

Прянишников А.И.

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ
АДАПТИВНОЙ СЕЛЕКЦИИ
В ПОВОЛЖЬЕ**

Москва, 2018

УДК 633.112.1 «321»:(631.527+631.531.02)
ББК 41.3
П858

Рецензенты:

Савченко И.В., доктор с.-х. наук, академик РАН, Всероссийский НИИ лекарственных и ароматических растений

Сухоруков А.Ф., доктор с.-х. наук, Самарский НИИСХ им. Н.М. Тулайкова

Прянишников А.И.

П858 Научные основы адаптивной селекции в Поволжье. – М.: РАН, 2018. – 96 с.

ISBN 978-5-906906-87-8

В монографии представлен эволюционный путь развития методологических подходов селекции озимой пшеницы за почти вековую ее историю в НИИСХ Юго-Востока. Обобщение результатов по урожайности, качеству зерновой продукции и перезимовке за исторический период позволило автору сделать подробный анализ формирования данных признаков в суровых условиях Поволжского региона, а также усовершенствовать и апробировать новые методологические подходы отбора перспективного селекционного материала с использованием алгоритмов информационной биологии. Методические подходы, описанные в монографии, рассматриваются через призму развития теории генетической организации признака современной системной биологии, важной для совершенствования принципов адаптивной селекции по основным хозяйственно-ценным признакам в регионе.

ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ

Чтобы прокормить растущее население мира, по прогнозам экспертов ФАО, к 2050 г. потребуется увеличить глобальное производство продовольствия на 60%, при этом в основном за счет уже существующих пахотных земель и в условиях постоянно меняющегося климата (ФАО, 2016). Наряду с этим, многими учеными подчеркивается, что период бурного роста продуктивности важнейших зерновых культур (кукурузы, риса, пшеницы и др.) в последние десятилетия сменился на сдержанный темп, что признается общемировой тенденцией и ставит перед человечеством задачи по решению данной проблемы (Жученко А.А., 2009; Алабушев А.В., 2009; Chudleigh, 2008).

Среди возможных путей общего увеличения производства зерна в мире, решаемого на уровне интеграции государств, России отводится одно из ведущих мест. Стратегически развитие зернового хозяйства в Российской Федерации обусловлено первостепенной значимостью зерна для обеспечения продовольственной безопасности и экономической независимости страны, а также возможностью с наибольшей эффективностью использовать разнообразные почвенно-климатические ресурсы конкретных регионов. Однако обладая колоссальными ресурсами (более 40% мировых запасов чернозема, 12% посевных площадей), наша страна на сегодня производит всего 4% мирового объема зерна (Жученко А.А., 2009).

Значительная часть в государственном валовом сборе принадлежит пшенице, доля которой в отдельные годы достигает 60% или же более 60 млн. тонн. Однако, несмотря на то, что мировое производство зерна этой культуры находится на рекордно высоком уровне, **его основы** на фоне глобальных и локальных изменений климата, истощения почвенного плодородия, загрязнения окружающей среды, сужения биоразнообразия культур, используемых сельским хозяйством, и других проблем крайне нестабильны для дальнейшего поступательного развития. Именно эти негативные факторы, по мнению международных экспертов, характеризуют ограниченность использования на современном этапе предшествующих моделей земледелия, в том числе и так называемой «Зеленой революции» (ФАО, 2016). Наглядным доказательством данного вывода можно рассматривать неоднородность в продуктивности пшеницы, как среди государств мира, так и по регионам внутри страны (рис. 1).

Интеграция России в решение глобальной проблемы по обеспечению населения мира продовольствием и современный технологический уровень в сельском хозяйстве определяют первостепенное значение развитию научных основ устойчивого производства зерна. Особенно это важно для тех регионов, где жесткость условий при возделывании поле-

вых культур (Поволжье – один из них) – объективная реальность. По мнению ведущих ученых, именно такие территории имеют высокий потенциал для увеличения производства высококачественного зерна пшеницы (Жученко А.А., 2008).

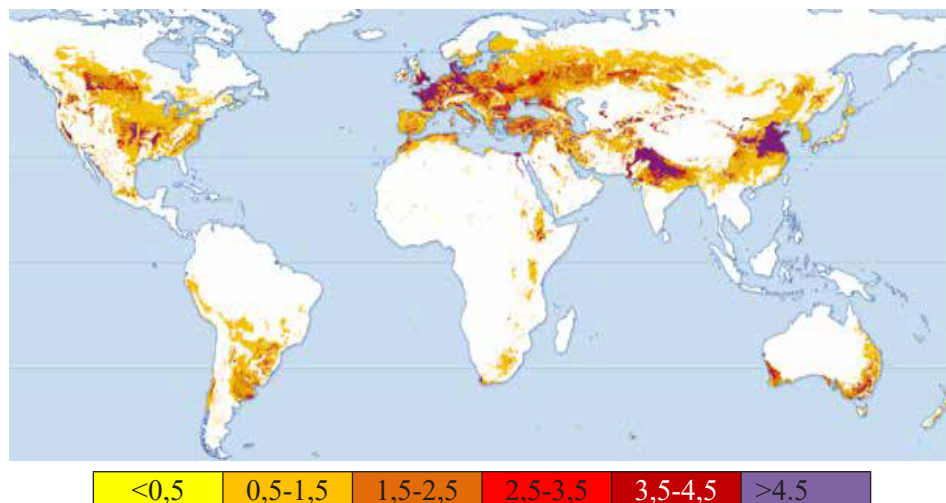


Рис. 1. Производство пшеницы в мире и ее урожайность, т/га (по ФАО, 2016)

Удельный вес Поволжского региона в валовом сборе зерна пшеницы по России ежегодно составляет 15-20%. Острая засушливость и резко континентальный климат по сравнению с другими регионами России делает производство зерна как по яровой, так и по озимой пшенице здесь менее стабильным. Так, вариабельность урожайности озимой пшеницы в Саратовской области за последние 20 лет составила 28% и оказалась всего на 8% ниже, чем у яровой (Прянишников А.И., Левицкая Н.Г., Демакина И.А., 2017). Однако за счет высокой урожайности (более чем в 2 раза) озимой пшенице принадлежит больший удельный вес, как по посевным площадям, так и по валовым сборам зерна.

Воздействие климата на зерновое производство чрезвычайно сложно по своей природе и требует системности при его изучении. Так, среди основных тенденций в изменении климата учеными НИИСХ Юго-Востока выделены: устойчивый рост средней температуры воздуха в холодный период года, повышение ее внутрисезонной изменчивости (аномальности зимой) и перераспределение количества выпадающих осадков в течение года с их сокращением в основной период вегетации зерновых культур (май-июль) (Левицкая Н.Г. и др., 2009, 2012). Отмеченные изменения вызывают нестабильность производства пшеницы в регионе. Детальный анализ причинно-следственных факторов позволяет сделать вывод о многокритериальности данной проблемы, отчего негативность отдельных моментов, вызывающих нестабильность производства зерна на современном этапе проявляется острее (Прянишников А.И., 2009):

1. Увеличение частоты аномально неблагоприятных погодных явлений. Если в начале 1990-х в России ежегодно отмечалось 150-200 опасных явлений, то в последние годы их число выросло до 250-300, а 2007 и 2010 гг. стали в этом отношении рекордным – более 450 явлений.

2. Изменение гидрологического режима почвы, которое привело к смещению направленности ее водного и пищевого режимов, а также смене «приоритетов» в общем спектре эрозионных процессов, оказывающих негативное влияние на сохранение почвенного плодородия.

3. Усиление полярности биоклиматического и биохимического потенциалов формирования зерновой продукции в регионе. По данным лаборатории агрометеорологии НИИСХ Юго-Востока за последние 40 лет биоклиматический потенциал выращивания озимой пшеницы улучшился в Правобережье Саратовской области на 12-15%, а в Левобережье – на 25 и более процентов. Однако отмеченное улучшение сопряжено с ухудшением условий по биохимическому потенциалу производимого зерна (Левицкая Н.Г., Шаталова О.В., Курдюков Ю.Ф., 2004). Так, в последние годы содержание белка в зерне пшеницы в стационарах института составляло всего 12,0-12,5%, в то время как начале 1970 годов – 13,5-14,0%.

По мнению Жученко А.А. (2009), среди основных задач аграрной науки по адаптации производства к изменениям климата следует выделить:

- расширение прогностических и преадаптивных возможностей сельского хозяйства, для которых ведущую роль играют многолетние научные стационары по мониторингу за почвенно-климатическими факторами производства;
- разработку основ управления производственными функциями агросистем и агроландшафтов;
- мобилизацию генетических ресурсов культурных растений и диких родичей в устойчивости к действию абиотических и биотических стрессоров;
- разработку нового поколения зональных ресурсо- энерго- влагосберегающих систем земледелия и технологий возделывания полевых культур;
- развитие биологических факторов производства для их адекватной замены химико-техногенных ресурсов.

Каждый из отмеченных блоков научного сопровождения в адаптации производства глобален по своей сути, поэтому автор постарался в монографии высветить, прежде всего, те моменты, которые находят отражение в работе НИИСХ Юго-Востока, связанной с селекционным совершенствованием биологического фактора. Именно это направление считается наиболее экономически эффективным способом увеличения продуктивности полевых культур, поскольку удвоение урожайности требует почти десятикратного повышения химико-техногенных способов интенсификации (минеральные удобрения, пестициды, средства механизации и пр.) (Жученко А.А., 2006).

Прогресс селекции связан с постепенным накоплением новыми сортами положительных свойств, которые напрямую сопряжены с решением задач по развитию теоретических основ и внедрению новейших методологических подходов. Эволюция современных селекционных методологий должна

осуществляться на основе прогрессирующих тенденций в частной генетике и селекции, проводимых физиолого-генетико-цитологических и ДНК-маркированных исследованиями, направленных на расширение генофонда и способствующих повышению адаптивности на видовом уровне.

Приоритетные блоки изучения природы адаптации предопределены в усилении физиолого-генетических исследований с использованием алгоритмов современной информационной биологии, позволяющих количественно описать поведение растений в процессе формирования признака. Фундаментом отбора перспективного материала для селекционера является теория генетической организации признака, призванная информативно расширить рамки селекционной оценки. Поиск и развитие подходов количественной оценки хозяйственно-ценных показателей растений, формирование которых проходит в постоянно изменяющихся погодных условиях, как результат взаимодействия двух динамично развивающихся систем (растительной и внешней среды), на основе биометрических методов становится все более и более актуальным.

В данной монографии на основе анализа и прогноза климатических изменений показаны фундаментальные подходы преадаптивной селекции, реализованные программами исследований НИИСХ Юго-Востока. Методические подходы, описанные в книге, рассматриваются через призму развития теории генетической организации признака осовремененными принципами функциональной геномики, необходимой для совершенствования адаптивной селекции по основным хозяйственно-ценным признакам в регионе. Эти методы позволят селекционеру расширить информационные рамки для отбора перспективного материала и выстраивания селекционных программ с учетом происходящих в регионе тенденций глобальных и локальных изменений климата.

Экологические основы формирования зерновой продуктивности пшеницы в Поволжье

Поволжский регион отличается резко континентальным, засушливым климатом с контрастными по годам погодными условиями, что в значительной степени определяет колебания в урожайности сельскохозяйственных культур. Сравнительный анализ урожайности яровой и озимой пшеницы не только подтверждает высокую изменчивость, но и свидетельствует о лучшей реализации последней своих продуктивных свойств (рис. 2). За полувековой период средняя урожайность озимой пшеницы в Саратовской области составила почти 17,5 ц/га, в то время, как у яровой она отмечалась на уровне 8,8 ц/га, что и объясняет значительно расширение посевных площадей под озимой пшеницей.

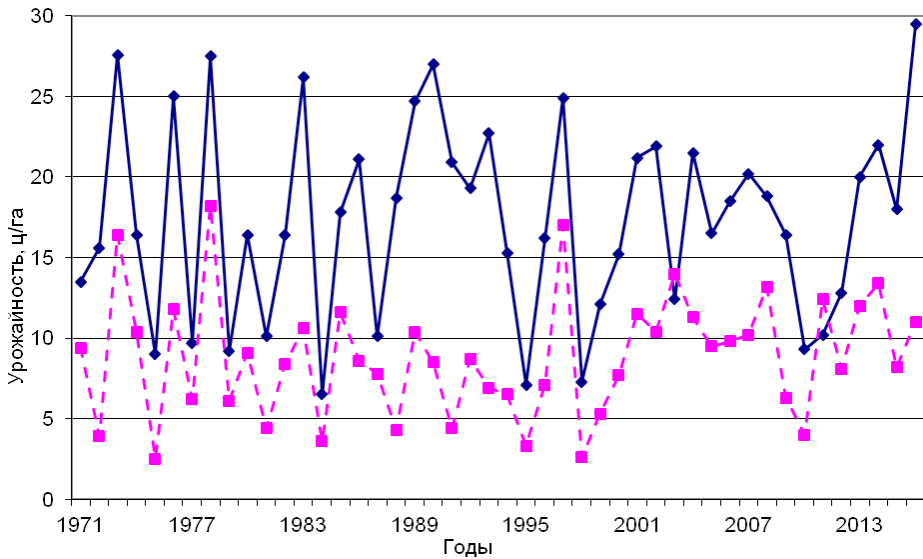


Рис. 2. Урожайность озимой (1) и яровой (2) пшеницы в Саратовской области (1971 – 2016 гг.)

Минимальные и максимальные значения урожайности этих культур приходятся практически на одни и те же годы. Причины резкого снижения урожайности довольно очевидны и связаны с жестокими устойчивыми засухами в период вегетации зерновых культур, а также суровыми условиями зимовки для озимой пшеницы (1985, 1995, 2003 гг.). Однако, несмотря на это, за все годы наблюдений отмечалось лишь два случая, когда озимая пшеница уступала яровой по урожайности – в период слабой ее перезимовки в 2003 г.

(когда отмечалось 50% гибели посевов) и после жесткой засухи 2010 года, когда в области не везде были получены хорошие всходы озимых осенью. Максимумы урожайности объясняются благоприятным гидротермическим режимом и оптимальным увлажнением в наиболее ответственные периоды вегетации зерновых.

Изменения климата оказывают влияние не только на продуктивность зерновых культур, но и на величину межгодовой вариабельности урожаяев. Расчет коэффициентов вариации среднеобластной урожайности озимой и яровой пшеницы за 1976-1995 и 1996-2015 гг. свидетельствует об уменьшении вариабельности этих культур соответственно на 12,6 и 7% (табл. 1). При этом рост урожайности озимой пшеницы по тренду за 40-летний период составил 1,3 ц/га, а у яровой пшеницы – 1,7 ц/га.

Таблица 1

Изменение коэффициентов вариации средней областной урожайности озимой и яровой пшеницы за различные периоды

Культура	Cv,%		
	1976-1995гг.	1996-2015 гг.	Δ Cv
Озимая пшеница	40,5	27,9	-12,6
Яровая пшеница	43,3	36,3	-7,0

В условиях меняющегося климата из 35 лет высокоурожайными для озимой пшеницы были 4 года (1983, 1990, 1997 и 2016). Продуктивность озимой пшеницы в эти годы была выше тренда на 45-62%. Три года (1999, 2003 и 2012) были низкоурожайными с отклонениями от тренда на 25-30% и 4 года выдались крайне неурожайными с отклонениями на 45-50%. Остальные годы были среднеурожайными.

Для яровой пшеницы к числу высокоурожайных лет можно отнести 1983, 1985, 1997, 2003 и 2008 гг. Урожайность яровой пшеницы в эти годы превысила значения тренда на 45-90%. Низкоурожайными с отклонениями от тренда на 25-35% были 1981, 1999 и 2009 годы. В шести годах из 35 (1984, 1988, 1991, 1995, 1998 и 2010) отклонения урожайности от тренда достигали -50-70%. Все неурожайные для яровой пшеницы годы четко связаны с сильными и обширными засухами.

Анализ влияния основных агрометеорологических факторов на продуктивность яровой пшеницы показал на тесную корреляционную связь между урожайностью яровой пшеницы и аномалией средней температуры воздуха за май-июль ($r = -0,71$), числом дней с максимальной температурой выше 30°C ($r = -0,72$), числом сухих дней ($r = -0,62$) и количеством осадков, выпадающих за вегетационный период ($r = 0,52$). Также было выявлено уравнение множественной регрессии, описывающее зависимость урожайности яровой пшеницы от этих показателей (Левицкая Н.Г., 2009):

$$Y = 117,868 - 21,525x_1 + 0,0166x_2 - 0,455x_3 - 0,0005x_4,$$

где Y – урожайность яровой пшеницы, % тренда; x_1 – аномалия средней температуры воздуха за май-июль, °C; x_2 – сумма осадков за май-июль, % нормы; x_3 – число дней с температурой воздуха более 30°C; x_4 – число сухих дней за май-июль.

Согласно графической корреляции урожайности яровой пшеницы с аномалией средней температуры воздуха и отклонением от нормы количества осадков, выпадающих в период вегетации, наибольший прирост урожайности яровой пшеницы наблюдается при средней аномалии температуры воздуха равной -2°C и сумме осадков, превышающей норму на 30-40%, наименьший – при аномалии средней температуры равной $2,8^{\circ}\text{C}$ и дефиците осадков за период вегетации около 60% нормы. Увеличение средней за период вегетации температуры воздуха на 1°C выше нормы вызывает снижение урожайности яровой пшеницы на 25-30% тренда, а уменьшение количества осадков на 35% по сравнению с нормой обуславливает снижение урожайности яровой пшеницы на 30-40% тренда.

Озимая пшеница менее чувствительна к изменениям гидротермических условий в период весенне-летней вегетации. При сохранении однонаправленности связи коэффициенты корреляции между урожайностью и перечисленными выше гидротермическими показателями значительно ниже. Теснота связи с аномалией средней за май-июль температуры воздуха характеризуется $r = -0,44$, с числом дней с температурой воздуха более $30^{\circ}\text{C} - r = -0,42$, с числом сухих дней – $r = -0,39$, с суммой осадков – $r = 0,31$. О меньшей реакции продуктивности озимой пшеницы на изменение климатических условий весенне-летней вегетации свидетельствует и тот факт, что согласно полученной графической корреляции, увеличение средней температуры воздуха на один градус выше нормы приводит к снижению урожайности озимой пшеницы на 10-15% тренда. Уменьшение количества осадков за май-июль на 35% ниже нормы снижает урожайность озимой пшеницы на 15-20% тренда.

При этом большое влияние на происходящие недоборы урожая у озимой пшеницы оказывает отход производства от разработанных аграрной наукой систем «сухого земледелия», излишнее увлечение сельхозпредприятий «заграничными» моделями производства, ориентированность производства на рыночные культуры и увеличение посевных площадей под подсолнечником. Все это в причинно-следственной цепочке сельскохозяйственного производства значительно обостряет его зависимость от климатических условий. Отчего вопросы глобального потепления климата и его влияния на окружающую среду являются одной из главных экологических проблем современности и основных вопросов развития научных основ адаптационных процессов в растениеводстве.

По данным фактических наблюдений и проведенного анализа, наиболее интенсивное потепление началось в последней четверти XX века. Установлено, что в северном полушарии с начала 1980-х годов средняя приземная температура воздуха увеличилась на $1,1^{\circ}\text{C}$. Самым теплым годом за последние 100 лет признан 2010, а 1990-е годы стали самым теплым десятилетием этого периода. В среднем по России за 100-летний период инструментальных наблюдений приземная температура воздуха увеличилась на $1,3^{\circ}\text{C}$. При этом, существенно увеличились годовые минимумы и максимумы температуры воздуха, особенно в холодный период.

В отношении осадков ситуация на территории России складывается значительно сложнее, поскольку наряду с увеличением количества осадков в

одних областях наблюдается их уменьшение в других регионах, что особенно неблагоприятно для районов неустойчивого и недостаточного увлажнения.

Согласно материалам оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), в XXI в. потепление климата продолжится беспрецедентно быстрыми темпами, что окажет существенное влияние на многие отрасли экономики и в первую очередь на сельское хозяйство. Значительная часть территории России, включая Саратовскую область, попадает в зону максимального потепления. Поэтому в складывающейся ситуации исследования региональных проявлений глобального потепления, реакции на них наиболее чувствительных отраслей народного хозяйства и разработка эффективных путей их адаптации к новым климатическим условиям чрезвычайно актуальны и имеют большой практический интерес.

Анализ многолетних агрометеорологических данных свидетельствует о том, что современное изменение климата воздействует на агроклиматические ресурсы региона, изменяя его сельскохозяйственный потенциал.

За исследуемый период (1981-2015гг.) среднегодовая температура воздуха во всех природных зонах региона увеличилась, по сравнению с климатической нормой (1912-1980гг.), на 1,4-1,5°C. При этом среднемесячная температура января выросла на 3,3-3,9°C, февраля – на 2,4-2,8°C, декабря – на 1,9-2,3°C, а в период с мая по сентябрь в основном на 0,3-0,8°C. (табл.2).

Таблица 2

**Отклонение средних месячных температур воздуха (Δt , оС)
за период 1981-2015гг. от климатической нормы (за 1912-1980гг.)**

Природная Зона	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лесостепь	3,3	2,4	2,3	2,2	0,8	0,5	0,2	0,2	0,7	1,3	1,2	2,1	1,4
Засушливая черноземная степь	3,4	2,6	2,2	1,9	0,8	0,6	0,3	0,3	0,5	1,3	1,0	2,3	1,5
Сухая степь	3,5	2,5	2,5	2,1	0,8	0,6	0,3	0,1	0,6	1,3	1,1	1,9	1,5
Полупустыня	3,9	2,8	2,6	1,7	0,6	1,1	0,5	0,5	0,6	1,3	1,1	2,3	1,5

Теплообеспеченность территории, характеризуемая суммой температур воздуха выше +10°C, увеличилась по сравнению с климатической нормой в лесостепи на 275°C, в черноземностепных районах – на 233°C, в сухостепных – на 214°C и в полупустынных – на 193°C. Наибольшая за весь период наблюдений сумма температур наблюдалась в засуху 2010 г. и составила по области от 3250°C до 3880°C, что превысило норму на 650-750°C.

Средняя продолжительность безморозного периода в последнее 30-летие составила 165-178 дней, что на 5-8 дней больше по сравнению с климатической нормой.

Отмеченные выше изменения температурного режима приводят к дальнейшему временному сдвигу в датах устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C, 5°C и 10°C. Весной переход температуры через 0°C в среднем стал происходить на 7, а через 5°C и 10°C на 2-3 дня раньше прежних

сроков. Осенью переходы температур происходят наоборот позже в среднем на 2, 7 и 5 дней соответственно. В итоге продолжительность вегетационного периода увеличилась на 8-10 дней.

Изменение температурного режима сопровождается изменением режима увлажнения. Годовые суммы осадков изменились незначительно – увеличились на 6-11%. При этом произошло их существенное перераспределение между сезонами и месяцами (табл.3). Максимальное увеличение осадков наблюдается в сентябре (24-41%), январе (17-35%), июне (10-23%) и апреле (3-35%). Повсеместное уменьшение осадков отмечается в мае (5-14%) и августе (3-17%).

Таблица 3

Изменение сумм осадков (ΔR , % нормы) за 1981-2015 гг. относительно климатической нормы (1891-1980 гг.)

Природная зона	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Лесостепь	117	107	103	97	86	123	96	94	128	105	114	105	106
Засушливая черноземная степь	126	112	108	103	86	119	102	83	124	109	113	111	106
Сухая степь	135	125	119	123	94	114	97	97	133	97	94	117	111
Полупустыня	133	105	121	135	95	110	87	96	141	114	84	104	107

Изменения в годовом режиме осадков оказывают влияние на динамику осенних и весенних запасов продуктивной влаги в почве. Рассчитанные за период с 1950 по 2010 гг. тренды осенних и весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы свидетельствуют об устойчивой тенденции их роста, как весной, так и осенью. При этом темпы увеличения осеннего увлажнения почвы в 2-4 раза превышают соответствующее увеличение весенних запасов продуктивной влаги. За период с 1981 по 2015 гг. влагозапасы метрового слоя почвы перед уходом в зиму на обыкновенных и южных черноземах увеличились на 15-18%, на темно-каштановых и каштановых почвах – на 38%, а на светло-каштановых – на 10%. При этом повторяемость лет с осенними запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы, близкими к наименьшей полевой влагоемкости (НПВ), в черноземно-степных районах Правобережья достигла 50%.

Анализ динамики весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы показывает, что за исследуемый период они увеличились, в основном на 15-20%. При этом в лесостепных и черноземно-степных районах повторяемость лет с хорошими и достаточными (130-160 мм и более) запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу весенних полевых работ в последние 20 лет составила 100% (табл. 4).

В сухостепных районах влажность почвы данной градации весной отмечалась в 20-30% лет, в остальных случаях влагозапасы метрового слоя почвы составляли в основном 91-130 мм, т.е. были удовлетворительными. В полупустынных районах хорошие и достаточные запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы весной отмечались всего в 1-2 случаях из 10. В 40-50% лет они были удовлетворительными (91-130мм).

Таблица 4

Повторяемость (%) лет с различным весенним увлажнением метрового слоя зяби по природным зонам Саратовской области за отдельные десятилетия

Природная зона	Период	Градации весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм				
		<60	61-90	91-130	131-160	>160
Лесостепь	1981-1990	0	0	10	60	30
	1991-2000	0	0	0	40	60
	2001-2010	0	0	0	30	70
Засушливая черноземная степь	1981-1990	0	0	20	60	20
	1991-2000	0	0	0	70	30
	2001-2010	0	0	0	25	75
Сухая степь	1981-1990	0	0	40	40	20
	1991-2000	0	0	80	20	0
	2001-2010	0	10	60	30	0
Полупустыня	1981-1990	0	10	90	0	0
	1991-2000	0	50	40	10	0
	2001-2010	10	20	50	20	0

Главной особенностью климата региона является частая повторяемость засух и суховеев. В период наиболее интенсивного потепления климата (1981-2015 гг.), по сравнению с предшествующим 30-летним периодом, повторяемость засух на территории Саратовской области существенно не изменилась. Вместе с тем заметно возросла интенсивность наблюдаемых засух. Так, в черноземностепных и полупустынных районах области повторяемость засух сильной интенсивности с $ГТК \leq 0,5$ в мае-июле увеличилась на 8-10%. В крайних юго-восточных районах области увеличивается число засух средней интенсивности с $ГТК = 0,6-0,7$. Величина гидротермического коэффициента (ГТК) за весь вегетационный период уменьшается по тренду со скоростью $-0,04/10$ лет, что свидетельствует об ужесточении гидротермических условий произрастания сельскохозяйственных культур.

Результаты исследований показывают, что часто повторяющиеся засухи на фоне широкой распаханности сельскохозяйственных угодий и некомпенсационных систем земледелия способствуют существенной активизации негативных почвенных процессов, вызывающих деградацию почвенного покрова и снижение почвенного плодородия. По материалам почвенных обследований, к настоящему времени, из общей площади сельскохозяйственных угодий 65 и более процентов перешли в разряд малоплодородных и только 20-25% отнесены к категории среднеобеспеченных гумусом.

Зерновые культуры по-разному реагируют на снижение почвенного плодородия. Наибольшей реакцией на уровень смывости почвы отличается яровая пшеница, меньшей – озимая пшеница и ячмень. Так, на слабоэродированных почвах яровая пшеница снижает урожайность на 15%, а на среднеэродированных – на 31%, озимая пшеница соответственно на 6 и 12%, ячмень – на 4 и 13%. В засушливые годы урожайность зерновых при переходе от несмытых к слабосмытым и среднесмытым почвам уменьшается еще на 10-20%.

В связи с этим изменение основных агроклиматических характеристик требует разработки соответствующих мероприятий по адаптации сельскохозяйственного производства – от определения оптимальных сроков проведения агротехнических работ до выбора и селекции оптимальных сортов, которые отвечают новым условиям. В частности, смещение сроков сева яровых на более ранние позволит более эффективно использовать весенние запасы влаги. Увеличение теплообеспеченности и продолжительности вегетационного периода открывает возможности для более широкого использования позднеспелых сортов зерновых и масличных культур. При этом темпы адаптации должны соответствовать темпам изменения климата. В противном случае потепление климата может привести к падению среднего уровня урожайности зерновых и нестабильности сельскохозяйственного производства.

Адаптивная селекция в НИИСХ Юго-Востока: направления, результаты и задачи

Адаптивность сорта подразумевает возможность генотипа в процессе индивидуального развития приспосабливаться к меняющимся условиям среды (Жученко А.А., 1980), определяя его способность в неблагоприятных условиях давать максимальную продуктивность, а в благоприятных – с наибольшей полнотой их использовать. Создание сортов с повышенным уровнем устойчивости к абиотическим факторам среды всегда считалось приоритетным направлением растениеводства в Поволжье. Классический пример – улучшение яровой пшеницы саратовскими селекционерами, которым удалось за прошедшее столетие создать систему сортов, обладающих повышенной сосущей силой корней (25-32 атм.). Эта особенность растений позволяет более эффективно использовать почвенную и атмосферную влагу, обеспечивая в целом превышение по урожайности первых селекционных форм в два раза, а в острозасушливые годы – втрое и более. Анализ использования различных видов влаги при формировании растениями озимой и яровой пшеницы продуктивных свойств подтверждает, что фактор сосущей силы корней в условиях сухих лет становится определяющим (табл. 5).

Таблица 5

**Расход влаги на формирование урожая у озимой и яровой пшеницы
(Курдюков Ю.Ф., Левицкая Н.Г., Васильева М.Ю., 2014.)**

Год	Урожай, т/га	Почвенная влага*, мм		Осадки, мм
		Содержание	Расход	
Озимая пшеница				
Сухой	2,43	205,8	158,9	53,4
Влажный	4,08	209,0	124,2	182,2
Средний	3,29	207,4	122,9	101,0
Яровая пшеница				
Сухой	1,01	208,5	152,1	61,8
Влажный	1,99	186,1	90,4	184,3
Средний	1,55	192,2	114,8	130,2

*) – в метровом слое почвы в ранневесенний период у озимой пшеницы, у яровой пшеницы – перед посевом

Ведущим направлением селекции в связи с существенно меняющейся средой обитания является создание сортов нового поколения, приспособленных к лимитирующим абиотическим и биотическим факторам среды, с сохранением высоких потребительских и технологических свойств.

При этом возрастающее значение для реализации принципов опережающей селекции имеет многолетний мониторинг за изменениями климатических условий и развивающихся на их фоне изменений видового состава болезней и вредителей. Это позволяет глубже и осознанно вести селекцию на высокую адаптивность, повышение продуктивности и улучшение качества продукции полевых культур. Согласно усиливающимся тенденциям в селекции, формирующейся на основе комплексных генетико-цитологических и ДНК-маркированных исследований, главные блоки современных селекционных программ сопряжены с развитием ее фундаментальных основ.

Системная проблема селекции заключается в том, что направления и темпы развития прикладных научно-исследовательских работ не в полной мере соответствуют фундаментальным исследованиям в области системной биологии, отчего существуют разрывы в инновационном цикле и переходе от фундаментальных исследований к прикладным разработкам. Поэтому **первый блок** программ связан с развитием теоретических основ селекции. Среди решаемых вопросов данного блока особую важность приобретают исследования, которые связаны не только с изучением генетической структуры признака (секвенирование, маркирование), но и с вопросами функциональной геномики, развитием теории генетической организации признака на адаптивность и другие количественные признаки.

Второй блок определяет развитие новых методологических подходов в селекции на основе современных знаний **природы формирования признаков**, что позволит совершенствовать методы традиционной селекции, объединяя и/или же комбинировано дополняя молекулярно-генетическими технологиями. Развитие методов биотехнологий и применение молекулярно-генетических маркеров для целей практической селекции в контексте адаптационных процессов при реализации видового потенциала полевых культур позволит вывести селекцию на новый уровень интенсификации селекции в создании новых сортов.

Третий блок. Мобилизация генетических ресурсов культурных растений и диких родичей в устойчивости к действию абиотических и биотических стрессоров. Основным моментом данного направления необходимо рассматривать в канве главных стратегических задач современной селекции растений, парадигм при изучении генетических ресурсов растений, а также методах ДНК-типирования, применяемых для анализа биологического разнообразия и исследования взаимоотношений между и/или внутри различных видов, популяций, так же как и между отдельными генотипами.

Совершенствование теоретических основ селекции способствовало эволюционному развитию методологических подходов до уровня современных биотехнологических методов, что позволило селекционерам НИИСХ Юго-Востока добиться высокой результативности – создано более 400 сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. Итоги последних 25 лет научной работы представлены на диаграмме (рис. 3).

Среди наиболее значимых достижений последнего десятилетнего периода, полученных методами традиционной селекции, следует выделить:

- высокозимостойкие сорта озимой пшеницы – Жемчужина Поволжья, Калач 60, Анастасия;

- сорта яровой мягкой пшеницы с повышенной засухоустойчивостью: Саратовская 68, Саратовская 70, Саратовская 74 и иммунитетом к болезням – Лебедушка, Воевода;
- сорт белозерной озимой ржи Памяти Бамбышева, ценной для диетического питания за счет высокой перевариваемости и меньшего содержания ингибитора трипсина;
- сорта яровой твердой пшеницы с устойчивостью к «черному зародышу» и высоким качеством макарон – Аннушка и Луч 25;
- сорта подсолнечника кондитерского направления – Сладстена и с высоким содержанием олеиновой кислоты ВОЛ, а также различающиеся по направленности использования высокоадаптивные гибриды подсолнечника – Эверест, Континент, Дуэт.

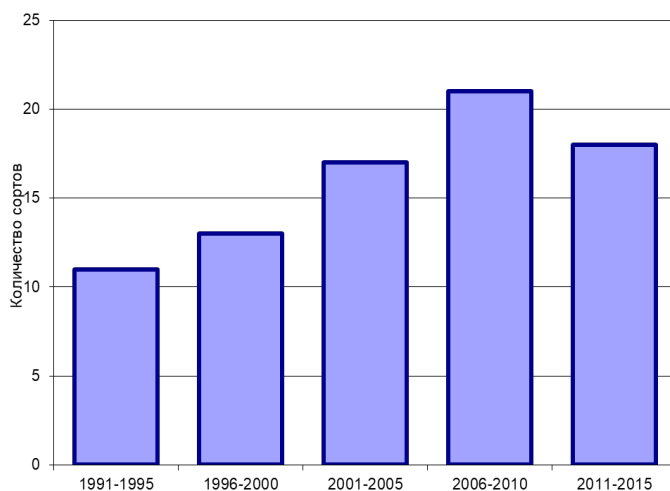


Рис. 3. Результативность селекции НИИСХ Юго-Востока (сорта, внесенные в Госреестр РФ)

Использование биотехнологических подходов в сочетании с методами традиционной селекции позволило получить:

- засухоустойчивый с высокими хлебопекарными свойствами сорт яровой мягкой пшеницы – Саратовская 64;
- высокозимостойкие сорта озимой тритикале – Святозар и Зубр;
- сорт зернового сорго с улучшенной перевариваемостью запасных белков и высокими питательными свойствами – Ирина.

На Государственное испытание переданы новые сорта: озимой пшеницы – Анастасия, яровой мягкой пшеницы – Саратовская 75, озимой ржи – Саратовская 10, проса – Сарбин и Сарфил, подсолнечника кондитерского направления – Любимчик.

Высокая адаптивность сортов саратовской селекции наиболее ярко проявилась в жестких засушливых условиях последних лет (2009-2015 гг.). Это незамедлительно отразилось и в увеличении их доли в производстве. В таблице 6 представлена структура посевов Саратовской области и доля в ней сортов НИИСХ Юго-Востока. По данным ФГБУ «Россельхозцентр», в более чем 40 регионах России используется их потенциал.

Таблица 6

Использование сортов местной селекции в производстве Саратовской области (2015 г.)

Культура	Площадь посева, тыс. га	Районированные сорта, тыс. га	Сорта местной селекции, тыс. га	% местных сортов в посевах
Озимая пшеница	761,4	669,2	442,8	58,0
Озимая рожь	89,9	78,7	78,7	88,0
Яровая пшеница	329,4	229,5	219,1	67,0
Ячмень	392,3	263,5	246,7	63,0
Просо	113,9	93,3	92,1	81,0
Подсолнечник (сорта)	316,5	266,8	130,0	41,0
Подсолнечник (гибриды)	684,9	246,0	6,5	1,0

Широкое использование сортов саратовской селекции – результат работы института на одном из основополагающих направлений по созданию форм с высокой экологической пластичностью, или же так называемой «селекцией по горизонтали» (Жученко А.А., 2009). Этому способствует местоположение института, находящегося на границе лесостепной, степной и полупустынной зон. Проведение широкомасштабных мультилокационных испытаний в различных географических точках позволяет выделять перспективный материал для селекции. Примером реализации такого подхода можно считать сорт яровой мягкой пшеницы Саратовская 74, который был выделен по результатам экологических испытаний в Нижнем и Среднем Поволжье (табл. 7). Достижениями такой направленности селекционной работы следует признать создание сортов, полученных от использования материала института по совместным программам с другими селекцентрами России (так называемая «челночная селекция»): Краснодарским НИИСХ – яровая твердая пшеница Красар, Лилек, Николаша; Калужским НИИСХ – озимая пшеница Касар; ПХ «Пушкинское» Нижегородской области – сорго-суданковый гибрид Болдинский.

Таблица 7

Урожайность зерна яровой мягкой пшеницы в мультилокационных опытах «Географическое испытание» в 2009 г.

Сорт, Линия	Урожайность зерна, ц/га									
	НИИСХ ЮВ								Самарский. НИИСХ	Среднее
	Саратов			Семхоз., Пар	Кр. Кут, пар	Ершов, пар	ОПХ Соляное			
ОКИ, озим.	ОКИ, пар	ГИ, пар	Пар				оз.			
Сар. 74	5,0	25,1	18,7	6,8	2,8	14,2	8,2	3,5	24,3	10,6
Сар 55,ст.	3,1	12,8	12,2	1,0	2,4	8,7	4,2	1,7	-	5,8
Сар. 73	4,6	17,9	14,4	2,7	3,6	12,4	5,4	3,6	21,1	8,4
F	13,89	16,19	6,01	28,59	6,20	4,03				
НСР	1,9	3,3	3,3	2,2	0,9	3,1			2,9	

Примечание: размещение опытов: Саратов – ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока, Семхоз, Краснокутская опытная станция, Ершовская опытная станция, Самарский НИИСХ; предшественник: черный пар, озимая пшеница; ОКИ- основное конкурсное сортоиспытание, ГИ- экологическое сортоиспытание

Важнейшее направление программ адаптивной селекции НИИСХ Юго-Востока – формирование оптимальной системы сортов, позволяющих увеличить возможности зерновых культур для адаптации производства. Отправной точкой в этой работе является систематизация погодных условий и выделение стратегических моментов, которые определяют продуктивность растений в типизированные годы. Так, показано, что реализация урожайных свойств озимой пшеницы в благоприятные годы происходит за счет показателей, характеризующих продуктивность на уровне биоценоза (число стеблей и масса зерна с 1 кв.м), в неблагоприятные – на уровне растения (число и масса зерна с главного колоса и растения). Выявление различий в структуре хозяйственно-ценных признаков позволяет конкретизировать отбор перспективного материала (Прянишников А.И., 2015, 2016).

Подбор генотипов, различающихся по степени реализации продуктивных свойств на ценотическом и организменном уровне, позволяет расширить границы адаптации пшеницы на уровне вида. Так, за счет внедрения в производство современной системы сортов только по озимой пшенице за последний 20-летний период удалось значительно снизить вариабельность урожайности этой культуры с 40,5% до 27,9%, добившись устойчивого роста урожайности на 21%, в то время как за аналогичный предшествующий период лет темпы роста составили немногим более 4% (табл. 1, рис. 4).

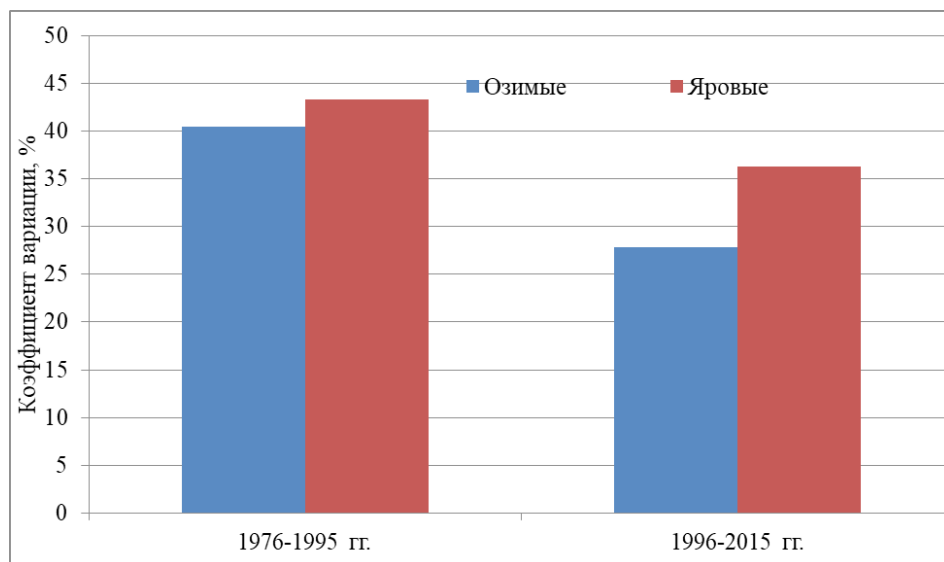


Рис. 4. Изменчивость урожайности озимой и яровой пшеницы по Саратовской области в различные периоды лет: 1976-1995 гг. и 1996-2015 гг.

Вместе с тем процессы адаптации производства на фоне усиления контрастности лет по агро- метеоусловиям ставят перед селекционерами задачу создания сортов, позволяющих стабильно получать высококачественное зерно. Успешное ее решение во многом определяется глубиной интеграции селекционных программ с дисциплинами системной биологии при развитии теоретического фундамента селекции, и в частности, в области физио-

лого-генетических основ формирования растениями количественных признаков. Поскольку на интенсивность внешнего воздействия растение реагирует как единое целое, где каждая его часть развивается в специфической связи с остальными, то и системность селекционных подходов к проблеме адаптации должна быть сопряжена с оценкой особенностей адаптивного потенциала растений как целостной системы, формируемой на основе взаимосвязей генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации (системы F и R). (Жученко А.А., 2008).

В последующих главах будет представлен анализ основных, на взгляд автора, моментов адаптивной селекции, сопряженных с выделением перспективного селекционного материала для суровых условий Поволжья. Уверен, что используемые в своей работе и описанные в монографии принципы системного подхода изучения таких признаков, как адаптивность, продуктивность и качество зерновой продукции в связи с постоянно меняющейся во время вегетации растений погодной обстановки будут способствовать направленному отбору при создании новых сортов для регионального производства.

Эволюция методологических подходов в селекции озимой пшеницы

Селекция озимой пшеницы в Саратовской области была развернута в 1910 г. акад. Г.К. Мейстером на Балашовском опытном поле. В 1915 г. материал был передан на Саратовскую станцию, а с 1918 г. под руководством академика Г.К. Мейстера селекция приобрела вполне динамичное развитие. С 1937 г. селекционная работа проводилась доктором с.-х. наук Н.Г. Мейстер, а с 1960 г. по 1989 г. – кандидатом с.-х. наук В.П. Ласкиным, с 1989 по 1996 гг. – кандидатом с.-х. наук Э.Н. Масловской, с 1996 по 2007 г. – доктором с.-х. наук А.И. Прянишниковым, с 2007 г. с незначительным перерывом – кандидатом с.-х. наук С.В. Ляцевой, при кураторстве член-корреспондента РАН А.И. Прянишникова.

За этот период озимая пшеница из страховой культуры стала для регионального производства одной из основных. Ежегодно в 1990-е годы она возделывалась в области на площади более 700 тыс. га, а в последние три года – более 1 млн га. В значительной степени этому способствует сортовой состав. На смену созданных в 1920-е годы сортов степного экотипа (Лютесценс 329, Лютесценс 1060/10 и Гостианум 237) пришли высокопродуктивные сорта интенсивного типа (Саратовская 90, Жемчужина Поволжья, Саратовская 17, Калач 60), которые сочетают повышенную адаптивность старых сортов с высокой урожайностью и качеством зерна.

Одной из характерных черт Саратовской селекционной школы является развитие методологических подходов в работе с исходным материалом. В таблице 8 показаны основные этапы развития селекционной работы в институте. Разделить четко границы использования различных методов очень трудно, так как постановка задач и их решение трансформированы во времени. Вновь включаемые методы дополняют предыдущие или используются одновременно.

Главной целью селекции озимой пшеницы на первом этапе было, прежде всего, повышение ее зимостойкости. Исходным материалом послужили сорта-популяции, собранные из разных зон страны. Работа началась с дифференциации этих сортов-популяций и отбора самых продуктивных и зимостойких линий. Так были получены из местной Харьковской – Гостианум 237, из Сандомирки – Лютесценс 329, из Тейской – Лютесценс 1060/10.

Создание этих сортов явилось базой для внедрения озимой пшеницы как сельскохозяйственной культуры не только в Нижнем и Среднем Поволжье, но и в других регионах страны. Сорт Гостианум 237 широко возделывался в степях южной и восточной Украины, на Северном Кавказе, на юге ЦЧО и занимал около 2,5 млн га. По мере увеличения посевных площадей возрастал интерес к этой культуре, а вместе с тем – и требования к сортам.

Таблица 8

**Эволюция основных методов при создании исходного материала
в селекции озимой пшеницы НИИСХ Юго-Востока**

Период	Методы селекции	Созданные сорта
1910-1925	Индивидуальный отбор из местных сортов-популяций 69	Лютесценс 329, Лютесценс 1060/10, Гострианум 237
1918-1934	Отдаленная гибридизация, в основном с озимой рожью Межлинейная гибридизация	Эритроспермум 46-131, Лютесценс 434-154, Лютесценс 27-36, Эритроспермум 118
1935-1950	Новый цикл гибридизации с рожью Внутривидовая гибридизация (межрасовые и межлинейные скрещивания) Сортолинейная и межсортовая географически отдаленная гибридизация Ярово-озимые гибриды Тройные гибриды Внутрисортовые скрещивания Свободное избирательное оплодотворение	Лютесценс 230
1951-1962	Метод переделки яровых в озимые Метод сложных гибридных популяций Свободное избирательное оплодотворение Опыление с добавлением пыльцы ржи	Лютесценс 23 Лютесценс 52 Лютесценс 11
1963-1975	Метод трансформации яровых в озимые Сложные, сложно-ступенчатые, циклические, насыщающие скрещивания Парная гибридизация географически отдаленных сортов	Тимгалеп озимый Саратовская 38 озимая Саратовская юбилейная Саратовская 8 Саратовская 9 Саратовская 10 Саратовская 11
1976-1995	Циклические географически отдаленные сортолинейные Сложно ступенчатая гибридизация Метод насыщающих скрещиваний	Саратовская остистая Виктория 95, Калач 60 Жемчужина Поволжья Саратовская 90 Губерния
середина 1990-х годов ...	Использование дигаплоидизации гибридов F2 Использование соматклонов гибридов F1	Смуглянка, Рубин 96

Однако уже в скором времени использование методов аналитической селекции перестало давать существенные результаты при выведении сортов. Не удовлетворяли производство ни урожайность, ни особенно качество зерна. Поэтому уже с 1918 г. можно отметить широкий переход в селекционных программах по озимой пшенице к методам синтетической селекции. Саратовскую станцию при использовании внутривидовой гибридизации отличало широкое применение на практике межвидовых и межродовых скрещиваний: пшеницы мягкой – с твердой, пшеницы – с рожью, с пыреем и житняком. Внутривидовая гибридизация занимала сначала подчиненное положение. Предполагалось, что отдаленная гибридизация в большей степени, чем межсортовая, позволит расширить формообразовательный процесс и создать сорта с необходимым комплексом хозяйственно ценных признаков, особенно по зимостойкости.

Большое внимание было уделено гибридизации озимой пшеницы с рожью. Этот период работы Саратовской станции подробно освещен в юбилейном сборнике «XXV лет Саратовской селекционной станции» и в монографии «РПГ в процессе их изучения и использования для селекции», которые вышли под редакцией Г.К. Мейстера в 1936 г.

Итогом работы с ржано-пшеничным гибридом явилось выведение сортов – Эритроспермум 46/131, Лютесценс 27/36, Лютесценс 434/154, Лютесценс 527/30. Эритроспермум 46/131 сочетал высокую зимостойкость, близкую к Лютесценс 329, с большей урожайностью (+11%), крупным зерном, хорошими технологическими качествами и устойчивостью к полеганию. Лютесценс 434/154 по зимостойкости не уступал Лютесценс 329. Вместе с тем этот сорт был скороспелым, засухоустойчивым, со средними качествами зерна и по урожайности превышал Лютесценс 329 на 15%. Был также получен ценный исходный материал для межрасовой гибридизации, которая позволила потом создавать новые сорта. Подтвердилась перспективность метода. Однако поднять морозостойкость озимой пшеницы до уровня озимой ржи, как намечалось, не удалось.

В 1935 году был выполнен новый цикл работ с ржано-пшеничными гибридами с включением наиболее холодостойких сортов ржи и пшениц, а также с широким использованием межрасовых и межсортowych скрещиваний. От скрещивания двух ржано-пшеничных форм был получен сорт Лютесценс 230. Этот уникальный по комплексу биологических свойств и хозяйственной ценности сорт был следующей ступенью в повышении урожайности и в значительном улучшении качества зерна озимой пшеницы на Юго-Востоке. По зимостойкости этот сорт близок к Лютесценс 329, обладает хорошей засухоустойчивостью и устойчивостью к полеганию, скороспелостью, хорошими хлебопекарными качествами и на 14-25% урожайнее сортов, созданных методом индивидуального отбора. В 1946 г. Лютесценс 230 был передан на государственное испытание, а с 1952 г. – районирован. В Поволжье этот сорт занимал более 750 тыс. га.

С 1940 г. расширяется диапазон применения внутривидовой гибридизации как с использованием лучших местных форм, так и экологически и географически отдаленных сортов при естественном переопылении и в искусственных скрещиваниях. От скрещивания Лютесценс 434/154 с Госитанум 237 была получена Саратовская 3, от скрещивания Лютесценс 230 с Лютесценс 434/154 – Саратовская 4.

Задача соединить в одном сорте как можно более широкий комплекс признаков, обуславливающих зимостойкость озимой пшеницы в весьма разнообразных зимах региона, привела к межсортowym экологически отдаленным и сложным ступенчатым скрещиваниям. Инорайонные сорта, обладающие отдельными ценными признаками, скрещивались друг с другом или с местными сортами, межсортowe и отдельные гибриды – друг с другом, первое поколение парных гибридов – друг с другом или с новым сортом. В скрещивания широко вовлекались сорта Швеции, США, Болгарии, Италии, Югославии, Канады. Гибридизация сочеталась с отборами на возможно самых суровых фонах выращивания.

Взросшие требования к сортам поставили вопрос об оптимальном типе растения. Выяснилось, что в условиях Юго-Востока, кроме зимостойкости, скороспелости и засухоустойчивости, важное значение имеет характер развития растений. Слишком высокая продуктивная кустистость – мощная розетка в сухие годы становится вредной для растения, так как приводит к снижению крупности и выполненности зерна и тем самым – к уменьшению урожайности. Растения с умеренно развитым кустом, скороспелые, засухоустойчивые, с мощным развитием колеоптильных корней – наиболее перспективный тип.

Использование для скрещиваний экологически и географически отдаленных групп сортов увеличило разнообразие биотипов в селекционных материалах. При этом в благоприятные годы полностью отпадала оценка на основные для Юго-Востока свойства – зимостойкость и засухоустойчивость, но появилась возможность оценки на потенциал продуктивности, на устойчивость к полеганию, к болезням, на качество зерна. При имеющейся изменчивости погодных условий требовался очень большой объем работы.

С 1950-х годов изучался ряд новых методов: переделка яровых сортов в озимые, метод сложных гибридных популяций, свободное избирательное оплодотворение при создании урожайных гибридов материнского типа. Исследование разнокачественности семян в зависимости от порядка стеблей и места зерна в колосе показало, что из осенних стеблей развиваются более ценные потомства, гибридные семена нижней части колоса дают потомства с преобладанием материнских признаков. Было установлено, что использование метода чеканки в семеноводстве не дает преимуществ перед питомниками отбора, трудоемкость которых значительно ниже.

При свободном опылении выявлено: для получения желаемого результата имеет значение не только избирательность оплодотворения, но и правильный подбор пар для скрещивания.

Метод сложных популяций в селекции озимой пшеницы состоял в формировании сорта путем объединения морфологически однородных, но генетически разных биотипов и их потомств, проверенных в ряде поколений по хозяйственно полезным признакам. Он не противопоставлялся методу линейной селекции, так как в основе его был индивидуальный отбор с проверкой по потомству. Как выяснилось, результативность метода определяется не количеством включенных в популяцию потомств, а правильностью качественной их оценки. По урожайности исходных гибридных популяций можно судить об их ценности для дальнейшей работы. Этим методом был выведен сорт Лютесценс 11: от объединения линий из скрещивания Саррубра и Лютесценс 1060/10.

Путем трансформации яровых пшениц в озимые был получен ряд высокозимостойких и высококачественных озимых форм – Лютесценс 758, Лютесценс 53/12. Саратовская 29. И все же был сделан вывод: метод не решает полностью проблему выведения сортов с повышенной зимостойкостью и тем более широко приспособленных по хозяйственно ценным признакам. Существенный недостаток метода – нет путей изменения исходных яровых

форм в желаемом направлении и по комплексу ведущих признаков. Полученные озимые формы нуждаются в тщательной селекционной проработке и гибридизации с озимыми сортами.

Практическая селекционная работа 1950-х годов основывалась главным образом на скрещиваниях – парных, сложных, ступенчатых. Во втором-четвертом поколении проводился массовый отбор растений по продуктивности и качеству зерна. Затем популяции высевались в конкурсном испытании для оценки биологических особенностей комбинации.

С 1953 года была поставлена задача – вывести крупнозерный сорт с урожайностью на 3-4 ц выше, чем у Лютесценс 230, с повышенной приспособленностью к условиям Юго-Востока. При использовании инорайонных крупнозерных доноров селекционеры столкнулись с явлением сильного доминирования в гибридах таких форм (шведский тип). Даже повторное опыление сортом мало ослабляло влияние позднеспелых, высокорослых, слабозасухоустойчивых сортов северного лесного экотипа. Необходимо было искать местные сорта, обладающие большой силой наследственной передачи. Лучшие результаты скрещиваний давали лесостепные украинские сорта как более засухоустойчивые, но они заметно снижали морозостойкость гибридов.

С 1958 года началось создание сорта более зимостойкого и урожайного, чем районированный Лютесценс 230, и относящегося к типу сильных пшениц. В скрещиваниях вовлекались высокостекловидные сорта Канады, США, Краснодарского края и Украины. Из скрещивания Советская/ Лютесценс 230//Лютесценс 17 был выведен и в 1962 году передан на государственное испытание сорт Саратовская юбилейная, превышавший Лютесценс 230 по урожайности в среднем на 4 ц/га. Он относился к сильным по качеству зерна, помимо этого характеризовался крепкой соломиной, более крупным и хорошо озерненным колосом с массой 1000 зерен на 5-8 г больше, чем у Лютесценс 230. По морозостойкости он несколько уступал Лютесценс 230, но значительно превышал украинские родительские формы и сильную озимую пшеницу Безостая 1.

В 1967 году из скрещивания Юбилейная/Степная 135 получена Саратовская белозерная, которая была урожайнее Саратовской юбилейной с зерном также хорошего качества. Сорт отличался высокой засухоустойчивостью, скороспелостью. По зимостойкости Саратовская белозерная не превосходила стандарт Лютесценс 230, однако, обладая хорошей регенерационной способностью, по перезимовке не уступала степным сортам.

Таким образом, у гибридов от скрещивания инорайонных продуктивных и высококачественных сортов с зимостойкими степными формировалась высокая продуктивность с хорошим качеством, зимостойкость же оказалась промежуточной или ближе к степному родителю, но не достигла его уровня. Вместе с тем стало очевидно, что с интенсификацией сельского хозяйства на Юго-Востоке в производстве необходимо иметь сорта озимой пшеницы двух типов: высокопродуктивные высококачественные – для районов с относительно благополучными условиями перезимовки на черноземах и по черным парам и сорта – для районов с бедными почвами и неблагоприятными условиями произрастания.

Урожайность озимой пшеницы за 1960-е годы повсеместно заметно увеличилась. Возросли требования к качеству зерна и иммунитету. Сорты краснодарской и украинской селекции, обладая большим потенциалом урожайности, не имели достаточной зимостойкости и засухоустойчивости, чтобы обеспечить высокую урожайность в засушливой степи Поволжья.

Анализ селекционных материалов 1950-1960 гг. показал: выведение сорта для степного Поволжья с таким комплексом признаков, как высокая продуктивность, сильное по качеству зерно, высокая зимостойкость и общая устойчивость к суровому климату – дело весьма сложное. В исходном материале высококачественные и высокопродуктивные формы, как правило, недостаточно устойчивы к неблагоприятным условиям и, наоборот, высокозимостойкие сорта не обладают качеством и большим потенциалом урожайности.

Поэтому были развернуты исследования по формированию трех главных признаков – морозо- зимостойкости, продуктивности и качества зерна. Для решения этой проблемы стали широко использоваться тройные скрещивания. В гибридизацию включались сорта инорайонной селекции, главным образом украинской и краснодарской, обладающие высокой урожайностью и лучшими хлебопекарными качествами зерна. Исходные материалы для селекции – две группы сортов: высококачественные, но слабокзимостойкие (например, Безостая 1, Белоцерковская 198, Приазовская); высокозимостойкие, но не сильные по качеству зерна (Лютесценс 230, Петровская 7, Ульяновка). При парной гибридизации выделяются, как правило, три группы гибридов: промежуточная и близкая к одному или другому родителю. Такова закономерность. Тем не менее она не исключает при удачном подборе получения форм с нужным сочетанием признаков, но выделение таких форм в селекционной практике затруднительно. Необходимы последовательные скрещивания с использованием гибридов, в основном промежуточной группы, то есть постепенное накопление нужных качеств у гибридов. Это самый верный путь – ступенчатая гибридизация, и он используется, но по времени он самый длительный. Поэтому решено было изучить возможность получения форм с нужным сочетанием признаков посредством объединения наследственности трех сортов – первого поколения парного гибрида с третьим сортом.

Изучение сложных тройных гибридов в 1963-1974 гг. позволило сделать выводы о перспективности этих типов комбинаций в создании сортов интенсивного типа для Юго-Востока. Было выяснено, что на морозостойкость таких гибридов сильно влияет материнская форма парного гибрида и третий сорт сложной комбинации. И предпочтительней в качестве таких форм использовать высоко- или среднезимостойкие образцы. Продуктивность гибридов зависит от числа высокопродуктивных родительских сортов. Если в скрещивание вводится один такой сорт, лучшие результаты может дать использование его как третьего компонента. Сила муки в тройных гибридах чаще формируется по промежуточному типу, поэтому лучше иметь в скрещивании два высококачественных сорта.

При отборе форм среди разных экотипов наиболее перспективны гибриды промежуточного морфотипа, не принадлежащие ни к степному, ни к ле-

состепному экотипам. В результате этих исследований был выведен сорт сильной озимой пшеницы интенсивного типа Саратовская 8 и получено большое число ценных линий, ставших материалом для ступенчатой гибридизации.

С 1970 года в Поволжье получила распространение озимая пшеница Мироновская 808, относящаяся к сильным пшеницам и обладающая высокой пластичностью, с довольно хорошей зимостойкостью, высокой регенерационной способностью, с хорошей продуктивной кустистостью и крупным колосом. В Мироновской 808 удачно сочетаются свойства и признаки степного сорта на первой стадии развития с признаками высокопродуктивных форм на второй стадии. К минусам этого сорта в условиях производства Юго-Востока можно отнести недостаточные морозостойкость и засухоустойчивость, склонность к полеганию и осыпанию зерна.

После районирования этого сорта возросли требования к сортам степного Поволжья. Был взят курс на создание сорта интенсивного типа. Это совершенно новый биотип: он должен сочетать высокую продуктивность западноевропейских сортов лесостепного экотипа со свойствами степного экотипа – зимостойкостью и засухоустойчивостью. Трудность усугублялась еще тем, что среди степных зимостойких сортов нет устойчивых к болезням и сильных по качеству зерна.

Деление сортов на экотипы довольно условно, поскольку все сорта гибридного происхождения и включают в себя отдельные элементы различных типов пшениц. Пример тому – Мироновская 808 и Саратовская белозерная. Мироновская 808 до фазы выхода в трубку по общему габитусу растений и развитию не отличается от пшениц степного типа. После выхода в трубку и особенно колошения она развивает признаки, характерные для пшениц высокопродуктивного лесостепного экотипа. Саратовская белозерная по общему габитусу растений и развитию – типично степная форма, но имеет более крупный и плотный колос, чем степные формы.

Изучение гибридных материалов показало: более урожайны и надежны на Юго-Востоке не высокопродуктивные лесостепные сорта, а промежуточный тип с большей зимостойкостью, но с элементами продуктивности высокоурожайных сортов.

Селекционные материалы 1960-1970 гг. показали, что в благоприятные годы преимущество в урожайности имели инорайонные сорта лесостепного интенсивного типа и гибридные формы, близкие к ним по морфотипу, несмотря на меньшую морозостойкость. Новые гибридные линии, близкие к интенсивному типу, на 7-8 ц превышали урожайность Лютесценс 230 и не уступали Мироновской 808, однако большей частью они не обладали высокой зимостойкостью. Группа степных форм при высокой зимостойкости урожайностью незначительно превышает Лютесценс 230 и заметно уступает Мироновской 808. То есть в благоприятные годы, когда выявляется потенциал продуктивности селекционных материалов, линии степного экотипа малоперспективны.

Самой большой была группа промежуточных по морфотипу линий. Среди них имелись морозоустойчивые, близкие по урожайности к Миронов-

ской 808 и высокоурожайные с зимостойкостью выше интенсивных лесостепных родительских форм, но ниже степных сортов.

Таким образом, при выведении сортов интенсивного типа основной сложностью остается зимостойкость. И для наращивания урожайности при достаточной приспособленности необходимы ступенчатая гибридизация и насыщающие скрещивания.

Потребовалось определить модель нового типа сорта – интенсивного для степного Поволжья. У гибридов от скрещивания степных и лесостепных форм выщепляются потомства с различной плотностью колосьев, в том числе и плотноколосые. Для отбора важно было знать, насколько такие формы на Юго-Востоке реализуют свои возможности и имеют ли они преимущество перед рыхлоколосыми и средними по плотности. Там, где ведется отбор по морфологическим признакам, визуальная оценка по колосу имеет большое значение.

Как выяснилось, по озерненности колоса группа плотноколосых оказалась не лучше ни рыхлоколосых, ни форм со средней плотностью колоса. Более того, среди высокоозерненных с увеличением плотности колоса доля линий уменьшается до нуля. Аналогичная закономерность по массе зерна на колос и массе 1000 зерен. Плотноколосые формы не только не имеют преимущества по продуктивности колоса, но и уступают формам со средней плотностью колоса.

Для выявления самого продуктивного морфотипа урожай зерна с деланки сопоставляли с элементами продуктивности растений. Определено, что урожай зерна несколько теснее связан с массой зерна на колос, чем с продуктивной кустистостью. Формы с высокой массой зерна на колос встречаются как с высокой, так и с низкой продуктивной кустистостью. Это позволяет повышать продуктивность колоса при достаточно высокой продуктивности. Такая же связь между продуктивной кустистостью и массой 1000 зерен. Между массой 1000 зерен и высотой растения корреляция прямая. По конкурсному испытанию не удалось определить высокую положительную корреляцию урожая с каким-либо одним элементом продуктивности. Только множественные коэффициенты корреляции положительны и чаще всего достоверны. Поэтому при отборе по элементам продуктивности целесообразно вести отбор в двух направлениях:

1) формы со средними показателями продуктивности колоса, так как среди них чаще встречаются более адаптивные к местным условиям формы;

2) формы, с наследственно обусловленными высоким числом зерен в колосе и массой 1000 зерен, с последующим их использованием в повторных скрещиваниях как материала более приспособленного, чем доноры продуктивности инорайонных сортов.

Представление об интенсивном сорте включает и свойство устойчивости к наиболее распространенным болезням. Отсутствие иммунных форм исходного материала степных озимых пшениц поставило вопрос о создании высокозимостойких ржавчиноустойчивых сортов. Дело осложняется отсутствием естественного фона заражения. Эпифитотии на озимых в степной зоне бывают довольно редко. К тому же болезнь поражает растения обычно в конце вегетации и практически мало оказывает влияние на урожайность.

На инфекционном фоне выявлено, что наследование зимостойкости и устойчивости к ржавчине носит сложный характер, но свойства эти наследуются независимо друг от друга, что позволяет получить формы высокозимостойкие и устойчивые к ржавчине. Процесс расщепления по указанным признакам очень длителен – до 5-6 поколения, поэтому необходим длительный систематический отбор. Число ржавчиноустойчивых форм зависит от особенностей комбинаций скрещиваний. Среди форм, константных по устойчивости к ржавчине, следует проводить индивидуальные отборы, так как расщепление идет по другим признакам. Высокоморозостойких форм, как правило, выщепляется очень мало.

В результате этих исследований разработана методика получения устойчивых к бурой ржавчине высокозимостойких форм и выведен первый на Юго-Востоке сорт с горизонтальной устойчивостью к бурой ржавчине – Саратовская 10.

С выведением каждого нового сорта дальнейшая работа усложняется, так как комплекс свойств и признаков, на которые необходимо вести селекцию, из года в год расширяется, а сроки создания сортов – сокращаются. Работа на интенсивный тип для степного Поволжья сложна еще и тем, что направление и интенсивность отборов зависят от условий года. В благоприятные годы повышается интенсивность отборов форм высокопродуктивных, но слабоморозостойких. В неблагоприятные годы такие формы отбраковываются. И наоборот, формы, отобранные в неблагоприятные годы, в благоприятный период оказываются с низким потенциалом продуктивности. Это снижает эффективность отборов. Так, формы интенсивного типа, преобладавшие в материалах после благоприятных 1982 и 1983 гг., выпали после острозасушливого 1984 г. и неблагоприятного по перезимовке 1985 г. и в материалах стали преобладать формы с большей адаптацией, но менее продуктивного типа.

Введение сортов интенсивного типа – это по существу создание новых форм пшеницы. Переход от одной биологической формы к другой в степном Поволжье требует длительного времени и применения метода ступенчатой гибридизации. Среди перспективных форм все больший удельный вес получают гибриды от сложных ступенчатых и возвратных скрещиваний. Это объясняется тем, что ступенчатые гибриды, созданные на базе местных гибридных форм, имеют лучшее сочетание свойств и признаков, обеспечивающих им большую продуктивность.

Поэтому создание форм, обладающих экологической приспособленностью местных степных сортов, оказалось возможным только в два этапа.

Первый этап – получение промежуточных форм. Как выяснилось, простые скрещивания местных сортов с высокопродуктивными сортами западной и юго-западной селекции не дают форм, сочетающих приспособленность первых с продуктивностью вторых. Лучшие сорта и линии от таких скрещиваний получают промежуточными.

Второй этап – повторная гибридизация сортов и форм промежуточного типа с высокопродуктивными сортами. Подбор пар и отборы направлены на увеличение продуктивности колоса за счет крупнозерности и числа зерен

при сохранении продуктивной кустистости местных сортов и их биологической приспособленности.

Параллельно ведутся парные скрещивания местных форм с сортами инорайонными и яровыми, обладающими отдельными ценными признаками, для обогащения исходного материала. Такие комбинации проводятся, как правило, циклами по направлениям (засухоустойчивость, качество зерна, иммунитет), что помогает выяснить комбинационные способности как местного материала, так и привлекаемых доноров.

Урожайность у новых сортов возрастает в тех редких случаях, когда биологические свойства, соответствующие степным условиям, оптимально сочетаются с хорошо сбалансированными элементами продуктивности. Увеличение урожайности у созданных интенсивных сортов связано с возросшей продуктивностью колоса вследствие как озерненности, так и крупности зерна. При этом продуктивная кустистость снижалась незначительно, либо сохранялась на прежнем уровне.

Отличительной особенностью следующего периода (1976 – 2000 гг.) стало использование тех же географически отдаленных скрещиваний, но построенных по типу циклических, т.е. каждая из нескольких материнских форм опылялась одним и тем же набором сортов-опылителей. Преимущество этого метода состоит в том, что в процессе практической селекции выявляются комбинационные способности как материнских форм, так и опылителей. В этот же период в скрещиваниях стали широко использоваться новые селекционные гибридные линии, т.е. ступенчатая гибридизация. В селекции на отдельные признаки, в частности на устойчивость к листовой ржавчине, проводились ярово-озимые скрещивания. В ряде случаев осуществлены сортолинейные и межсортные скрещивания с последующим бекроссированием. Совместно с лабораторией клеточной селекции изучался метод создания исходного материала путем получения дигамплоидных форм из гибридов F_2 - F_3 .

С 1993 г. по настоящее время основным методом создания исходного материала являются межсортные и межлинейные скрещивания по циклическому типу. Приобретает практическое значение создание исходного материала путем получения соматклонов из гибридов F_1 и дигамплоидов из F_2 из скрещиваний географически отдаленных форм и ступенчатых гибридов.

За последний 25-летний период создано 12 сортов озимой пшеницы (Саратовская 90, Саратовская остистая, Виктория 95, Губерния, Жемчужина Поволжья, Аткара, Саратовская 17, Калач 60, Созвездие, Эльвира, Касар, Анастасия). Шесть сортов внесено в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию РФ по 7-10 регионам. Реализация Институтом сортовой стратегии по Саратовской области позволила значительно разнообразить сортовой набор в производстве, что способствовало в последние 20 лет (1996-2015 гг.) добиться устойчивого роста урожайности этой культуры на 22%, в то время как в предшествующий период рост составил всего 4% (рис. 5). Селекционный прогресс по урожайности представлен в таблице 9.

**Роль селекции в повышении урожайности озимой пшеницы
(КСИ, экстенсивный фон, 1993-2016 гг.)**

Сорт	Год		Урожайность	
	ГСИ	Госреестр РФ	Средняя, ц/га	в % к Лютеценс 230
Лютеценс 230	1946	1952	25,3	100
Саратовская 8	1975		30,9	122
Саратовская 90*	1990	1995	33,4	132
Саратовская остистая	1995		34,8	137
Виктория 95*	1997	2003	34,4	136
Губерния*	1998	2002	37,1	147
Жемчужина Поволжья*	2002	2007	37,7	149
Саратовская 17*	2005	2009	40,1	
Калач 60*	2008	2012	43,5	172
Анастасия	2016		46,5	184

*) – сорта Госреестра РФ селекционных достижений, допущенных к использованию

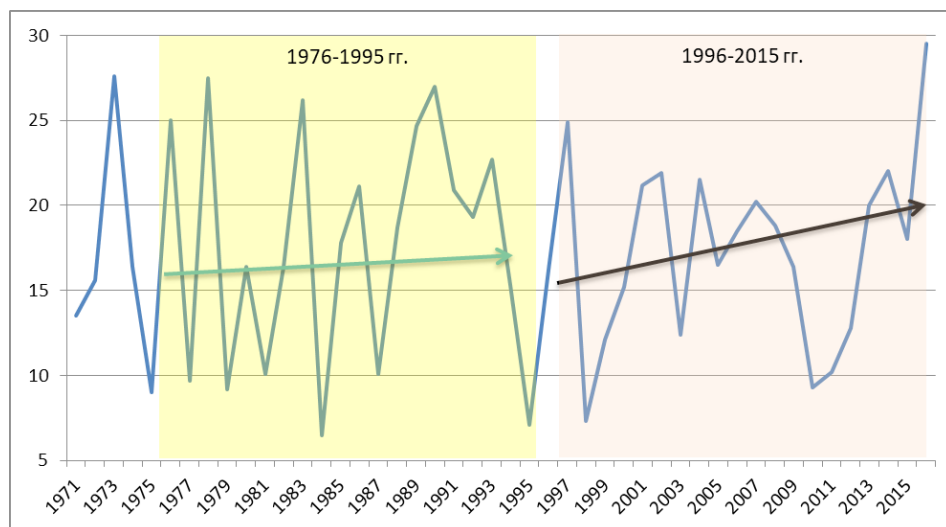


Рис. 5. Урожайность озимой пшеницы в Саратовской области с 1971 по 2016 гг. и ее тренды в 20-летние циклы с 1976 по 1995 гг. и с 1996 по 2015 гг.

Алгоритмы селекционных программ на адаптивность

Эволюция методологических подходов в селекции сопряжена с развитием теоретических основ селекционно-генетической науки, среди которых генетике количественных признаков отводится одно из приоритетных направлений. Еще в 30-е годы XX века академик Н.И. Вавилов подчеркивал, что «проблема генетики количественных признаков должна привлечь к себе широкое внимание в предстоящие годы... Количественные признаки оттачивали генетика своей сложностью, наличием переходных форм, спутанностью генетической картины... От общих институтов мы ждем в предстоящие годы большой помощи в теоретической разработке проблемы наследственности количественных признаков» (Вавилов Н.И., 1965). Ее развитие с формированием важных для селекционера теорий (моделей) организации количественных признаков способствует более глубокой проработке экспериментального материала, эффективным отборам, вдумчивому подбору материала для скрещиваний и т.д.

Вместе с тем следует признать, что современная методология в селекции, в том числе использование методов молекулярно-генетического анализа сложных полигенных признаков, несмотря на широту, не совсем точно и глубоко отвечает задачам, которые приходится решать селекционерам (Драгавцев В.А., 2003; Чесноков Ю.В., Косолапов В.М., 2016). При этом большинство из используемых в селекционных программах моделей генетической организации признака опирается на анализ показателей, результирующих взаимодействие «генотип – среда» (рис. 6). В то время как для селекционера важно понять весь динамизм процесса реализации генетической информации растениями в онтогенезе. Важность понимания того, что природа формирования каждого из элементов продуктивности, либо качественных характеристик зерна или же адаптации носит не аддитивный (независимый), а эмерджентный характер, приводит к необходимости развития в селекционной науке надструктурных теорий, которые позволяли бы оценить целостность «организации растительной системы», и ее поведения при формировании хозяйственно-ценных признаков.

Поскольку на интенсивность внешнего воздействия растение реагирует как единое целое, где каждая его часть развивается в специфической связи с остальными, то и системность селекционных подходов к проблеме адаптации должна быть сопряжена с оценкой особенностей адаптивного потенциала растений как целостной системы, формируемой на основе взаимосвязей генетических систем онтогенетической и филогенетической адаптации (системы F и R). (Жученко А.А., 2001). Однако современные направления си-

стемной биологии, по мнению отдельных ученых, больше ориентированы на моделирование виртуального растения (Переверзев Б.Л., 2010).

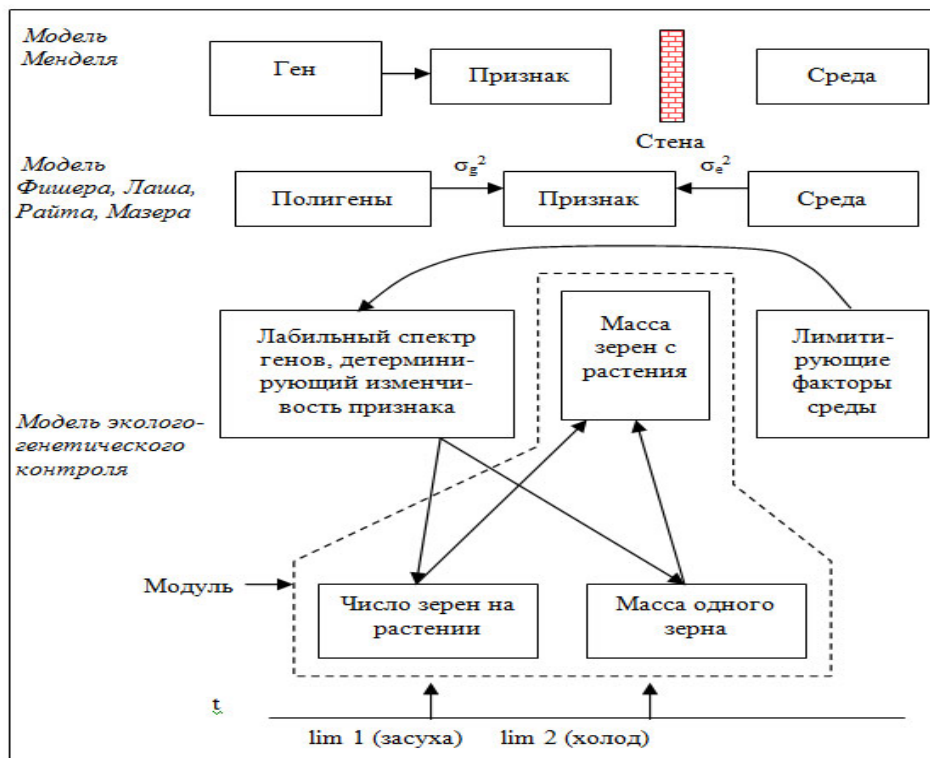


Рис. 6. Эволюция модели организации количественных признаков (Кочерина Н.В., Драгавцев В.А., 2009)

Отчего «ни молекулярная биология с геной инженерией, как и молекулярной генетикой не в силах решить проблему, стоящую перед ними: «изучить структуру и функцию генома клетки». Они решают только часть проблемы – исследуют «структуру» (Переверзев Б.Л., 2010). Вполне очевидно, что, не обладая глубокими знаниями о природе организации сложных полигенных признаков, очень сложно установить механизм их действия и сформировать адекватную систему оценок и отбора перспективного материала. «Мы почти ничего не знаем о физиологии развития с точки зрения генетики. Если в генетике имеются довольно полные представления об обусловленности различных признаков теми или другими структурами воспроизводительных клеток, то пока остается тайной та роль, которую играют они в процессах онтогенетического развития организма». (Г.К. Мейстер, 1934 г.). В свете рассматриваемой проблемы, задачами, стоящими перед дисциплинами системной биологии, становятся исследования ответных реакций растений на внешние раздражители, связанные с проявлениями физиологических процессов как внутри клетки, так и растения в целом (рис. 7).

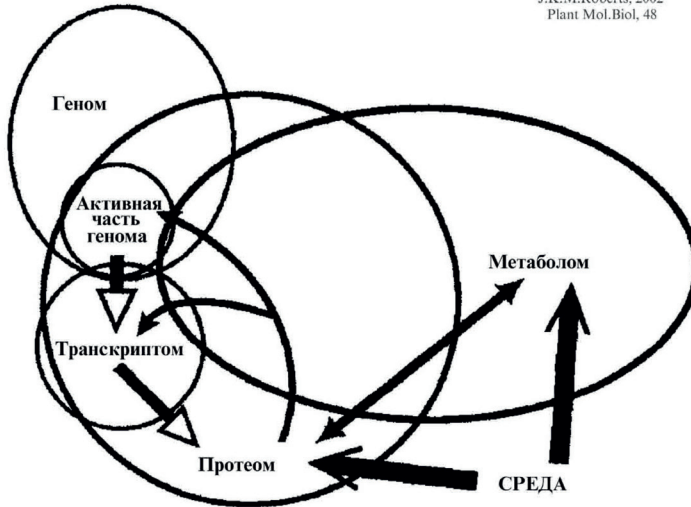


Рис. 7. Реализация генетической информации растениями в системе «генотип – среда» (по J.K.M. Roberts, 2002).

Ценным для количественной оценки реакции генотипов становится открытость селекционных программ использованию алгоритмов информационной биологии, связанной с построением модели поведения растений в постоянно меняющейся среде. Наиболее подходящим периодом для такого описания следует признать перезимовку растений озимой пшеницы, поскольку он растянут по времени и все сорта находятся на одном этапе органогенеза. Главным принципом функционирования модели становится кинетическое равновесие двух динамично развивающихся систем (Веселова Т.В., Веселовский В.А., Чернавский Д.С., 1993). Равновесное состояние адаптивной системы растений с интенсивностью воздействия внешней среды во многом определяется гомеостатичностью физиологических процессов, чувствительностью системы и состоянием репарагенной системы, поддерживаемых на организменном и клеточном уровне (Прянишников А.И., 2016) (рис. 8).

В ответе на внешнее воздействие у растений отмечают несколько стационарных состояний (толерантное, адаптация и отказ от функции). Переход растений из одного функционального состояния в другое определяется степенью деформации растительной системы, вызванной напряженностью внешнего фактора (Прянишников А.И., 2016). Важно также понимать, что на внешнее воздействие переход растительной системы на другой уровень носит нелинейный характер, который также генетически обусловлен и требует всестороннего изучения (Веселова Т.В., Веселовский В.А., Чернавский Д.С., 1993). Пока растительная система отвечает на внешнее воздействие, она жизнеспособна и выполняет ту функцию, на которую ориентирован процесс роста и развития растений в конкретный период вегетации. В момент же, когда интенсивность внешнего воздействия по своей дозе превышает уровень гомеостаза, протекающих физиологических процессов,

растение испытывает стресс и все свои внутренние ресурсы реализует, чтобы привести их в соответствие с внешним воздействием (период адаптации). Если же при усиливающейся интенсивности внешнего воздействия этого не происходит, то организм отказывается от выполнения функций, вплоть до гибели (рис. 9).

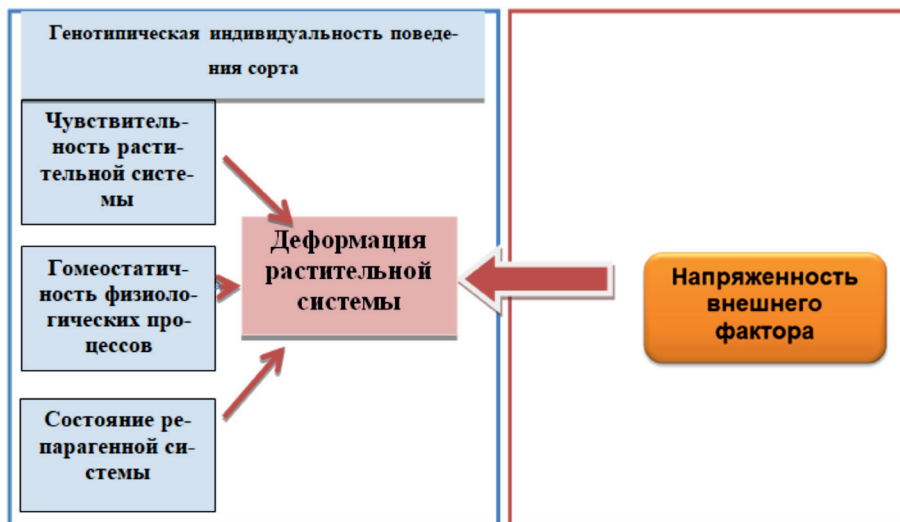


Рис. 8. Кинетическое равновесие растительной системы при ее ответе на интенсивность внешнего воздействия

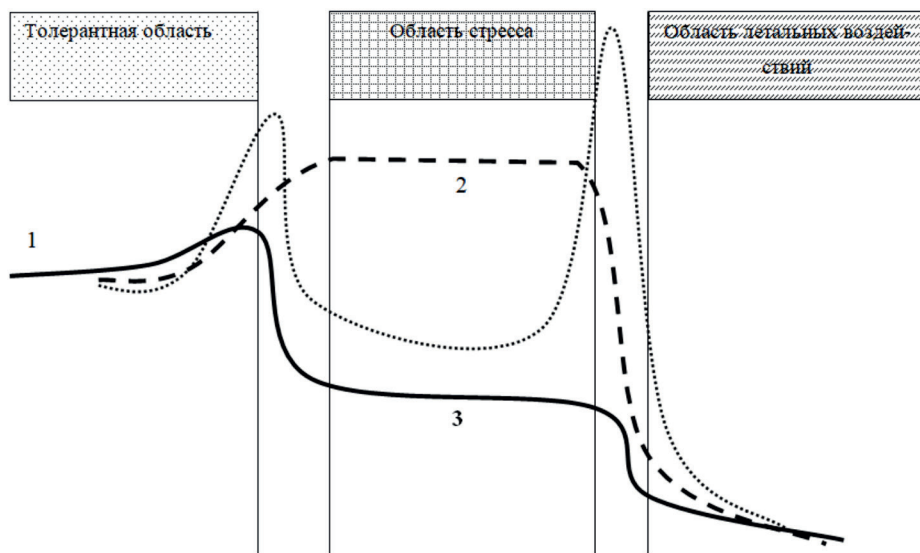


Рис. 9. Поведение растительной клетки в условиях нарастающего внешнего воздействия: 1 – уровень метаболизма; 2 – устойчивость; 3 – чувствительность живой системы (Веселова Т.В., Веселовский В.А., Чернавский Д.С., 1993)

Современные подходы информационной биологии в селекции позволяют расширить возможности выявления индивидуальных особенностей сортов и перейти к количественной характеристике взаимодействия растений с внешней средой. Можно согласиться, что математические модели не совсем полно могут передать поведение сложных биологических систем, но они помогают анализу их динамических свойств и исследованию путей интегрирования во времени и пространстве различных физиологических процессов в клетке и их функций на уровне растений. Ранее системный подход при построении надструктурной модели позволил выявить и охарактеризовать внутреннюю структуру растительной системы в ее ответе на внешнее воздействие (Федулов Ю.П., 1994; Прянишников А.И., 1997, 2006). Нашими исследованиями зимостойкости растений озимой пшеницы показаны алгоритмы количественной оценки не только внутреннего состояния растений (гомеостаз, раздражение, сбалансированность адаптивного комплекса), но и показано, что интенсивность внешнего воздействия по своей структуре также многокомпонентна (мощность, доза, продолжительность, частота, инерционность и т.д.) (рис. 10).



Рис. 10. Блок-схема формирования зимостойкости растений, используемая для оценки данного признака в НИИСХ Юго-Востока

Важнейшим элементом селекционной оценки определена величина генетически обусловленного ответа системы физиологических параметров растений на различные стороны многокомпонентной по своему воздействию внешней среды. Основанием для этого послужили результаты путевого анализа, позволившего вычлнить прямые эффекты влияния векторов внешнего воздействия (ВВВ) на перезимовку отдельных сортов с 1980 по 1996 гг. В последующем величина данных эффектов была интерпретирована как степень реакции сорта на выделенные векторы воздействия. Высокие корреляции компонент адаптивного комплекса растений сортов с их реакцией на ВВВ в конкретный момент зимовки позволили принять последние как связующее звено оценки во взаимодействии двух динамично развивающихся систем: внутренней (растительной) и внешней (погодные условия) (табл. 10). Этот момент – важнейший для перехода к моделированию поведения растений и определения характера адаптивных свойств во время зимовки.

Таблица 10

Связь компонент адаптивного комплекса с элементами модели зимостойкости на отдельную дату взятия проб (23 января 1998 г.)

Компонента адаптивного комплекса растений	Плотность	Реакция сорта на ВВВ					
		1	2	3	4	5	6
Гомеостаз	0,62*	-0,46*	-0,40	-0,32	0,21	-0,55*	-0,26
Раздражение	0,30	0,38	-0,36	0,53*	-0,60*	0,48*	0,16
Сбалансированность	-0,59*	-0,66*	0,27	-0,47*	0,56*	0,42	-0,16
Множ. корреляция (R)	0,91*	0,89*	0,60	0,78*	0,84*	0,84*	0,34

*) – значимо на 5% уровне

На основе вовлеченных в изучение сортов была сформирована коллекция образцов – дифференциаторов, характеризующихся различной степенью их реакции на прямые эффекты векторов внешней среды (табл. 11). Величины элементов модели поведения сортов во время зимовки для удобства были приведены к 10-балльной шкале (Прянишников А.И., 2006, 2016). Важным элементом модели зимостойкости сорта стала величина свободного члена множественной регрессии перезимовки от интенсивности ВВВ. Поскольку этот показатель определяет основу поведения сорта во время зимовки, то его охарактеризовали как «плотность» модели сорта (Прянишников А.И., 2006). Анализ сортов-дифференциаторов позволил выделить как минимум три группы сортов, которые характеризуются различным уровнем данного показателя модели – низкой (Саратовская 8, Гостианум 237, Мироновская 808 и Донская безостая), средней (Саратовская 11 и Саратовская 90) и высокой (Лютесценс 230). Это подтверждают результаты перезимовки сортов при многолетнем их испытании, ранжирование которых происходит четко в жестких условиях (1985, 1995, 2003 гг.). В годы с мягкими зимами ранги сортов могут меняться, о чем свидетельствует регрессионный анализ перезимовки (рис. 11).

Таблица 11

Показатели модели зимостойкости у сортов-дифференциаторов

Сорт	Элементы модели зимостойкости сорта						
	Плотность	Реакция сорта на ВВВ					
		1	2	3	4	5	6
Гостианум 237	4,01	0,48	4,85	5,97	4,64	8,18	5,02
Лютеценс 230	4,31	2,84	3,21	8,68	4,71	5,34	7,45
Мироновская 808	4,00	6,07	4,71	7,10	1,68	6,95	5,05
Саратовская 8	3,96	3,89	4,40	7,50	3,87	6,97	5,75
Саратовская 11	4,15	5,89	5,54	6,26	1,54	6,99	4,46
Саратовская 90	4,14	6,49	4,01	8,43	2,58	6,82	5,55
Лютеценс 54-81	4,06	4,53	4,59	7,68	3,19	7,52	6,82
Лютеценс 54-83	4,01	7,32	3,59	9,31	1,51	6,82	5,51
Донская безостая	4,04	7,24	4,94	8,91	3,12	6,90	5,96
Среднее:	4,07	4,97	4,43	7,76	2,98	6,94	5,73
НСР	0,1	1,44	0,40	0,72	0,80	0,52	0,58

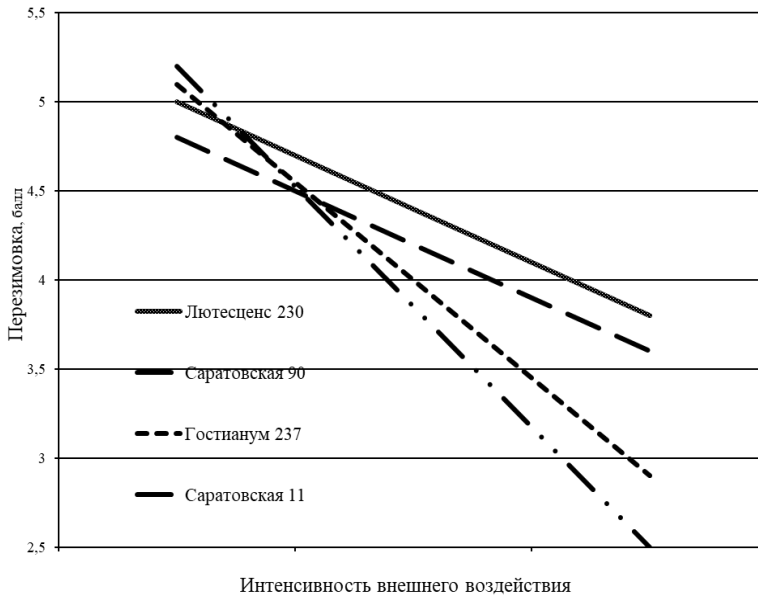


Рис. 11. Регрессия перезимовки сортов озимой пшеницы в зависимости от нарастающей интенсивности внешнего воздействия (КСИ, 1983-2006 гг.)

Интенсивность внешнего воздействия среды. По результатам исследований констатировали, что изменения внутреннего состояния у растений, связанных с адаптацией во время зимовки, сопряжены с изменениями в структуре внешнего воздействия. В связи с этим очень важным моментом стала количественная оценка интенсивности внешнего воздействия в конкретный период зимовки. По величине коэффициента корреляции было предложено судить об интенсивности или же присутствии того или иного вектора внешнего воздействия в структуре воздействия на конкретный момент зимовки. Так, к примеру, 10 октября высокую значимость в структуре воздействия имел ВВВ-6

(период воздействия), 9 ноября – на ВВВ-5 (продолжительность воздействия) и т.д. (табл. 12). По мере приближения величины коэффициента корреляции к 1,0 – интенсивность данного ВВВ в структуре воздействия приближается к нормализованному единичному вектору и/или же к его среднелетним показателям того временного периода, который используется для анализа.

Таблица 12

Сопряженность (R) адаптивного комплекса растений с их реакцией на векторы внешнего температурного воздействия

Дата оценки	Вектор внешнего воздействия					
	1	2	3	4	5	6
10 октября	0,58	0,39	0,67	0,36	0,59	0,76*
9 ноября	0,63	0,57	0,57	0,34	0,81*	0,30
22 ноября	0,87*	0,49	0,44	0,80*	0,46	0,60
22 декабря	0,51	0,72*	0,68	0,64	0,51	0,93*
17 января	0,52	0,63	0,72*	0,69*	0,73*	0,85*
29 января	0,93*	0,52	0,63	0,83*	0,89*	0,75*
9 марта	0,64	0,42	0,70*	0,59	0,32	0,78*
24 марта	0,89*	0,28	0,80*	0,47	0,43	0,50
2 апреля	0,57	0,57	0,78*	0,27	0,37	0,47

*) – значимо на 5 %-ом уровне

Мониторинг условий Саратова позволил определить частоту проявления того или иного вектора в структуре внешнего воздействия, оказывающего наибольшее влияние на перезимовку.

Мощность воздействия (ВВВ-1). Влияние данного вектора на перезимовку особенно сильно сказывается в суровых условиях зим при небольшом снеговом покрове, когда почти вся доза отрицательных температур воздуха доходит до растений. Такие условия в нашей зоне показательны в начале зимовки растений и были типичны в начале и середине прошедшего столетия, что проявилось при выведении таких сортов НИИСХ Юго-Востока, как Гостианум 237 (1914), Лютесценс 329 (1914), Лютесценс 230 (1939). В последний период (1960-2010 гг.) в связи с общим потеплением зимнего периода (средняя температура зимы повысилась на 38%, а количество осадков – на 43 %) влияние данного вектора на перезимовку незначительно и отмечалось всего лишь в 5% случаев. К наиболее типичным зимам с высоким значением данного вектора следует отнести 1967, 1969, 1985 и 2003 гг.

Доза и периодичность внешнего температурного воздействия (ВВВ 2, ВВВ 3). Их влияние в период с 1980 по 2010 гг. значительно усилилось (более чем в 60% случаев). На фоне часто чередующихся во время зимовки потеплений и возврата морозов в ранневесенний период для лучшей перезимовки необходимы сорта, которые обладали бы «слабой» реакцией на данные векторы. К сожалению, у подавляющего числа сортов такого соотношения не отмечалось (Прянишников А.И., 2006, 2016). При оценке экспериментального материала только среди изученных образцов IV набора по адаптивности и другим полигенным системам была выделена линия

Л 3415-126, которая характеризовалась оптимальным сочетанием (4,22 – по ВВВ 2 и 5,04 – по ВВВ 3).

Продолжительность воздействия (ВВВ 5). За последние 25 лет в условиях Саратова данный вектор оказывал определяющее значение на перезимовку растений в 20% случаев. Надо отметить, что именно в этот период на фоне частых относительно «слабых» эффективных доз (ВВВ 2) отмечается устойчивый вклад данного вектора в формирование зимостойкости растений. Поэтому выделенные особенности сортов позволяют им лучше адаптироваться к более «коротким» по продолжительности волнам холода.

Деформация растительной системы. Для решения этой задачи проводили системный анализ динамики внутреннего состояния растений во время зимовки. Используя методы многомерной статистики, изучали состояние физиологических параметров в различные периоды вегетации у определенного набора сортов. В нашем примере анализу подвергались физиологические показатели зимующих растений, способствующие их перезимовке: концентрация клеточного сока в узлах кушения, сумма сахаров и их соотношение, содержание хлорофилла в листьях, содержание свободной воды, температура кристаллизации клеточного сока, величина проницаемости мембран растительных клеток электролитами и плотность электролитов в клеточном соке (Романова Л.Н., 1975; Прянишников А.И., Ласкин В.П., 1994; Прянишников А.И., 2006). Исследования методами многомерной статистики, в частности методом главных компонент, позволили выделить 3 компонента адаптивного комплекса растений, описывающие дисперсию биологических показателей, вызванных сезонными колебаниями условий вегетации и зимовки. По факторным нагрузкам и абсолютным значениям компонент в различные периоды данные компоненты были интерпретированы как **гомеостаз, раздражение и сбалансированность** (табл. 13).

Таблица 13

Факторная структура компонент адаптивного комплекса растений

Показатель	Компонента адаптивного комплекса растений:		
	гомеостаз	раздражение	сбалансированность
Концентрация клеточного сока (КС)	-0,86	-0,32	0,25
Плотность электролитов в КС	0,80	0,00	0,48
Содержание общей воды в растениях	0,49	0,55	0,01
Температура кристаллизации КС	0,90	0,19	-0,01
Абсолютная величина экзосмоса электролитов	-0,74	0,59	-0,01
Относительная величина проницаемости мембран электролитами	-0,81	0,53	-0,03
Доля электролитов в КС	0,91	0,24	-0,10
Доля дисперсии, приходящая на компоненту, %	66,7	19,0	6,8

Примечание. Критическое значение коэффициента корреляции 0,27

Так, компонента, интерпретируемая как «гомеостаз адаптивного комплекса растений», определялась основной частью дисперсии динамики биологических показателей – от 57 до 74% в зависимости от года исследований. Данная компонента имела отрицательные факторные нагрузки характеристик, описывающих степень повреждения мембран, и положитель-

ные – показатели, дающие информацию об активности физиологических процессов в клетке (температура кристаллизации клеточного сока, плотность электролитов и их доля в концентрации сока) (табл. 13). Наибольшие ее значения у озимой пшеницы отмечались осенью, в период активной вегетации, наименьшие – зимой, когда наблюдались минимальные температуры почвы на уровне узла кущения, в конце зимовки значения этой компоненты несколько возросли (рис. 12).

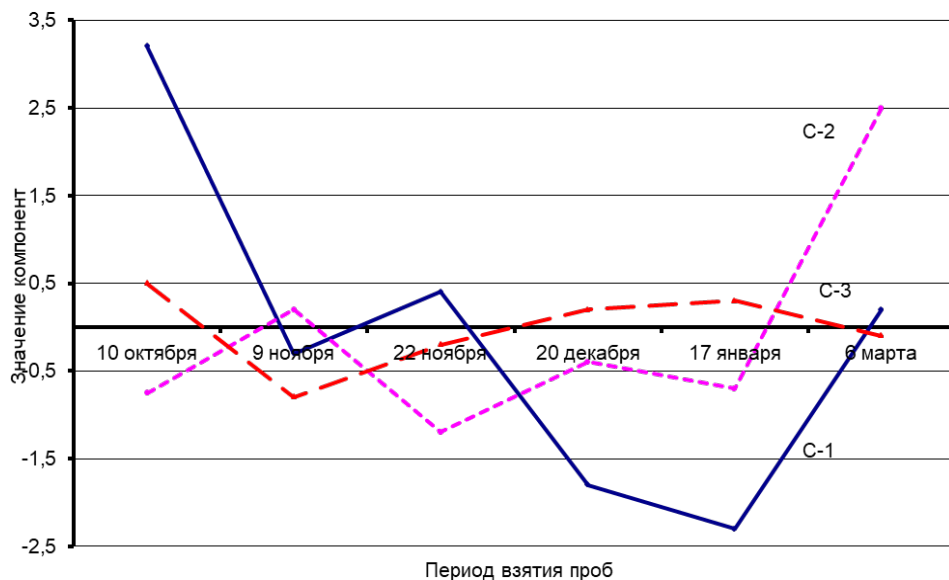


Рис. 12. Динамика компонент адаптивного комплекса озимой пшеницы в 1994-1995 гг.: С-1 – «гомеостаз» адаптивного комплекса растений, С-2 – «раздражение», С-3 – «сбалансированность»

На долю второй по значимости компоненты, интерпретируемой как **«раздражение адаптивного комплекса растений»**, в разные годы приходилось от 11 до 28% дисперсии величин физиологических параметров. Эта компонента характеризовалась высокими факторными нагрузками показателей, определяющих степень проницаемости мембран клеток электролитами, что многие ученые связывают с уровнем повреждения мембран (Барашкова Э.А., Алексеева Е.Н. и др., 1983, 1988; Федулов Ю.П., 1994 и др.). Максимальные значения данной компоненты отмечались в период сильных морозов, абсолютных минимальных температур почвы на уровне узла кущения, а также в период сильных изменений условий во время зимовки. В процессе адаптации растений к зимним условиям значение данной компоненты стремится восстановить исходные с осени величины, однако при выходе из зимовки отмечается резкое повышение значимости, что определялось возвратом морозов при отсутствии снежного покрова.

Сбалансированность адаптивного комплекса растений. Данная компонента характеризовала степень ответа растений на интенсивность внешнего воздействия, о чем свидетельствуют высокие веса плотности

электролитов в клеточном соке узлов кущения растений. Активность физиологических процессов, протекающих в растениях, показывает насколько их скорость соответствует внутреннему ответу на напряженность внешнего температурного воздействия. Наивысшие значения данной компоненты отмечались в период активной вегетации растений, наименьшие – зимой. В процессе зимовки растения стремятся восстановить состояние данной компоненты, однако к выходу их из-под снега ее значения, как и предшествующей компоненты, понижаются.

Поддержание кинетического равновесия на воздействие среды со стороны растений, выраженное внутренним состоянием физиологических параметров и ответными реакциями адаптивного комплекса, – сортоспецифично. Об этом свидетельствует анализ сортовых различий по величине компонент у сортов из разных экологических зон. Сортам саратовской селекции свойственны высокие показатели гомеостаза, в то время как сортам украинской селекции – сбалансированность адаптивного комплекса, что связано с климатическими особенностями, которые характеризуют осенне-зимний период данных регионов. Регрессионный анализ влияния на перезимовку выявленных у растений особенностей и жесткости условий в период с 1983 по 2006 гг. подтвердил природу индивидуальных особенностей сортов по характеру их зимостойкости. Основным выводом данной части исследований стало заключение о том, что уровень деформации в поведении каждого сорта также индивидуален и требует поиска алгоритмов оценки, позволяющей определять специфичность данного показателя для каждого сорта во время зимовки. В значительной степени этому должны способствовать соответствие состояния компонент адаптивного комплекса элементам модели зимостойкости сорта.

Скрининг селекционного материала по характеру зимостойкости. Важным моментом оценки на зимостойкость стала возможность прогнозирования характера ее формирования у вновь изучаемого экспериментального материала. Для этого через сопряженность компонент адаптивного комплекса у образцов-дифференциаторов с их реакцией на ВВВ и использованием регрессионного анализа, ведется поиск уравнения, которое наиболее корректно описывало бы данную взаимосвязь. На основе полученного уравнения регрессии по значениям каждой компонент адаптивного комплекса растений рассчитывались величины реакции на ВВВ для второй части сортов. В последующем результаты моделирования реакции образцов на ВВВ по каждой компоненте адаптивного комплекса растений объединяли для дисперсионного анализа с целью выявления достоверных отличий по сортам, что позволяло одновременно ранжировать образцы по их реакции на векторы внешнего температурного воздействия (Прянишников А.И., 2006).

Результаты данного этапа исследований позволили не только спрогнозировать параметры реакции на ВВВ сортообразцов экспериментального материала, но и на основе дисперсионного анализа скорректировать и принять шкалу параметров реакции сортов озимой пшеницы на ВВВ (табл. 14).

Оценка по элементам модели зимостойкости позволила провести инвентаризацию экспериментального материала по характеру формирования зимостойкости. Типизация на основе кластерного анализа реакции сорто-

образцов на ВВВ позволила идентифицировать два основных типа формирования зимостойкости, в состав которых вошло шесть кластерных групп (табл. 15). Главное их отличие – реакции на дозу (ВВВ-2), периодичность (ВВВ-3) и продолжительность воздействия (ВВВ-5). Сорты, отнесенные к первому типу, характеризуются лучшими реакциями на дозу и продолжительность воздействия, а сорта второго типа – на периодичность. Ретроспективный анализ перезимовки за анализируемый период лет позволил выявить преимущество сортов и линий первого типа (Лютесценс 230, Саратовская 90) (рис. 11). Поэтому наиболее ценными для селекционной работы представляются те сортообразцы, которые схожи по характеру поведения с названными сортами-эталоном во время их перезимовки.

Таблица 14

Шкала степени реакции сортов на векторы внешнего температурного воздействия

Степень реакции	Величина реакции растений на ВВВ					
	1	2	3	4	5	6
Очень слабая	<0,50	<3,00	<5,50	<1,50	<5,00	<4,50
Слабая	0,51-2,00	3,01-3,50	5,51-6,25	1,51-2,30	5,01-5,60	4,51-5,10
Умеренная	2,01-3,50	3,51-4,00	6,26-7,00	2,31-3,10	5,61-6,20	5,11-5,70
Средняя	3,51-5,00	4,01-4,50	7,01-7,75	3,11-3,90	6,21-6,80	5,71-6,30
Значительная	5,01-6,50	4,51-5,00	7,76-8,50	3,91-4,70	6,81-7,40	6,31-6,90
Сильная	6,51-8,00	5,01-5,50	8,51-9,25	4,71-5,50	7,41-8,00	6,91-7,50
Очень сильная	8,00<	5,51<	9,26<	5,51<	8,01<	7,51<

Таблица 15

Характеристика кластерных групп сортов по их реакции на векторы внешнего температурного воздействия

Кластерная группа	Число сортов	Реакция сорта на ВВВ					
		1	2	3	4	5	6
Саратовская 90	26	5,81	4,31	8,01	2,71	7,01	5,69
Саратовская 8	19	4,08	4,39	7,65	3,59	6,94	5,82
Мироновская 808	14	5,89	4,61	7,16	1,97	7,25	5,17
Донская безостая	5	7,44	4,90	8,97	3,10	7,03	6,05
Гостианум 237	8	2,95	4,85	6,79	4,17	7,99	5,07
Виктория 95	7	5,34	4,48	7,74	2,87	7,00	6,60
НСР		1,56	0,36	0,68	0,85	0,53	0,60

Группа Саратовской 8. Сортам данного типа свойственна значительная реакция на продолжительность внешнего температурного воздействия (ВВВ-5) при средних реакциях на все другие векторы. Кроме Саратовской 8, к этому типу относятся: Саратовская остистая, Губерния, Ершовская 9, Лютесценс 47-88. У трех последних зимостойкость выше среднего уровня. Из сортов инорайонного происхождения к группе относятся: Эритроспермум 570 (Самарский НИИСХ), Московская 39 (НИИСХ ЦРНЗ).

Группа Мироновской 808. Представители данной группы – Лютесценс 72 (Саратовский ГАУ), Саратовская 11 (НИИСХ Юго-Востока) и Казанская 560 (Татарский НИИСХ) – проявляют слабую реакцию на инерционность температурного воздействия (ВВВ-4), умеренную на момент воздействия (ВВВ-6), среднюю на периодичность (ВВВ-3) при значительных реакциях на оставшиеся векторы температурного воздействия.

Группа Виктории 95. Занимает промежуточное положение по характеру формирования зимостойкости между группами Мироновской 808 и Саратовской 8. По характеру формирования зимостойкости она схожа с Саратовской 8 по реакции на эффективную дозу (ВВВ-2), периодичность (ВВВ-3) и продолжительность температурного воздействия (ВВВ-5), с Мироновской 808 – на общую дозу данного воздействия (ВВВ-1). Основным отличием сортов группы является их значительная реакция на момент температурного воздействия (ВВВ-6). В состав группы Виктории 95 вошли Казанские линии ЛМ 346 и ЛМ 355, а также сорт Городненская.

Группа Гостианум 237. Основным отличием сортов является их умеренная реакция на общую дозу (ВВВ-1), периодичность (ВВВ-3), а также слабая реакция на момент температурного воздействия (ВВВ-6). Одним из представителей этой группы является сорт Лютесценс 329, для которого характерна высокая степень «плотности» модели зимостойкости. В состав данного кластера также вошли линии Л 3214/261 и ЛМ 338, сорта SchmirresRedberg, Crievenner 192, Poznanianka. К сожалению, величина «плотности» модели зимостойкости последних сортов сильно уступает другим сортам этого же кластера.

Группа Донской безостой. При средних показателях реакций на инерционность (ВВВ-4) и момент температурного воздействия (ВВВ-6) характеризуется сильными и значительными реакциями на описанные выше векторы температурного воздействия. В эту группу вошли сорта MorisFreeman и Miras, у которых самый низкий показатель «плотности» модели зимостойкости.

Таким образом, предложенная оценка модели поведения сортов во время их перезимовки позволяет посредством системы образцов-дифференциаторов количественно описать характер их зимостойкости. Основываясь на результатах многолетних исследований, метод позволяет сконцентрировать значительный временной период в конкретном моменте зимовки растений, оценить интенсивность воздействия внешней среды. Моделирование поведения сортообразцов дает возможность выявлять особенности проявления адаптивных свойств в различные по сценариям развития зим. Результаты ретроспективного анализа перезимовки озимой пшеницы и выявление частоты проявления того или иного «сценария» способствуют грамотному построению сортовой стратегии для отбора перспективных образцов, подбору пар для скрещивания.

Экологические основы селекционных программ на урожайность

Повышение урожайности пшеницы – основная цель селекции на всем ее протяжении. Среди различных факторов увеличения продуктивности ведущая роль принадлежит сорту, при этом в годы с экстремальными погодными условиями эта значимость становится решающей (Жученко А.А., 2001, 2008; Васильчук Н.С., 2001 и др.). Урожайность – интегральный признак, зависящий от выраженности всех составляющих его компонент, характеризующих степень реакции растений на внешние условия вегетации. Селекционные программы ориентированы, как правило, на создание сортов, успешно противостоящих неблагоприятным условиям среды и максимально использующих благоприятные факторы. Вместе с тем, как показывает селекционная практика, сочетание в сорте таких признаков и свойств, как продуктивность, зимостойкость, засухоустойчивость, качество зерна и устойчивость к болезням – чрезвычайно сложная задача. Ее решение требует длительной поэтапной селекции.

Селекционный прогресс урожайности по озимой пшенице, достигнутый в институте, подтверждает мнение о значимости данного направления при решении задач, стоящих перед сельскохозяйственным производством (рис. 13) (Жученко А.А., 2009; Лукьяненко П.П., 1972; Васильчук Н.С., 2001 и др.).

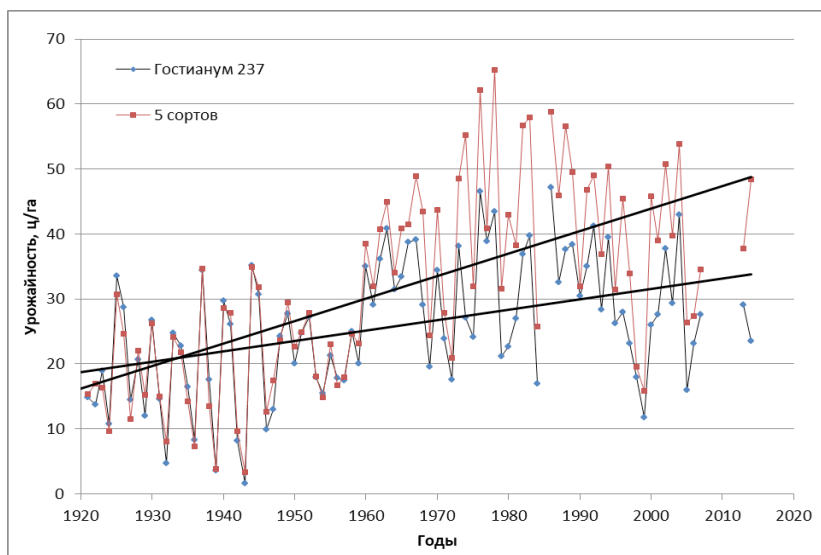


Рис. 13. Тренд урожайности современных сортов (1) и Гостиянум 237 (2) за годы селекционных работ в НИИСХ Юго-Востока

Вместе с тем анализ продуктивности сорта Гостианум 237 за вековую историю его возделывания свидетельствует, что общие тенденции ее изменчивости сопряжены с изменением климата. Так, по наблюдениям метеостанции НИИСХ Юго-Востока, последнее десятилетие по сравнению с таким же периодом начала селекции озимой пшеницы (1921-1930 гг.) характеризуется общим повышением температуры ее вегетации (табл. 16). Это связано прежде всего с изменениями условий зимовки растений, когда мягкие зимы характеризуются не только повышенной температурой (на 53,2%), но и почти двукратным увеличением осадков в виде снега (на 96,6%).

Таблица 16

Динамика основных агрометеорологических факторов вегетации озимой пшеницы за 1921-2010 гг. (Саратов)

Годы	Средняя температура, 0С			Осадки, мм			
	сентябрь-июль	ноябрь-март	май-июль	сентябрь-июль	ноябрь-март	май-июнь	август-сентябрь
1921-1930*	3,9	-9,4	20,4	404,5	104,8	90,3	80,6
1931-1940	4,1	-10,1	21,5	352,3	119,3	78,0	55,1
1941-1950	3,8	-8,9	20,0	424,2	126,4	103,2	69,1
1951-1960	4,1	-9,1	21,6	373,8	135,4	62,2	76,9
1961-1970	4,5	-8,2	20,4	434,7	184,6	73,3	73,4
1971-1980	4,7	-8,0	20,8	471,3	179,3	87,6	84,1
1981-1990	5,3	-6,5	21,2	479,1	193,1	95,1	73,0
1991-2000	5,6	-5,9	21,3	476,9	170,8	79,8	95,4
2001-2010	6,0	-4,4	19,6	472,0	206,0	87,0	68,0
Динамика, %**	153,8	46,8	96,1	116,7	196,6	96,3	84,4

*) – Выделены сравниваемые по тексту периоды лет.

***) – Последнее десятилетие в % к 1921-1930 гг.

Естественные условия в значительной степени влияют на оценку и отбор перспективного материала. Максимальный урожай сорт формирует только при оптимальных условиях возделывания. Так, по данным Л.И. Красновой (2003), урожайность в годы с максимальной экстремальностью по комплексу разнообразных факторов в зимний и весенне-летний периоды составляла 34,5...39,3% от урожайности в условиях благоприятного гидротермического режима. В Саратовской области этот показатель в последние 40 лет составил 31,2% (Прянишников А.И., 2006).

Биологическая сложность произрастания озимой пшеницы заключается во взаимодействии процессов органообразования на протяжении всего онтогенеза озимой пшеницы с постоянно варьируемыми погодными факторами. Поэтому очень важно понимание состояние основных климатических ресурсов и принципов их влияния на продуктивность растений. Выявлению таких взаимоотношений посвящены работы Р.Э. Давида (1927), В.А. Моисейчик (1980), В.А. Кумакова (1985) Н.Г. Левицкой (2003, 2009) и других.

Анализ связи урожайности Гостианум 237 с агрометеорологическими факторами выявил достоверные корреляции средней силы с общими тенденциями повышения температуры в зимний период и математически до-

казанное отрицательное влияние на формирование продуктивных свойств растений температурного режима в летний период вегетации. Изучение же влияния осадков на урожайность позволило выделить три этапа вегетации, значимых для продукционного процесса озимой пшеницы. Первые два периода приходятся на вегетативную фазу развития растений и сопряжены с получением полных всходов, формированием высокого потенциала продуктивности в осенне-зимний период, а последний период способствовал реализации потенциала, подтверждая значимость осадков июня (рис. 14).

В селекционных программах, связанных с оптимизацией модели сорта по урожайности, особое внимание уделяется оценке вклада различных компонент в результирующий признак (Ковтун В.И., 2002; Сандухадзе Б.И., Рыбакова М.И., Морозова З.А., 2003; Краснова Л.И., 2003; Грабовец А.И., Фоменко М.А., 2007).

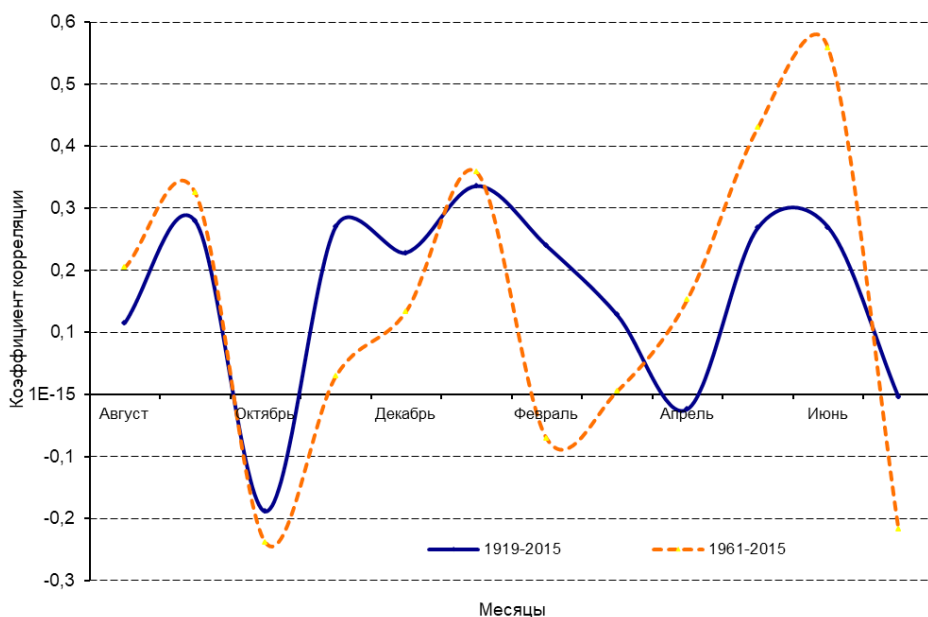


Рис. 14. Сопряженность между урожайностью сорта Гостинанум 237 и месячными осадками по периодам лет

Формирование элементов структуры продуктивности во многом определяется эффектами «генотип-средовых» взаимодействий, которые индивидуальны для каждого сорта. При этом необходимо отметить, что для сложного признака, реализуемого во взаимодействии «генотип – среда», невозможно дать стабильную «паспортную» генетическую характеристику для всех внешних сред. Спектр генов, «участвующих» в его реализации будет меняться от среды к среде (от одной экологической точки к другой, а в одной точке – от года к году).

Подтверждение этому результаты корреляционной зависимости элементов продуктивности с урожайностью у отдельных сортов. Наиболее тесно в

условиях Саратова с урожайностью связаны высота растений и масса зерна с единицы площади (табл. 17). Выяснено, что у низкорослых скороспелых сортов Саратовская 90 и Донская безостая усиливается сопряженность продуктивности с высотой растений. Обнаружена негативная связь урожайности с продуктивной кустистостью и массой зерна с растения. Если по уровню сопряженности продуктивной кустистости не возникает вопросов, поскольку у сортов с высокими регенерационными свойствами (Гостианум 237, Мироновская 808) отмечаются значимые показатели, а у сортов с более короткой вегетацией – ее отсутствие, то по направленности этой взаимосвязи требуется отдельное изучение. По мнению селекционеров, при отборах и биологическом тестировании продуктивности озимой пшеницы особое место должно уделяться кущению растений, как одному из компенсационных признаков. Преобладание растений с высокой продуктивной кустистостью является лидирующим фактором реализации потенциала урожайности в засушливых условиях (Кузьменко А.И., 2006). Таким растениям свойственна наилучшая выраженность всех морфофизиологических признаков, которые определяют потенциальные и реализационные способности культуры (Краснова Л.И., 2003).

Таблица 17

**Корреляционная взаимосвязь между урожайностью и ее элементами
(КСИ 1986 – 2004 гг.)**

Сорт	Масса 1000 зерен	Высота растений	Продуктивная кустистость	Масса зерна с		
				1 м ²	колоса	Растения
Гостианум 237	0,20	0,63*	-0,50*	0,52*	-0,16	-0,48*
Саратовская остистая	0,35	0,57*	-0,41	0,52*	-0,16	-0,38
Мироновская 808	0,31	0,66*	-0,52*	0,83*	-0,21	-0,48*
Саратовская 8	0,22	0,70*	-0,40	0,38	-0,16	-0,45
Саратовская 90	0,30	0,71*	-0,45	0,62*	-0,19	-0,42
Донская безостая	0,19	0,73*	-0,26	0,31	-0,19	-0,41
Среднее:	0,26	0,67	-0,42	0,53	-0,18	-0,44

*) – значимо на 5 %-ом уровне

В связи с тем, что экологически подвижному полигенному признаку невозможно дать жесткую «паспортную» генетическую характеристику для любых сред, то эколого-генетический анализ следует проводить в конкретной зоне селекции как на определенную глубину лет (по вертикали), так и внутри года по зоне возделывания (оценка по горизонтали). Эколого-генетическая структура признака будет определять селекционную стратегию и тактику только для данной экологической точки. Само же формирование теории «генетической организации количественного признака» невозможно без отрыва от конкретной динамики лимитирующих факторов внешней среды. Поэтому особое значение имеют вопросы изучения, связанные с типизацией погодных условий, сопутствующих формированию зерновой продукции, с последующим выявлением часто повторяемых «сценариев» развития погодной обстановки. Важным этапом для селекционных работ

следует признать выявление структуры, определяющей урожай зерна в типизированные годы, и выделение образцов с оптимизированной структурой для конкретного типа лет.

В данном аспекте принципиальным элементом тестирования ответа растений на проявление погодных условий методологически важным становится выбор оценки, которая должна максимально отвечать на нормы реакции растений, которые не «гостированы» системами измерения и независимы от понимания человеком. Вполне очевидно, что почти все методы информационной биологии не в силах дать селекционеру объективные основания для выбора оптимальных алгоритмов селекции растений на продуктивность (Антоненко, 2008; Кочерина Н.В., 2009). Не зная действительной, реальной природы организации сложных хозяйственно-важных признаков и свойств растений, практически невозможно создать адекватный инструмент, оптимизирующий отбор перспективных селекционных форм, а также их генетического анализа. Только совместное использование современных методов системной биологии и методов классической генетики и селекции, в том числе методов эколого-генетического анализа полигенных систем, открывает возможности для комплексного генетического изучения растений и их активности во взаимодействии «генотип – среда».

Наиболее оптимальным в этом вопросе признан метод ортогональной регрессии, где за единицу измерения принимается величина стандартного отклонения к средней в общей совокупной выборке (Крамер Г., 1972). Типизация лет по урожайности Гостианум 237 и пяти лучших сортов конкурсного сортоиспытания данным методом позволила оценить эффекты года не только на уровень урожайности, но и степень превосходства современных сортов (рис. 15).

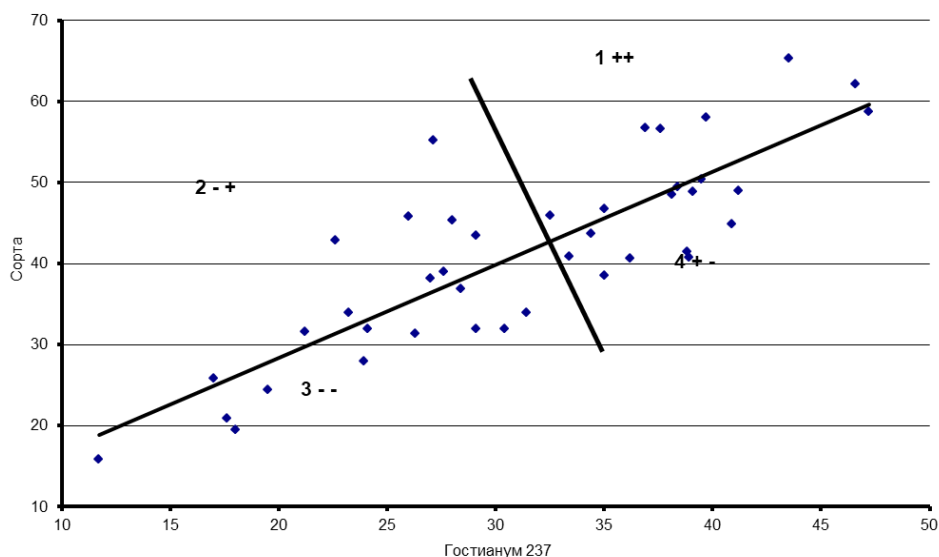


Рис. 15. Ортогональная регрессия урожайности (ц/га) Гостианум 237 и лучших сортов КСИ

По уровню урожайности выделены благоприятные и неблагоприятные типы лет. В благоприятные годы (1-я и 4-я четверти ортогональной регрессии) средний урожай Гостианум 237 и лучших образцов КСИ отличался высокими показателями и был соответственно на уровне 39,0 и 50,2 ц/га (табл. 18). В неблагоприятные годы (2-я и 3-я четверти) – уровень урожайности был значительно ниже – 25,1 и 34,4 ц/га соответственно.

Таблица 18

Урожайность лучших сортов в КСИ и Гостианум 237 в разные типы лет

Степень превосходства	Гостианум 237	Лучшие сорта	+к Гостианум 237	Частота лет, %
Благоприятные годы				
Высокая	38,7	55,3	16,6	18,6
Низкая	39,2	47,0	7,8	30,2
Среднее:	39,0	50,2	11,2	48,8
Неблагоприятные годы				
Высокая	25,3	40,1	14,8	25,6
Низкая	25,0	28,8	3,8	25,6
Среднее:	25,1	34,4	9,3	51,2

По степени превосходства лучших сортов озимой пшеницы над Гостианум 237 выделены годы с высокой степенью превосходства современных сортов (1-я и 2-я четверть ортогональной регрессии), когда лучшие сорта конкурсного сортоиспытания значительно превосходили Гостианум 237 как в благоприятные годы (на 16,6 ц/га), так и в неблагоприятные (на 14,8 ц/га). В годы с низкой степенью превосходства (3-я и 4-я четверти) данное превосходство современных сортов составляло соответственно 7,8 и 3,8 ц/га.

Конкретизация развития погодных условий у выделенных групп лет позволила выделить особенности их сценариев и влияния на урожайность. Так, главным отличием благоприятных лет по отношению к неблагоприятным стали условия увлажнения осеннего периода, позволяющего получить хорошие всходы озимой пшеницы, а растениям заложить высокий потенциал продуктивности. Годы, отличающиеся высоким превосходством современных сортов, характеризуются относительно высоким уровнем выпадения осадков в весенне-летний период вегетации, в то время как в годы с низкой степенью превосходства – этого не отмечалось.

Среди двух групп лет благоприятного типа принципиальным различием в режиме увлажнения стала величина осадков ранней весной и мая. Этот период вегетации в условиях Саратова считается одним из определяющих у озимой пшеницы, когда у растений протекает закладка основных элементов продуктивности. Для первой группы лет этому способствуют обильные осадки до 22 мм в декаду, в то время как для второй группы лет этого не отмечалось (рис. 16, 17). При этом начало весенней вегетации у второй группы лет было сопряжено с абсолютным минимумом выпадения осадков, которое в последующем имело тенденцию к увеличению до уровня 11-17 мм в декаду в мае и третьей декаде июня, что кардинально не решало вопроса реализации современным сортам их потенциала урожайности.

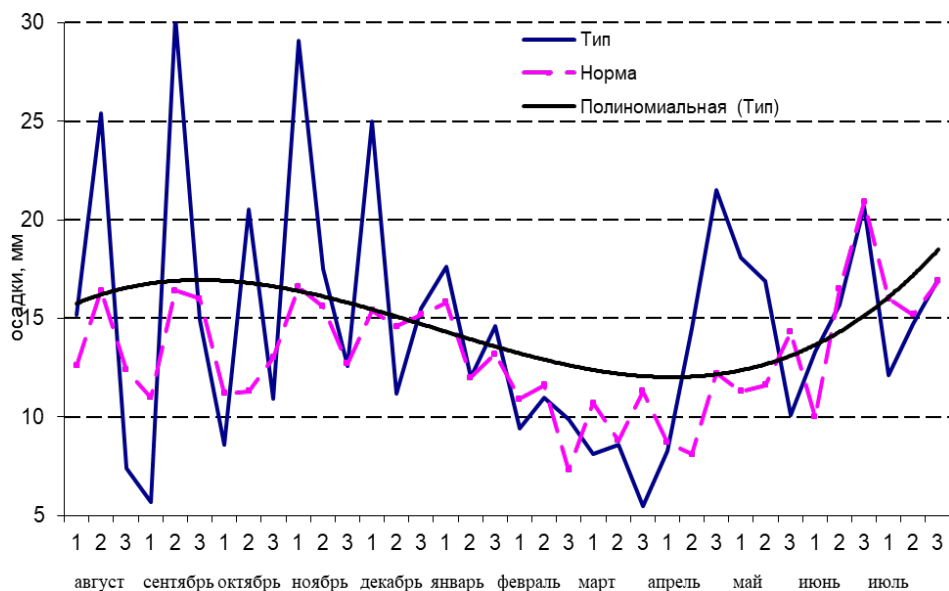


Рис. 16. Динамика выпадения осадков и ее тренд в благоприятные годы с высокой степенью превосходства современных сортов, (1, 2, 3 – декады)

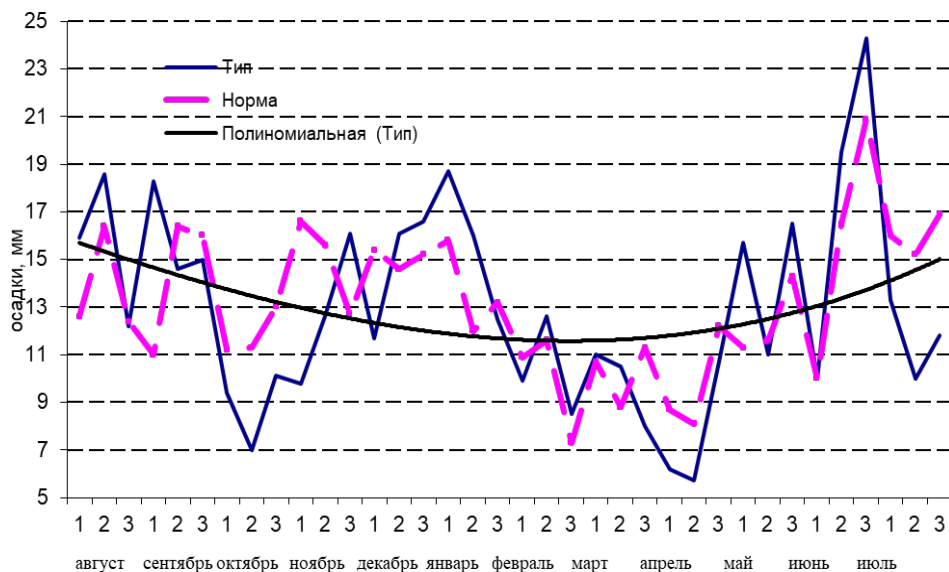


Рис. 17. Динамика выпадения осадков и ее тренд в благоприятные годы с низкой степенью превосходства современных сортов, (1, 2, 3 – декады)

Отличительная особенность групп неблагоприятных лет, характеризующихся слабой обеспеченностью осадков в осенний период, также их режим увлажнения в весенне-летний период. Пониженный режим увлажнения у этого типа лет отмечался с начала весенней вегетации. Последующее же увеличение осадков со второй декады мая и их выходом на среднемноголет-

ний уровень позволило современным сортам лучше их использовать при реализации продуктивных свойств по отношению к Гостианум 237.

Для лет с низким уровнем превосходства современных сортов дефицит осадков имел место не только на начальных этапах развития озимой пшеницы, но и во второй половине вегетации. Слабая обеспеченность осадками, отмечавшаяся во время весенне-летней вегетации с запоздалыми осадками в июле, не способствовала формированию высокой продуктивности (рис. 18, 19).

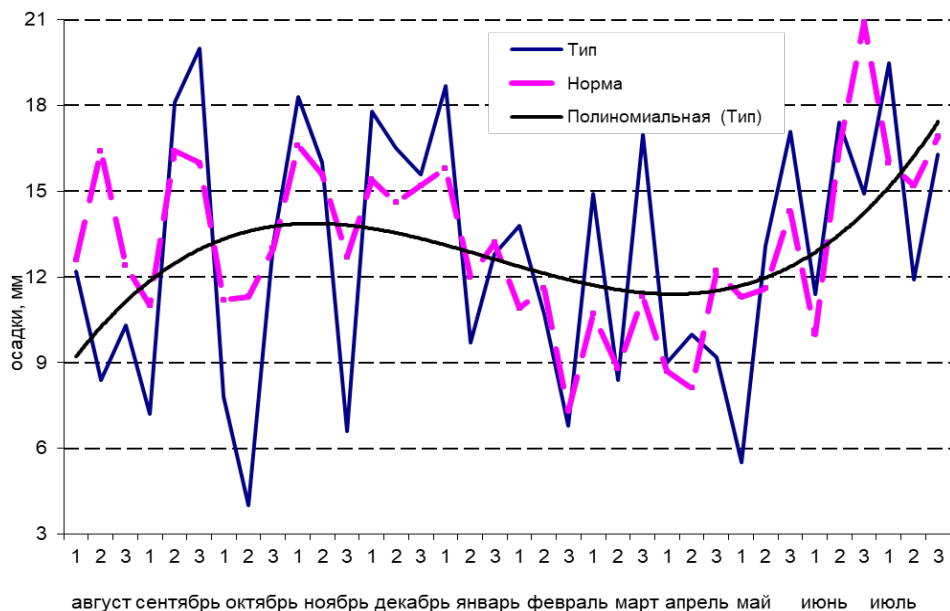


Рис. 18. Динамика выпадения осадков и ее тренд в неблагоприятные годы с высокой степенью превосходства современных сортов, (1, 2, 3 – декады)

Анализ сценариев, сопутствующих вегетации озимой пшеницы по температурному режиму, не позволил выявить существенных отклонений в динамике их значений от среднесуточных данных. Среди аномальных лет по среднесуточным температурам воздуха в летний период следует 1995, 1998 и 2010 гг. Аномальным по температурному режиму в зимний период отмечался 2003 год. Низкие температуры декабря 2002 г. способствовали глубокому промерзанию почвы – более 100 см. Все это негативно сказалось не только на перезимовке, но и на развитии растений пшеницы в весенне-летний период. Возобновление вегетации озимых культур происходило в сроки близкие к среднесуточным (13 – 15 апреля), а активная вегетация – на неделю позже обычных сроков. Позднее оттаивание почвы не способствовало быстрому развитию озимых в ранневесенний период. В начале весенней вегетации выделялись сорта и линии с повышенной зимостойкостью (Лютесценс 230, Калач 60, Л 47-02 и др.). Однако впоследствии лучшее развитие отмечалось у сортов с высокой регенерационной способностью (Гостианум 237, Миrowsкая 808, Жемчужина Поволжья). Этому способствовали относительно низкие температуры воздуха и почвы в апреле – начале мая.

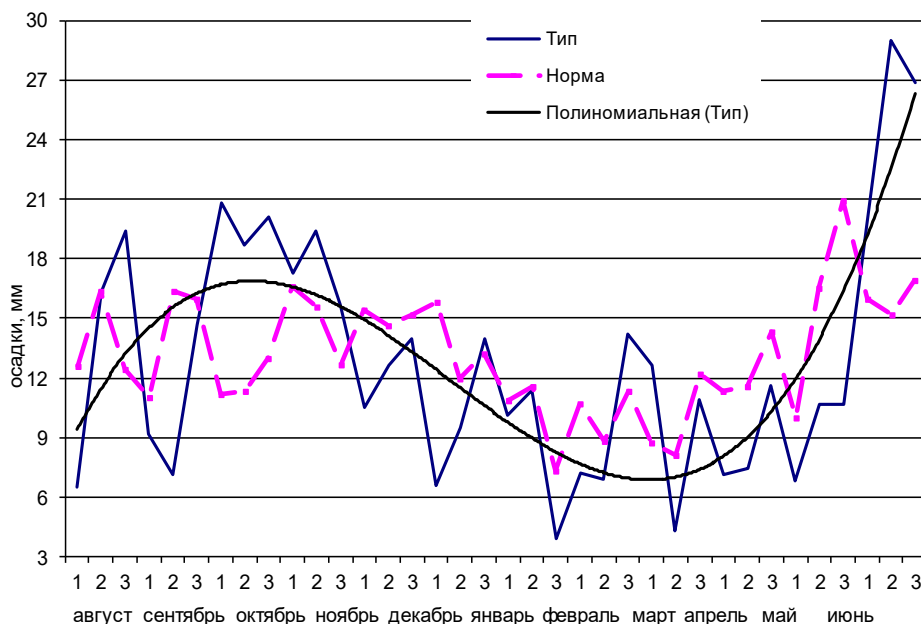


Рис. 19. Динамика выпадения осадков в неблагоприятные годы с низкой степенью превосходства современных сортов, (1, 2, 3 – декады)

В связи с отмеченными тенденциями состояния климатических условий при формировании зерновой продукции пшеницей для селекционных программ важно сформулировать алгоритмы выделения перспективного материала. Оценка селекционного материала по вкладу различных компонент в продуктивность озимой пшеницы на основе типизации лет дает возможность оптимизировать отборы по годам. Убедителен в этом отношении результат анализа структуры продуктивности пшеницы по типам лет. На рисунке 20 показаны изменения структуры урожая озимой пшеницы в зависимости от складывающихся условий.

В благоприятные годы с условиями, характерными для первого типа лет, в структуре продуктивности отмечалась сбалансированность всех элементов с незначительным преимуществом показателей выхода зерна с 1 м^2 , количества стеблей на 1 м^2 и доли главного колоса в общей продуктивности растения. Отбор в эти годы позволял выделять сорта, способные формировать высокую урожайность с лучшей ее реализацией на уровне ценоза, поскольку конкурентные взаимоотношения между растениями на единице площади становятся одним из основных факторов формирования урожайности (Фадеева И.Д., 2001). В годы с условиями второго типа лет отмеченные особенности структуры проявлялись еще четче, что позволяет судить об адаптивности сортов к дефициту влаги второй половины вегетации растений, а по выраженности выделенных элементов характеризовать степень их компенсационных свойств.

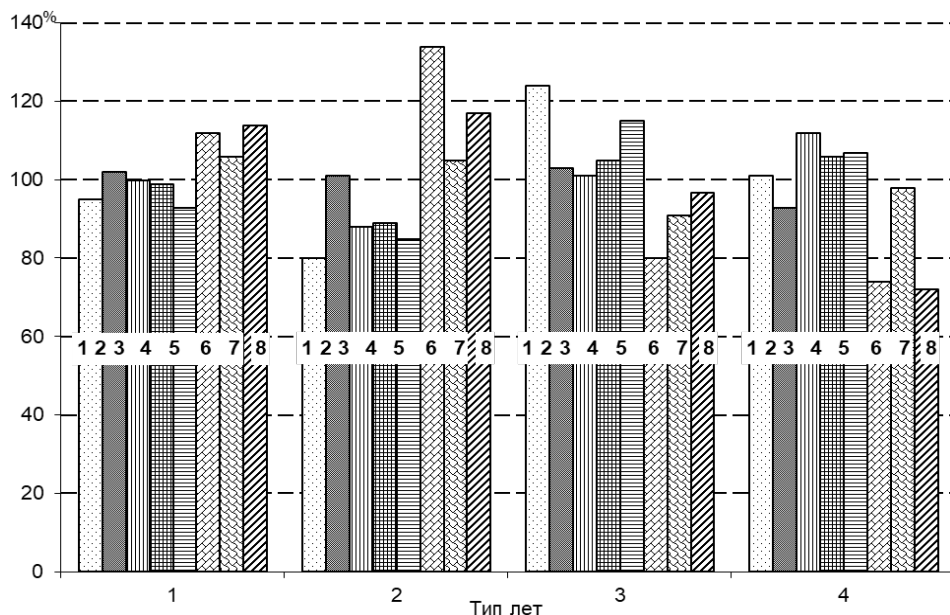


Рис. 20. Структура продуктивности озимой пшеницы по типам лет: 1 – продуктивная кустистость, 2 – масса 1000 зерен, 3 – число зерен в колосе, 4 – масса зерна с колоса, 5 – масса зерна с растения, 6 – масса зерна с 1 м², 7 – доля главного колоса в продуктивности растения, 8 – число стеблей на 1 м²

В годы с неблагоприятными условиями, характерными для третьего и четвертого типа, на первый план выходит реализация генотипом индивидуальных особенностей на уровне растений (число зерен, масса зерна с колоса и растения, продуктивная кустистость). В годы с благоприятными весенне-летними условиями (третий тип) особое значение приобретает регенерационная способность, что доказывается высокими значениями показателей продуктивной кустистости и массы зерна с растения. При неблагоприятных условиях осени и весны более контрастны различия по показателям продуктивности главного побега (число и масса зерна с колоса). Данный вывод подтверждает анализ структуры продуктивности, формируемой современными сортами (табл. 19).

Таблица 19

Характеристика сортов озимой пшеницы по элементам продуктивности

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Высота растений, см	Прод. кустистость	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна, г		
					1 м ²	колоса	растения
Гостинанум 237	33,9	106	3,2	28,7	205,0	1,0	1,9
Саратовская 8	38,3	88	3,0	34,4	249,5	1,3	2,9
Саратовская 90	45,0	88	3,6	33,5	233,9	1,5	3,4
Виктория 95	44,4	100	3,1	37,4	258,0	1,7	3,6
Губерния	42,3	99	3,2	29,6	290,8	1,3	2,8
Аткара	42,2	88	3,4	31,8	241,0	1,4	3,0
Жемчужина Поволжья	44,0	92	2,9	38,0	294,0	1,7	3,1
Саратовская 17	42,1	91	3,3	36,5	299,0	1,5	3,2

Разнообразие агро- метеоусловий по годам способствует формированию различных групп сортообразцов с выделенными выше отличиями в структуре их продуктивности. Кластерный анализ математически подтвердил сделанные ранее выводы и позволил выделить два контрастных типа, формируемых у экспериментального материала. Типичным аналогом первой кластерной группы является сорт Губерния, характеризующийся среди современных сортов относительно низким уровнем реализации колосом своих зерновых потенциалов, которые компенсируются высокими критериями с единицы площади. Показатель «масса зерна с единицы площади» у сортов Губернии и Саратовской 17 указывает, прежде всего, на их адаптивные свойства. На это указывает и количество сохранившихся к уборке стеблей на единице площади, по которому они близки к первому сорту НИИСХ Юго-Востока Гостианум 237.

Сорт Виктория 95 относится к сортам второго направления, которому свойственны повышенные показатели на уровне растения, озерненность и масса зерна с колоса. При этом надо подчеркнуть, что сорта данной группы четко свидетельствуют об эволюционных тенденциях, произошедших в продуктивности пшеницы по результатам 100-летней селекции НИИСХ Юго-Востока – повышение массы 1000 зерен, снижение высоты растений, увеличение озерненности колоса. Жемчужина Поволжья и Саратовская 17 имели промежуточный тип структуры урожайности. Для них характерны как элементы группы сортов с высокой озерненностью и массой зерна с колоса, так и группы высокой продуктивности с единицы площади.

Одним из путей повышения стабильности производства в таких условиях считается сочетание сортов, различных по типу формирования продуктивности (Жученко А.А., 2009). Анализ урожайности сортов конкурсного сортоиспытания, отличающихся по длине вегетационного периода за 20-летний период, подтвердил данный вывод и показал, что наиболее выгодны в этом отношении позднеспелые сорта. Сорта этой группы спелости (Саратовская остистая) отличались не только высокой урожайностью, но и стабильностью в ее реализации по типам лет, главным образом, в более благоприятные годы (1-3 типы) (табл. 20-21).

Таблица 20

Урожайность сортов в разные типы лет

Сорт	Тип лет				Среднее
	1	2	3	4	
Саратовская остистая	45,3	50,3	36,0	25,3	38,9
Гостианум 237	35,2	41,8	26,7	23,0	31,5
Мироновская 808	45,5	45,3	36,6	22,3	37,0
Саратовская 8	42,6	46,8	31,5	23,2	35,7
Саратовская 90	43,7	45,9	33,5	23,1	36,2
Донская безостая	37,5	42,8	30,0	19,1	32,1
F_{05}	4,6*	4,3*	4,8*	5,0*	
НСР	6,9	4,3	5,0	2,7	

*) – значимо на 5%-ом уровне

Таблица 21

Степень варьирования урожайности у сортов в зависимости от типа лет, %

Сорт	Тип лет				Среднее
	1	2	3	4	
Саратовская остистая	14,4	16,9	20,5	40,4	23,1
Гостианум 237	16,8	16,8	30,2	43,6	26,9
Мироновская 808	24,5	33,1	34,3	50,6	35,6
Саратовская 8	25,7	22,1	21,6	30,7	25,0
Саратовская 90	31,8	33,4	32,6	45,2	35,8
Донская безостая	52,6	45,0	33,6	46,5	44,4
F ₀₅					6,6*
НСР					9,9

*) – значимо на 5%-ом уровне

Вторую группу составили среднеспелые сорта (Мироновская 808, Саратовская 8), а также скороспелый сорт Саратовская 90, которые лучше проявляли свои продуктивные свойства в годы с третьим типом лет. В годы же с более жесткими условиями (четвертый тип) лучшими оказались сорта НИИСХ Юго-Востока как более адаптивные по сравнению с сортами ино-районного происхождения.

Результаты исследований подтверждают не только сложную природу вклада различных факторов (внутренних и внешних) в урожай, но и указывают на высокую индивидуальность сортов при формировании продуктивных свойств. Для повышения эффективности в отборе перспективного материала в условиях, характерных каждому типу лет, помимо стандартного сорта дополнительно использовали тестерные сорта. В качестве тестера для благоприятных лет (1-й и 2-й тип) использовали Саратовскую остистую, а для жестких условий лет (3-й и 4-й тип) – Саратовскую 8. Результаты выделения перспективного материала представлены в таблице 22.

Таблица 22

Отклонение урожайности у сортов и линий в разные типы лет, в %-х к контрольным сортам

Сорт, линия	Типы лет			
	1	2	3	4
Касар	29,1	-0,9	-2,4	–*
Л 40-01	30,0	8,6	8,2	-1,6
Л 52-98	24,4	13,6	8,8	-5,2
Калач 60	10,7	31,5	16,1	5,4
Жемчужина Поволжья	-0,3	19,8	21,2	19,1
Губерния	-9,7	6,0	25,8	17,6
Саратовская 17	2,1	4,1	12,9	4,7
Виктория 95	-2,4	-0,6	10,9	11,5
Л 47-88	17,4	4,8	12,4	16,5

*) – данные по урожайности в конкретный тип лет отсутствуют

Можно подчеркнуть, что сорта, как правило, формирующие высокую продуктивность при благоприятных условиях, существенно снижали ее при неблагоприятных условиях и наоборот, сорта и линии с высокой урожайностью в неблагоприятные годы уступали контрольным сортам при улучшении условий вегетации. К сортам и линиям с относительно универсальным характером формирования продуктивных свойств можно отнести Жемчужину Поволжья, Саратовскую 17 и Калач 60.

Отмеченные подходы способствовали выделению адаптированных сортов и формированию в производстве Саратовской области их системы, позволившей стабилизировать урожайность этой культуры в регионе (рис. 21). Так, если в период с 1991 по 2000 гг., на момент начала формирования такой системы в области вариабельность урожаев составляла более 40%, то при ее внедрении в период с 2001 по 2010 гг. данный показатель снизился до уровня менее 30%.

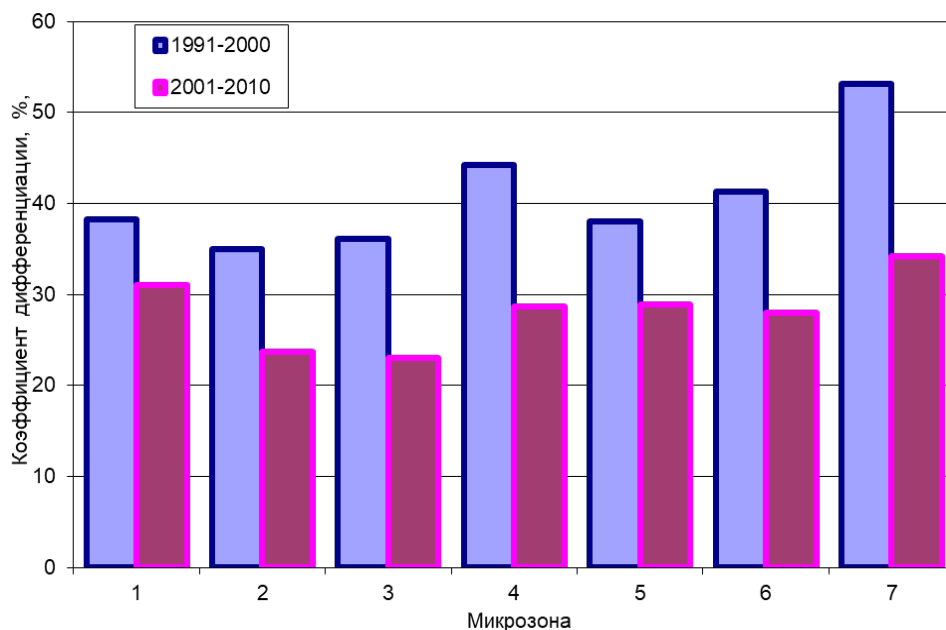


Рис. 21. Изменчивость урожайности озимой пшеницы по микрозонам Саратовской области в различные периоды лет: 1991-2000 гг. и 2001-2010 гг.

Информационная биология и методологические подходы адаптивной селекции на качество зерновой продукции

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. 23) (Бебякин В.М. и др., 1983, Бебякин В.М. и др., 2005; Бебякин В.М. и др., 2007). Поэтому прогресс селекционных программ, ориентированных на создание адаптивных по качеству зерна сортов, невозможен без глубоких исследований взаимодействия «генотип -среда», имеющих особую значимость для понимания онтогенетической изменчивости показателей зерна (Бебякин В.М., Мартынов С.П., 1983; Васильчук Н.С., 2001). Актуальность исследований усиливается сужающимся спектром генетического разнообразия на завершающих этапах селекции, когда решается задача выделения лучших генотипов из почти однотипных (сходных) по качеству зерна генотипов (Кузьменко А.И., 2005).

Таблица 23

**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 пшени-

цы 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 (Лакин Г.Ф., 1990; Окунь Я, 1974; Смиряев А.В., Мартынов С.П., Кильчевский А.В., 1992). 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. 24 – 27).

Таблица 24

Корреляция показателей качества зерна со среднесуточной температурой 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, 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 качества зерна следует выделить критерии, отвечающие за качественное наполнение (показатель ИДК, реологические свойства теста), а уж затем 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 (Бебякин В.М. и др., 2003; Васильчук Н.С., 2001; Жученко А.А., 2008). В связи с этим достоверные корреляции косвенно свидетельствуют о пластичности сортов по изучаемым признакам на фенотипическом уровне (Бебякин В.М. и др., 2005, 2007).

Таблица 25

**Корреляция показателей качества зерна со среднесуточной температурой
в межфазные периоды вегетации у сорта Лютеценс 62 (КСИ, 1991-2015 гг.)**

	Фазы развития яровой пшеницы:			
	колошение	формирование зерновки	налив зерна	созревание зерновки
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

Таблица 26

**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 27

**Корреляция показателей качества зерна и суммы осадков в межфазные
периоды вегетации у сорта Лютеценс 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

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, но и о сложном механизме влияния постоянно изменяющихся внешних условий на реализацию растениями генетической информации в онтогенезе.

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 (Прянишников А.И., Андреева Л.В., 2009; Прянишников А.И., 2016; Прянишников А.И., Масловская Э.Н. и др., 2001). 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 (Смиряев А.В., Мартынов С.П., Кильчевский А.В., 1992.). По вертикальной линии дендрограммы откладывали евклидовы расстояния, по горизонтальной – исследуемые годы. Для примера на рисунках 1 и 2 представлены дендрограммы кластерного анализа лет сортов Мироновская 808 (озимая пшеница) и Лютеценс 62 (яровая пшеница) (рис. 22, 23).

Кластерный анализ эффектов года на качественные характеристики зерна позволил выявить четыре группы лет, которые способствовали формированию как их уровня, так и соотношения между собой (табл. 28, 29; рис. 24, 25). 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 среднемноголетними или же близкими к ним значениями, за исключением показателей реологических свойств теста. Так, показатели упругости теста (P) и отношение упругости теста

к его растяжимости (P/L) у сравниваемых культур оказались достоверно ниже нормализованных показателей. Отличием 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%).

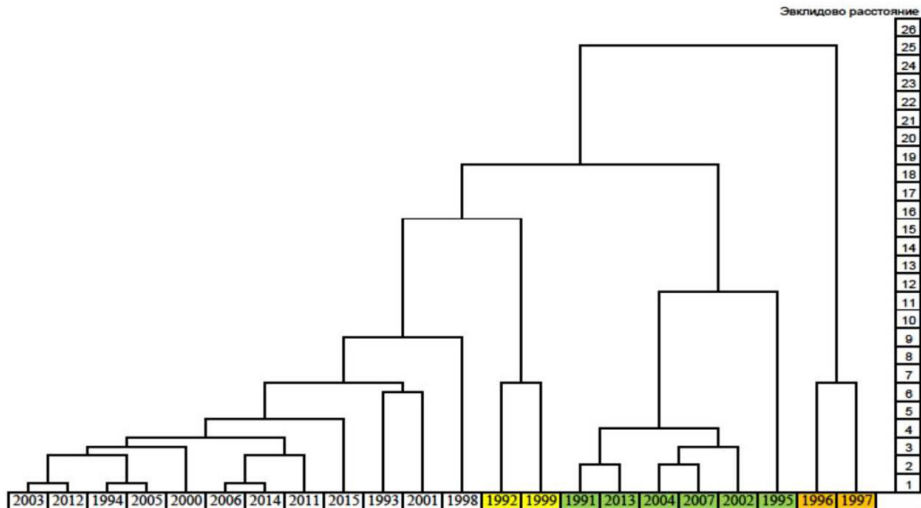


Рис. 22. Дендрограмма кластерного анализа лет по критериям качества зерна сорта озимой пшеницы Мироновская 808

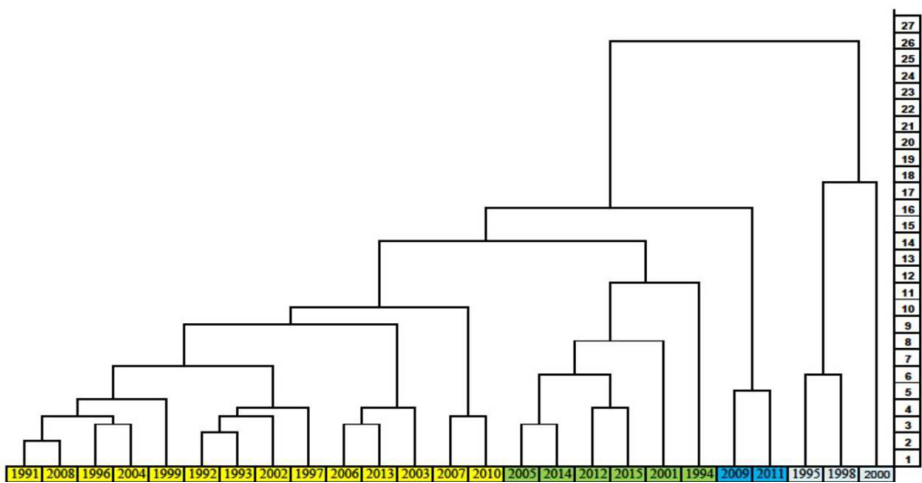


Рис. 23. Дендрограмма кластерного анализа лет по критериям качества зерна сорта яровой пшеницы Лютесценс 62

Таблица 28

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

Таблица 29

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

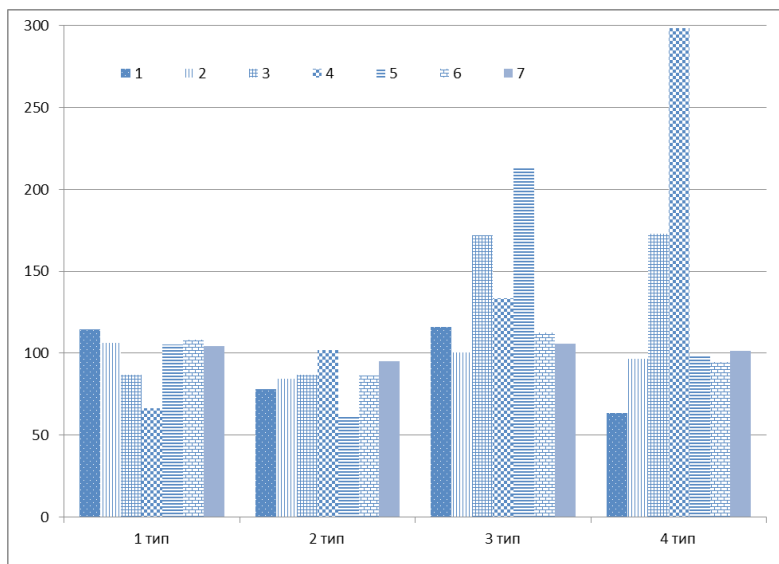


Рис. 24. Типы зерна по признакам качества у озимой пшеницы: 1 – содержание клейковины, 2 – показатель ИДК-1, 3 – упругость теста (P), 4 – отношение P/L, 5 – удельная работа деформации теста (W), 6 – объем хлеба, 7 – пористость хлеба

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 – второго у яровой пшеницы и четвертого у озимой, в противоположность основному типу отмечались абсолютные показатели значений упругости теста (P) и отношения упругости теста к его растяжимости (P/L). Частота проявления данного типа у яровой пшеницы составила 25% случаев лет, а у озимой – 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). 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. 25, табл. 27). 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. 27, табл. 28).

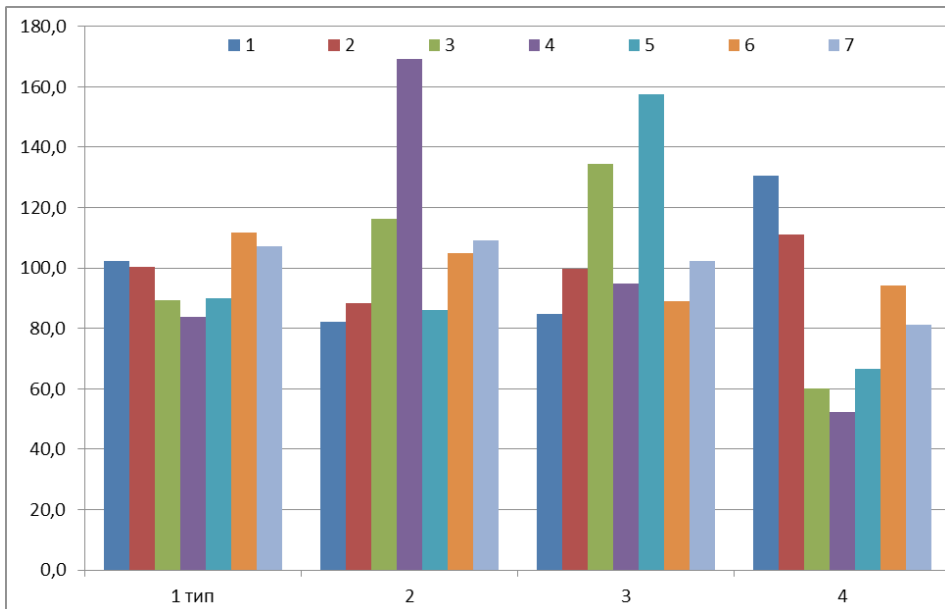


Рис. 25. Типы зерна по признакам качества у яровой пшеницы: 1 – содержание клейковины, 2 – показатель ИДК-1, 3 – упругость теста (P), 4 – отношение P/L, 5 – удельная работа деформации теста (W), 6 – объем хлеба, 7 – пористость хлеба

Типизация погодных условий подчеркнула их значимость в процессах, протекающих внутри растений в различные межфазные периоды формиро-

вания качественных свойств зерна и оказывающих непосредственное влияние на онтогенетическую изменчивость изучаемых признаков. Сокращение продолжительности периода «цветение – молочная спелость» сказывается, прежде всего – на донорно-акцепторных отношениях различных органов растений и побегов кущения (Бебякин В.М., Мартынов С.П., 1983; Бебякин В.М. и др., 2003). 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 (Бебякин В.М. и др., 2003).

Основным отличием температурного режима, сопутствующего формированию качественных критериев зерна яровой пшеницы, следует считать его повышенный уровень (свыше 20°C), объясняемый более поздними сроками фаз развития растений, чем у озимой пшеницы (рис. 26, 27). При этом при яровом типе развития четче просматривается момент относительного снижения среднесуточных температур в период «колошение – формирование зерна», что смягчает условия для формирования зерновки растениями. У озимой пшеницы этот период вегетации проходит на фоне относительно умеренных температур (от 17 до 20°C) с последующим нарастанием температур в период созревания до 22-23°C. Помимо этого, для яровой пшеницы период «налив зерна – созревание» по динамике температур, в отличие от озимой, характеризуется нестабильностью, большей амплитудой, а также ярко выраженным разнообразием сценариев (рис. 28, 29).

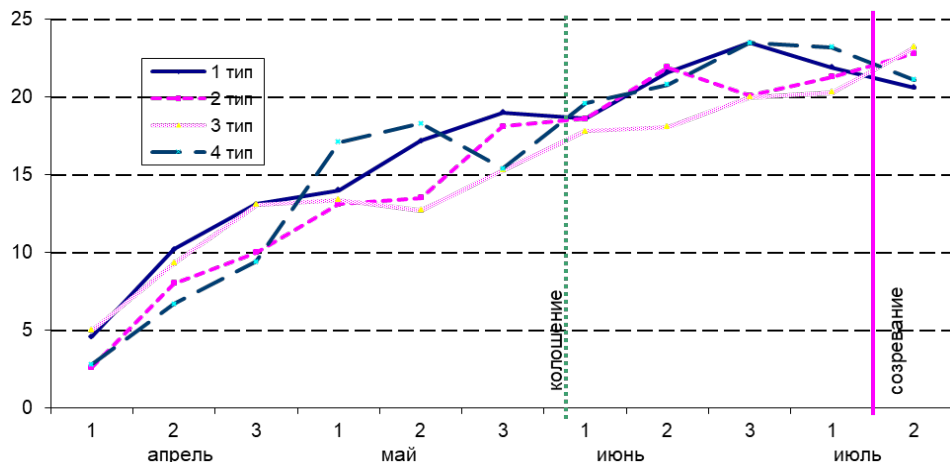


Рис. 26. Динамика среднесуточных температур при формировании озимой пшеницей разных типов качества зерна

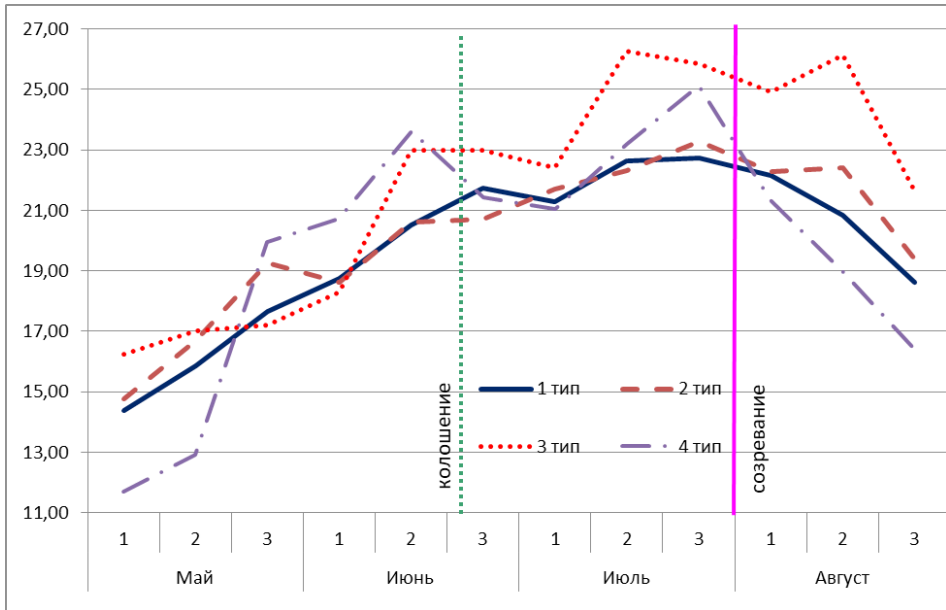


Рис. 27. Динамика среднесуточных температур при формировании яровой пшеницей разных типов качества зерна

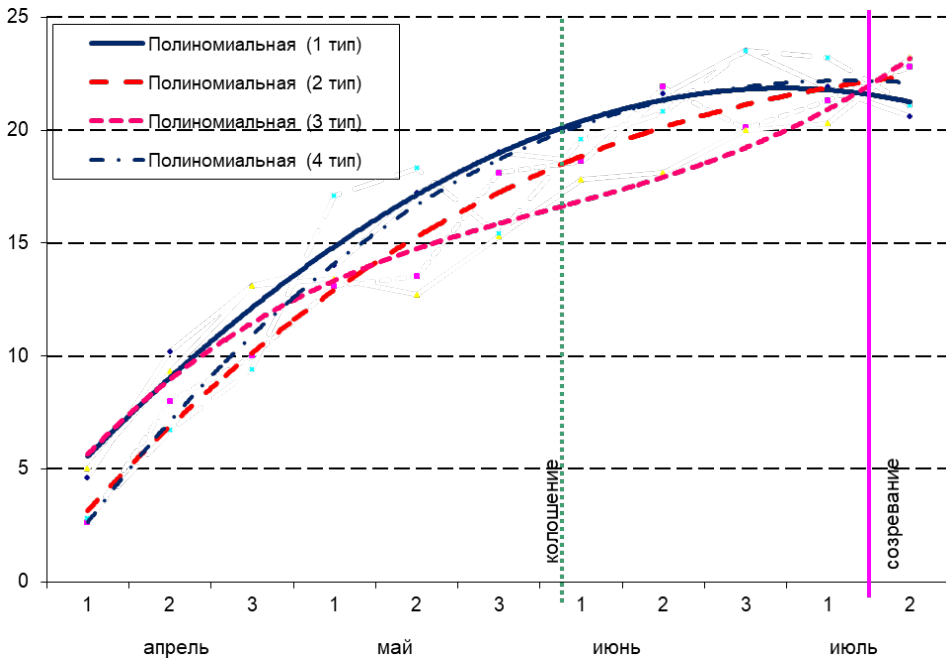


Рис. 28. Тренды динамики среднесуточных температур при формировании разных типов качества зерна у озимой пшеницы

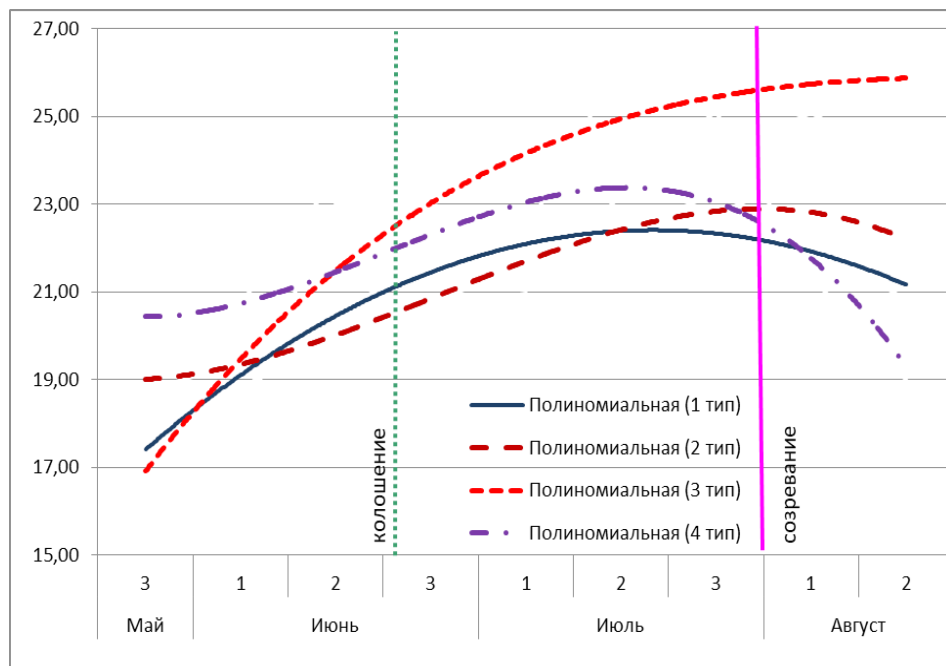


Рис. 29. Тренды динамики среднесуточных температур при формировании разных типов качества зерна у яровой пшеницы

Годы, когда формировался основной (стандартный) тип качества зерна и у озимой, и у яровой пшеницы, характеризовались и схожими тенденциями динамики среднесуточных температур в период от колошения до созревания (рис. 26, 27). 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°C. К общим тенденциям изменения температур для этого типа качества отмечается ее задержка в повышении и даже некоторое снижение в период «колошение – формирование зерновки» (рис. 28, 29).

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°C. 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°C, а период созревания – при температурах близких к 27°C. 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 отме-

чался пониженный температурный режим с устойчивым его повышением к моменту созревания зерновки (рис. 26, 27).

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. 30 -33). Наиболее жесткими 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 значение 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.

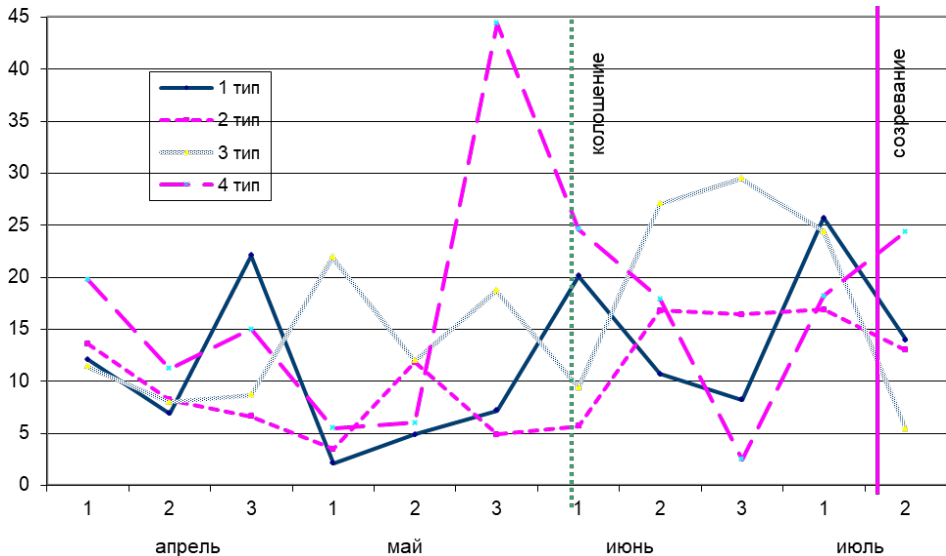


Рис. 30. Динамика выпадения осадков (мм) при формировании озимой пшеницей разных типов качества зерна

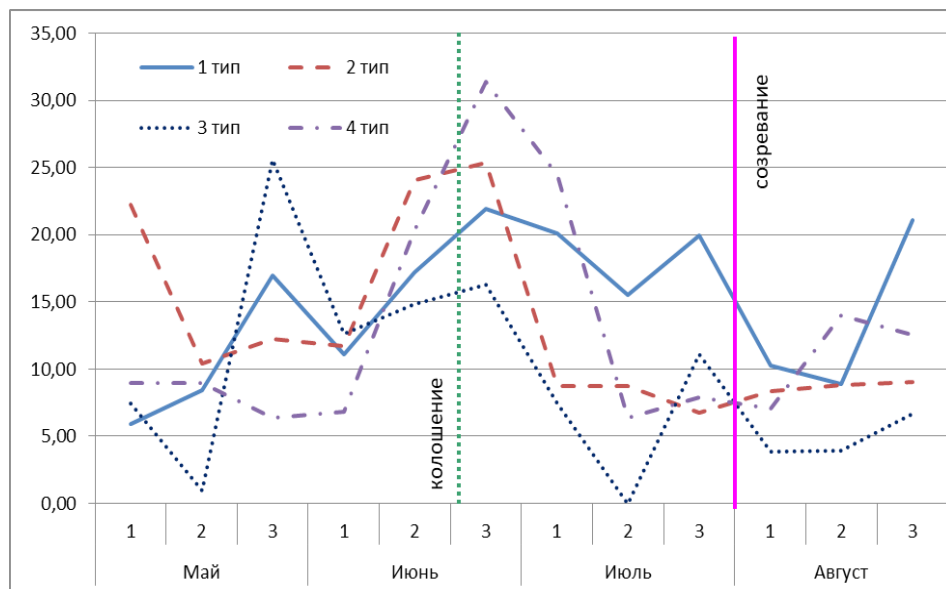


Рис. 31. Динамика выпадения осадков (мм) при формировании яровой пшеницей разных типов качества зерна

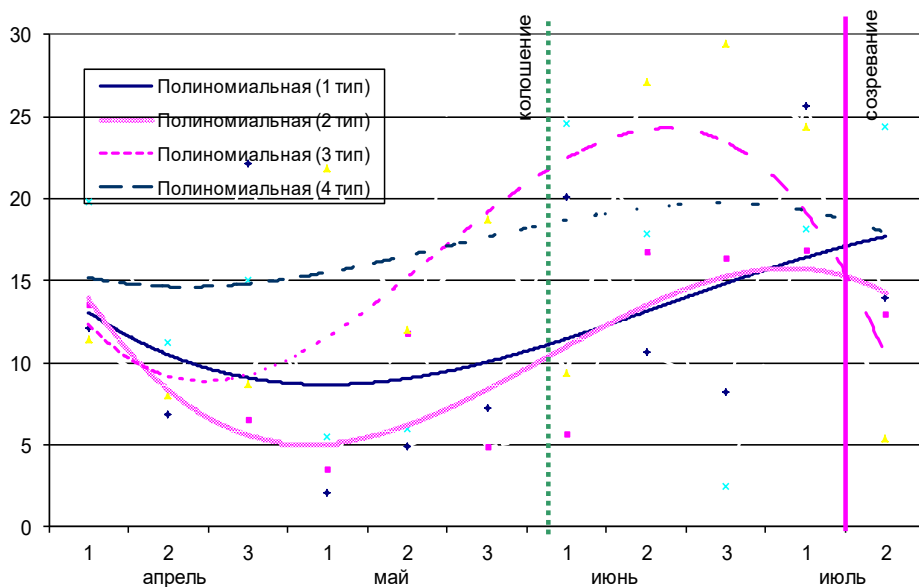


Рис. 32. Тренды выпадения осадков (мм) при формировании озимой пшеницей разных типов качества зерна

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. 30).

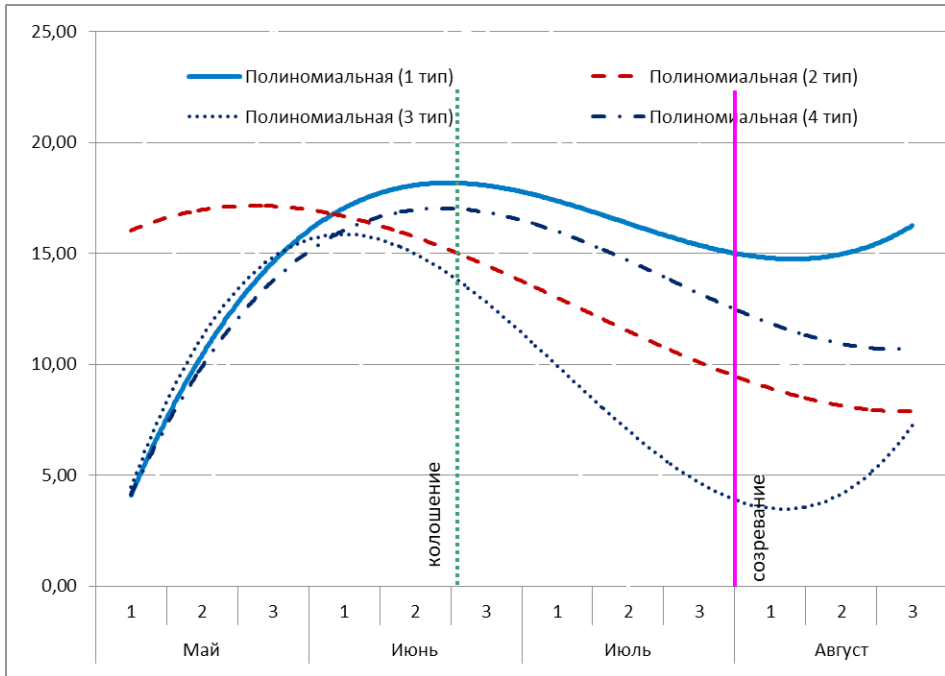


Рис. 33. Тренды выпадения осадков (мм) при формировании яровой пшеницей разных типов качества зерна

Таблица 30

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, (P)	0,25	0,79**	0,90**	0,42**
Отношение P/L	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%-м уровне,

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

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 вычле-

нить 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.

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 отличие 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. 31-33). 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 второй и третий типы. Помимо этого, у яровой пшеницы отмечается размытость в факторной структуре отдельных критериев зерна по компонентам, 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 31

Факторные нагрузки анализа показателей качества озимой и яровой пшеницы в годы формирования первого 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%-м уровне

Таблица 32

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, (P)	0,70*	0,44*	0,30	0,70*	0,52*	0,32
Отношение P/L	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 33

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, (P)	0,91*	0,29	0,19	0,90*	0,28	0,14
Отношение P/L	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 (Бебякин В.М., Мартынов С.П., 1983; Окунь Я., 1974). 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 выделяются показатели качества клейковины (ИДК) и характеристики реологических свойств теста (упругость теста (P), отношение P/L и удельная работа деформации теста (W)), во второй компоненте – хлебопекарные качества (объем хлеба и его пористость), а в третьей – количественная выраженность 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 – в 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. 32).

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.

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют, что в селекции, особенно на завершающих ее этапах, оценка на фенотипическом уровне при отсутствии контрастных форм не всегда позволяет четко разграничить образцы по критериям качества. Это существенно затрудняет возможность дифференцировать экспериментальный материал и на генотипическом уровне, вследствие чего усложняется отбор адаптированных перспективных форм. Использование алгоритмов информационной биологии позволяет количественно описать эколого-генетические механизмы формирования показателей зерна в онтогенезе, вскрыть на более глубоком уровне различия у близкого по выраженности признаков материала и систематизировать отбор высококачественных образцов в зависимости от складывающихся условий.

Представленный анализ базы данных с использованием математического аппарата важен не только для выявления взаимосвязей критериев качества с факторами среды, но и для выявления адаптивных реакций растений на отдельных этапах онтогенеза в реализации ими генетической информации при формировании признака. Среди основных моментов использования биометрических методов следует выделить их использование в повышении информативности отборов, которая достигается посредством:

1. Вертикальной оценки (на глубину лет). 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. Горизонтальной оценки (внутри года). 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 информационно значимым критериям на фоне малоинформативных или же «посредственных» показателей зерна в конкретный год испытаний.

Важным моментом задач применения алгоритмов информационной биологии в методологии отбора перспективного материала следует считать их

использование при количественном описании кинетического равновесия внутреннего состояния растений с воздействием внешней среды и возможность математического моделирования поведения растительной системы в постоянно изменяющейся внешней среде. В связи с этим изучение ответных реакций на внешние и внутренние раздражители на уровне протеома и метаболома видится первым шагом в изучении генетических основ ответа растений на воздействие внешней среды, способствующих развитию фундаментальных основ функциональной геномики, и их использования в селекции полевых культур. Развернутые на современном этапе исследования по секвенированию, или же редактированию, генома пшеницы можно рассматривать в данном направлении как отправную точку изучения дисциплинами системной биологии генетических основ поведения растений и их онтогенетической адаптации.

Сорта озимой пшеницы НИИСХ Юго-Востока

Гостианум 237*¹



Фото 1. Демонстрационные посеы сорта Гостианум 237 на родине ее выведения (Аркадакская СХОС, 2008 г.)

История сорта. Выведен методом индивидуального отбора из сорта пшеницы Местная Харьковская, завезенной с Украины. Был районирован в 1929 г. в Саратовской и еще 12 областях и краях бывшего СССР.

Автор сорта – Г.К. Мейстер. После репрессии Георгия Карловича сорт переписан в авторство Н.Г. Мейстер.

Ботаническая характеристика. Разновидность – гостианум. Колосья остистые, белые; чешуи слабо опушенные; зерна красные. Форма колоса – цилиндрическая или слабо веретеновидная.

Колос – короткий или средней длины. В нижней части колос более плотный, чем в верхней. Ости – расходящиеся, среднезазубренные, иногда слабо изогнутые, в средней части колоса более длинные. При созревании в благоприятных условиях колос поникает. Колосковая чешуя – яйцевидно-ланцетная, кверху суживающаяся, опушение сосредоточено в верхней части и на боковой поверхности чешуи, обращенной к стержню колоса. Встречаются колосья неопушенные и сильно опушенные. Плечо колосковой чешуи – скошенное или слабо приподнятое. Зубец колосковой чешуи сильно видоизменяется по длине колоса: в нижней части – короткий (1-2 мм), острый, иногда слабо клювовидный, с горбинкой у основания, в верхней – удлиннен до 10-12 мм и больше. Цветочная чешуя закрывает зерно неплотно. Зерно – овально-удлиненное, средней крупности, стекловидное.

Всходы редко и коротко опушенные. Колеоптиле большей частью не окрашено, в некоторых случаях частично фиолетовое. Форма кущения осенью – стелющаяся, при колошении куст – сомкнутый. Соломина – высокая и тонкая, во влажные годы сильно полегает. Не вполне выровнен. Среди отличий сорта авторы отмечают его склонность к естественному скрежива-

¹ * - Здесь и ниже ботаническое и морфологическое описание старых сортов дается по данным их авторов (Мейстер Н.Г., 1958, 1960; Ласкин В.П., Масловская Э.Н., 1994)

нию с другими пшеницами. Из спонтанных гибридов, выявленных на посевах этого сорта, создан сорт Степная 135. Харьковская государственная селекционная станция путем индивидуальных отборов вывела новый сорт Зенитка (Мейстер Н.Г., 1958, 1960).

Биологические особенности. Сорт относится к среднепозднеспелым. По мнению авторов, изучавших особенности яровизации, относится к сортам с длинным периодом со средней световой стадией. Зимостойкость выше средней, обладает высокими регенерационными способностями в весенний период вегетации. Высокозасухоустойчивый сорт. Сильно поражается бурой ржавчиной. К твердой и пыльной головне в условиях Юго-Востока почти не восприимчив.

Хозяйственная характеристика. Сорт в современных условиях относится к среднеурожайным. В сортоиспытании НИИ сельского хозяйства Юго-Востока в среднем за последние 25 лет дал урожай 3,19 т/га. Характеризуется средними или хорошими мукомольно-хлебопекарными качествами зерна. Отличается высоким содержанием белка, превосходя современные сорта в отдельные годы на 1-2%. Абсолютный вес зерен колеблется от 25 до 30 г и выше.

Лютесценс 329

История сорта. Выведен на бывшей Саратовской селекционной станции в 1913-1924 гг. методом индивидуального отбора из местной пшеницы Сандомирки. В государственном сортоиспытании с 1924/25 гг. Был районирован в 1929 г. в Западной и Восточной Сибири, а также Казахстане.

Автор сорта – Г.К. Мейстер. После репрессии Георгия Карловича сорт переписан в авторство Н.Г. Мейстер.

Ботаническое определение. Разновидность – лютесценс. Колосья – безостые, белые; чешуи – неопушенные; зерна – красные. Колос – веретеновидный, значительно суживающийся к вершине, средней длины или длинный (до 10-12 см), средней плотности. На верхушке колоса остевидные отростки, достигающие 1,5 см. В нижней части колоса заострения образуются обычно лишь на третьих цветках. Колосковые чешуи – слабо ланцетовидные,верху суживающиеся, к основанию слегка расширяются. Плечо большей частью – скошенное, в верхней части колоса – прямое или слегка приподнятое. Киль слабо выражен. Килевой зубец – короткий (до 1 мм), слабоблювовидный, тупой. Зерно – светло-красное, яйцевидное, укороченное, стекловидное, как и у всех старых сортов сравнительно мелкое (масса 1000 зерен – 27-32 г). Окраска фенолом – светлая.

Всходы – слабо опушенные, колеоптиле антоцианом не окрашено. Соломина длинная, но довольно прочная, однако при избыточном увлажнении полегает. Облиственность – сильная. Пластинка листа – широкая, длинная. Окраска листа – желтовато-зеленая. В фазу колошения влагалище листа имеет грубое опушение, хорошо ощутимое при проведении рукой. Стеблевые узлы – опушенные. Куст перед выколашиванием – развалистый.

Биологические особенности. Сорт – среднепозднеспелый. Стадия яровизации – длинная, световая – средняя. Сорт отличается высокой зимостойкостью. Это один из наиболее морозостойких сортов пшеницы. Засухоустойчивость – средняя, по мнению авторов, сорт не устойчив к воздушной засухе. Бурой ржавчиной поражается сильно, пыльной головней – слабо и в средней степени. Восприимчив к твердой головне. К гессенской мухе неустойчив.

Хозяйственная характеристика. Сорт в современных условиях по урожайности уступает Гостианум 237, что связано с значительными изменениями, которые произошли в погодных условиях для выращивания озимой пшеницы в нашей зоне. В сортоиспытании НИИ сельского хозяйства Юго-Востока в среднем за последние 25 лет дал урожай 2,5 т/га. Характеризуется также относительно хорошими мукомольно-хлебопекарными качествами зерна и высоким содержанием белка, превосходя современные сорта в отдельные годы на 1-2%.

Лютесценс 1060/10

История сорта. Выведен методом индивидуального отбора из местного сорта озимой пшеницы. Был районирован с 1929 г. по всем зонам Самарской области.

Автор сорта – Г.К. Мейстер. После репрессии Георгия Карловича сорт переписан в авторство Н.Г. Мейстер.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Колосья безостые, белые; чешуи неопушенные. Колос веретеновидной формы, по длине и плотности средний. На верхушке колоса имеются остевидные заострения, в нижней части колоса эти заострения очень короткие и бывают на третьих цветках. Колоски несколько отогнуты от стержня колоса. Колосковые чешуи располагаются под углом к колосковому стержню, яйцевидные по форме, суживаются к верху и сильно расширяются к основанию. Плечо колосковой чешуи – скошенное. Колосковый зубец короткий. Цветочные чешуи плотно охватывают зерно. Зерно – высокостекловидное, яйцевидной формы.

Всходы опушенные, с очень мелкими волосками. Колеоптиле не окрашено антоцианом. Соломина высокая и тонкая, склонна к полеганию. Листья темно-зеленые, довольно узкие. Ушки неокрашенные, с ресничками. Влажлище листа имеет мягкое опушение.

Биологические особенности. По вегетационному периоду по данным авторов относится к среднеспелым, созревает на 1-2 дня раньше Лютесценс 329. Стадия яровизации длинная, световая – средняя. Сорт обладает высокой зимостойкостью, незначительно уступая в этом свойстве Лютесценс 329. Засухоустойчивость средняя. Сильно поражается бурой ржавчиной, пыльной головней не поражается. Восприимчивость к твердой головне средняя.

Хозяйственная характеристика. Сорт в современных условиях по отношению к современным сортам – низкоурожайный. Мукомольные и хлебопекарные качества зерна – от средних до хороших. Характеризуется, также как и Гостианум 237, высоким содержанием белка в зерне.

Ржано-пшеничный гибрид Эритроспермум 46/131

История сорта. Получен от свободного опыления озимой пшеницы с озимой рожью Елисеевской. В государственном сортоиспытании находился с 1931 г. и был районирован в 1938 году по Пензенской области и в пяти областях и краях бывшего СССР.

Автор сорта – Н.Г. Мейстер.

Ботаническая характеристика. Относится к степной экологической группе. Разновидность – эритроспермум. Колосья – остистые, белые, неопушенные; зерна – красные. Колосья – веретеновидные, сильно суживаются кверху, средней плотности, средней длины или длинные. Ости – толстые, при созревании сильно расходящиеся, снизу колоса – короткие, в средней части – длинные. Колосковые чешуи – крупные, по форме – яйцевидные, нервация чешуи – слабая. Плечо у чешуй средней части колоса скошенное или почти прямое. Киль выражен средне. Зубец по колосу различной величины: на нижних колосках – средней величины, острый, к вершине колоса удлинен в некоторых случаях до 15-20 мм. Зерно – красное, стекловидное, крупное, овально-удлиненное по форме.

Всходы средне опушенные. Колеоптиле не окрашено. Соломина – высокая или средней высоты, устойчивая к полеганию. Листья – широкие, средней длины, темно-зеленые по окраске. Ушки сильно окрашены, темно-фиолетовые. Форма куста перед колошением развалистая.

Биологические особенности. Сорт среднеранний, созревает на 2-3 дня раньше, чем Лютеценс 329. Стадия яровизации длинная. Зимостойкость высокая, по засухоустойчивости средний. Поражается бурой ржавчиной, практически устойчив к твердой и пыльной головне.

Хозяйственная характеристика. Сорт считался урожайным в 1930-е годы. Зерно имеет хорошие мукомольно-хлебопекарные качества. Вес 1000 зерен колеблется по годам от 30 до 40 г. Устойчив к осыпанию.

Эритроспермум 118

История сорта. Выведен методом индивидуального отбора из межсортного скрещивания озимых пшениц. В государственном сортоиспытании с 1930/31 гг. Был районирован с 1938 года по Саратовской области на орошении.

Автор сорта – Н.Г. Мейстер.

Ботаническая характеристика. Разновидность – эритроспермум. Колосья – остистые, белые; чешуи – неопушенные; зерна – красные. Колосья – цилиндрической формы, суживаются к вершине, средней длины, плотность средняя. Ости – тонкие, упругие, слабо расходящиеся, средних размеров, почти равны колосу или короче его. Колосковые чешуи – яйцевидные, су-

живаются кверху. Плечо – малое, скошенное или приподнятое. Киль слабо выражен. Зубец – серповидной формы, острый, небольшой, почти равный по всей длине колоса. Зерно яйцевидно-укороченные, стекловидное.

Всходы слабо опушены. Колеоптиле не окрашено. Солома средней высоты, устойчивая к полеганию. Листья – интенсивно зеленые, ушки имеют слабо-фиолетовую окраску, с длинными редкими ресничками. Куст в колошении – сомкнутый.

Биологические особенности. Сорт среднеспелый, стадия яровизации длинная. Зимостойкость хорошая. Засухоустойчивость высокая. Отзывчив на орошение. Поражаемость бурой ржавчиной средняя. Твердой и пыльной головней практически не поражается. Относительно устойчив к полеганию.

Хозяйственная характеристика. Сорт урожайный, в сортоиспытании НИИ сельского хозяйства Юго-Востока в среднем за 20 лет дал урожай в 20 ц с га. Зерно имеет хорошие мукомольно-хлебопекарные качества. Вес 1000 зерен по годам колеблется от 30 до 32 г. Устойчив к осыпанию.

Лютесценс 230

История сорта. Выведен от скрещивания двух ржано-пшеничных гибридов. В Государственном сортоиспытании с 1945/46 г. Был районирован с 1952 года по Саратовской, Волгоградской, Самарской и Оренбургской областям, а также в Р. Казахстан.

Авторы сорта: Н.Г. Мейстер, В.Н. Мамонтова, П.А. Харитонов.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Колосья – белые, безостые; чешуи – неопушенные; зерна – красные. Колос – цилиндрический, реже слабосужающийся к вершине, плотность и длина колосьев – средняя. На верхушке колоса имеются малые остевидные заострения, до 5-6 мм длины. Колосковые чешуи – овальные и овально-яйцевидные. Плечо в средней части колоса – прямое или чуть приподнятое, встречается слегка скошенное; в верхней части колоса плечо – приподнятое. Зубец – малый, треугольной формы, притупленный. Зерна – темно-красные, полустекловидные, крупные, по форме яйцевидно-овальные. Стебель – средней высоты, устойчив к полеганию. Пластинка листа – длинная, широкая, по окраске светло-зеленая. Куст перед колошением – сомкнутый.

Биологические особенности. Сорт – скороспелый. Зимостойкость – высокая, весной хорошо отрастает. Засухоустойчивость – высокая. Поражается бурой ржавчиной средней силы. Практически не поражается ни пыльной, ни твердой головней.

Хозяйственная характеристика. Сорт урожайный. В сортоиспытании НИИ сельского хозяйства Юго-Востока в годы с жесткими условиями перезимовки превысил по урожаю Гостианум 237 на 1,5-2,2 с га и выше. Абсолютный вес зерна от 30 до 40 г. Мукомольные и хлебопекарные качества хорошие. Сорт относится к сильным пшеницам. Среднеустойчив к осыпанию.

Саратовская 8*

История сорта. Получен от скрещивания Саратовская 4/Безостая 1// Белоцерковская 198, передан Госсортосети в 1975 г. Сорт не был районирован, однако считается первым этапным сортом НИИСХ Юго-Востока в направлении по созданию сортов интенсивного типа.

Автор сорта – В.П. Ласкин

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютеценс. Колос – плотный, цилиндрической формы. В верхней части колоса во влажные годы могут отмечаться короткие остевидные отростки. Колосковая чешуя – неопушенная, зубец колосковой чешуи – короткий, прямой. В верхней части плечо короткое, скошенное. Зерно – красное, овально-удлиненной формы.

Биологические особенности. Саратовская 8 относится к сортам интенсивного типа, сравнительно низкорослая (85-90 см), устойчивая к полеганию, отличается хорошей зимостойкостью и засухоустойчивостью. Сорт скороспелый, созревает на 3-4 дня раньше стандарта Мироновская 808.

Хозяйственная характеристика. Это первый сорт интенсивного типа для степного Поволжья. Урожайность в конкурсном сортоиспытании перед его передачей в ГСИ (1973-1975 гг.) составила 42,5 ц, что на 11,3 ц больше, чем у Лютеценс 230, и на 4,1 ц выше стандарта Мироновской 808. Сорт с высокими адаптивными свойствами: в засушливом 1975 г. его урожайность была выше стандарта Мироновской 808 на 5,9 ц, а в суровом 1979 г. на 9,2 ц с 1 га. Ниже Мироновской 808 на 10-12 см, по устойчивости к полеганию превосходит стандарт на 1,5-2 балла. Относится к сильным пшеницам. Хлебопекарные качества сорта высокие. Содержание сырой клейковины в среднем за 9 лет (1979-1981 гг.) – 33,0 %, белка – 14,0 %, сила муки – 256 е.а. (максимальная – 398 е.а.), объем хлеба – 706 см. Обладает устойчивостью качества зерна при повреждении клопом – вредной черепашкой.

Саратовская 90

История сорта. Сорт выведен в 1989 г. из скрещивания F₂ (Лютеценс 36/ВС2/Мироновская 10. Лютеценс 36 местная селекционная линия, полученная ранее из скрещивания Саратовская юбилейная/Безостая 1//Саратовская 5. В 1990 г. передан на ГСИ, в Госреестр внесен в 1995 г. по 8, 9 и 10 регионам РФ. Запатентован в 2000 г. (патент № 0712).

Авторы сорта: В.П. Ласкин, Э.Н. Масловская, Л.Н. Романова.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютеценс. Колос – крупный, плотный, озерненный, зерно – крупное.

Биологические особенности. Сорт скороспелый. Vegetационный период на 3-4 дня короче, чем у Мироновской 808. Ниже Мироновской 808 на 15 см, имеет более крепкую соломину. Саратовская 90 устойчива к полега-

нию и осыпанию. Обладает высокими адаптивными свойствами (зимо- и засухоустойчивость). Характеризуется лучшими адаптивными свойствами в условиях зим с устойчивым температурным режимом, а также менее зависим к характеру температурного режима в период прохождения растениями закалывания. Эти особенности определяют его превосходство перед стандартами в условиях суровых зим Саратова. По устойчивости к бурой ржавчине сорт на уровне стандартов, однако за счет раннего созревания значимого снижения урожая не отмечается. При искусственном заражении бурой ржавчиной поражается на уровне Мироновской 808, мучнистой росой – на 1 балл выше.

Хозяйственная характеристика. Сорт интенсивного типа с высокой урожайностью, особенно в засушливые годы. Основное достоинство – сочетание стабильно высокого урожая, зимостойкости для степных районов Поволжья и хороших технологических свойств. Относится к ценным пшеницам, превышая Мироновскую 808 по содержанию клейковины, силе муки и объемному выходу хлеба, характеризуется высокими смесительными свойствами. Рекомендован по интенсивным технологиям в Поволжье.

Виктория 95

История сорта. Сорт выведен методом индивидуального отбора из гибридной популяции Лютесценс 15/Одинцовская 75. В конкурсном сортоиспытании с 1993 г. Допущен к использованию по 8 и 9 регионам РФ с 2003 г. Патент № 0710, с датой приоритета 16 декабря 1997 г.

Авторы сорта: А.А. Дорогобед, А.Д. Заворотина, В.П. Ласкин, С.В. Лящева, Э.Н. Масловская, Г.В. Пискунова, А.И. Прянишников, Л.Н. Романова.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Колос – безостый, белый, цилиндрической формы с короткими остевидными заострениями в верхней части. Колосковая чешуя – неопушенная, зубец колосковой чешуи – короткий, прямой. В верхней части плечо – короткое, скошенное. Зерно – красное, овально-удлиненной формы.

Биологические особенности. Соломина – высокая, толстая, что придает высокую устойчивость к полеганию. Форма куста в фазу кущения – развалистая. В период колошения отличается обильным восковым налетом. По зимостойкости занимает промежуточное положение между Саратовской 8 и Мироновской 808. Характеризуется лучшей адаптацией к условиям зим с нестабильным температурным режимом. Ареал его распространения по Правобережью Саратовской области, отличающегося высокой изменчивостью условий во время зимовки растений, подтвердил данный вывод.

Хозяйственная характеристика. По продуктивности – на уровне Мироновской 808. Однако, уступая стандартным сортам в благоприятные годы, Виктория 95 превосходит их в более жесткие условия на 10 и более процентов. Другим фактором его превосходства являются высокие показатели по качеству клейковины и физическим свойствам теста. По данным ВЦОКС, сорт превосходит Мироновскую 808 по удельной работе деформации теста

и его разжижению, существенно не отличаясь по другим признакам. Также отмечается его толерантность к повреждению зерна клопом-черепашкой.

Губерния

История сорта. Сорт получен в результате тройного беккрасса сорта Ульяновка 3 сортом Ильичевка. Патент № 0711, с датой приоритета от 10 января 1999 г. Внесен в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по 8 и 9 регионам РФ с 2002 г.

Авторы сорта: А.А. Дорогобед, А.Д. Заворотина, В.П. Ласкин, С.В. Лящева, Э.Н. Масловская, А.И. Прянишников, Л.Н. Романова.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Колос – безостый, белый, веретеновидной формы. Колосковая чешуя – неопушенная, зубец колосковой чешуи – короткий, прямой. В верхней части плечо короткое, скошенное. Зерно – красное, яйцевидной формы, при обработке фенолом сильно окрашивается.

Биологические особенности. Соломина – высокая, прочная. Форма куста – полустелющаяся. В период колошения отмечается слабый восковой налет. По перезимовке лучше Лютесценс 230. По характеру зимостойкости сорт относится к группе сортов Саратовской 8, которой свойственна высокая устойчивость на продолжительное воздействие низких температур. Высокую надежность Губернии при перезимовке связывают и с замещенной R-хромосомой от ржи. Сорт выделяет полевая устойчивость к бурой ржавчине. По устойчивости к головне на уровне стандартов.

Хозяйственная характеристика. По урожайности превосходит стандартные сорта. Уступая стандартным сортам по урожайности в благоприятные годы, Губерния превышает их в годы, когда один из периодов вегетации (осенний или весенне-летний) является неблагоприятным по режиму увлажнения. Сорт также отличает высокое содержание белка и клейковины в зерне. По данным ВЦОКС, превышение над стандартом по клейковине составляет более 7,0%. Основное достоинство сорта – его высокая стабильность по урожайности, что имеет немаловажное значение для устойчивого производства зерна в Саратовской области.

Рубин 96

Правовые параметры. Сорт создан методом внутривидовой гибридизации и индивидуального отбора из скрещивания Лютесценс 18/Ершовская 8/McNair 23. Для ускорения селекционной проработки материала и закрепления стабильности признаков использовали метод культуры пыльников. Патент 3654 от 13.06.2007 г., с датой приоритета 25.02.2003 г. Рекомендован для возделывания в Северной Правобережной и Северной Левобережной зонах Саратовской области.



Производственные посевы сорта Рубин 96 в КФХ Жарикова А.В. Лысогорского р-на, 2013 г.

Авторы сорта: М.Л. Веденева, Т.В. Киреева, Т.С. Маркелова, А.И. Прянишников.

Ботаническая характеристика. Разновидность – мильтурум. Колос – красный, веретеновидный, средней плотности, длинный (11-14 см), 20-22 колоска, зерен в колоске 3-5. Колосковые чешуи – удлинённо-овальные, неопушенные, со слабой нервацией, плечо – прямое, широкое. Зубец колосковой чешуи – короткий, прямой. Зерно – удлинённое, красное, крупное, полустекловидное или стекловидное. Максимальное число зерен в колосе может достигать 60 штук. Листья – слабо опушенные, темно-зеленые с интенсивным восковым налетом. Стебель – прочный, 5-6 мм в диаметре, выполнен в средней степени. Часто соломина выполнена полностью. Высота растения – 85-105 см. Устойчивость к полеганию – 5 баллов.

Биологические особенности и характеристика хозяйственно-ценных признаков. Сорт – зимостойкий, засухоустойчивый, с высокой продуктивностью и хорошим качеством зерна. Рубин 96 обладает групповой устойчивостью к наиболее вредоносным грибным болезням – бурой ржавчине, мучнистой росе, твердой головне. Имеет выполненную соломину (фактор неспецифической защиты против стеблевого хлебного пилильщика). На всех этапах селекции применялось искусственное заражение селекционного материала инокулюмом возбудителей грибных заболеваний и отбор устойчивых растений. С целью ускорения селекционного процесса в схему селекции сорта включали приемы яровизации, получение семенного потомства в теплице. Для отбора устойчивых к бурой ржавчине и мучнистой росе форм на стадии регенерантов использовали разработанный в лаборатории метод оценки и отбора селекционного материала *in vitro*.

Масса 1000 зерен в среднем за годы испытаний – 38,3-52,4 г. Содержание сырой клейковины – 34,6-38,8%. Хлебопекарные качества хорошие, общая оценка – 4,3 балла. Урожай зерна в среднем составляет 3,7-3,9 т/га. В благоприятные годы может достигать 5 и более т/га.

Жемчужина Поволжья

История сорта. Сорт получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции Л 20-89/Донская безостая (рис. 34). Патент № 2538 от 22 февраля 2005 г., с датой приоритета от 22 декабря 2002 г. Внесен в Госреестр по 4, 7, 8 и 9 регионам РФ.



Фото 1. Демонстрационные посевы сорта Гостианум 237 на родине ее выведения (Аркадакская СХОС, 2008 г.)

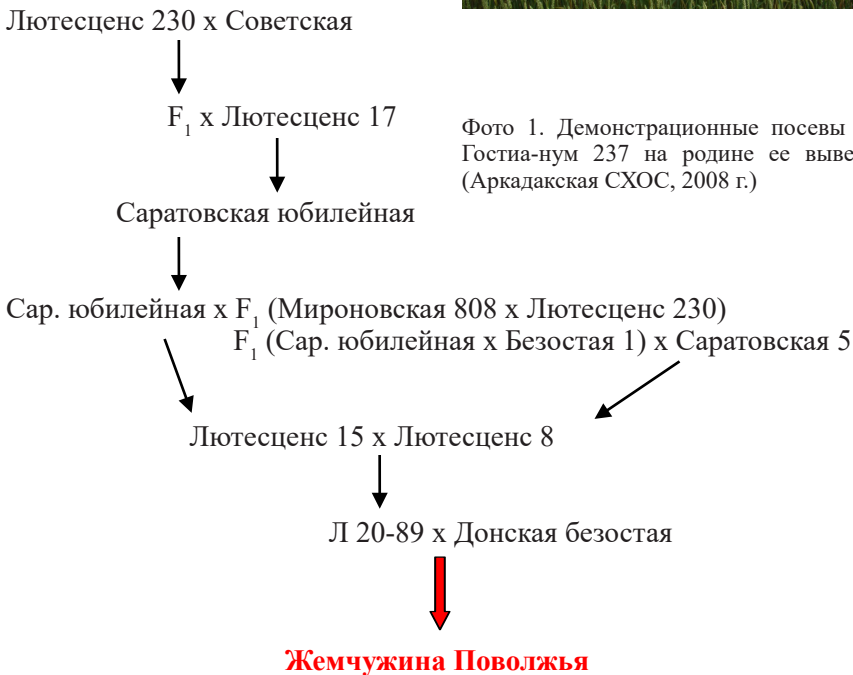


Рис. 34. Генеалогия сорта озимой пшеницы Жемчужина Поволжья

Авторы сорта: А.Д. Заворотина, В.П. Ласкин, С.В. Лящева, Э.Н. Масловская, Г.В. Пискунова А.И. Прянишников, Л.Н. Романова.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Колос – безостый, белый, цилиндрической формы. Колосковая чешуя – неопушенная, овальной формы. Зубец колосковой чешуи – короткий, заостренный.

В верхней части плечо прямое, широкое. Зерно – красное, полуудлиненной формы, основание зерновки – опушенное.

Биологические особенности. По высоте на 7-10 см ниже стандарта. Соломина – толстая и прочная, что придает ей высокую устойчивость к полеганию. Форма куста во время кушения – развалистая (56-70⁰). Сорт обладает полевой устойчивостью к бурой ржавчине, однако по устойчивости к мучнистой росе несколько уступает Мироновской 808. По устойчивости к головне на уровне стандартов. Полевая оценка перезимовки на уровне стандарта. По лабораторной оценке сорт относится к группе Саратовской 90.

Хозяйственная характеристика. За годы изучения в конкурсном сортоиспытании превышение по урожайности над стандартами составило 3,0 ц/га. В благоприятные по режиму увлажнения годы превосходство составило 8,6%, а в годы с засушливыми условиями – до 21,8%, что характеризует его высокую засухоустойчивость. Жемчужина Поволжья выгодно отличается от стандартного сорта высоким качеством клейковины. По данным ВЦОКС, сорт превосходит их по удельной работе деформации теста, а также фаринографической и хлебопекарной оценкам.

Основное достоинство сорта – высокая сбалансированность хозяйственно-ценных признаков в годы с контрастными условиями произрастания. Наиболее четко это проявлялось в экстремально засушливые годы (1995, 1998, 2010 гг.). Это свидетельствует, что в данном сорте селекционерам удалось гармонизировать повышение продуктивных свойств с близкими к степным сортам показателями адаптивности и положительными сдвигами по качеству зерновой продукции.

Саратовская 17

История сорта. Сорт отобран из гибридной популяции Саратовская 8/ Лютесценс 329/*3/Саратовская 8. Патент № 4800 с датой приоритета от 29.07.2005 г. Внесен в Госреестр селекционных достижений по 5 и 8 региону РФ.

Авторы сорта: Ю.П. Батищев, А.Д. Заворотина, В.П. Ласкин, С.В. Лящева, Э.Н. Масловская, Г.В. Пискунова, А.И. Прянишников.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Колос – безостый, белый, цилиндрической формы, плотный. Колосковая чешуя – неопушенная, зубец колосковой чешуи – короткий, прямой. В верхней части плечо – короткое, скошенное. Зерно – красное, овально-удлиненной формы, средней крупности, стекловидное. Масса 1000 зерен в зависимости от условий года варьирует от 38 до 45 г. Бороздка зерновки – ярко выраженная, глубокая. Соломина – на 10-12 см ниже Мироновской 808, прочная. Форма куста во время кушения – развалистая. Восковой налет на листьях и солоmine в период колошения – слабый.

Биологические особенности и хозяйственная характеристика. По урожайности – на уровне стандартных сортов. По адаптивным свойствам новый сорт относится к группе Мироновской 808, которой свойственна лучшая устойчивость к условиям зим с нестабильным температурным ре-

жимом. Сорт отличает высокое качество клейковины и смесительные свойства. Основное достоинство сорта – широкая экологическая стабильность в реализации адаптивных и урожайных свойств, которая была выявлена по результатам межстанционных испытаний в различных экологических точках РФ (рис. 35.) (Прянишников А.И., 2006).

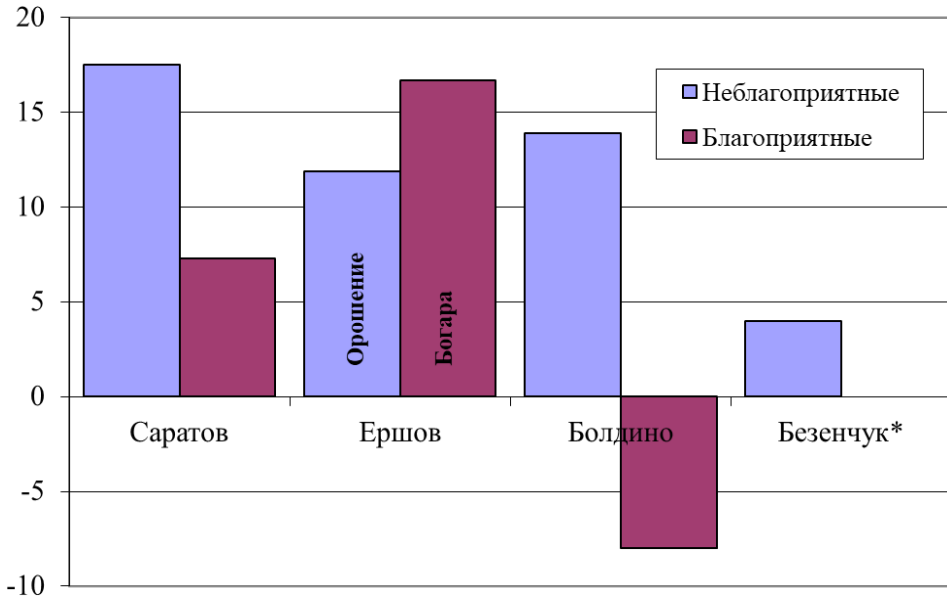


Рис. 35 Урожайность сорта Саратовская 17 в межстанционных испытаниях (2002 ... 2005 гг.), в % к местному стандарту

*) – данные за 2005 год

Калач 60

История сорта. Сорт получен из скрещивания Зерноградка 6/4/ Лютесценс 18/Степная 135// Лютесценс 15/Ильичевка/3/ Лютесценс 8/Краснодарская 39// Саратовская 8/Ростовчанка. Патент № 6600, зарегистрирован в Госреестре охраняемых селекционных достижений от 26.10.2012 г., допущен к использованию с 2012 г. по 8 и 9 регионам. Рекомендован для возделывания в Саратовской, Волгоградской, Оренбургской областях

Авторы сорта: Ю.П. Батищев, А.Д. Заворотина, Н.Ю. Ларионова, С.В. Лящева, Э.Н. Масловская, А.И. Прянишников, Л.Н. Романова, В.В. Уварова.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Куст полупрямостоячий, промежуточный. Высота растений – 70-90 см. Соломина – толстая, что придает устойчивость к полеганию. Растения в период колошения имеют светло-зеленую окраску. Восковой налет на верхнем междоузлии – средний, на колосе и влагалище флагового листа отсутствует или очень слабый. Колос – цилиндрический, средней плотности, белый, средней длины. Остевидные отростки на конце колоса – короткие и очень короткие. Опушение вер-

хушечного сегмента оси колоса с выпуклой стороны отсутствует или очень слабое. Плечо – прямое, приподнятое, средней ширины. Зубец – прямой, очень короткий. Нижняя колосковая чешуя на внутренней стороне имеет очень слабое опушение. Зерно – красное, полуудлиненной формы, среднее по своей крупности, стекловидное. Масса 1000 зерен в зависимости от условий года варьирует от 36 до 43 г. Бороздка зерновки – средняя. Сорт характеризуется повышенной продуктивной кустистостью и высокой озерненностью колоса.

Биологические особенности и характеристика хозяйственно-ценных свойств. Сорт – раннеспелый, имеет высокую зимостойкость, в весенний период быстро отрастает. По устойчивости к болезням (бурая ржавчина, мучнистая роса) независимо от силы эпифитотий в отдельные годы лучше сорта стандартных сортов Левобережная 1 и Дон 93, септориозом поражается на уровне стандарта. Хлебопекарные качества – хорошие. Относится к сортам, ценным по качеству зерна. Сорт обладает высокой адаптивностью к жаре и острой засухе. Дает стабильно высокие урожаи зерна на фоне естественного плодородия, которые могут быть увеличены за счет применения интенсивной агротехники, при этом качество зерна улучшается.

Созвездие

Правовые параметры. Сорт озимой мягкой пшеницы Созвездие получен методом индивидуального отбора из скрещивания селекционной линии (Лютесценс 15 x Мироновская 10²) x (Ершовская 8 x Ильичевка). Патент №6585 РФ, с датой приоритета от 11.01.2009 г., зарегистрирован в Госреестре охраняемых селекционных достижений от 26.10.2012 г.

Авторы сорта: Э.Н. Масловская, Л.Н. Романова, А.И. Прянишников, А.Д. Заворотина, С.В. Лящева, Ю.П. Батищев, В.В. Уварова, Н.Ю. Ларионова.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Колос – белый, безостый, пониклый, призматической формы. Плечо колосковой чешуи – скошенное, средней ширины. Зубец – прямой, очень короткий. Нижняя колосковая чешуя на внутренней стороне слабо опушенная. Зерно – красное, полуудлиненной формы, среднее по своей крупности, стекловидное. Масса 1000 зерен в зависимости от условий года варьирует от 36 до 43 г. Бороздка зерновки – средняя. Высота растения на 15-20 см ниже Мироновской 808, соломина – толстая, что позволяет сорту проявлять большую устойчивость к полеганию, чем стандарт.

Биологические особенности и характеристика хозяйственно-ценных свойств. Сорт превышает по урожайности сорт Мироновская 808 на 4-6 ц/га в благоприятные годы и на уровне стандарта в неблагоприятные годы. Уровень зимостойкости – высокий. Устойчивость к бурой ржавчине несколько выше, чем у Мироновской 808, мучнистой росой поражается в меньшей степени по сравнению со стандартами. Содержание белка в зерне и качество клейковины значительно выше стандартов. Сорт стабильно формирует отличные показатели качества зерна независимо от условий года. Характеризуется толерантными свойствами к ферменту клопа вредной черепашки.

Эльвира

Правовые параметры. . Сорт получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции (Лютесценс 15 x Мироновская 10²) x (Лютесценс 18 x Ершовская 8). Патент №6584 РФ, с датой приоритета от 11.01.2009 г., зарегистрирован в Госреестре охраняемых селекционных достижений от 26.10.2012 г.

Авторы сорта: Э.Н. Масловская, Л.Н. Романова, А.И. Прянишников, А.Д. Заворотина, С.В. Лящева, Ю.П. Батищев, В.В. Уварова, Н.Ю. Ларионова.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Колос – белый, безостый, прямоугольной формы, во влажные годы могут появляться булавовидные колосья. Остевидные отростки в верхней части колоса – короткие, могут проявляться при влажных условиях выращивания. Колосковая чешуя овальной формы. Плечо – прямое, узкое. Зубец – прямой, очень короткий. Нижняя колосковая чешуя на внутренней стороне – опушенная. Зерно – красное, овальной формы, крупное с ярко выраженной глубокой бороздкой, стекловидное. Масса 1000 зерен в зависимости от условий года варьирует от 39 до 48 г. Высота растения на 15-20 см ниже Мироновской 808, не полегает.

Биологические особенности и характеристика хозяйственно-ценных свойств. Сорт интенсивного типа и при сравнении со стандартом характеризуется высокими адаптивными свойствами. В благоприятные годы превышает по урожайности стандартный сорт на 5-6 ц/га, в неблагоприятные же годы по продуктивным свойствам не уступает ему. Уровень зимостойкости – высокий. Устойчивость к бурой ржавчине несколько выше, чем у Мироновской 808, мучнистой росой поражается в меньшей степени по сравнению со стандартами. Толерантен к повреждению зерна ферментом клопа вредной черепашки. Содержание белка в зерне и качество клейковины значительно выше стандартов.

Анастасия

Правовые параметры. . Сорт получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции (Мироновская 808 x Бригантина). Заявка на патент и допуск к использованию № 8458032, с датой приоритета 12 января 2017 г.

Авторы сорта: А.И. Прянишников, А.Н. Маркелов, А.Д. Заворотина, С.В. Лящева, В.В. Уварова, Н.Ю. Ларионова.

Ботаническая характеристика. Разновидность – лютесценс. Колос – белый, безостый, веретеновидной формы, во влажные годы может быть цилиндрической формы. По плотности колоса относится к рыхлоколосым, зачастую пониклый. Остевидные отростки в верхней части колоса – очень короткие, могут проявляться при влажных условиях выращивания. Колосковая чешуя – овально-ланцевидной формы. Плечо – прямое, узкое. Зубец – прямой, очень короткий. Зерно – красное, овально-удлиненной формы, крупное с ярко выраженной глубокой бороздкой, стекловидное. Масса

1000 зерен в зависимости от условий года варьирует от 39 до 48 г. По высоте растения на уровне Мироновской 808, но за счет толстой соломины обладает более высокой устойчивостью к полеганию.

Биологические особенности и характеристика хозяйственно-ценных свойств. Сорт обладает высокими адаптивными свойствами в сравнении со стандартом. Сорт высокоурожайный, превышает стандартный сорт в благоприятные по перезимовке годы на 5-6 ц/га и на уровне стандарта в неблагоприятные годы. Уровень зимостойкости – высокий. Устойчивость к бурой ржавчине несколько выше, чем у Мироновской 808, мучнистой росой поражается в меньшей степени по сравнению со стандартами. Толерантен к повреждению зерна ферментом клопа вредной черепашки. Содержание белка в зерне и качество клейковины значительно выше стандартов.

Касар

Правовые параметры. Сорт получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции (Саратовская остистая х Lovrin 34). Сорт передан в ГСИ на хозяйственную полезность и допуск к использованию в 2013 г., номер заявки 58348/8755429, с датой приоритета от 12 января 2012 г.

Авторы сорта: А.И. Прянишников, А.Д. Заворотина, В.В. Уварова, В.Н. Мазуров, В.А. Филоненко, Т.А. Дадаева.

Ботаническая характеристика. Разновидность – эритроспермум. Колос – крупный, остистый, призматической формы. Во влажные годы возможно появление и пониклых колосьев. Колосковая чешуя – овально-яйцевидной формы. Плечо – прямое, средней ширины. Зубец колосковой чешуи – прямой, короткий. Зерно – красное, овально-удлиненной формы, крупное с ярко выраженной глубокой бороздкой, стекловидное. Средняя масса 1000 зерен варьирует по годам от 39 до 48 г. Высота растения – 75-90 см, что на 15-20 см ниже Жемчужины Поволжья. Соломина – толстая, от чего сорт практически не полегает.

Биологические особенности и характеристика хозяйственно-ценных свойств. По продолжительности вегетационного периода относится к позднеспелым сортам. Сорт выделен, как высокопродуктивная форма по результатам экологического испытания в Калужском НИИСХ и передан на испытание как КаСар (Калуга-Саратов). Средняя урожайность по результатам оценки в экологическом сортоиспытании Калужского НИИСХ за 2009-2012 гг. составила 63,9 ц/га, достоверно превысив стандартный сорт Московская 39 на 12,3 ц/га или на 23,8%. Максимальная урожайность в 108 ц/га получена в 2009 г. За годы изучения в конкурсном сортоиспытании НИИСХ Юго-Востока проявлял высокие адаптивные свойства. По зимостойкости на уровне стандартного сорта Левобережная 1. Сорт постоянно выделялся высокими характеристиками зерна, превосходя стандарты по общему индексу качества сорта. Проявляет толерантность к ферменту клопа вредной черепашки. Показывая отличные хлебопекарные свойства, сорт обладает высокими смесительными свойствами.

Список литературы

1. Алданов А.Д., Харитонов П.А. Озимая пшеница. // XXV лет Сарат. селекц. ст. – М., 1936. – С. 142-180.
2. Алабушев А.В., Гуреева А.В., Раева С.А. Состояние и направления развития зерновой отрасли. – Ростов-на Дону: ЗАО «Книга». – 2009. – 192 с.
3. Антоненко О. В. Роль мобильных генетических элементов в отклике на селекцию по количественным признакам у *Drosophila melanogaster*: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2008.
4. Барашкова Э.А., Алексеева Е.Н., Виноградова В.В. Оценка морозостойкости озимых зерновых культур по изменению выхода электролитов из тканей: Метод. указания. – Л.:ВИР, 1983. – 19 с.
5. Барашкова Э.А. Экологическая пластичность и стабильность сортов озимой пшеницы на морозо- и зимостойкость. // Повышение зимостойкости озимых зерновых. – М., 1993. – С. 49-57.
6. Бебякин В.М., Кулеватова Т.Б., Старичкова Н.И. Методические подходы, методы и критерии оценки адаптивности растений. // Известия Саратовского университета. Новая серия: Химия. Биология. Экология. – 2005. Т. 5., № 2. – С. 69-71.
7. Бебякин В.М., Мартынов С.П. Эффекты взаимодействия генотип-среда по признакам качества зерна. // Селекция и семеноводство. – № 11, 1983. – С. 10-11.
8. Бебякин В.М., Мартынов С.П. Факторный анализ информативности показателей качества зерна в связи с селекцией пшеницы. // Сельскохозяйственная биология. – №2, 1983. – С. 18-27.
9. 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.
10. 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.
11. Бебякин В.М., Старичкова Н.И., Дорогобед А.А. Качество зерна пшеницы в зависимости от сорта и условий его произрастания. // Зерновое хозяйство. – № 3, 2003. – С. 22-24.
12. Беркутова Н.С. Методы оценки и формирования качества зерна. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 352 с.
13. Беспалова Л.А. Селекция полукарликовых сортов озимой пшеницы: Диссертация ... доктора сельскохозяйственных наук в форме науч. доклада. – Краснодар, 1998. – 50 с.
14. Беспалова Л.А., Пучков Ю.М., Колесников Ф.А. и др. Селекция озимой пшеницы: приоритеты, методы, подходы. // Генетика в XXI веке: современное состояние и перспективы развития. Том. 1.– М.: ООО «Альматрейд», 2004.
15. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. – Саратов, 2001. – 123 с.
16. Веселова Т.В., Веселовский В.А., Чернавский Д.С. Стресс у растений. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 144 с.

17. Герасимов Ю.Ю., Хлюстов В.К. Математические методы и модели в расчетах на ЭВМ. – М.: МГУЛ, 2001. – 260 с.
18. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России (под редакцией А.Л. Иванова и В.И. Кирюшина). – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 518 с.
19. Головаченко А.П. Особенности методики адаптивной селекции на качество яровой пшеницы в Лесостепи Среднего Поволжья. // Селекция с.-х. культур на устойчивость к стрессовым факторам в Поволжье. – Кинель, 1999. – С. 11-39.
20. Головаченко А.П., Киселева М.Ю. Белковый комплекс хлебопекарной пшеницы Среднего Поволжья. – Самара, 2005. 212 с.
21. Гончаренко А.А. Сравнительная оценка сортов зерновых культур по адаптивности и экологической устойчивости. // Основные итоги и приоритеты науч. обеспечения АПК Евро-Северо-Востока. – Киров, 2005. – Т. 1. – С. 7-14.
22. Гордеев А.В., Бутковский В.А., Алтухов А.И. Российское зерно – стратегический товар XXI века. – М.: ДеЛиПринт, 2007. – 472 с.
23. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Монография. – Ростов-на-Дону, ООО «Издательство «Юг», 2007. – 600 с.
24. Дегтярева Г.В. Погода, урожай и качество зерна яровой пшеницы. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 216 с.
25. Деревянко А.Н. Погода и качество зерна озимых культур. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 128 с.
26. Драгавцев В.А. Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству. – СПб: ВИР, 1998. – 51 с.
27. Драгавцев В.А. К проблеме генетического анализа полигенных количественных признаков растений. – СПб.: ВИР, 2003. -18 с.
28. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). – М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т. 1 – 780 с.
29. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): в 2 т. Т. 2 – М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2001. – Т.2. – С. 785-1489.
30. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). – М.: «Агрорус», 2004. – 1109 с.
31. Жученко А.А. Роль растениеводства в век биологии и экономики знаний. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 1. – С. 3-6.
32. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). – М.: «Агрорус», в 3 томах, 2008.
33. Жученко А.А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. В двух томах. – М.: Изд-во Агрорус, 2009-2011. – Т. 1. – 816 с.
34. Жученко А.А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. В двух томах. – М.: Изд-во Агрорус, 2009-2011. – Т. 2. – 624 с.
35. Заворотина А.Д. Селекция озимой пшеницы на устойчивость к ферменту клопа вредной черепашки. //Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным потеплением климата. – Саратов, 2004. – С. 159-161.
36. Иванова Г.Ф., Левицкая Н.Г., Орлова И.А. Оценка современного состояния агроклиматических ресурсов Саратовской области. //Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. – 2013. Т. 13.– № 2. – С. 10-12.

37. Иванников В.Ф. Особенности селекции озимой пшеницы в Среднем Поволжье. //Селекция, семеноводство и интенсивная технология возделывания озимой пшеницы. – М., 1989. – С. 86-93.
38. Калинин И.Г. Селекция озимой пшеницы. – М.: Родник, 1995. – 220 с.
39. Ковтун В.И. Селекция высокоадаптивных сортов озимой мягкой пшеницы и нетрадиционные элементы технологии их возделывания в засушливых условиях юга России. – Ростов-на Дону, 2002. – 320 с.
40. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Элементы теории селекционных индексов для генетического улучшения экономически важных свойств растений. //Регулируемая агроэкосистема в растениеводстве и физиологии.– СПб: 2007. – С. 195-206.
41. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации количественных признаков растений и теорию селекционных индексов. – СПб: 2008. – 86 с.
42. Крамер Г. Методы математической статистики. – М.: Статистика, 1972. – 600 с.
43. Краснова Л.И. Биология, селекция, семеноводство озимой пшеницы на Южном Урале. – Оренбург: Издательский центр Оренбургского ГАУ, 2003. – 380 с.
44. Кузьменко А.И. Саратовские сорта яровой мягкой пшеницы (практическая селекция). – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 2005. – 300 с.
45. Кулеватова Т.Б., Бебякин В.М., Осипова С.О., Ермолаева Т.Я. К оценке качества зерна озимой ржи. // Аграрный вестник Юго-Востока. № 1(4), 2010. – с. 24-25.
46. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. – М.: Агропромиздат, 1985. – 269 с.
47. Курдюков Ю.Ф., Левицкая Н.Г., Васильева М.Ю. Повышение продуктивности и устойчивости агроэкосистем в степной зоне Поволжья. // Аграрная наука. № 3, 2014. – С. 10-11.
48. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
49. Ласкин В.П., Масловская Э.Н., Романова Л.Н. Озимая пшеница. // Сб. науч. тр. НИИСХ Юго-Востока: (к 80-летию НИИСХ Юго-Востока). Т. 1. Селекция с.-х. культур. – Саратов, 1994. – С. 73-104.
50. Левицкая Н.Г. Повышение эффективности использования биоклиматического потенциала агроландшафтов Саратовского Правобережья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Саратов, 2003. – 19 с.
51. Левицкая Н.Г., Шаталова О.В., Курдюков Ю.Ф. Влияние глобального потепления климата на величину его биохимического потенциала в Поволжье. // Адаптивные технологии производства качественного зерна. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Саратов: ООО «Три А», 2004. – С. 83-88.
52. Левицкая Н.Г., Шаталова О.В., Иванова Г.Ф. Обзор средних и экстремальных характеристик климата Саратовской области во второй половине XX – начале XXI века. // Аграрный вестник Юго-Востока. 2009.№1. – С. 30-33.
53. Левицкая Н.Г., Шаталова О.В., Иванова Г.Ф. Засухи в Поволжье и их влияние на производство зерна. // Аграрный вестник Юго-Востока, 2010, №3-4, с.71-74.
54. Левицкая Н.Г., Иванова Г.Ф., Орлова И.А. Динамика климатических норм за 100-летний период наблюдений в Саратове. // Основы рационального природопользования. – Саратов, 2013. – С. 13-17.
55. Лукьяненко П.П. Избранные труды. – М.: Агропромиздат, 1990. – 428 с.
56. Масловская Э.Н., Прянишников А.И., Романова Л.Н. и др. Результаты и направления селекции озимой пшеницы. // Проблемы и пути преодоления засухи в Поволжье. Ч. 1. – Саратов, 2000. – С. 74-85.
57. Масловская Э.Н., Прянишников А.И., Пискунова Г.В. Смесительная ценность озимых пшениц. // Актуальные проблемы селекции и семеноводства зерно-

вых культур юго-восточного региона Российской Федерации. – Саратов, 1999. – С. 106-108.

58. Масловская Э.Н., Прянишников А.И. и др. Экологические аспекты отбора озимой пшеницы на качество зерна. // Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным потеплением климата. – Саратов, 2004. – С. 140-143.

59. Мейстер Г.К. Критический очерк основных понятий генетики. М.; Л.: Сельхозгиз, 1934. – 204 с.

60. Мейстер Н.Г. Озимая пшеница и ржано-пшеничные гибриды. //XXV лет Саратовской селекционной станции – М., 1936. – С. 141-224.

61. Мейстер Н.Г., Ковалев Н.П. Сорта озимой пшеницы. // Руководство по апробации полевых культур. – Саратов, 1960. – С. 39-48.

62. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 295 с.

63. Окунь Я. Факторный анализ. – М.: Статистика, 1974. – 200 с.

64. Отбор носителей полигенных систем адаптивности и других систем, контролирующих продуктивность озимой пшеницы, ячменя, овса в различных регионах России. – СПб.: ПапиРус, 2005. – 116 с.

65. Оценка сортов зерновых культур по адаптивности и другим полигенным системам. – СПб.: ВИР, 2002. – 80 с.

66. Переверзев Б.Л. Подход к экспериментальному изучению функции генома клетки. – М., 2001. – с. 88-91

67. Прянишников А.И. Методологические особенности адаптивной селекции озимой пшеницы на урожайность и качество в Нижнем Поволжье.: Автореф. дис. ... д. с.-х. наук. – Немчиновка, 2006. – 48 с.

68. Прянишников А.И. Системная биология в свете задач современных селекционных программ. // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2015, №1-2 (12-13). – С. 29-31.

69. Прянишников А.И. К вопросу о развитии теоретических основ адаптивной селекции. // Плодоводство и ягодоводство России. – Сборник научных работ. – 2015, Т. XXXXIII. – С. 161-166.

70. Прянишников А.И. Экологические основы адаптивной селекции озимой пшеницы на Юго-Востоке. – Саратов, 2016. – 116 с.

71. 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.

72. Прянишников А.И. Андреева Л.В., Кулеватова Т.Б. и др. Качество зерна – источник здоровья нации. // Достижения науки и техники АПК. №11, 2010. – с. 16-17.

73. Прянишников А.И., Ласкин В.П. О динамике показателей адаптивного комплекса зимующих растений пшеницы. // Итоги и перспективы исследований в области селекции, семеноводства и ландшафтно-экологического земледелия. – Саратов, 1995. – С. 64-65.

74. Прянишников А.И., Левицкая Н.Г., Демакина И.И. Изменение экологических условий формирования продуктивности пшеницы в Поволжье. //Зернобобовые и крупяные культуры. №3, 2017. – С. 58-63.

75. Прянишников А.И., Лящева С.В. и др. Экологические аспекты в селекции озимой пшеницы на урожайность. // Эволюция научных технологий в растениеводстве: Сб. науч. тр. в честь 90-летия КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко: в 4-х т. – Краснодар, 2004. – Т.1: Пшеница. – С. 93-98.

76. 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.

77. Прянишников А.И., Сайфуллин Р.Г., Лящева С.В. Развитие методов, используемых в селекционном процессе в адаптивном растениеводстве. // Аграрный научный журнал, 2015. №10. – С. 20-23.
78. Прянишников А.И., Сайфуллин Р.Г. и др. О развитии НИИСХ Юго-Востока селекционного фактора в адаптивном растениеводстве. // Достижения науки и техники АПК. – 2015., Т29., №12, – С. 13-15.
79. Пучков Ю.М., Набоков Г.Д. Прогресс в селекции зимостойких сортов озимой пшеницы на Кубани. // Пшеница и тритикале. – Краснодар, 2001. – С. 43-59.
80. Рабинович С.С. Современные сорта пшеницы и их родословные. – Киев: «Урожай», 1972. – 327 с.
81. Ремесло В.Н. Селекция и семеноводство озимой пшеницы. – М.: Колос, 1973. – 448 с.
82. Ремесло В.Н. и др. Селекция и сортовая агротехника пшеницы интенсивного типа. – М.: «Колос», 1982. – 303 с.
83. Романова Л.Н. Зимостойкость озимых культур и физиологические основы ее обуславливающие: Дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1966. – 143 с.
84. Рубин А.Б. Кинетика биологических процессов. // Соровский образовательный журнал. №10. 1998. – С. 84-91.
85. Рыбакова М.И. Система физиологических оценок в селекции озимых зерновых культур на зимостойкость в условиях ЦНЧЗ: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1992. – 52 с.
86. Сайфуллин Р.Г., Прянишников А.И. и др. Мейстер Георгий Карлович (1873-1938). // Вавиловский журнал генетики и селекции, – 2013, Т. 17., №2. – С. 368-373.
87. Сандухадзе Б.И. Методы и результаты селекции озимой пшеницы в центральном районе Нечерноземной зоны Российской Федерации: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Немчиновка, 1993. – 52 с.
88. Сандухадзе Б.И., М.И. Рыбакова, З.А. Морозова. Научные основы селекции озимой пшеницы в нечерноземной зоне России. – М.: МГИУ, 2003. – 426 с.
89. Сандухадзе Б.И. и др. Эффективность селекции озимой пшеницы в центре нечерноземной зоны РФ. // Пшеница и тритикале. – Краснодар, 2001. – С. 186-192.
90. Седловский А.И., Мартынов С.П., Мамонов Л.К. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 200 с.
91. Смирязев А.В., Мартынов С.П., Кильчевский А.В. Биометрия в генетике и селекции растений. – М.: Изд-во МСХА, 1992. – 269 с.
92. Суркова Л.И., Максимов И.Л. Селекционно-генетические вопросы зимостойкости пшеницы. // Международный с.-х. журнал – 1983. – № 5. – С. 107.
93. Сухоруков А.Ф. Научные основы селекции озимой пшеницы в Среднем Поволжье: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1996. – 38 с.
94. Сохранить и приумножить (кукуруза, рис, пшеница). ФАО, 2016. – 124 с. <http://www.fao.org/documents/card/ru/c/1e2d920b-0cf4-48e6-874e-20c6f079fdb8/>
95. Фадеева, И. Д. Влияние межсортовой конкуренции на рост растений и характер формирования урожая озимой пшеницы.: Автореф.дисс. ... канд. с.-х. наук. – СПб., 2001. -18 с.
96. Федулов Ю.П. Системный анализ морозоустойчивости озимых культур.: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб, 1994. – 45 с.
97. Хотылева Л.В., Тарутина Л.А. Взаимодействие генотипа и среды. – Минск: Наука и техника, 1982. – 109 с.
98. Шабаев А.И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья. – Саратов, 2003. – 320 с.

99. Яковлев Н.Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 419 с.

100. Choulet, F. Megabase level sequencing reveals contrasted organization and evolution patterns of the wheat gene and transposable element spaces / F. Choulet, T. Wicker, C. Rustenholz et al. // *Plant Cell*. – 2010. – Vol. 22. – P. 1686 – 1701.

101. Justin K.M. Roberts. Proteomics and a future generation of plant molecular biologists. // *Plant Molecular Biology*. 2002, V. 48, Issue 1, – p 143-154.

102. Levitt J. Responses of Plants to Environmental Stresses: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses – New York: Academic Press, Second Edition, Volume 1, 1980. – 510 p.

103. Yan L. The wheat VRN 2 gene is a flowering repressor down-regulated by vernalization / Yan L. // *Science*. – 2004. – V. 303. – P. 1640-1644.

104. Xue Q. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models / Xue Q. [and other] // *Ecol. Modeling* – 2004. – V. 175. – P. 261-270.

Содержание

Вместо предисловия	3
Экологические основы формирования зерновой продуктивности пшеницы в Поволжье	7
Адаптивная селекция НИИСХ Юго-Востока: направления, результаты и задачи	14
Эволюция методологических подходов в селекции озимой пшеницы.....	20
Алгоритмы селекционных программ на адаптивность.....	31
Экологические основы селекционных программ на урожайность	44
Информационная биология и методологические подходы адаптивной селекции на качество зерновой продукции	57
Сорта озимой пшеницы НИИСХ Юго-Востока.....	74
Литература	89

А.И. Прянишников

Научные основы адаптивной селекции в Поволжье

Публикуется в авторской редакции

*Издается по решению Научно-издательского совета
Российской академии наук (НИСО РАН)
и распространяется бесплатно*

Подписано к печати 07.05.2018 г.

Формат 70x100 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная.
Уч.-изд. п. л. 5,6. Тираж 300. Заказ № 41/07058

Издатель – Российская академия наук.
Оригинал-макет подготовлен ООО «Амирит»

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «Амирит»,
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.
Тел.: 8-800-700-86-33 | (845-2) 24-86-33
E-mail: zakaz@amirit.ru
Сайт: amirit.ru