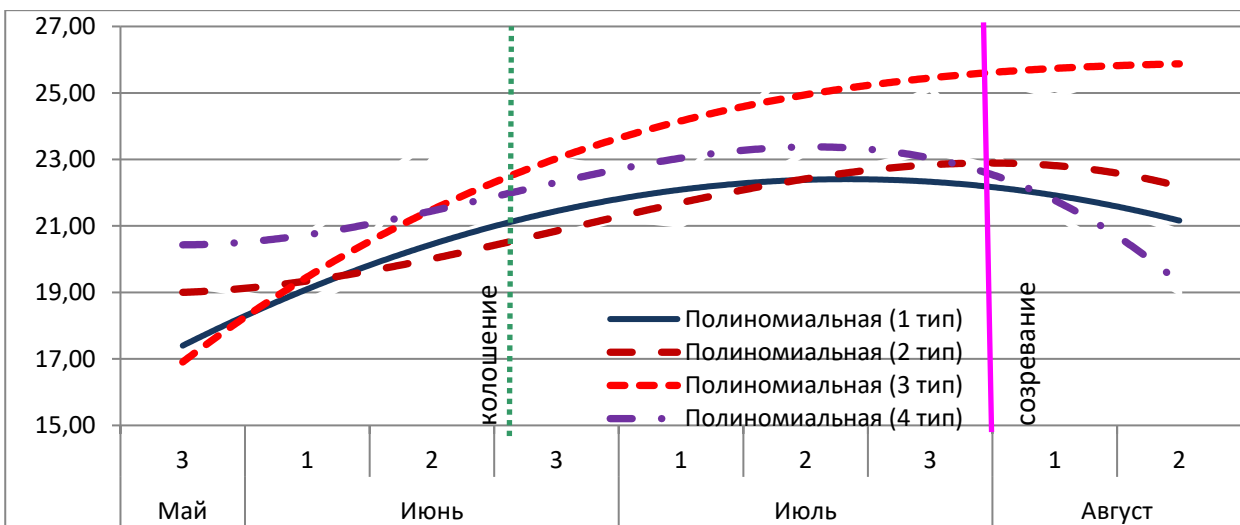


Рисунок 8. Тренды динамики среднесуточных температур при формировании разных типов качества зерна у яровой пшеницы

Годы, когда формировался основной (стандартный) тип качества зерна и у озимой и яровой пшеницы, характеризовались и схожими тенденциями динамики среднесуточных

температур в период от колошения до созревания (рис. 8, 9). Вместе с тем для озимой пшеницы температурный режим, сопутствующий формированию данного типа зерна, выделялся максимальным уровнем хода, в то же время для яровой это оказался умеренный режим, – со среднесуточными температурами не выше 23 °С. К общим тенденциям изменения температур для этого типа качества отмечается ее задержка в повышении, и даже некоторое снижение в период «колошение-формирование зерновки» (рис. 5, 6).

Схожими тенденциями в динамике температур характеризовались и годы с четвертым типом качества у озимой и второго у яровой пшеницы, где до созревания общий уровень среднесуточных температур не превышал 23 °С. Отличием лет с формированием данных типов качества от предшествующего является поступательное повышение температур на всем протяжении от колошения до созревания зерна.

Абсолютно высоким уровнем хода среднесуточных температур отличалась динамика в годы, когда формировался третий тип качества зерна у яровой пшеницы. Колошение яровой пшеницы проходило при температурах на уровне 23 °С, а период созревания – при температурах близких к 27 °С. Но даже на таком повышенном режиме температур отмечается период с их понижением во время формирования зерновки. У озимой же пшеницы в годы, когда формировался схожий с яровой тип качества, наоборот отмечался пониженный температурный режим с устойчивым его повышением к моменту созревания зерновки (рис. 5, 6).

Главными особенностями выпадения осадков для яровой пшеницы выделяются максимальные их количества в момент колошения с последующим снижением на других этапах формирования качественных критериев зерна. Разница лет формирующих различные типы качества зерна – в уровне данного снижения к моменту созревания. Так для лет, когда формируются качественные показатели зерна основного типа, отмечается выпадение осадков на уровне 15-20 мм, в то время как в другие годы, оставшихся типов качества, уровень выпадения осадков отмечался на уровне 5-10 мм (рис. 9-12). Наиболее жестким в этом отношении оказались годы с третьим типом качества, когда период с момента налива зерновки практически проходил при отсутствии эффективных осадков (менее 5 мм).

У озимой же пшеницы разница типов определялась моментом выпадения максимальных величин осадков в период от колошения до созревания зерна. Так в годы с третьим типом качества в период налива и достижения молочно-восковой спелости уровень осадков достигал 25-30 мм, а максимальные значения осадков лет с первым и вторым типом качества к моменту восковой спелости и созревания зерна. Особое положение занимают годы, когда формировалось зерно с четвертым типом качества, которое отличалось средним уровнем увлажнения (более 15 мм.) практически на всем отрезке вегетации озимой пшеницы от колошения до созревания, а обильные осадки (до 44 мм) до колошения способствовали общему повышенному фону увлажнения в такие годы.

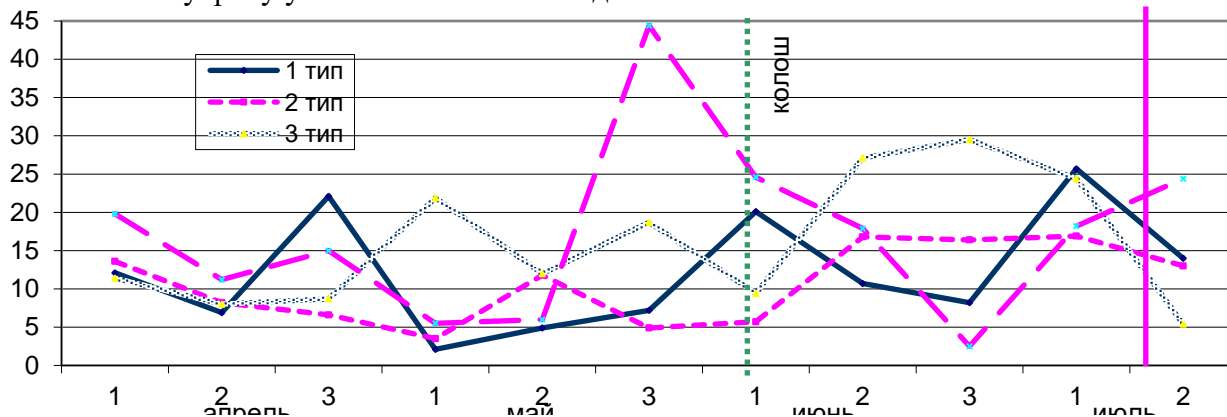


Рисунок 9. Динамика выпадения осадков (мм) при формировании озимой пшеницей разных типов качества зерна

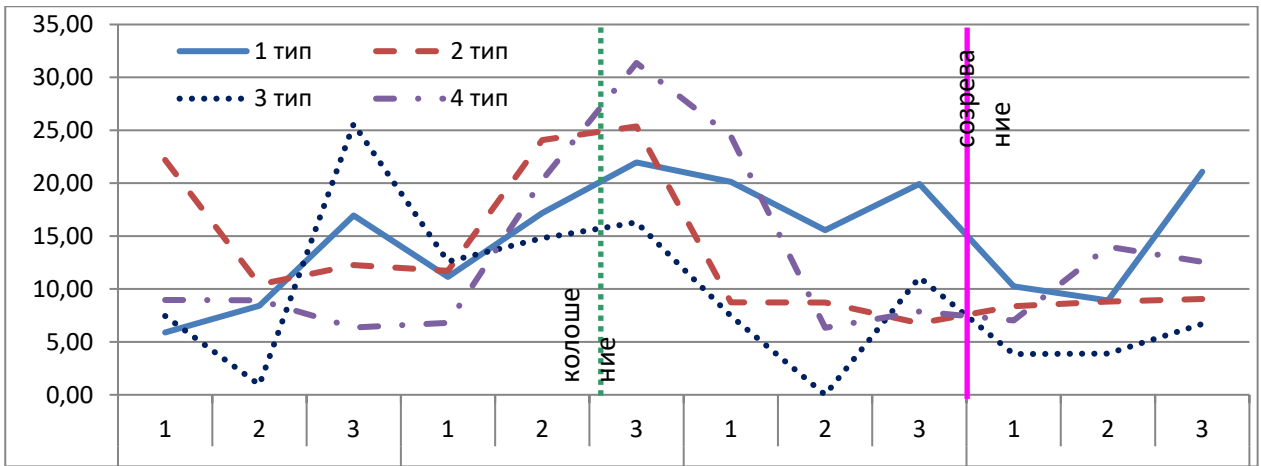


Рисунок 10. Динамика выпадения осадков (мм) при формировании яровой пшеницей разных типов качества зерна

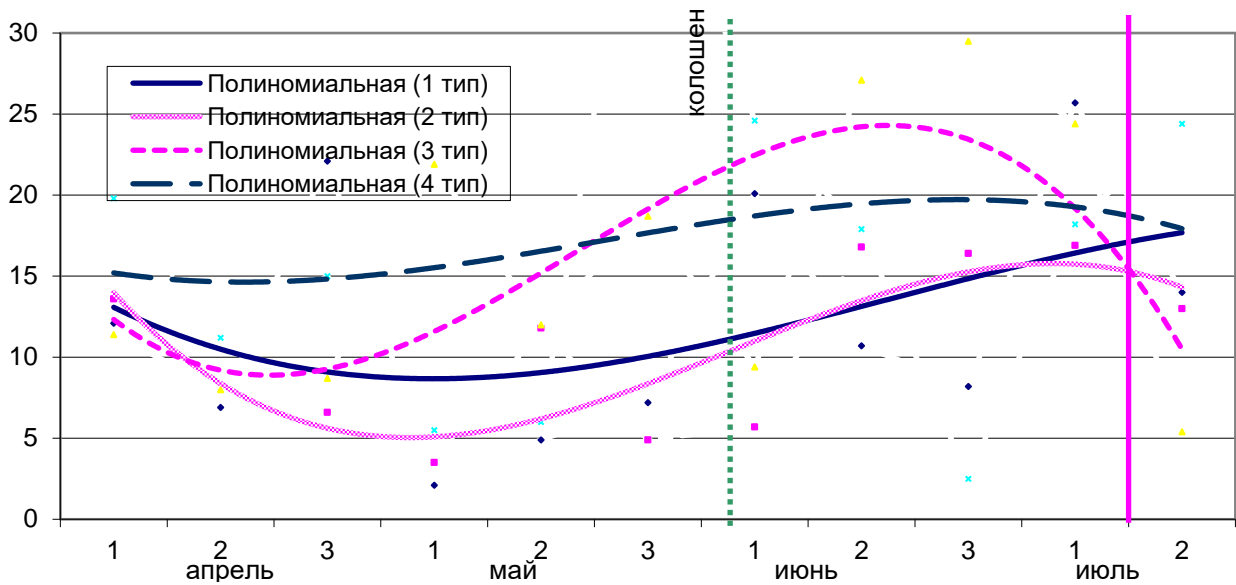


Рисунок 11. Тренды выпадения осадков (мм) при формировании озимой пшеницей разных типов качества зерна

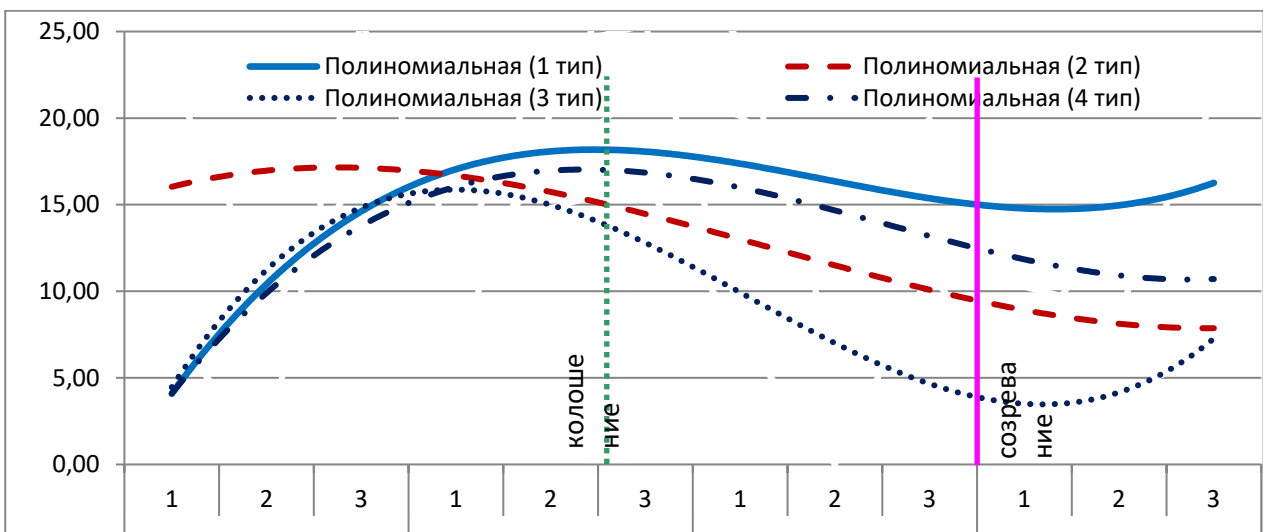


Рисунок 12. Тренды выпадения осадков (мм) при формировании яровой пшеницей разных типов качества зерна

На природу отличий сопряженности метеорологических факторов с качеством зерна различных по типу развития растений указывают результаты факторного анализа модельных сортов озимой и яровой пшеницы, который проводили за период с 1991 по 2015 гг. (табл. 8). Прежде всего, результаты свидетельствуют о степени участия сопряженных критериев в динамике их изменений, сопровождаемой той или иной погодной обстановкой. Так, исследование, проведенное с помощью метода главных компонент, позволило выделить две компоненты, определяющие динамику качественных критериев (от 66,4% их дисперсии по яровой до 69,5% по озимой пшенице) за указанный период, и вычленили характеристики, имеющие наибольшие веса в данных компонентах. При озимом типе развития в первой компоненте высокими факторными нагрузками выделялись критерии, характеризующие содержание клейковины в зерне и ее качество, а также хлебопекарная оценка, в то время как у яровой пшеницы объем выпекаемого хлеба был сопряжен с удельной работой деформации теста (сила муки), интегрированные отдельно во второй компоненте. У озимой же пшеницы реологические свойства зерна интегрировались в отдельную вторую компоненту качественного комплекса зерна.

Таблица 8. Факторные нагрузки анализа показателей качества озимой и яровой пшеницы* в период с 1991 по 2015 гг.

	Компонента (С-1)		Компонента (С-2)	
	Озимые	Яровые	Озимые	Яровые
Содержание клейковины, в %	0,77**	0,75**	0,37	0,20
Показатель ИДК-1, е.п.	0,68**	0,78**	0,12	0,04
Упругость теста, (Р)	0,25	0,79**	0,90**	0,42**
Отношение Р/Л	0,62**	0,70**	0,50**	0,32
Удельная работа деформации теста, е.а.	0,36	0,34	0,71**	0,75**
Объемный выход хлеба, мм ³	0,78**	0,27	0,26	0,75**
Пористость хлеба, балл	0,61**	0,68**	0,14	0,43**

*) – факторные веса приводятся в средних величинах по трем модельным сортам каждого типа развития пшеницы

***) - значимо на 5%-ном уровне

****) - здесь и далее жирным курсивом выделены сильные по степени наиболее весомые факторные нагрузки для данной компоненты

Четкость распределения признаков по компонентам позволяет судить об уровне информативности выбранных критериев и их независимости для селекционной оценки. Вполне вероятно, что различия факторной структуры анализируемых критериев зерна могут быть связаны не только с особенностями условий среды, сопряженных с типом развития растений, но и их различиями на генетическом уровне, что потребовало отдельных исследований. Для этого по годам провели факторный анализ качественных характеристик и их систематизацию по выделенным типам формируемого зерна у образцов конкурсного сортоиспытания озимой и яровой пшеницы.

В, отличии от результатов, полученных при анализе динамики критериев зерна модельных сортов в период с 1991 по 2015 гг., факторная структура зерна у пшениц каждого года испытаний имела свои особенности (табл. 9, 10, 11). Так, яровая пшеница характеризуется существенными корреляциями всех критериев качества зерна (или их присутствием) в первой компоненте по всем выделенным ранее типам, в то время как у озимой такими весами выделяются только 2 и 3 типы. Помимо этого, у яровой пшеницы отмечается размытость факторной структуры в плане присутствия в них отдельных критериев зерна, что вполне определенно указывает на то, что размах варьирования погодной обстановки при формировании качественных критериев зерна по годам в период с 1991 по 2015 гг. оказался шире внутригодовых границ дифференциации селекционного материала по изучаемым показателям.

Таблица 9. Факторные нагрузки анализа показателей качества озимой и яровой пшеницы в годы формирования 1 типа качественного комплекса

	Озимые			Яровые		
	С-1	С-2	С-3	С-1	С-2	С-3
Содержание клейковины, в %	0,38	0,22	0,79*	0,60*	0,36	0,41*
Показатель ИДК-1, е.п.	0,68*	0,28	0,25	0,64*	0,28	0,40*
Упругость теста, (Р)	0,91*	0,26	0,17	0,90*	0,24	0,17
Отношение Р/Л	0,78*	0,28	0,20	0,81*	0,21	0,25
Удельная работа деформации теста, е.а.	0,77*	0,16	0,40*	0,67*	0,42*	0,30
Объемный выход хлеба, мм ³	0,34	0,76*	0,28	0,54*	0,53*	0,24
Пористость хлеба, балл	0,37	0,82*	0,12	0,42*	0,66*	0,29

* - значимо на 5%-ном уровне

Таблица 10. Факторные нагрузки анализа показателей качества озимой и яровой пшеницы в годы формирования схожих по типу качественного комплекса

	Озимые (4 тип)			Яровые (2 тип)		
	С-1	С-2	С-3	С-1	С-2	С-3
Содержание клейковины, в %	0,82*	0,25	0,29	0,60*	0,39	0,35
Показатель ИДК-1, е.п.	0,40*	0,65*	0,60*	0,56*	0,34	0,34
Упругость теста, (Р)	0,70*	0,44*	0,30	0,70*	0,52*	0,32
Отношение Р/Л	0,38	0,69*	0,34	0,59*	0,30	0,40*
Удельная работа деформации теста, е.а.	0,38	0,62*	0,23	0,46*	0,64*	0,35
Объемный выход хлеба, мм ³	0,83*	0,30	0,11	0,68*	0,44*	0,35
Пористость хлеба, балл	0,81*	0,07	0,18	0,71*	0,39	0,32

* - значимо на 5%-ном уровне

Таблица 11. Факторные нагрузки анализа показателей в годы формирования различающихся типов качества зерна у озимой и яровой пшеницы

	Озимые (2 тип)			Яровые (4 тип)		
	С-1	С-2	С-3	С-1	С-2	С-3
Содержание клейковины, в %	0,47*	0,51*	0,51*	0,64*	0,08	0,04
Показатель ИДК-1, е.п.	0,50*	0,41*	0,49*	0,69*	0,07	0,34
Упругость теста, (Р)	0,91*	0,29	0,19	0,90*	0,28	0,14
Отношение Р/Л	0,74*	0,29	0,41*	0,73*	0,32	0,49*
Удельная работа деформации теста, е.а.	0,85*	0,26	0,03	0,76*	0,21	0,30
Объемный выход хлеба, мм ³	0,50*	0,68*	0,26	0,45*	0,69*	0,13
Пористость хлеба, балл	0,42*	0,62*	0,45*	0,71*	0,55*	0,06

* - значимо на 5%-ном уровне

Для факторной оценки экспериментального материала четкость распределения признаков по компонентам, выраженная их значимостью только в одной компоненте при несущественных или же достоверно низких величинах факторных весов в других, считается важным элементом оценки [3]. Это позволяет легче интерпретировать природу или физический смысл компонент, а также судить о корректности оценки, проводимой в год изучения. Примером служит факторная структура основного типа качества зерна, формируемого озимой и яровой пшеницей. В первой компоненте качественного комплекса зерна у озимой выделяют показатели качества клейковины (ИДК) и характеристики реологических свойств теста (упругость теста (Р), отношение Р/Л, и удельная работа деформации теста (W)), вторая компонента – хлебопекарными качествами (объем хлеба и его пористость), а третья – количественной выраженностью содержания клейковины в зерне. По яровой пшенице описанная тенденция формирования типа качества просматривается в меньшей степени. Так хлебопекарная оценка яровой пшеницы оказалась размытой своим присутствием в первой и второй

компоненте (0,54 и 0,53 соответственно), а содержание клейковины – первой и третьей компоненте (0,60 и 0,41).

Четким расхождением признаков по компонентам также характеризуется четвертый тип зерна озимой пшеницы, где отмечаются высокие факторные нагрузки содержания клейковины, упругости теста (P) и хлебопекарной оценки, интегрированных в первой компоненте, в то время как характеристики отношения P/L и удельной работы деформации теста (W) отмечаются высокими факторными весами во второй компоненте (табл. 10).

Факторный анализ селекционного материала внутри года не подтвердил выявленной выше закономерности абсолютной интеграции связи хлебопекарных оценок с реологическими свойствами теста у яровой пшеницы, а также с содержанием клейковины и ее качества у озимой. Это позволяет судить о независимости, используемых в селекционном процессе оценок на качество зерна.

Результаты исследований подтверждают, что при работе на завершающих этапах селекционного процесса не всегда удается четко разграничить экспериментальный материал по отдельным критериям качества, что в целом затрудняет общую оценку материала и отбор перспективных форм. Использование алгоритмов информационной биологии в оценке экологических основ формирования качественных критериев зерна позволяет систематизировать отбор высококачественного материала в зависимости от складывающихся условий. Среди основных моментов использования биометрических методов в повышении информативности оценки селекционного материала следует выделить:

1. Вертикальная оценка. Обобщенная оценка условий года, ориентированная на вычленение его эффектов и места в общей иерархии влияния климатических условий на изучаемый признак. Использование кластерного и факторного анализа результатов конкретного года в общей системе качественных критериев за ряд лет позволяет информативно судить о типе зерна, оценить насколько независимы критерии оценки зерновой продукции в год изучения.

2. Горизонтальная оценка. Оценка генетического разнообразия внутри года с выявлением критериев зерна, по которым исследуемый селекционный материал наиболее дифференцирован и по которым эффективность отбора будет высокой. Ориентированность и последующая нормализация качественных критериев к стандартному типу зерна позволяет провести отбор перспективного материала с положительными сдвигами по наиболее информативно значимым критериям на фоне неинформативных или же посредственных показателей зерна в конкретный год испытаний.

Список литературы.

1. Бебякин В.М., Прянишников А.И., Сергеева А.И. Адаптированность сортов озимой пшеницы в условиях Поволжья и вклад генотипа в формирование качества зерна. // С. – х. биология. – 2005. - №1. – С. 55-58.
2. Бебякин В.М., Сергеева А.И. и др. Фенотипическая стабильность сортов озимой пшеницы по критериям качества зерна. //Агро XXI. – 2007., № 4-6. – с. 14-16.
3. Бебякин В.М., Мартынов С.П. Эффекты взаимодействия генотип-среда по признакам качества зерна. // Селекция и семеноводство. – № 11, 1983. – С. 10-11.
4. Бебякин В.М., Мартынов С.П. Факторный анализ информативности показателей качества зерна в связи с селекцией пшеницы. // Сельскохозяйственная биология. - №2, 1983. – С. 18-27.
5. Бебякин В.М., Ишина Г.Ф., Стадник Г.И. Зависимость качества зерна от условий выращивания. // Зерновое хозяйство. – № 6, 1983. – с. 19.
6. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. – Саратов, 2001. – 123 с.
7. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). – М.: «Агрорус», в 3 томах, 2008.
8. Кузьменко А.И. Саратовские сорта яровой мягкой пшеницы (практическая селекция). – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 2005. – 300 с.

9. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
10. Окунь Я. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1974. – 200 с.
11. Прянишников А.И., Андреева Л.В. Постановление проблемного совета по качеству зерна отделения растениеводства РАСХН. // Аграрный вестник Юго-Востока. – № 1 (4), 2010. – С. 4-6.
12. Прянишников А.И. Экологические основы адаптивной селекции озимой пшеницы на Юго-Востоке. – Саратов, 2016. – 116 с.
13. Прянишников А.И., Масловская Э.Н. и др. Развитие методологических подходов в селекции озимой пшеницы на Юго-Востоке. // Пшеница и тритикале. – Краснодар, 2001. – С. 265-273.
14. Смиряев А.В., Мартынов С.П., Кильчевский А.В. Биометрия в генетике и селекции растений. – М.: Изд-во МСХА, 1992. – 269 с.