

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МОСКОВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

На правах рукописи

Макаров Александр Владимирович

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ
РЖИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА
В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РФ

Специальность 06.01.05 - «Селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений»

Диссертация на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Немчиновка 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Глава 1. Современное состояние и методы селекции озимой ржи.....	14
1.1. Состояние производства и потребления зерна озимой ржи в мире.....	14
1.2. Производство и использование озимой ржи в России.....	21
1.3. Основные направления и методы селекции озимой ржи.....	31
1.3.1. Массовый отбор.....	38
1.3.2. Семейный отбор.....	41
1.3.3. Семейный отбор по методу резервов.....	43
1.3.4. Межсортовая гибридизация.....	45
1.3.5. Селекция синтетических сортов.....	49
1.3.6. Селекция гетерозисных гибридов F_1 на основе ЦМС.....	51
1.3.7. Биотехнологические методы в селекции озимой ржи.....	63
Глава 2. Агрометеорологические условия, исходный материал и методика проведения исследований.....	66
2.1. Агрометеорологические условия в годы исследований.....	66
2.2. Агротехнические условия при проведении опытов.....	69
2.3. Исходный материал и методика исследований.....	70
Глава 3. Селекция озимой ржи с использованием семейно-сортовых скрещиваний.....	73
3.1. Метод семейно-сортовых скрещиваний в селекции озимой ржи.....	73
3.2. Селекция сорта озимой ржи Татьяна.....	79
3.3. Селекция сорта озимой ржи Роксана.....	85
3.4. Селекция сорта озимой ржи Грань.....	93
3.5. Селекция сорта озимой ржи Парча.....	99
Глава 4. Селекция озимой ржи с использованием парных скрещиваний и клонирования.....	107
4.1. Метод парных скрещиваний в селекции озимой ржи.....	107

4.2. Использование метода клонирования в селекции озимой ржи.....	115
4.3. Селекция сорта озимой ржи Московская 12.....	118
4.4. Селекция сорта озимой ржи Московская 15.....	125
4.5 Оценка эффективности отбора потомств от парных скрещиваний.....	130
Глава 5 Дивергентный отбор по вязкости водного экстракта (ВВЭ).....	133
5.1. Селекция популяций на высокую и низкую вязкость водного экстракта.....	133
5.2. Коррелятивный эффект признака ВВЭ по другим хозяйственно-ценным признакам.....	144
Глава 6. Сравнительная оценка сортов ржи с доминантно-моновенным и рецессивно-полигенным типом короткостебельности.....	149
6.1. Изучение сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности по адаптивному потенциалу.....	149
6.2. Сравнительная оценка сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности по устойчивости к полеганию и грибным болезням.....	160
6.3. Сравнительная оценка сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности по хлебопекарным качествам зерна.....	165
Глава 7. Селекция инбредных линий озимой ржи.....	174
7.1. Селекционная оценка инбредных линий озимой ржи по продуктивности и отдельным морфо-биологическим признакам.....	174
7.2. Селекционная оценка инбредных линий по устойчивости к болезням.....	183
7.3. Селекционная оценка инбредных линий по комплексу хозяйственно-ценных признаков.....	191
7.4. Селекция инбредных линий по вязкости водного экстракта.....	196
7.5 Оценка синтетиков озимой ржи на кормовую ценность.....	204
Глава 8. Селекция гетерозисных гибридов на основе ЦМС.....	209
8.1. Оценка инбредных линий на комбинационную способность в диаллельных скрещиваниях.....	209

8.2. Оценка инбредных линий на комбинационную способность в топкроссных скрещиваниях.....	223
8.3. Оценка инбредных линий на экологическую стабильность и пластичность.....	227
8.4. Создание гетерозисного гибрида F ₁ НВП-3.....	241
Выводы.....	246
Практические рекомендации.....	256
Литература.....	258
Приложения.....	291

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. За последние годы производство зерна озимой ржи в РФ сократилось более чем в 4 раза (с 13,9 млн. тонн в 1992 г. до 3,2 млн. т. в 2014 г.). В результате экономической недооценки рожь стала второстепенной зерновой культурой, ее посевы неуклонно сокращаются и не играют заметной роли в зерновом балансе страны. Особенно сильно валовые сборы ржи упали в традиционно ржаносеющих областях Нечерноземной зоны, Поволжья и Урала. К тому же они стали нестабильными по годам и в последние годы нас по производству ржи устойчиво опережают Польша и Германия. По урожайности зерна ржи Россия также является аутсайдером среди основных ржаносеющих стран (1,6-2,0 т/га). Обвальный спад производства ржи в РФ негативно отражается на стабильности валовых сборов других зерновых культур, что фактически подтверждается в сильно засушливые годы. Объясняется это тем, что рожь дает более стабильные урожаи по годам в сравнении с другими зерновыми культурами. Биологический «запас прочности» на случай неблагоприятных погодных условий у ржи значительно выше, чем у других культур (А.А. Жученко, 2004, 2011).

Анализ сложившейся ситуации показывает, что оптимально РФ должна производить 14-15 млн. тонн зерна ржи в год (А.А. Гончаренко, 2014). Для России с ее низкоплодородными почвами и суровыми климатическими условиями рожь является незаменимой культурой в плане низкого экономического риска, она более эффективно, чем другие, использует имеющийся почвенно-климатический потенциал. Поэтому в основных ржаносеющих регионах нельзя допускать резких подвижек в сложившейся структуре зернового поля за счет ржи. Многочисленные попытки заменить в Нечерноземной зоне рожь посевами тритикале пока не дали желаемых результатов. Сорты этой культуры являются более требовательными к условиям возделывания и по ряду параметров уступают ржи (Т. Wolski, 1983).

Главными причинами снижения валовых сборов зерна ржи в РФ являются ее низкая конкурентоспособность в сравнении с другими культурами и слабый рыночный спрос на зерно со стороны основных потребителей. Рожь по темпам годового прироста урожайности в производстве в 1,6 раза уступает главной зерновой культуре – озимой пшенице. Основной причиной этого отставания является селекционное несовершенство создаваемых популяционных сортов по ряду признаков и свойств. В значительной мере оно обусловлено низкой эффективностью применяемых методов семейного отбора и отсутствием в Госреестре селекционных достижений РФ высокогетерозисных гибридных сортов. Поэтому главные усилия в улучшении ржи должны быть направлены на разработку новых методов селекции, позволяющих создавать качественно новые сорта и гибриды, наиболее полно соответствующие запросам производства и обеспечивающие высокую рентабельность при меньшей интенсивности возделывания.

В настоящей работе представлены результаты теоретического обоснования и экспериментального решения некоторых проблемных вопросов, составляющих методологические основы селекции озимой ржи на популяционном и гибридном уровнях. Экспериментальные исследования проведены в лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи Московского НИИСХ «Немчиновка» при непосредственном личном участии диссертанта в период с 1998 по 2015 гг.

Цель исследований: теоретически обосновать и практически реализовать новые усовершенствованные схемы селекционного процесса, базирующиеся на межсортовых и межлинейных скрещиваниях, и создать на их основе высокоурожайные сорта и гибриды озимой ржи с улучшенным комплексом селекционно-ценных признаков и свойств.

В задачу исследований входило:

- изучить эффективность семейного отбора у ржи на основе семейно-сортовых скрещиваний;

- теоретически обосновать и экспериментально апробировать схему селекционного процесса на основе метода парных скрещиваний и клонирования;
- определить минимально допустимое количество полносибсовых семей, отобранных в качестве родительских компонентов;
- изучить эффективность многократного дивергентного отбора по признаку вязкости водного экстракта зернового шрота;
- провести сравнительное изучение сортов ржи с рецессивно-полигенным и доминантно-моногонным типом короткостебельности;
- провести многолетний мониторинг гомозиготных инбредных линий озимой ржи по комплексу селекционно-ценных признаков и отобрать лучшие из них;
- изучить проявление гипотетического и конкурсного гетерозиса у межлинейных гибридов F₁ по признакам урожайности и качества зерна;
- изучить общую и специфическую комбинационную способность инбредных линий в системе диаллельных и топкроссных скрещиваний;
- оценить инбредные линии по уровню экологической устойчивости и пластичности;
- провести сравнительное изучение кормовой ценности синтетиков ржи с контрастной вязкостью водного экстракта;
- создать высокоурожайные сорта озимой ржи с оптимальным сочетанием экологической пластичности и стабильности и внедрить их в производство.

Объект исследований: гибридные популяции и сорта озимой ржи, гомозиготные инбредные линии, простые межлинейные гибриды F₁, полученные на основе ЦМС Пампа типа.

Предмет исследований: семейный и дивергентный отбор, парные скрещивания, схемы селекционного процесса на популяционном и линейном уровне, гипотетический и конкурсный гетерозис, комбинационная способность инбредных линий, их экологическая устойчивость и пластичность, качество зерна.

Методы исследований: полевой (фенологические наблюдения и полевые оценки), технологический (определение числа падения, амилограммы, натуры зерна), биохимический (определение содержания белка и крахмала), физический (определение вязкости водного экстракта), статистический (дисперсионный, корреляционный, регрессионный анализ) с помощью пакета «анализ данных», программа Microsoft Office Excel, программа Agros.

Научная новизна полученных результатов. Теоретически обоснована и экспериментально установлена возможность повышения эффективности семейного отбора у озимой ржи на основе применения методов семейно-сортовых и парных (полносибсовых) скрещиваний. Проведена оптимизация числа родительских компонентов при синтезе новых популяций и показано, что в случае их полносибсового родства минимально допустимое количество составляет 40. С учетом этого разработаны новые схемы селекционного процесса, на основе которых создано 6 высокоурожайных сортов озимой ржи, внесенных в Госреестр селекционных достижений РФ.

Проведено 10 циклов дивергентного отбора по признаку вязкости водного экстракта (ВВЭ). Установлено, что эффективность отбора зависела не только от генотипа сорта, но и от направления отбора. Отбор в плюс-направлении был более эффективным, чем в минус-направлении. Обнаружен коррелятивный эффект отбора по другим селекционно важным признакам. Высоковязкие популяции в сравнении с низковязкими были более урожайными и имели лучшие хлебопекарные качества зерна. Наиболее сильно их превосходство проявилось по натуре зерна (на 7,9%), массе 1000 зерен (на 23,4%), числу падения (на 90 с.), высоте амилограммы (в 5,4 раза), температуре клейстеризации (на 3,2°C). Низковязкие популяции давали сильно расплывающийся хлеб с липким и заминающимся мякишем, крупными порами и пустотами. Показано, что методом дивергентного отбора можно целенаправленно изменять многие признаки качества зерна ржи в соответствии с задачами селекции.

Выявлены существенные различия между сортами ржи, созданными на базе различных доноров короткостебельности. Показано, что в годы с неблагоприятными погодными условиями (сильно засушливые или сильно влажные) сорта с доминантно-моногенным типом короткостебельности достоверно снижают свою урожайность. Причиной тому является более высокая отзывчивость сортов этой группы на изменяющиеся погодные условия года ($b_i=1,20$) в сравнении с сортами рецессивно-полигенного типа ($b_i=0,92$). Предложено характеризовать адаптивный потенциал сортов с рецессивно-полигенным типом короткостебельности как среднепластичный, а адаптивный потенциал сортов с доминантно-моногенным типом короткостебельности - как высокопластичный.

По комплексу признаков изучены 262 инбредные линии ржи. Выделены генотипы с относительно высокой продуктивностью (60% и выше от сорта Валдай), короткостебельные (57...75 см), раноколосящиеся (на 2,7 дня), слабо поражающиеся грибными болезнями. Показано, что на межлинейном уровне признаки ВВЭ и ЧП слабо коррелируют между собой ($r=0,19$). Отсутствие такой зависимости позволяет отбирать инбредные линии с контрастной (более чем в три раза) ВВЭ и в зависимости от экспрессии признаков ВВЭ и ЧП разделить их на четыре группы качества. Впервые проведены опыты по кормлению цыплят-бройлеров зерном ржи с высокой и низкой ВВЭ. Экспериментально продемонстрирована возможность улучшения кормовой ценности зерна ржи при селекции сортов с низкими показателями ВВЭ.

Изучена ОКС и СКС инбредных линий в системе диаллельных и топкроссных скрещиваний. Высокий эффект гетерозиса по урожайности проявляли те гибриды, родители которых взаимно дополняют друг друга по структурным признакам. Обнаружена высокая корреляция эффектов ОКС с массой 1000 зерен у линий *per se* ($r=0,96\pm 16$), что указывает на возможность прогнозировать ОКС инбредных линий по признаку крупности зерна. Выявлена значительная вариабельность инбредных линий по норме реакции на

изменяющиеся погодные условия года. Экологически устойчивые линии ржи характеризуются как относительно длинностебельные, а короткостебельные линии в большинстве своем показывают слабую экологическую устойчивость. Установлено, что линии с высокой нормой реакции на перепад средовых факторов являются экологически неустойчивыми и нестабильными. Более ценными для селекции являются экологически слабо отзывчивые линии, способные обеспечить относительно высокую продуктивность в неблагоприятных погодных условиях. Экспериментально доказано, что адаптивный потенциал инбредных линий необходимо селекционно улучшать, чтобы экологические стрессы не свели к минимуму тот эффект гетерозиса, который проявляется при их скрещивании.

Создан (в соавторстве) первый в РФ гибрид озимой ржи НВП-3. Основные его достоинства – высокая урожайность, повышенная устойчивость к полеганию и хорошие хлебопекарные качества зерна. Гибрид НВП-3 включен в Госреестр селекционных достижений РФ и рекомендован к возделыванию в Северо-Западном, Центральном и Центрально-Черноземном регионах.

Практическая значимость полученных результатов. Предложены модифицированные схемы селекционного процесса озимой ржи на основе применения метода семейно-сортовых и парных (полносибсовых) скрещиваний. Изучена эффективность метода многократного дивергентного отбора по признаку вязкости водного экстракта (ВВЭ), который предложено применять при селекции озимой ржи на целевое использование. Показано, что при селекции ржи на базе доноров с доминантно-моногенным типом короткостебельности необходимо проводить интенсивный семейный отбор с целью улучшения популяций по прочности стебля на излом, натуре зерна и массе 1000 зерен. Выявлены специфические особенности адаптивного потенциала сортов, обусловленные типом их короткостебельности.

Создан ценный исходный материал для практической селекции ржи на популяционном и гибридном уровнях. Создан уникальный банк гомозиготных

инбредных линий озимой ржи в количестве 262 шт. Выделены перспективные линии, обладающие высокой ОКС и СКС и сильной экспрессией отдельных хозяйственно-ценных признаков. На базе лучших из них создаются стерильные аналоги, закрепители стерильности и восстановители фертильности. Проведена селекция инбредных линий на высокую и низкую ВВЭ. Показано, что методами селекции на низкую ВВЭ можно повысить питательную ценность зерна озимой ржи и довести ее до уровня пшеницы. На основе новых схем селекционного процесса создано (в соавторстве) 6 популяционных сортов озимой ржи (Татьяна, Роксана, Грань, Парча, Московская 12, Московская 15) и гетерозисный гибрид НВП-3, которые внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию. На созданные сорта получено 6 патентов и 7 авторских свидетельств.

Основные положения, выносимые на защиту:

- повышение эффективности селекции озимой ржи на основе применения методов семейно-сортовых скрещиваний, парных скрещиваний и клонирования;
- возможность целенаправленного изменения многих признаков качества зерна озимой ржи методом дивергентного отбора по вязкости водного экстракта в соответствии с задачами селекции;
- особенности различий между сортами ржи с рецессивно-полигенным и доминантно-моногенным типом короткостебельности по ряду признаков и свойств, которые необходимо учитывать в процессе селекции;
- инбредные линии озимой ржи обладают большим генотипическим разнообразием, которое необходимо использовать для целей гибридной селекции;
- высокие эффекты ОКС по урожайности проявляют те межлинейные гибриды F₁, родительские формы которых взаимно дополняют друг друга по структурным признакам урожайности;

- высокие эффекты СКС можно получать не только при скрещивании линий с высокой ОКС, но и при сочетании линий с высокой и низкой ОКС;
- короткостебельные инбредные линии в большинстве своем являются экологически неустойчивыми, наиболее ценными для гибридной селекции являются линии, способные давать высокую продуктивность в неблагоприятных погодных условиях;
- методами селекции на низкую вязкость водного экстракта можно повысить питательную ценность зерна озимой ржи до уровня пшеницы.

Апробация работы.

Результаты научных исследований представленных в диссертации опубликованы, доложены и обсуждены на:

- Всероссийских координационных совещаниях по селекции, семеноводству и технологии возделывания озимой ржи: Каменная степь, Воронежская обл., 1995; Безенчук, 2000; Киров, 2003; Саратов, 2006; Уфа, 2009; Екатеринбург, 2012.

- Международных симпозиумах EUCARPIA (Штуттгарт, Германия, 1996; Радзиков, Польша, 2001; Жоди́но, Беларусь, 2010).

- Научно-практических конференциях: «Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства». Жоди́но, Беларусь, 1998.; «Новые методы селекции и создания адаптивных сортов с-х культур: результаты и перспективы». Киров, 1998; «Научные проблемы создания новых сортов с-х культур, адаптированных к современным условиям производства и переработки. С.-Петербург, 1998; Межд. научно-практич. конференция "Семя». Москва, 1999; . «Основные итоги научных исследований по сельскому хозяйству в ЦРНЗ России. Немчиновка, 2001; «Развитие научных идей академика П.И. Лисицына», Москва, 2003; «Повышение устойчивости производства с-х культур в современных условиях». Орел, 2008; «Проблемы селекции и технологии возделывания зерновых культур». Немчиновка, 2008; «Роль генетических ресурсов и селекционных

достижений в обеспечении динамичного развития с-х производства». Орел, 2009; «Достижения и перспективы научного обеспечения АПК Центрального региона России». Немчиновка, 2012; «Селекция зерновых культур и технология их возделывания в ЦФО РФ», Немчиновка, 2013; «Инновационные аспекты научного обеспечения АПК ЦФО РФ». Немчиновка, 2015; Межд. научно-практич. конф. «Обогащение генетического разнообразия растений». Харьков, Украина, 2015; Международная конференция «Аграрное образование и наука в 21 веке: вызовы и проблемы развития», (МСХА, Москва - 2015).

Личный вклад соискателя. Принимал личное участие в планировании и практической реализации всех научных исследований по теме диссертации. Всего за годы исследований с участием диссертанта получено 6 популяционных сортов озимой ржи и гетерозисный гибрид F_1 НВП-3. Доля авторства диссертанта в сортах 3-15%. По разделу популяционной селекции с участием автора получено и включено в селекционный процесс более 100 межсортных гибридов. В селекционных питомниках по комплексу признаков изучено свыше 60 тыс. номеров, в т.ч. в конкурсном сортоиспытании - 400, в контрольном питомнике – 2400, в селекционном питомнике 48380 номеров.

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 45 научных работы, в том числе 15 работ в изданиях рекомендованных ВАК. Получено 6 патентов и 7 авторских свидетельств.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 311 страницах компьютерного текста, содержит 78 таблиц, иллюстрирована 37 рисунками, состоит из введения, 8-ми глав, выводов, предложений для селекционной практики и 13 приложений. Список цитированной литературы включает 311 наименований, в т.ч. 118 на иностранных языках и 6 ссылок на электронный ресурс.

Глава 1. Современное состояние и основные методы селекции озимой ржи в РФ.

1.1. Состояние производства и потребления зерна озимой ржи в мире.

Рожь – важнейшая зерновая культура России и многих стран Европы. В течение нескольких столетий она обеспечивала полноценным хлебом миллионы людей разного достатка. Однако за последние 50 лет в силу разных причин она утратила свое преимущество как ведущая зерновая культура. За это время в селекции ржи были достигнуты несомненные успехи – средняя урожайность в мире по сравнению с 60-ми годами выросла в среднем в 2,4 раза и составила в 2011-2013 гг. 2,73 т/га (FAOSTAT, 2014). Но при этом отмечается неуклонное снижение валового сбора зерна ржи ввиду сокращения посевных площадей под культурой (рис. 1, 2, 3).

Одной из причин такого резкого сокращения посевных площадей под рожью явилось существенное снижение посевов в Российской Федерации. Если в 1993 году доля российских посевов ржи в мире составляла 43,7%, то в 2013 году она сократилась до 31,8%. Первопричиной такой подвижки посевов ржи явилось резкое снижение спроса на зерно ржи как внутреннем, так и на мировом рынке. Объем мировой торговли рожью за последние годы находится на достаточно низком уровне - 1,0-1,5 млн. тонн в год. Для сравнения: годовой экспорт пшеницы в мире составляет 150-160 млн. тонн, ячменя – 25-30 млн. тонн, риса – 30-40 млн. тонн (АБ центр, 2014).

Следует отметить, что в результате глобального потепления климата культура озимой пшеницы стала успешно конкурировать с рожью в тех местах, где раньше проигрывала ей в устойчивости к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям. При этом снижение посевных площадей не компенсируется полностью повышением урожайности, каждый последующий год отмечается снижением производства ржи. Оно усугубляется также тем, что рожь все чаще вытесняется с плодородных участков, уступая их более

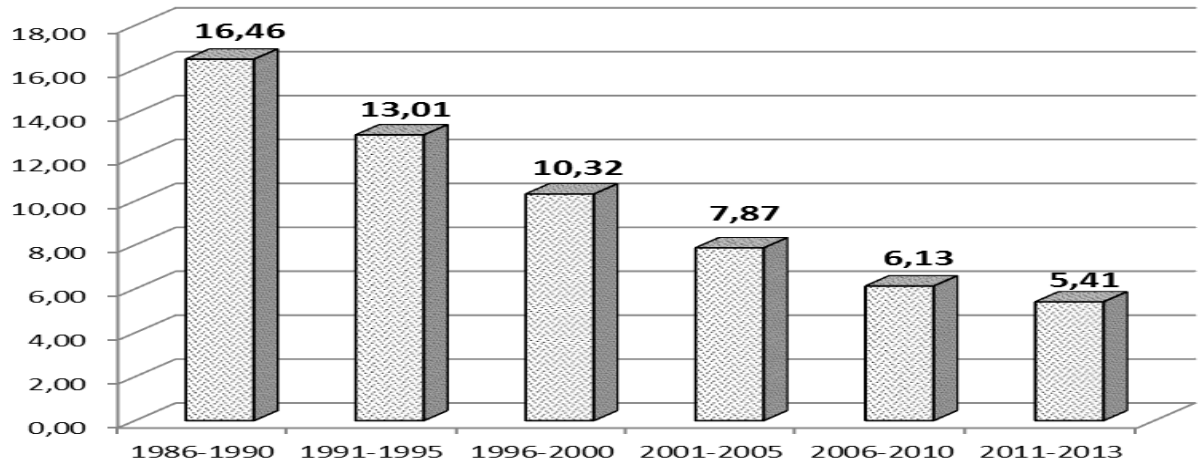


Рисунок 1 - Динамика посевных площадей озимой ржи в мире, млн. га.

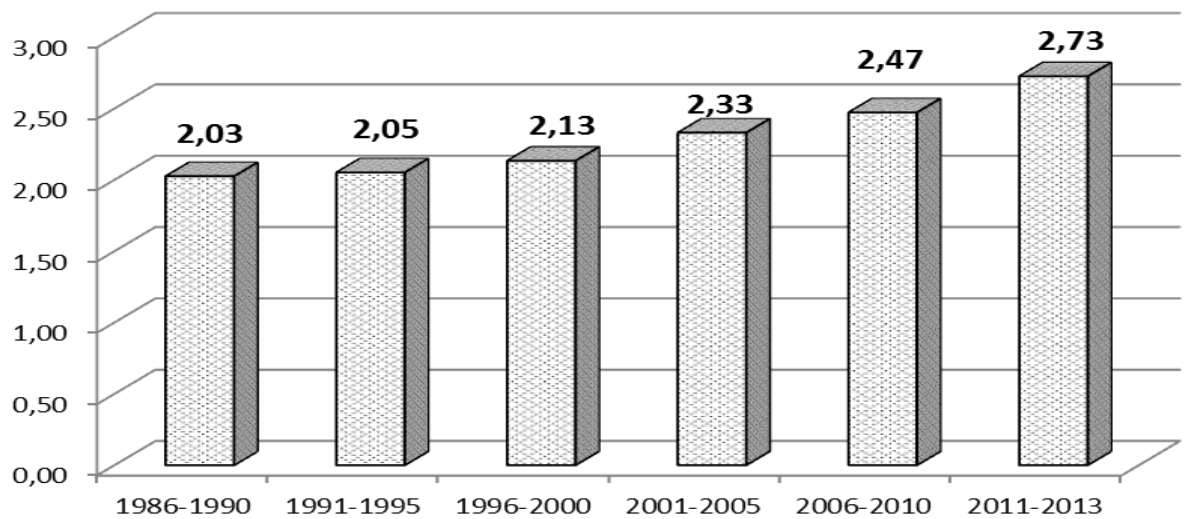


Рисунок 2 - Динамика урожайности озимой ржи в мире, т/га.

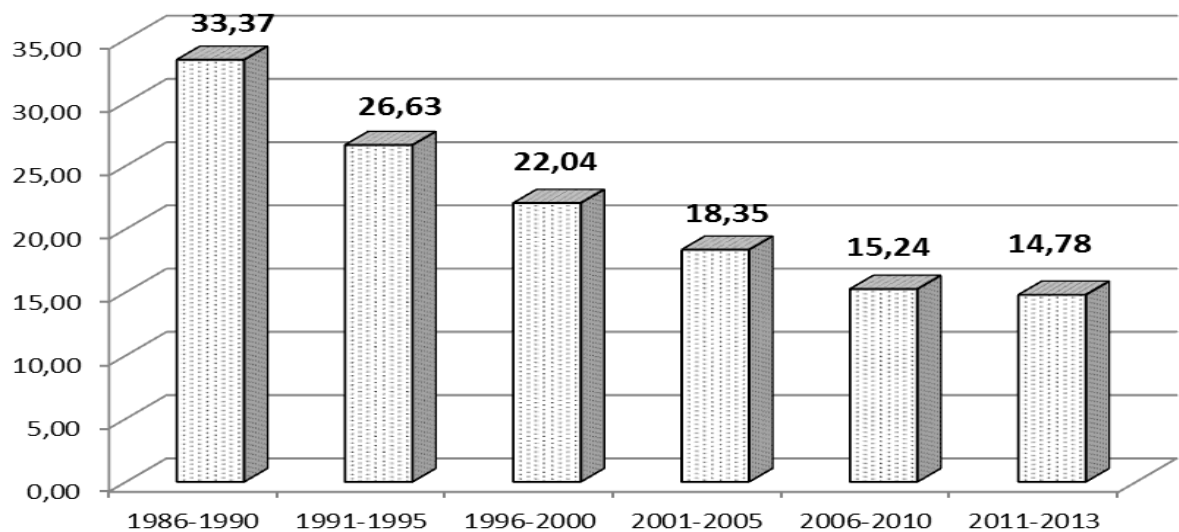


Рисунок 3 - Динамика валовых сборов озимой ржи в мире, млн. т.

востребованным культурам, чаще всего озимой пшенице (Е. Арсенюк, Т. Олексиак, 2003).

Несмотря на произошедшую смену приоритетов, рожь по прежнему остается в числе важнейших зерновых культур мира (А.А. Жученко, 2004). Это подтверждается тем, что в структуре потребления зерна на пищевые цели рожь востребована больше всего (табл. 1).

Таблица 1 - Потребление зерна в странах Евросоюза (“Rye and Health”, 2013).

Культура	Общее потребление, тыс. тонн	В том числе на пищевые цели, тыс. тонн	В том числе на пищевые цели, %
Пшеница	118466	47946	40,5
Рожь	6802	3018	44,4
Ячмень	47931	357	0,7
Овес	7687	1133	14,7

Однако если раньше ржаной хлеб был важным источником питания у относительно широких слоев населения, то в настоящее время он в основном пользуется популярностью у людей, интересующихся своим здоровьем и прислушивающихся к мнению диетологов. Разрыв между общим объемом потребления зерна пшеницы и ржи составляет более чем в 17 раз и при этом отмечается небольшая тенденция к сокращению потребления ржи в расчете на 1 человека в год (табл. 2).

Таблица 2 - Годовое потребление зерна в странах Евросоюза, кг/чел.
 (“Rye and Health”, 2013)

Культура	2007	2008	2009
Пшеница	102,0	103,6	102,7
Рожь	5,8	5,7	5,6
Ячмень	1,1	1,1	1,1
Овес	1,7	1,8	1,8

При этом необходимо отметить, что тенденция к сокращению потребления зерна ржи наблюдается не только в странах Евросоюза, но и по всему миру (табл.3). Наиболее значительное снижение востребованности продуктов из ржи отмечено у традиционных ее потребителей – Германия, с 1985 по 2009 год спрос на продукты из ржи упал на 60,2%, Польша (на 43%), Финляндия (на 22,5%), Дания (на 20%). В тоже время в России годовое потребление ржи начиная с 2000 года не только стабилизировалось, но и несколько возросло.

Таблица 3 - Годовое потребление продовольственной ржи в мире и в отдельных странах, кг/чел (“Rye and Health”, 2013).

Страны	1985	1990	1995	2000	2005	2009
В мире	1,8	1,2	1,4	1,0	0,9	0,9
ЕС	10,4	7,1	7,1	6,5	5,9	5,6
Польша	56,8	32,4	32,0	36,1	30,1	32,4
Германия	21,6	14,4	12,5	10,7	10,3	8,6
Дания	20,4	18,4	15,5	13,2	13,0	16,3
Финляндия	20,4	17,7	15,8	15,7	15,4	15,8
Швеция	14,8	11,7	9,0	12,7	12,0	11,7
Норвегия	8,9	9,2	7,4	7,2	6,9	6,6
СССР	8,4	3,8	-	-	-	-
Россия	-	-	12,1	8,9	8,9	9,0
Литва	-	-	45,0	19,0	16,5	16,8
Эстония	-	-	21,0	32,0	18,6	18,6
Латвия	-	-	17,0	17,0	19,5	19,1
Китай	1,0	0,8	0,5	0,2	0,1	0,3
Канада	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
США	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3

Тем не менее, состоявшийся 13-14 июля 2007 г. в Берлине Европейский конгресс по ржи продемонстрировал возросшие возможности этой культуры в современных условиях (рис. 4).

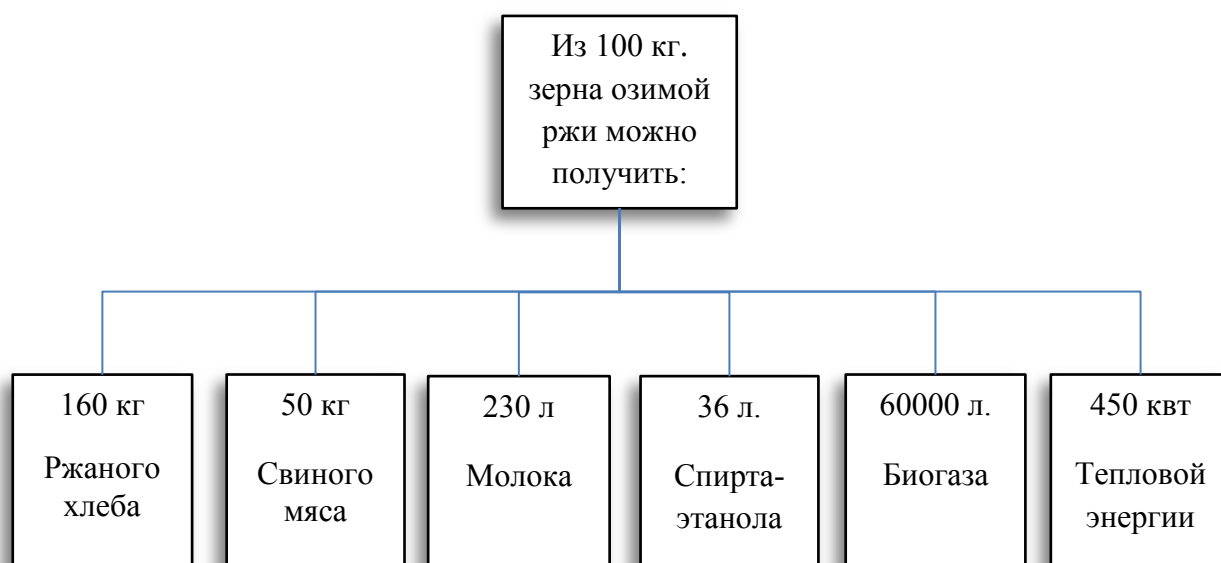


Рисунок 4 - Потенциальные возможности 100 кг озимой ржи.

В 2009 г. компания KWS Lochow GmbH (Германия) инициировала крупный международный проект Rye Belt – «Ржаной пояс», охватывающий территорию от Северо-Германской низменности до Урала между 50 и 60 градусами широты. Целью проекта является содействие научно-техническим программам по возделыванию ржи и выявлению ее новых потенциальных возможностей, а также поддержка производителей и рынка сбыта зерна этой культуры. В странах, входящих в Rye Belt, созданы рабочие группы специалистов, занимающиеся реализацией и продвижением новых проектов в рамках программы (Rye Belt, 2014). В проект вошли 15 европейских стран (табл.4). При этом 68,3% валового сбора зерна в 2013 г. пришлось на Германию, Россию и Польшу. Наивысшая урожайность отмечена в Дании, Германии и Швеции. По посевной площади доминирует Россия, но по урожайности она значительно отстает от других производителей зерна ржи.

Высокая урожайность озимой ржи в странах Евросоюза обусловлена не только высокой агротехникой, но и в значительной мере переходом на посев гибридными семенами. Озимая рожь является пока единственной колосовой зерновой культурой, у которой удалось практически использовать эффект гетерозиса.

Таблица 4 - Производство зерна ржи в странах "Ржаного пояса", 2013 г. (FAOSTAT, 2014).

Страны	Валовый сбор тыс. тонн	Урожайность, т/га	Посевная площадь, тыс. га
Германия	4689	5,98	785
Россия	3360	1,89	1774
Польша	3359	2,86	1173
Беларусь	648	2,01	323
Украина	638	2,28	279
Дания	527	6,04	87
Австрия	234	4,25	55
Чехия	176	4,70	37
Швеция	142	5,68	25
Литва	96	1,96	49
Словения	86	3,86	22
Латвия	76	2,67	28
Финляндия	26	2,09	12
Эстония	22	1,90	11
Норвегия	11	3,78	3
В мире	16696	2,90	5758

Первые коммерческие гетерозисные гибриды F_1 озимой ржи, созданные на основе цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС), появились в ФРГ в 1984 году. Благодаря фундаментальным разработкам немецких

исследователей (Н. Н. Geiger and F.W. Schnell, 1970, 1973; Н.Н. Geiger, 1975; 1985; 1990) появилась возможность на основе использования эффективных доноров самофертильности и восстановителей фертильности в стерильной цитоплазме типа Рапра создать все необходимые компоненты для синтеза высокогетерозисных гибридов F_1 . Ввиду неоспоримых преимуществ над сортами - популяциями они получили быстрое распространение в производстве и уже к 1995 г. занимали 49% всех посевов ржи, а средняя урожайность повысилась до 52 ц/га (L. Madej, 1996).

Опыты в ФРГ показали, что по урожайности высокогетерозисные гибриды превышают популяционные сорта в среднем на 15%. Имеются данные, когда при уровне урожайности 70 ц/га средняя прибавка ее у гибридов F_1 составляла 10 ц/га (М. Karpenstein-Machan, R. Maschka, 1996). Широкое распространение в Германии получили гибриды F_1 Avanti, Ballistic, Evolo, Picasso, Visello, Bellami, Agronom и др. В настоящее время под гибридными сортами в Германии занято около 60% посевной площади ржи. Но в тоже время продолжают пользоваться спросом и популяционные сорта. Они хотя и обладают меньшей продуктивностью по сравнению с гибридными сортами, но ввиду более дешевых семян их использование оправдывает себя на низкоплодородных землях.

В Германии спрос на рожь поддерживает сравнительно новое и успешно развивающееся направление – производство биогаза. Практика показала, что наиболее выгодно сначала выращивать рожь, а после нее сеять кукурузу. Урожай обеих культур убирается в фазе молочной спелости зерна. Эта технология позволяет выращивать два урожая в год и при этом обеспечивается наиболее высокий выход метана. Главная цель селекции в данном случае направлена на высокую биомассу растений и устойчивость к полеганию. При этом необходимо заметить, что сортовых различий по выходу метана из 1 кг сухого вещества выявлено не было выявлено (Н.Н. Geiger, T. Miedaner, 2009), но установлено, что наибольший выход биогаза достигается в результате

использования смеси состоящей из 60% кукурузного силоса и 40% из ржи (J. Dach, 2012).

Структура потребления ржи в странах ЕС показана на рис.5. (Rye Belt, 2014). Наиболее весомый сектор потребления - корма для животноводства (41%), но более четверти (28%) валового сбора идет на производство продуктов питания. Третий по значимости сегмент потребления – промышленное производство биогаза и биоэтанола (14%).

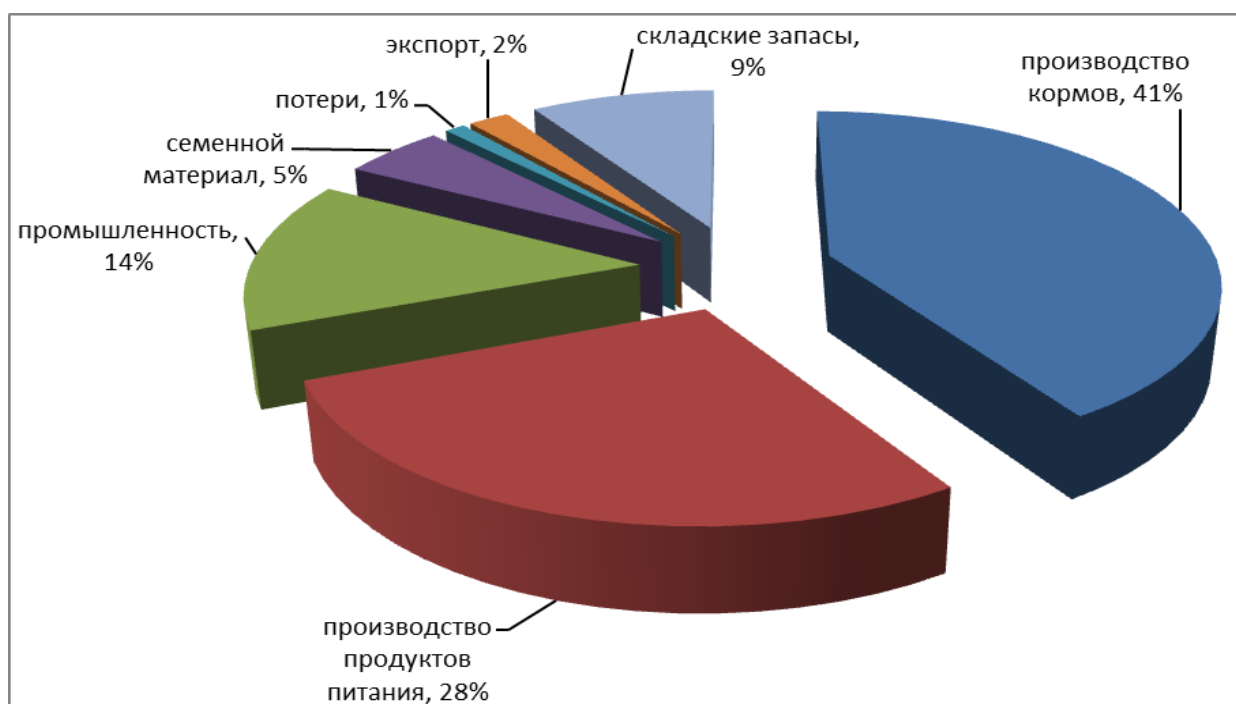


Рисунок 5 - Структура потребления зерна озимой ржи в странах ЕС (Rye Belt, 2014).

1.2. Производство и использование озимой ржи в России.

В производстве зерна озимой ржи в России прослеживаются те же самые тенденции, что и в других странах мира. Особенно сильно снижение посевных площадей культуры и валового сбора зерна наблюдается в последние годы. На рис. 6 представлена динамика изменения посевных площадей, урожайности и валового сбора зерна ржи за последние 20 лет (Росстат, 2014). Если средняя площадь посевов ржи за период 1993-1997 гг. составляла 4,26 млн. га, то этот же показатель в 2008-2012 гг. снизился в 2,3 раза и составил 1,84 млн. га.

Однако в последующие два года он несколько увеличился, что дает основание предполагать о наступлении некоторой стабильности в производстве этой культуры. При этом валовый сбор зерна за тот же период уменьшился в 2 раза, что указывает на слабую тенденцию в росте урожайности культуры. Наиболее сильное снижение производства ржи произошло в традиционно «ржаных» областях Северо-Западного, Центрального, Волго-Вятского и Уральского регионов.

По темпам годового прироста урожайности рожь значительно уступает озимой пшенице. Согласно нашим подсчетам за последние 60 лет среднегодовой прирост урожайности озимой пшеницы составил 28,7 кг, а озимой ржи – 17,5 кг или в 1,6 раза ниже. Это объясняется слабой отзывчивостью возделываемых сортов на применение интенсивных технологий возделывания. Основная причина – селекционное несовершенство создаваемых сортов, особенно по устойчивости к полеганию.



Несмотря на то что посевные площади под рожью в последние годы имеют тенденцию к стабильности, в областях Нечерноземной полосы России такая ситуация является совершенно недопустимой. Причина в том, что рожь в отличие от других культур более эффективно использует почвенноклиматический потенциал региона и равноценно заменить ее другими культурами в настоящее время просто нечем. Сложившиеся обстоятельства в известной мере можно объяснить неэффективной ценовой политикой государства в отношении производителей зерна ржи, которые в большинстве своем являются низкорентабельными или убыточными. Кроме того, нельзя оставить без внимания то обстоятельство, что ведущие производители озимой ржи в Европе на 60% провели замену популяционных сортов на сорта гетерозисной селекции, которая в РФ находится лишь в начальной стадии разработки ввиду ограниченности финансирования. Хотя в случае реализации этого проекта дополнительные сборы зерна предположительно могли бы составить порядка 500 тыс. тонн ежегодно (А.А. Гончаренко, 2000).

Следует отметить, что благодаря достижениям селекции средняя урожайность озимой ржи за пятьдесят лет возросла с 0,83 т/га в 1961/65 гг. до 1,79 т/га в 2013-2014 гг. или в 2,2 раза. Однако потенциальную урожайность сортов в производстве удастся реализовать только на 40% (А.А. Гончаренко, 1984,а). Этого явно недостаточно - за последние двадцать лет (1993-2013) производство ржи из расчета на одного человека в год сократилось с 61,7 кг до 23,4 кг, или в 2,6 раза. В определенной мере на это обстоятельство повлиял тот факт, что за эти годы поголовье крупного рогатого скота в сельскохозяйственных предприятиях, которые являются наиболее крупными потребителями зерна ржи на корм, сократилось на 75,7%, а поголовье свиней на 27,5% (Росстат, 2014).

Непростая на сегодняшний день ситуация с производством озимой ржи в РФ является также следствием того, что за последние двадцать лет существенно изменилась структура зернового клина страны. В первую очередь расширились

посевные площади под пшеницей (рис. 7). Отечественными селекционерами были получены сорта пшеницы с высоким потенциалом урожайности и адаптивности, которые стали достаточно серьезным конкурентом для ржи. Удельный вес пшеницы в зерновом клине страны за последние 24 года увеличился на 16,3% и составил в 2011-2013 гг. 54,7%, в то время как для ржи он сократился с 12,7% до 4,0%. Главной причиной этого обстоятельства стала относительно низкая востребованность ржи на мировом рынке зерна, и как следствие – более низкие (на 15-25%) закупочные цены на рожь на внутреннем рынке и уменьшение к ней интереса со стороны основных потребителей зерна.

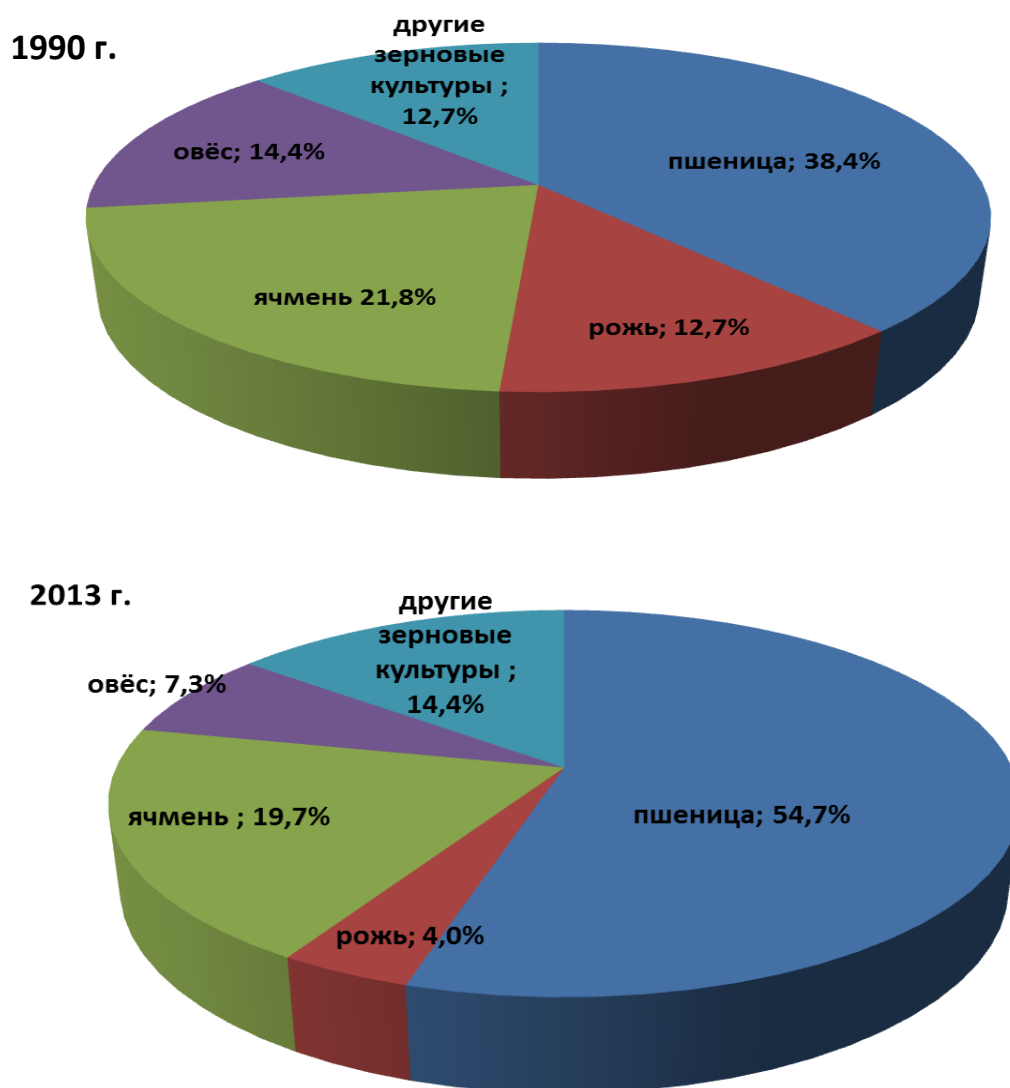


Рисунок 7 - Динамика структуры посевных площадей под основными зерновыми культурами в РФ за 1990 и 2013 гг. (Росстат, 2014).

В настоящее время структура производства озимой ржи по регионам сложилась следующим образом: более $\frac{3}{4}$ валового сбора зерна ржи приходится на 10 субъектов РФ, безусловными лидерами среди которых являются Республика Татарстан (653,2 тыс. тонн зерна) и Республика Башкортостан (617,7 тыс. тонн), (рис. 8). В основе полученных результатов лежат достижения селекционеров направленные на создание новых сортов озимой ржи с высоким уровнем адаптивности к неблагоприятным условиям и высоким качеством зерна (М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев, 2012).

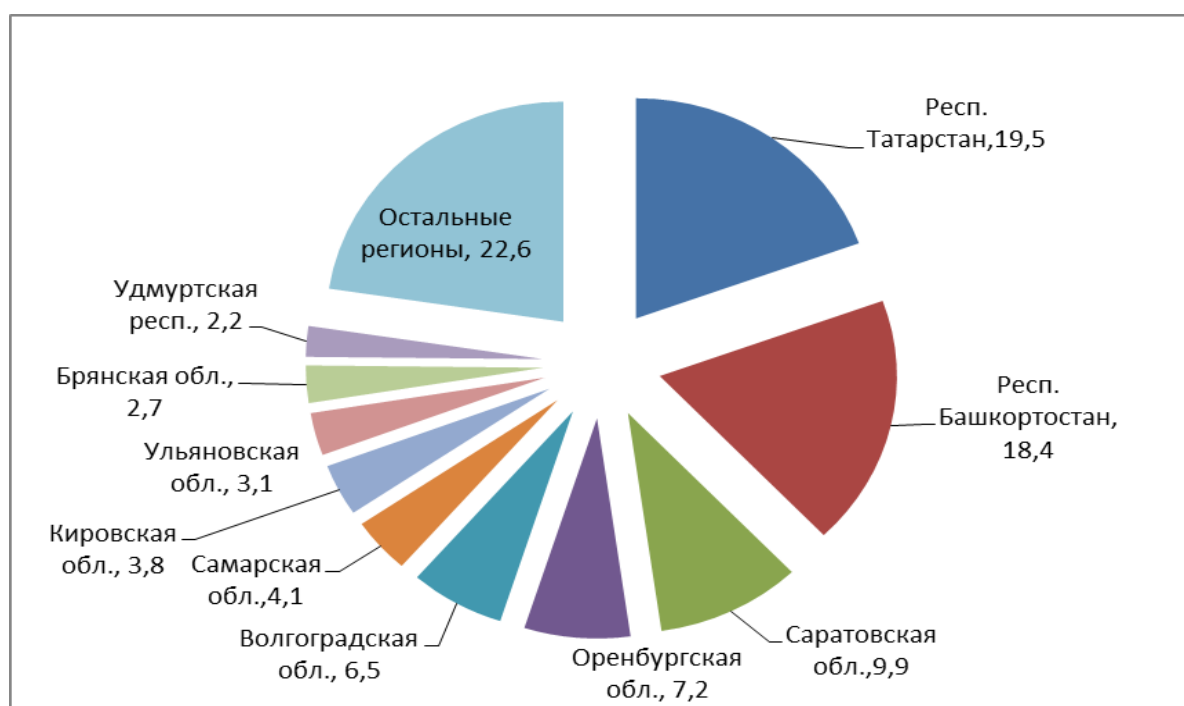


Рисунок 8 - Удельный вес (%) производства озимой ржи по регионам РФ, 2013 г. (АБ-центр, 2014).

Экспорт зерна озимой ржи из России крайне нестабилен (рис. 9). В 2013 году основными направлениями экспорта ржи из России стали Испания и Израиль, куда было отгружено соответственно 53,2% и 39,5% всей экспортируемой ржи (АБ центр, 2014). В значительной мере на стабильность экспорта ржи, влияет то обстоятельство, что наиболее крупные ее

производители (Татарстан и Башкортостан) географически удалены от крупных морских портов (Новороссийск, Туапсе, Азов).

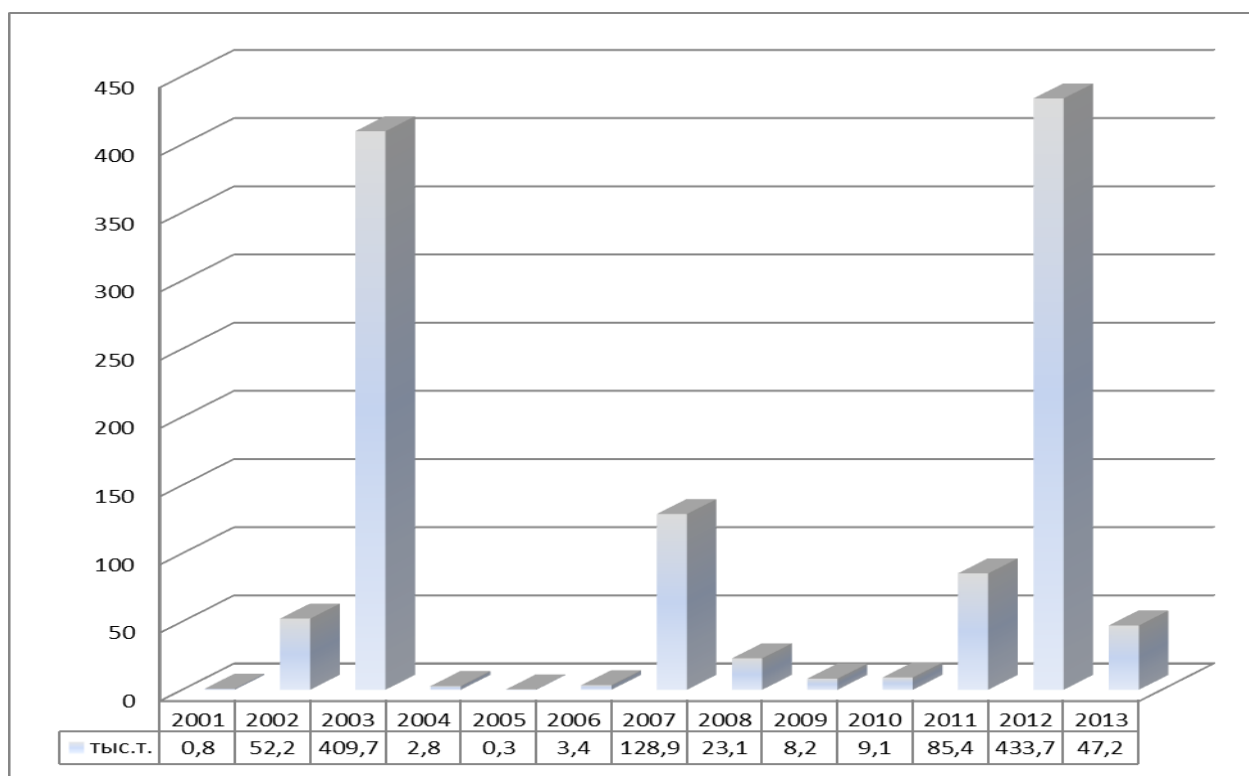


Рисунок 9 - Объем экспорта зерна озимой ржи за 2001-2013гг.
(АБ-центр, 2014).

Таким образом, состояние производства озимой ржи в России на сегодняшний день таково, что она стала второстепенной культурой, утратив свое бывшее стратегическое значение (А.А. Гончаренко, 2014). Считается, что это может привести к неблагоприятным последствиям, как для экономики сельского хозяйства, так и для здоровья нации в целом. Для Нечерноземной полосы России рожь – это гарант стабильности валовых сборов зерновых культур ввиду более высокой адаптивности ржи к почвенно-климатическим условиям.

Хотя на сегодняшний день рожь утратила свое значение как первостепенный продукт питания для населения, однако в силу своих питательных свойств она является ценнейшим продуктом для здорового питания. Известен поучительный факт - в восьмидесятых годах прошлого века

в Финляндии сложилась ситуация, аналогичная той, что существует сегодня в России – значительно снизился уровень потребления ржаного хлеба. Следствием этого стало увеличение числа больных диабетом, по количеству которых Финляндия вышла на первое место в мире. Для изменения ситуации правительством Финляндии была разработана и реализована программа «Рожь», направленная на популяризацию и увеличение потребления ржаного хлеба (Т.Н. Никулина, 2012).

Для укрепления позиций ржи в экономике сельского хозяйства, перерабатывающей и пищевой промышленности нужны принципиально новые подходы и решения. Очень важной является проблема перехода от создания «универсальных сортов» ржи к селекции «адресных сортов». В перспективе намечаются три основных направления селекции: для хлебобулочного производства, для использования на корм животным и для переработки зерна на спирт и крахмал (А.А. Гончаренко, 2014).

Особый интерес рожь представляет как сырье для диетической продукции (Н.К. Лаптева, Л.В. Митькиных, 2012). В настоящее время концепции здорового питания предполагают снижение калорийности употребляемых продуктов и в частности мучных кондитерских изделий. Это возможно за счет введения достаточно больших (до 25% в рецептуре) количеств источников пищевых волокон и микронутриентов. Одним из вариантов решения этой задачи является использование в их рецептуре ржаного сырья, т.к. по сравнению с пшеницей зерно ржи по весу содержит больше клеточных стенок в эндосперме и поэтому в ее муке больше пищевой клетчатки. Кроме того, ржаной хлеб обладает меньшей энергетической ценностью. При этом для усиления функциональных свойств мучных кондитерских изделий в рецептуру можно вводить биологически активные виды сырья. Одним из таких веществ является ржаной ферментированный солод, содержащий декстрины, редуцирующие сахара и низкомолекулярные белковые вещества. Использование ржаного сырья в производстве мучных

кондитерских изделий позволит расширить ассортимент изделий повышенной пищевой ценности, повысит экономическую эффективность их производства, уменьшив энергетический потенциал рациона, что важно для правильного «здорового» питания современного человека (Н.К. Лаптева, Л.В. Митькиных, 2012).

Первоначально селекция озимой ржи была ориентирована на получение сортов продовольственного назначения и не учитывала требований для кормового зерна. Перспектива использования зерна ржи для кормового использования всегда привлекала животноводов по той причине, что относительно дешевое зерно ржи по питательной ценности белка превосходит другие зерновые культуры, за исключением овса. Белок ржи на 83% соответствует молочному казеину, тогда как белок зерна пшеницы только на 41%. Также белок ржи содержит 3-4% лизина и лучше сбалансирован по другим незаменимым кислотам (В.Д. Кобылянский, 1982,а).

Однако при всех перечисленных достоинствах зерно ржи неохотно поедается животными и переваривается в желудочно-кишечном тракте хуже других культур. По этой причине на кормовые цели в России используется всего 8...12% от общего производства зерна ржи, а в комбикормовой промышленности его доля не превышает – 3...5% (В.А. Сысуев, 2012). Чтобы изменить ситуацию применяются различные технологические подходы. Один из них – экструдирование зерна (тепловая обработка под давлением). Оно позволяет увеличить количество ржи в комбикормах до 70% и получать устойчивые привесы при откорме бычков и телок (Л. Кедрова, В. Косолапов, В. Косолапова, 2003). Этот эффект авторы объясняют тем, что в процессе экструзии происходит деструкция крахмальных зерен, а также перестройка структуры других компонентов в форму более доступную для воздействия пищеварительных ферментов. Кроме того, при высокой температуре и давлении значительно улучшается санитарное состояние корма, фактически уничтожается вся патогенная микрофлора. Б.Х. Галиев, И.А. Рахимжанова и др.

(2011) при изучении влияния комбикормов на мясную продуктивность бычков пришли к выводу, что оптимальный удельный вес экструдированной ржи в комбикорме составляет 46%. В.И. Левахин, Б.Х. Галиев и др. (2013,а,б) рекомендуют добавление экструдированной ржи для комбикорм для кур несушек до 15%, жвачных животным до 30%, свиньям 20-30% и также отмечают положительное влияние экструдированной ржи на азотистый, энергетический обмен и на продуктивность животных. Тем не менее, здесь присутствует и значительный минус – экструдирование зерна является энергоемким процессом и может существенно влиять на себестоимость продукции животноводства.

Широко используется в животноводстве другой технологический подход - добавление ферментных препаратов в комбикорма. При проведении опытов с препаратом Хостаин на откорме поросят был сделан вывод, что в полнорационный комбикорм при добавке ферментных препаратов в качестве одного из компонентов возможно добавлять до 40% зерна ржи (Х.Х. Шагиев, А.Р. Абдрафиков, А.Я. Яхин, 2009). В опытах O.D. Friesen, W. Guenter et al, (1991) введение в рацион 20% ржи снижало привесы у цыплят-бройлеров на 25%. Во избежание этого в корм добавляли полиферментные добавки, содержащие ферменты β -глюконазу, ксиланазу, пектиназу (С. Зимин, 1993).

Менее распространенным способом повышения питательной ценности зерна ржи является силосование плющеного зерна. По мнению Р.В. Русакова и В.М. Косолапова (2012) подготовка зерна озимой ржи для кормления коров путем технологии плющения и консервирования в стадии восковой спелости позволяет увеличить нормы ввода этого вида корма до 60% в зерновой части рациона без значительных потерь продуктивности и ущерба для здоровья животных. Также авторы отмечают, что подготовка сухого зерна ржи путем холодного плющения может быть более эффективной, чем традиционное дробление, благодаря тому, что улучшается его переваримость и происходит лучшая усвояемость питательных веществ.

Рожь является ценным сырьем для спиртового производства, в первую очередь по содержанию крахмала. В этом отношении она уступает только картофелю, на долю крахмала приходится около 60% сухой массы зерна. Существенным обстоятельством является то, что выращивать и убирать урожай ржи намного проще и дешевле, чем картофель. Однако производители спирта все больше отдают предпочтение пшенице ввиду того, что переработка пшеницы на спирт, в отличие от ржи, не вызывает особых затруднений при ведении технологического процесса (И.М. Абрамова, 2011). Тем не менее, в Белоруссии почти вся спиртовая промышленность (95%) работает на зерне ржи. Лишь пять процентов приходится на другие культуры - тритикале, ячмень, кукуруза (З.В. Василенко, Е.А. Цед, С.В. Волкова и др. 2010). Сложности в технологии получения спирта из ржи обусловлены уже упомянутыми выше арабинозой и ксилозой. Они образуют при смешивании измельченного зерна с водой слизи и высоковязкие растворы, которые создают трудности в ходе проведения технологического процесса. Из за этого для снижения вязкости приходится применять повышенные нормы ферментных препаратов различного спектра действия, что приводит к нестабильности качественных показателей и увеличению себестоимости конечного продукта. Кроме того, промышленная переработка зерна ржи на спирт по вышеупомянутым причинам часто сопровождается снижением выхода полученного продукта и ухудшением его органолептических свойств (З.В. Василенко, Е.А. Цед, С.В. Волкова и др., 2010). Традиционно, кроме кукурузы, ячменя и пшеницы, для приготовления смешанного виски используют ржаной солод для формирования оригинальных ароматических свойств напитка. Но по той же причине вследствие высокого количества пентозанов рожь с трудом поддается солодоращению и имеет в три раза более высокую вязкость сусла, чем из солода ячменя (А.В. Коростелов, И.В. Новикова, и др., 2011).

1.3. Основные направления и методы селекции озимой ржи.

Основным направлением в селекции озимой ржи является повышение урожайности культуры. Однако решение этой задачи невозможно без ведения исследований, которые охватывают большой круг проблем. В первую очередь это селекция на адаптивность к внешним факторам окружающей среды. Даже в странах с высокой интенсивностью растениеводства, вариабельность урожайности по годам для большинства сельскохозяйственных культур в настоящее время на 60-80% зависит от нерегулируемых факторов внешней среды и прежде всего от погодных условий (А.А. Жученко, 2004). Также невозможно получить высокопродуктивный сорт без ведения селекции на высокую зимостойкость, на устойчивость к грибным болезням и на устойчивость к полеганию. В последние годы все большее значение приобретает селекция на качество зерна.

В настоящее время в РФ селекционная работа с озимой рожью ведется в 14 научно-исследовательских учреждениях. Ведущее место по количеству зарегистрированных сортов занимают Московский НИИСХ, Воронежский НИИСХ, НИИСХ Северо-Востока, НИИСХ Юго-Востока, Татарский НИИСХ, Башкирский НИИСХ. В этих институтах создано более половины отечественных сортов озимой ржи, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ. Наиболее популярными и распространенными сортами среди производителей озимой ржи являются Чулпан, Памяти Кунакбаева - высокоурожайные зимостойкие сорта с хорошей засухоустойчивостью и хорошим качеством зерна. Саратовская 5, Саратовская 6, Саратовская 7, Марусенька – высокопродуктивные зимостойкие сорта интенсивного типа устойчивые к полеганию. Сорта Валдай, Татьяна, Московская 12 отличаются высокой и стабильной урожайностью, выровненным стеблестоем и хорошими хлебопекарными качествами. Сорт Татарская 1 выделяется устойчивостью к полеганию, высокой зимостойкостью и устойчивостью к корневым гнилям и снежной плесени, обладает высокой

экологической пластичностью. Сорт Безенчукская 87 имеет высокую устойчивость к полеганию и отличается хорошими хлебопекарными качествами. Сорта Кировская 89, Снежана и Фаленская 4 – сочетают высокую зимостойкость с хорошей урожайностью и устойчивостью к прорастанию на корню. Сорт Фаленская 4 устойчив к кислым почвам с повышенным содержанием ионов алюминия. Из новых отечественных сортов большим спросом в производстве пользуются, Московская 15, Грань (Московский НИИСХ), Тантана (Татарский НИИСХ), Солнышко, Память Кунакбаева (НИИСХ Юго-Востока), Флора (НИИСХ Северо-Востока), Алиса (Уральский НИИСХ), Рада (НИИСХ Северо-Востока), Сибирь-4 (Сибирский НИИСХ), Памяти Попова (Ленинградский НИИСХ). Однако несмотря на эти достижения в селекционной работе с рожью имеется много нерешенных проблем.

По оценке А.А. Гончаренко (2000) до сих пор не удалось создать сорта ржи с высокой устойчивостью к снежной плесени, фузариозу стебля и колоса, мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине. Селекционеры РФ не добились заметного селекционного сдвига по скороспелости, зимостойкости и основным технологическим и хлебопекарным качествам зерна. Также не решена проблема фузариозного и бактериозного поражения зерна, которое снижает его посевные и пищевые качества. Относительно слабый прогресс в селекции новых сортов ржи по сравнению с другими культурами можно объяснить тем, что в селекции ржи до сих пор используются традиционные методы массового и семейного отбора, при которых отбираемый генотип контролируется только по материнской линии, а отцовский остается неизвестным. Недостаточно широко применяются такие методы как семейный отбор по методу резервов и метод парных скрещиваний. Данное обстоятельство существенно снижает эффективность популяционной селекции.

Особого внимания требует к себе задача создания зернофуражных сортов ржи. Расширение сферы кормового использования зерна ржи является важной проблемой во всех ржаносеющих странах мира (Т. Blumtritt, 2007). Причина

ограниченного использования зерна ржи как корма для животных состоит в том, что в нем содержатся вещества, снижающие ее питательные свойства (G.W. Wieringa, 1967; R. Misir, R.R. Marquardt, 1978). Главными из них являются некрахмальные полисахариды (пентозаны), водорастворимые формы которых ухудшают переваримость питательных веществ корма и, как следствие, продуктивность животных (M. Rakowska, 1996). Особенно чувствительны к ржаному корму моногастричные животные – птица и свиньи. В их желудочно-кишечном тракте пентозаны образуют высоковязкую среду, которая затрудняет доступ пищеварительных ферментов к химическим связям молекул белка, крахмала, жира и др., ограничивая их гидролиз и эффективность пищеварения (D. Boros, 2007).

Улучшение питательной ценности зернофуражной ржи – весьма важная селекционная задача. Долгое время сортовые различия по содержанию водорастворимых пентозанов обнаружить не удавалось. Интерес к селекционному улучшению кормовой пригодности ржи появился после того как в Польше K. Raczynska-Bojanowska, M. Rakowska et al. (1989) в опытах с крысами обнаружили отрицательную корреляцию между усвояемостью белка и содержанием водорастворимой полисахарид-протеиновой фракции в зерне инбредных линий ржи ($r=-0,82$). Содержание этой фракции у ржи было в 2 раза выше, чем у пшеницы и тритикале, в связи с чем авторы высказали мысль о необходимости селекционного улучшения переваримости белков ржи. Такую возможность вскоре продемонстрировали Л. Мадей с сотрудниками (1990), изучив более 600 инбредных линий ржи по содержанию неусвояемых некрахмальных полисахаридов и выделив из них четыре группы с различным соотношением полисахарид-протеиновых компонентов. Было сделано заключение, что высокий потенциал генетической изменчивости данного признака и высокая степень его наследуемости ($h^2=0.73$) достаточны для того, чтобы ставить задачу целенаправленного изменения биохимической структуры некрахмальных полисахаридов зерна ржи методами селекции.

В.Д. Кобылянским и О.В. Солодухиной (2012,а) разработана технология селекции низкопентозанной зернофуражной ржи и создания популяционных сортов для использования в комбикормовой промышленности. За основу разработки были взяты работы Ф.И. Дименштейна с сотрудниками (1958), в которых показано, что накопление основного количества пентозанов происходит в основном в покровах зерновки и алейроновом слое. Экспериментально был выявлен большой размах вариаций в популяции ржи по удельному весу оболочек от массы зерновки, позволяющий распознавать и отбирать формы растений с «тонкопокровным» зерном (В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина, 2013). Было обнаружено, что чем тоньше оболочка зерна, тем меньше в нем арабиноксиланов. Именно эта взаимосвязь была положена в основу идентификации низкопентозановых зерновок. Ввиду того, что тонкопокровные зерна заметно отличаются от толстопокровных, появилась возможность для визуального отбора низкопентозанных зерновок, не прибегая к их биохимической оценке. Также было установлено (В.Д. Кобылянский и О.В. Солодухина, 2012,б), что наследование низкого содержания водорастворимых арабиноксиланов имеет рецессивный характер. Были обнаружены низкопентозанные формы в 57 популяциях сортов отечественной селекции, на основании которых и были созданы несколько популяций-предсорт. Первые эксперименты по определению кормовой ценности созданных низкопентозанных сортов ржи показали, что их зерно охотно поедается и эффективно переваривается животными при отсутствии каких либо побочных эффектов (В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина, 2013).

Несмотря на технологические проблемы при использовании ржи в спиртовой промышленности она остается незаменимым сырьевым источником ввиду того, что в структуре себестоимости спирта 60-70% затрат приходится именно на сырье. Поэтому при использовании ржи в качестве сырья себестоимость спирта снижается на 20-30% (Н.П. Кириллова, М.Г. Кузнецов и др. 2002). Кроме того, благодаря своей высокой адаптивности к местным

агроклиматическим условиям, рожь может стать гарантированным полноценным источником сырья для спиртовой промышленности в северных регионах РФ, если производители спиртовой продукции получают сорта, отвечающие их требованиям. Эти сорта в первую очередь должны иметь повышенное содержание амилозы и амилопектина (1:1) и обладать высоким содержанием крахмала (более 65% на абсолютно сухое вещество), а также пониженное содержание некрахмалистых полисахаридов - менее 9% (И.М. Абрамова, 2011).

Обобщая все вышеизложенное, мы выделяем три основных направления селекции 1) селекция для целей хлебопечения, 2) селекция для кормового использования, 3) селекция для спиртового производства (рис.10).

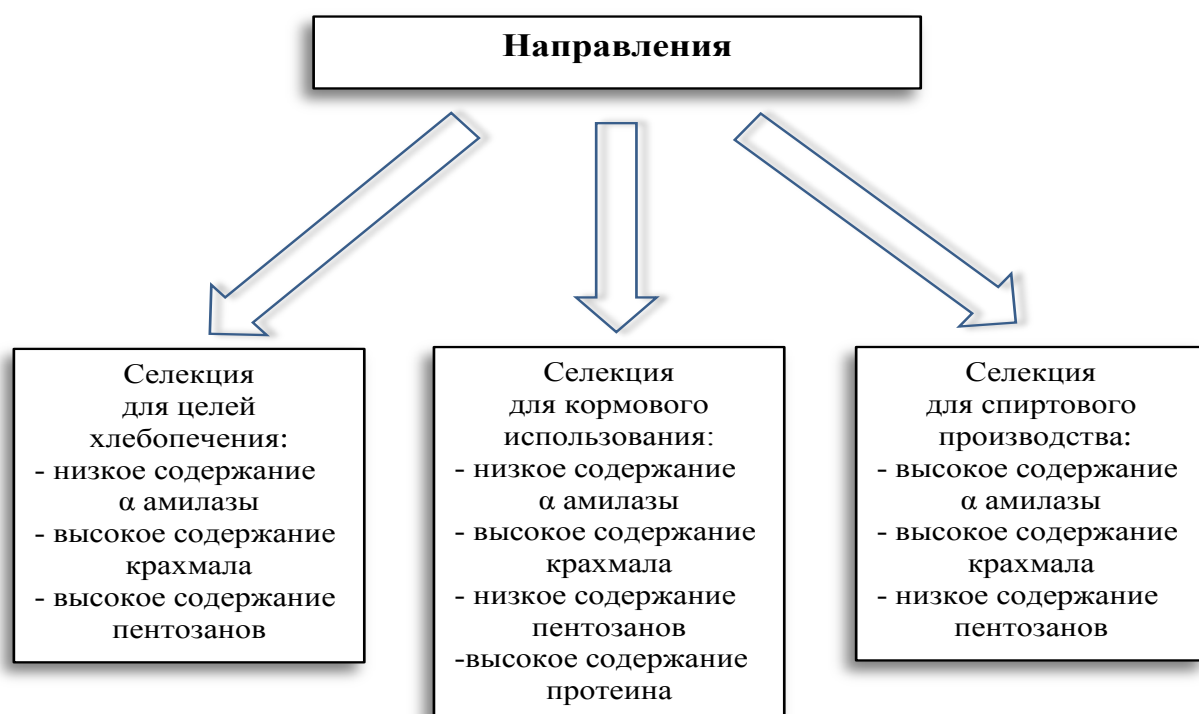


Рисунок 10 - Основные направления селекции озимой ржи на качество зерна в РФ.

Можно сказать, что нецелесообразно стремиться к созданию универсальных сортов ржи. Удовлетворить запросы потребителя будет легче, создавая сорта для целевого использования. Принципиально разные требования

к биохимическим свойствам зерна лежат в основе необходимости дифференцированного подхода к выбору тех или иных направлений селекции.

Однако независимо от направления селекции ржи основной задачей всегда будет повышение потенциала урожайности. Среди новых направлений в этом плане следует отметить исследования, ставящие своей целью изменение архитектоники растения для придания сортам устойчивости к неблагоприятным условиям (В.В. Чайкин, А.А. Тороп, С.А. Кузьменко и др., 2012,а). По мнению авторов, рожь существенно уступает другим зерновым колосовым по потенциалу урожайности и основной причиной этого является несовершенство архитектоники ржаного растения (В.В.Чайкин, Е.А. Тороп, А.А. Тороп, 2010). Оно состоит в недостаточной площади фотосинтезирующей поверхности в верхней его части и большое расстояние колоса от листьев, которые поставляют продукты ассимиляции. В результате этого рожь формирует недостаточно крупные зерновки. Работая в этом направлении, авторы создали ряд новых форм, среди которых по комплексу признаков выделилась Популяция 56, отличающаяся эректоидной ориентацией листьев. В дальнейшем при переопылении ее с прочно- и короткостебельными формами были получены эректоидные карлики, на основе которых были созданы сорта Таловская 41 и Таловская 42. В итоге авторами был создан принципиально новый морфотип озимой ржи, который ранее не встречался в природе. Он характеризуется коротким и прочным стеблем, крупными отходящими от стебля под острым углом листьями. Результаты испытаний показали, что эректоидные сорта обладают более высоким потенциалом продуктивности, чем обычные сорта. При этом новые морфотипы практически не снижают урожай надземной биомассы, несмотря на значительное сокращение длины соломины, в ней значительно увеличилась доля зерна. Установлено (В.В. Чайкин, А.А. Тороп, С.А. Кузьменко и др., 2012,б), что потенциал урожайности сортов созданных на основе новых морфотипов, превышает 9 т/га, что позволяет

рассматривать озимую рожь как надежную страховую культуру, устойчивую к комплексу неблагоприятных факторов окружающей среды.

В НИИСХ Юго-Востока (Саратов) с 1996 года ведется селекция озимой ржи на светлозерность (А.Н. Ковалева, Т.Я. Ермолаева, Н.Н. Нуждина и др. 2010). Мука из таких сортов имеет более светлый оттенок, из-за чего хлебный мякиш отличается от обычных сортов ржи светло-коричневым цветом. Новый белозерный сорт Иван, полученный в рамках этой программы, отличается от стандарта пониженным содержанием ингибитора трипсина, затрудняющего переваривание ржи, а потому пригоден не только для выпечки диетического хлеба, но и для производства комбикормов. Другой белозерный сорт «Памяти Бамбышева» существенно превысил сорт-стандарт Саратовская 7 по питательности зерна (Т.Я. Ермолаева, Н.Н. Нуждина, 2012). Авторы считают, что светлозерная рожь найдет более широкое использование в хлебопекарной и комбикормовой промышленности. Светлая мука может найти применение при приготовлении светлого сладкого ржаного хлеба, «американского» ржаного хлеба и других хлебобулочных изделий.

Рожь, как озимая культура, неразрывно связана с селекцией на зимостойкость и устойчивостью растений к снежной плесени. Наиболее актуально это направление для Северо-Западного и Северо-Восточных регионов (Н.О. Белугина, И.В. Сафронова, В.И. Хорева, 2009; Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина, Е.А. Шляхтина и др., 2012), Среднего Урала (Г.Н. Потапова, К.А. Галимов, П.Н. Худорожкова, 2012) и Западной Сибири (Н.П. Бражников, 2012). Именно здесь основным фактором, лимитирующим урожайность озимой ржи является зимостойкость, которая обусловлена развитием снежной плесени при продолжительном залегании снежного покрова, а также действием низких температур при его недостатке. Особенностью селекции на зимостойкость является использование в качестве исходного материала высокоадаптивных местных сортов и форм озимой ржи. Ярким примером тому служит создание высокозимостойких сортов Вятка и Вятка 2. Не случайно в Кировской области

сорта местной селекции занимают более 60% посевных площадей ржи (Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина, Е.А. Шляхтина и др. 2012).

Важной задачей в селекции ржи является создание сортов, толерантных к кислым почвам. Особенно актуально это направление для Северо-Востока Нечерноземной зоны РФ, где 80% пашни обладают повышенной кислотностью и имеют высокое содержание подвижных ионов Al^{3+} . С 1980-х годов эта работа ведется в НИИСХ Северо-Востока, где за последние годы созданы относительно выносливые к эдафическому стрессу сорта ржи Кировская 89 и Фаленская 4, не уступающие по толерантности адаптивному сорту Вятка 2 (Л.И. Кедрова, Ю.П. Савельев и др., 2000; Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина и др., 2008).

В сравнении с другими культурами рожь выделяется высокой засухоустойчивостью. По этой причине она широко возделывается на Юго-Востоке Европейской части России – один из самых засушливых регионов страны. Значительное потепление, наблюдаемое в последние годы, сопровождается еще большей засушливостью климата. Поэтому создание сортов ржи, устойчивых к засухе, является важнейшим направлением селекции. (У.С. Бамбышев, А.Н. Ковалева, 2000).

В настоящее время для решения многочисленных задач в селекции ржи широко используются различные методы, направленные на совершенствование селекционного процесса.

1.3.1. Массовый отбор.

Начало научной селекции озимой ржи в России положил Н.В. Рудницкий (1938), применив массовый отбор при создании сорта Вятка. Исходным материалом для его создания послужила местная крестьянская рожь из деревни Крысовская. Работу с будущим сортом начал С.Н. Косарев в 1894 году, но основная работа была проделана Н.В. Рудницким. После проведения первоначального улучшения исходного материала путем сортировки и отбора

семян на крупнозерность была начата селекционная работа путем массового отбора – сначала отдельных колосьев, а затем целых растений. Критерием отбора послужили продуктивность, крупнозерность, зимостойкость, неполегаяемость и устойчивость к поражению грибными болезнями. Несмотря на длительную селекционную работу, полученная Н.В. Рудницким популяция в целом сохранила сходство с исходным материалом. Но вегетационный период у сорта Вятка оказался несколько длиннее по сравнению с первоначальным. При этом сорт сохранил высокую зимостойкость исходного материала, устойчивость к грибным болезням и по урожайности превышал его на 37-46%. Позже из этого сорта по методике массового отбора был создан сорт Вятка 2 (Г.А. Баталова, 2003).

Методика массового отбора у ржи состоит в следующем: исходная популяция высевается на изолированном участке разреженным способом. В фазе полной спелости зерна проводится отбор растений по таким признакам как высота, кустистость, форма куста, поражение болезнями, озерненность колоса. Лучшие растения убирают отдельно, оставшиеся бракуют. Отобранные растения оценивают по продуктивности колоса и качеству зерна. Потомство лучших растений объединяют и проводят посев для следующего цикла отбора. После нескольких циклов такого отбора в популяции происходит сдвиг по степени выраженности селектируемого признака.

Массовый отбор дает хорошие результаты при селекции ржи на зимостойкость, особенно при проработке гибридных популяций, полученных от скрещивания контрастных по зимостойкости сортов. Этот метод был использован В.П. Пахомовой (1962, 1964, 1965); В.П. Пахомова и Д.М. Щербина (1967) при создании сорта Харьковская 60, который в свое время был широко распространен на Украине и в ряде областей РФ.

С помощью многократного массового отбора из переопыленной петкусской ржи селекционером Е.И. Михайловой (1969, 1971) был получен крупнозерный сорт Новозыбковская 4. Впоследствии из этого сорта был

выделен ряд биотипов ржи, давших начало группе новых сортов: Крупнозерная (крупнозерный биотип), Стекловидная (стекловидный биотип), Белозерная (белозерный биотип), Новозыбковская 24 (желтозерный биотип).

Также методом массового отбора были получены сорта ржи Веселоподолянская, Безенчукская желтозерная, Тульская 1, Триумф, Манычская, Удинская, Ситниковская, Бурятская, Камалинская 13 и другие (А.П. Иванов, 1961).

Эффективность массового отбора объясняется тем, что он дает возможность относительно быстро улучшить исходный материал по целому ряду признаков. Это проявляется особенно тогда, когда морфологические признаки в популяции широко варьируют и ее легко разбить на отдельные группы биотипов. Поэтому генетически разнородные исходные популяции представляют собой ценный материал для анализа их массовым отбором. Именно поэтому сорта народной селекции дали богатейший исходный материал для отечественной селекции озимой ржи. Преимущество этого метода заключается в том, что отбор можно проводить ежегодно в каждом поколении (Г.В. Гуляев, 1977).

Однако этот метод имеет свои недостатки. Суть их сводится к тому, что в данном случае отбор ведется исключительно по фенотипу растения. Но степень совпадения фенотипа с генотипом зачастую бывает относительно низкой и часто за хорошим фенотипом скрывается плохой генотип и наоборот. Поэтому при использовании массового отбора, особенно по признакам, которые сильно модифицируют, успех бывает незначительным. Основным недостатком массового отбора заключается в том, что он не предполагает проверку отбираемых растений по потомству и не позволяет выделить из популяции наиболее ценные в селекционном плане генотипы. Поскольку он основан лишь на фенотипическом проявлении признаков, а наследуемость многих из них в большинстве случаев бывает низкой, то прогресс в улучшении популяции достигается относительно медленно. Более эффективным в этом отношении

является индивидуальный отбор, в частности, один из его вариантов – семейный отбор.

1.3.2. Семейный отбор.

В селекции аллогамных растений семейный отбор впервые применил и описал Л. Вильморен в 1856 г. при работе с сахарной свеклой (цит. по Ф. Бриггс, П. Ноулз, 1972). Обязательным условием в его работе было правило никогда не смешивать семена с разных растений, даже если по фенотипу они были совершенно одинаковы. Позже эту методику в своей работе применили В. Римпау и Ф. фон Лохов (М.И. Хаджинов, Б.А. Паншин, 1935; W. Laube and F. Quadt, 1955). Благодаря ей эффективность селекции ржи поднялась на более высокий уровень. Многократный и целенаправленный семейный отбор позволяет полнее использовать индивидуальные отклонения растений от популяционной средней и благодаря этому получать довольно значительные сдвиги в желаемом направлении (А.И. Купцов, 1971).

Семейный отбор начинается с выделения лучших растений внутри популяции. Потомство каждого из них высевается на отдельных делянках отдельно по семьям. На следующий год семьи сравнивают между собой, используя среднюю величину признака для всей популяции в данном году. Худшие семьи бракуют, а из лучших семей снова отбирают лучшие растения для посева в селекционном питомнике следующего года. Таким образом, сущность метода заключается в последовательно повторяемом отборе лучших элитных растений из лучших семей. Ключевым моментом является тот факт, что из поколения в поколение отбираются лучшие материнские растения и параллельно исключаются худшие генотипы из числа возможных опылителей. Худшие семьи бракуют целиком, даже если в семье имеются растения с нужными признаками. Принципиальная разница между семейным и массовым отбором состоит в том, что при семейном отборе вопрос о выборе отдельных растений находится в прямой зависимости от качества семей, членами которых

они являются, а при массовом отборе будут отобраны практически все хорошие растения с высокими оценками по фенотипу. В то же время эти два метода имеют одну общую деталь – в обоих случаях селекционеру известен только генотип материнского растения, а отцовский источник пыльцы остается неизвестным. Можно привести показательный пример преимущества семейного отбора над массовым. В. Римпау для выведения Шланштедской ржи путем массового отбора понадобилось более тридцати лет, в то же время Ф. ф. Лохов при создании Петкусской ржи методом семейного отбора достиг более значительных результатов за меньший срок (Х. Шмальц, 1973).

С использованием семейного отбора были созданы сорта Вятка московская, Фаленская, Тулунская зеленозерная, Полесская, Таращанская 2, Таращанская 4, Сангасте, Йыгева 112, Приекульская, Волжанка, Саратовская 1, Саратовская крупнозерная, Зима, Саратовская 4, Харьковская 55, Харьковская 60, Чишминская 2, Чишминская 3, Уральская и другие. Некоторые из перечисленных выше сортов отличаются сравнительно высоким селекционным совершенством по таким признакам как экологическая пластичность, высокая зимостойкость и урожайность. Удачное сочетание этих свойств характерно для таких сортов как Вятка 2, Харьковская 55, Харьковская 60, Саратовская 4. Методом семейного отбора из гибридной популяции получен сорт Волхова, отличающийся устойчивостью к полеганию и комплексной устойчивостью к грибным болезням. Именно это обеспечило в свое время их широкое распространение в производстве (Н.Г. Пугач, В.Д. Кобылянский и др., 2000).

С помощью многократных отборов устойчивых биотипов на инфекционных фонах и последующих контролируемых переопылений создан сорт Снежана, сочетающий высокую продуктивность, зимостойкость и устойчивость к полеганию с толерантностью к снежной плесени, мучнистой росе и бурой ржавчине (Л.И. Кедрова, Ю.П. Савельев и др., 2003). Методом индивидуально-семейного отбора из сорта Фаленская 4 получены сорта Рушник (отличается высокой зимостойкостью, адаптивностью к эдафическому

стрессу, продуктивностью и качеством зерна) и сорт Флора - обладающий высокой зимостойкостью и интенсивной регенерацией после поражения снежной плесенью (Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина и др., 2008).

1.3.3. Семейный отбор по методу резервов.

Несмотря на бесспорные преимущества, семейный отбор имеет свои недостатки. Основной из них состоит в том, что семена отбираемых лучших растений происходят от опыления, в котором участвуют все растения селекционного питомника, в том числе и худшие, которые затем бракуются. Это снижает эффективность отбора. В селекционной работе с рожью очень важно не только правильно провести отбор лучших материнских растений, но и подобрать такие отцовские растения – опылители, которые бы не ухудшали, а улучшали наследственные свойства будущего потомства. Данные практической селекции подтверждают, что эффективность семейного отбора будет выше, если он связан с контролируемым опылением, при котором забракованные потомства не участвуют в переопылении с лучшими семьями. Это нежелательное влияние худших растений можно было бы устранить путем негативного отбора до их цветения. Но такую браковку очень трудно провести по всем селектируемым признакам. А по такому важному признаку как продуктивность она невозможна ввиду того, что ее можно оценить лишь после уборки растений.

Для решения этой проблемы был разработан более совершенный вариант семейного отбора – метод резервов, позволяющий осуществить контролируемое опыление при отборе. Впервые этот метод был разработан и применен в 1897 году Хопкинсом на кукурузе и получил название початкорядный отбор (цит. по Ф Бригс, П. Ноулз, 1972). На практике техника этого метода выглядела следующим образом. Часть семян от каждого початка высевалась на отдельный рядок для испытания потомства, а оставшаяся часть хранилась в резерве. После оценки потомств проводили объединение семян

только от лучших початков, отобранных по результатам испытания. Таким образом, получался двухгодичный цикл. После серии таких циклов Хопкинс добился значительного увеличения содержания белка и жира в зерне кукурузы.

В селекции ржи метод резервов впервые применил в 1921 году В. Лаубе в имении Петкус (Германия). Благодаря своим достоинствам этот метод в различных вариациях и в настоящее время широко используется в селекции ржи (W. Laube and F. Quadts, 1955).

Отбор по методу резервов проводится следующим образом. В фазе полной спелости проводят отбор лучших растений путем глазомерной оценки, помечают отобранные растения метками и после уборки подвергают их лабораторному анализу. Часть семян от лучших растений используют для посева на трехрядковых делянках (по 100-150 зерен на делянку), а другую часть семенного материала оставляют в резерве. Испытание семей проводится по таким признакам как зимостойкость, высота растений, устойчивость к полеганию, продуктивность семей, поражение болезнями, качество зерна и др. В идеале для надежной оценки потомства исходного растения желательным элементом является испытание его в нескольких экологических точках, различающихся между собой почвенно-климатическими условиями. При этом семена с делянок полевого испытания используются только для учета урожая и оценки его качества. На третий год резервные семена лучших семей высевают на изолированном участке для переопыления, дополнительного изучения и повторного отбора элитных растений.

Метод резерва при длительном и систематическом его применении позволяет добиться в популяции существенных сдвигов в нужном направлении (Х. Шмальц, 1973; И. Кехлинг, 1979). Даже однократный отбор семей по методу резервов, является средством улучшения популяций по многим селективируемым признакам (А.А. Гончаренко, В.М. Фокина, 1977, 1979). В сравнении с массовым отбором он дает возможность лучше использовать наследственные возможности отдельных элитных растений. При семейном

отборе по методу резервов цикл отбора длится в два раза дольше, чем при обычном отборе семей. Но этот недостаток компенсируется тем, что каждый цикл отбора дает значительно более существенное улучшение популяции, чем каждый цикл простого семейного отбора. В итоге за один и тот же период времени семейный отбор по методу резервов дает более быстрое улучшение популяции при большей устойчивости признаков и свойств. Примером эффективного использования метода половинок является создание высокоурожайного сорта ржи Восход 1, полученного из сложной гибридной популяции (Ф.Т. Кондратенко А.А. Гончаренко, А.А. Морозов, 1975). При потенциале урожайности свыше 60 ц/га сорт обладал высокой зимостойкостью и устойчивостью к полеганию. Благодаря этому он получил высокую оценку на производственных посевах и был распространен в 16 областях РФ, а также в Белоруссии и Латвии. В дальнейшем метод резервов использовался в селекции всех сортов озимой ржи, полученных в Московском НИИСХ “Немчиновка” – Восход 2, Крона, Пурга, Валдай, Альфа, Память Кондратенко, Татьяна, Роксана, Грань, Парча, Московская 12, Московская 15.

1.3.4. Межсортовая гибридизация.

Метод внутривидовой (межсортовой) гибридизации в селекции озимой ржи занимает важнейшее место. Его применение позволяет в одном гибридном потомстве достигнуть сочетания ценных признаков и свойств двух или нескольких родителей, что существенно расширяет возможности последующего отбора. Также с его помощью возможно усиление многих ценных признаков у гибридов по сравнению с родительскими формами. Успех гибридизации во многом определяется правильным подбором исходных родительских пар и в основе его лежат принципы эколого-географических различий и степень выраженности хозяйственно-ценных признаков у родительских форм (Г.В. Гуляев, 1977).

При подборе пар по эколого-географическому принципу задача состоит в том, чтобы объединить в нужном сочетании признаки географически и экологически отдаленных сортов в новом гибридном материале. При этом ценность сортов, принадлежащих к тому или иному экотипу, определяется не степенью их географического удаления от места скрещивания, а генетическими различиями и наличием у них таких признаков и свойств, которые отбор мог создать только в соответствующих почвенно-климатических условиях той или иной местности.

При подборе сортов для скрещивания необходимо также учитывать морфологическую выраженность признаков у родительских сортов и характер их наследования в гибридном потомстве. Если наследование признака изучено, то его особенности должны учитываться при выборе схем скрещивания. В противном случае метод гибридизации не даст ожидаемого эффекта. Ф.Т. Кондратенко (1967) выявил существенные различия между сортами в наследственной передаче признака короткостебельности. Автором было установлено, что этот признак усиливается при использовании многократных насыщающих скрещиваний отцовскими короткостебельными сортами. Возможно также при целенаправленной селекции включать в скрещивание не популяцию в целом, а потомства отдельных растений, отобранные по определенному признаку (короткостебельность, засухоустойчивость, морозостойкость, иммунитет и др.).

Метод межсортной гибридизации широко используется и в настоящее время. С его помощью создан ряд высокопродуктивных сортов ржи: Балтия, Литовская 3, Стендская 2, Таращанская 4, Сангасте, Немчиновская 50, Комбайниняй, Гибрид 173, Харьковская 60, Безенчукская 3, Восход 1, Восход 2, Крона, Таловская 12, Кировская 89, Фаленская 4, Снежанна, Нейва, Волна, Пышма (А.А. Гончаренко, 2014).

Выбор схемы скрещивания определяется рядом условий, в первую очередь конечной целью селекции и особенностью наследования

селектируемого признака. Учитывая то, что рожь является аллогамным растением, гибридизацию желательно проводить в больших масштабах, привлекая в скрещивание достаточное количество растений. В противном случае всякое ограничение родоначальных форм отрицательно сказывается на ржи и не обеспечивает полного проявления основных свойств популяции (В.П. Пахомова, Д.М. Щербина, 1967). В этом отношении особенно эффективным является сочетание метода межсортовой гибридизации и метода поликросса с последующей оценкой семей на ОКС. Метод поликросса дает возможность поддерживать определенный уровень гетерозиса в сорте-синтетике и сохранять в течении продолжительного времени его хозяйственно-полезные признаки (Э.П. Урбан, Т.В. Бирюкович, Д.Ю. Артюх, 2012).

Как вариант внутривидовой гибридизации в селекции озимой ржи применяется свободное межсортовое переопыление. В отечественной литературе этот прием получил название - метод сложных гибридных популяций (А.А. Краснюк, 1948). Он широко используется в НИИСХ Юго-Востока, Башкирском НИИСХ и др. Методика его проведения состоит в следующем - на изолированном участке высевают предварительно отобранные в качестве родителей сорта и формы озимой ржи. После свободного переопыления растений в пределах каждого сорта проводят многократный индивидуальный отбор растений. Лучшие и однотипные по хозяйственно-ценным признакам растения объединяются в сложную популяцию, в которой родительские формы не смешиваются, а высеваются отдельно в определенном соотношении. Однако необходимо учитывать, что такая методика не дает полной (100%) гибридности полученных семян. О.Л. Юрьева, С.П. Еременко, Р.З. Мамедов (2003), анализируя результаты изучения многих гибридов от межсортового переопыления у ржи, пришли к выводу, что проявление низкого уровня межсортового гетерозиса связано с тем, что доля гибридных семян от свободного переопыления в лучшем случае составляет 50-60%.

Тем не менее этим методом получены все сорта ржи Саратовской селекции – Саратовская 4, Саратовская 5, Саратовская 6, Саратовская 7. Аналогичным образом был создан сорт Чулпан в Башкирском НИИСХ, получивший широкое распространение в производстве (около 30% посева ржи в СССР). Исходным материалом для него послужила сложная гибридная популяция от свободного переопыления 18 различных сортов и форм ржи (С.А. Кунакбаев, Н.И. Лещенко, 1976). Используя метод сложных гибридных популяций в Самарском НИИСХ (Безенчук) был создан сорт Безенчукская 87, обладающий не только высокой продуктивностью, но и повышенной зимостойкостью, засухоустойчивостью и жаростойкостью (Н.В. Михайлов, Г.А. Сюкова, А.А. Бишарев, 2000).

Межсортовое переопыление способствует повышению урожайности и зимостойкости сортов, а также крупнозерности, особенно у мелкозерных сортов (Г.И. Попов, В.Т. Васько, 1979). Если сорта будут относиться к генетически отдаленным популяциям, то в этом случае повышение уровня урожайности гибридной популяции будет выше продуктивности исходных форм на 10-20% (L. Nepting, 1978).

Гетерозиготность и многокомпонентность – две основы поддержания гетерозисного состояния популяции озимой ржи и расширения возможностей для индивидуальных отборов (М.Л. Пономарева и С.Н. Пономарев, 2003). Авторы на основании результатов своих исследований предложили методику формирования сложной гибридной популяции. Одним из неперенных условий создания нового сорта было поддержание значительного уровня гетерозиготности растений и широкой генетической основы сортовой популяции. Запас генетической изменчивости создавался за счет высева в одном питомнике семей разных лет урожая и проработанности. Авторы пришли к выводу, что оптимальным для достижения высокой продуктивности, пластичности и адаптивных свойств популяции являются два цикла направленного поликросса специально подобранных по комбинационной

способности образцов и форм. Результатом применения методики стало создание сортов Татарская 1, Эстафета Татарстана, Радонь и Огонек.

1.3.5. Селекция синтетических сортов.

Создание синтетических сортов у ржи рассматривается как более совершенный селекционный прием, чем селекция обычных свободноопыляющихся сортов (Ф. Бриггс, П. Ноулз, 1972; Н.Н. Geiger, 1975; U. Schmiechen, 1979). Основное преимущество этого метода заключается в возможности использования внутривидового эффекта гетерозиса в ряде поколений (О.О. Кедров-Зихман, 1974).

Многие исследователи (О.О. Кедров-Зихман, 1973, 1974; Н.В. Турбин, Л.Н. Хотылева, Л.Н. Каминская, 1976; А.А. Гончаренко, 1977,а; L. Jestin, A. Berbigier, 1978; G. Wricke, W.E. Weber, 1978; U. Schmiechen, 1979) считают, что относительное постоянство генотипического состава в популяции синтетических сортов может обеспечить сохранение определенного уровня гетерозиса в нескольких поколениях. Лучшим средством для достижения такой цели является получение синтетических сортов, которые в этом отношении занимают среднее значение между свободноопыляющимися сортами и гетерозисными гибридами F_1 . Обычные панмиктические сорта не позволяют селекционеру в максимальной степени использовать тот уровень продуктивности, который проявляется в гетерозисных комбинациях. При семейном отборе он может только приблизить частоту благоприятных генов постепенно до того уровня, при котором по закону панмиксии достигается максимальная мощность, определяемая складывающейся генотипической структурой популяции. Н.Н. Geiger (1975) считает, что селекция свободноопыляющихся сортов позволяет использовать средний уровень продуктивности популяций, а селекция гибридных сортов – максимальный уровень продуктивности, который обуславливается гетерозисным эффектом. Возможности селекции синтетических сортов размещаются между ними.

Впервые на возможность практического использования синтетических сортов указали Н.К. Hayes and R.J. Garber (1919). Основное преимущество таких сортов в том, что при их использовании отпадает необходимость ежегодного получения гибридных семян. Создание таких сортов авторы рекомендовали для некоторых областей кукурузного пояса США, где урожаи были слишком низкими для того, чтобы окупать стоимость гибридных семян.

Под понятием «синтетический сорт» большинство исследователей обычно подразумевают смешанный материал, полученный в конце каждого цикла периодического отбора (М.И. Хаджинов, Б.А. Паншин, 1935; Н. М. Tysdal and Bliss H. Crandall, 1948; W. Hoffmann, 1956). Ф Бриггс и П. Ноулз (1972) предлагают ограничить смысл этого термина и называть синтетическим такой сорт перекрестноопыляющейся культуры, который получен в результате переопыления клонов, линий или иных популяций, подвергнутых испытанию на комбинационную способность. Большинство создаваемых в настоящее время синтетических сортов ржи соответствуют именно этому определению. Оно позволяет отличать синтетические сорта от тех, которые получены путем механического смешивания продуктов отбора без учёта того, как каждый из них будет комбинироваться с остальными.

Методом синтетической селекции на базе объединения семи поликроссных семей с высокой общей комбинационной способностью получен сорт ржи Восход 2, показавший высокий потенциал урожайности и лучшую устойчивость к поражению снежной плесенью (А.А. Гончаренко, Ф.Т. Кондратенко, 1981).

В Башкирском НИИСХ (А.Х. Шакирзянов, Н.И. Лещенко, А.И. Юсупова и др., 2003) при создании короткостебельных сортов ржи выявлена высокая эффективность метода формирования сложных синтетических популяций за счет лучших биотипов из большого числа разноекологических гибридов, выделяемых при систематическом жестком отборе в разнообразно складывающихся погодных условиях (Н.И. Лещенко, А.Х. Шакирзянов и др.

2012). Выведенные этим методом сорта Чулпан, Чулпан 3, Чулпан 7 характеризуются не только короткостебельностью, но и высокой урожайностью, засухоустойчивостью, устойчивостью к полеганию, высокими технологическими качествами зерна.

Применяя методы поликросса и топкросса, в НИИСХ Северо-Востока (Киров) выявлены ценные биотипы с высокой ОКС, дающие при переопылении экономически значимый гетерозис. На их основе создан новый сорт – синтетик Триумф (Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина и др. 2008).

1.3.6. Селекция гетерозисных гибридов F_1 на основе ЦМС.

Использование гетерозиса у ржи является наиболее перспективным методом улучшения культуры (Н.Д. Мухин, 1965; И.А. Панченко, 1972; О.О. Кедров-Зихман, 1974; В.Д. Кобылянский, 1975; В.И. Худоерко, И.А. Панченко, 1975; R.F. Peterson, 1934; W. Hoffman, 1956; G. Wricke, 1973; Н.Н. Geiger, 1975; G. J. Scoles, L. E. Evans, 1978; L. Jestin, A. Verbigier 1978; Н.Н. Geiger and K. Morgenstern, 1979). Использование гибридных сортов дает возможность достигнуть более высокого уровня урожайности, а также способствует повышению стабильности урожаев зерна этой культуры (Д.Д. Брежнев, 1975). Установлено, что гетерозисный эффект проявляется по многим признакам ржи, включая морфологические, физиологические и биохимические. Фактически он затрагивает такие признаки как урожай зерна и зеленой массы, зимостойкость, длина стебля, кустистость, озерненность колоса, масса 1000 зерен, прочность соломины, ее устойчивость к полеганию и другие (В.Д. Кобылянский, Ю.А. Косов, 1971; Т.И. Дидовик, 1974; Ф.Т. Кондратенко, А.А. Морозов, 1975; Г.А. Ильичев, 1980).

Проявление эффекта гетерозиса по урожаю зерна при межсортовых и межлинейных скрещиваниях констатировали более 100 лет назад С. Fruwirth (1913) и К. Rumker und R. Leidner (1914). Авторы пришли к выводу, что рожь обнаруживает примерно такой уровень гетерозиса, какой в свой время нашли

американские исследователи на кукурузе. При скрещивании самоопыленных линий они также наблюдали превосходство гибридов над родительскими формами. В большинстве последующих исследований был представлен большой цифровой материал относительно частоты и степени проявления гетерозисного эффекта по различным признакам (В.Д. Кобылянский, Ю.А. Косов, 1971; И.А. Панченко, 1972; Т.И. Дидовик, 1974; В.Д. Кобылянский, 1974; Ф.Т. Кондратенко, А.А. Морозов, 1975; Н.С. Лапиков, 1975; Л. Мадей, 1975; П.Ф. Ключко, А.А. Белоусов, 1975; В.И. Худоерко, И.А. Панченко, 1975; Г.А. Ильичев, 1980; A. Muntzig, 1943,a; F.G. Mengersen, 1950; A. Hagberg, 1952).

Наиболее обширные исследования по гетерозису у ржи проведены в ВИРе. Изучив большое количество межсортовых и сортолинейных гибридов, В.Д. Кобылянский с сотрудниками (В.Д. Кобылянский, 1975; В.Д. Кобылянский, Н.С. Лапиков, 1976; В.Д. Кобылянский, Н.С. Лапиков, А.Г. Катерова, 1979) установили, что уровень истинного гетерозиса у ржи при межсортовых скрещиваниях варьирует в пределах 29-45%, а конкурсного – 24-49%. По мнению В.Д. Кобылянского (1974) уровень конкурсного гетерозиса является важным показателем при оценке пригодности и экономической эффективности использования того или иного гибрида в производстве. Наиболее часто гетерозис по урожайности проявляется у гибридов от скрещивания экологически отдаленных форм, различающихся по биологическим признакам и структуре урожая. Конкурсный гетерозис наблюдали у 16-55% изученных гибридов, в том числе 11% гибридов показали высокий экономически значимый гетерозис – более 25% к урожаю стандарта (В.Д. Кобылянский, А.Г. Катерова, Н.С. Лапиков, 1978). Величина и частота проявления гетерозиса были более высокими в том случае, если в качестве одного из родителей использовали адаптированный к местным условиям сорт Вятка 2, а в качестве другого – высокоурожайный инорайонный сорт. Основными свойствами высокоурожайных гибридов, проявивших гетерозис,

являются: высокая адаптивность к условиям выращивания, высокая продуктивная кустистость, увеличение числа зерен в колосе и крупность семян.

В поколении F_2 продуктивность межсортовых гибридов существенно (на 10-30%) снижалась. Была экспериментально показана высокая степень варьирования гетерозисного эффекта в зависимости от условий года и места выращивания гибридов (В.Д. Кобылянский, А.Г. Катерова, Н.С. Лапиков, 1978). В связи с этим практический интерес представляют те межсортовые гибриды, которые обладают высокой и устойчивой урожайностью в различные по условиям вегетации годы. Установлено, что для гибридов F_1 свойственна меньшая по сравнению со стандартом изменчивость урожая в различные годы, что указывает на более высокую адаптацию гетерозисных гибридов по сравнению с лучшими популяционными сортами. Был сделан вывод, что наибольшую ценность представляют те гибриды, которые получены от скрещивания сортов, близких по продуктивности к стандарту (В.Д. Кобылянский, А.Г. Катерова, Н.С. Лапиков, 1978).

В опытах Н.С. Лапикова (1973, 1974, 1975) лучшие гетерозисные комбинации превышали сорт стандарт Вятка 2 по урожайности зерна до 132%. Причем увеличение гибридной мощности было не только по урожаю зерна, но и по урожаю соломы с делянки. При этом величина гетерозиса зависела от условий выращивания и наибольшее его проявление наблюдалось в годы с неблагоприятными условиями перезимовки. Также было отмечено, что эффект гетерозиса у межсортовых гибридов ржи большей частью был обусловлен специфической комбинационной способностью. Предполагалось, что при использовании в качестве материнских форм с высокой СКС можно получать сортолинейные гибриды с высоким уровнем гетерозиса.

Исследования по гетерозису у ржи на межсортовом уровне проводились в Украинском НИИ растениеводства, селекции и генетики им. В.Я. Юрьева. Изучение гетерозиса у межсортовых, сортолинейных и межлинейных гибридов показало, что максимальное его проявление - 40%, отмечено у сортолинейных

гибридов (В.И. Худоерко, И.А. Панченко, 1975). В опытах Всесоюзного селекционно-генетического института с гибридами озимой ржи было отмечено, что наиболее высокий уровень гетерозиса наблюдается только у гибридов первого поколения (П.Ф. Ключко, А.А. Белоусов, 1974, 1975). Комбинационную ценность сортов в условиях Северо-Востока изучали Л.И. Кедрова и В.М. Бебякин (1972). Исследованием гетерозиса у межсортовых гибридов в НИИСХ Центральных районов Нечерноземной зоны занимались Ф.Т. Кондратенко и А.А. Морозов (1975). На основе проделанной работы был сделан вывод, что уровень проявления гетерозиса не всегда связан с географической удаленностью родительских сортов, а большей частью зависит от их генетических различий и уровня гетерозиготности.

За рубежом в этом направлении в те годы работа наиболее активно проводилась в Германии (Н.Н. Geiger and F.W. Schnell, 1973; Н.Н. Geiger and K. Morgenstern, 1979; A. Winkel, H.W. Muller, G. Grabow, 1979), Польше (Л. Мадей, 1975; М. Lapinski, 1976). Было показано, что использование гибридных сортов озимой ржи может быть перспективным, так как обнаружены значительные различия в степени проявления гибридного эффекта и причина их связана с генетической разнородностью скрещиваемых форм. При этом установлено, что для получения максимального эффекта гетерозиса материнская и отцовская формы должны происходить из генетически неродственных популяций.

В настоящее время работа с гибридной рожью перенесена с межсортового уровня на межлинейный. Она основана на последовательном инбридинге самофертильных растений с целью получения инбредных линий и на использовании цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС).

Влияние цитоплазмы на проявление мужской стерильности у ржи впервые обнаружил и описал Патт (E.D. Putt, 1954). Затем формы ржи с ЦМС обнаружили В.Д. Кобылянский (1962), Э.С. Чеховская (1965), А.Ф. Здрилько (1966), Н. Geiger and F.W. Schnell, (1970), Л. Мадей (1975). Источники ЦМС,

обнаруженные отечественными исследователями, В.Д. Кобылянский, А.Г. Катерова, Н.С. Лапиков, (1978) предложили объединить в один тип “R” – «русский», ввиду их сходной реакции на гены восстановители фертильности “Rf”. Другой тип ЦМС был обнаружен в ФРГ Н. Geiger and F.W. Schnell, (1970) в потомстве 4 гибридных линий S_1 , полученных из гибридной популяции от скрещивания аргентинского сорта ржи Rampra с инбредной линией S_1 сорта Petkuser Normal. Этот тип был обозначен символом “P”- «rampra». Несколько позже К. Adolf, A. Winkel (1985) обнаружили еще один спонтанный тип ЦМС, названный ими G-тип (Gulzower). Однако В.Д. Кобылянский, Н.С. Лапиков и др. (1990) считают, что так как закрепители и восстановители P-типа действуют по отношению к G-типу ЦМС как восстановители, а подобное явление отмечено при действии P-типа к R-типу, то было сделано заключение, что ЦМС R- и G типа аналогичны. Позже были выявлены различия между гибридами с участием систем ЦМС P- и G- типов, связанные с разным индексом восстановления фертильности пыльцы. И.А. Гордей, С.И. Гордей, Э.П. Урбан (2008) в своей работе отмечают, что эффект генов самофертильности сильнее выражен у гетерозисных гибридов F_1 , полученных на базе G-типа. Но широкое распространение ЦМС P-типа, открытой Н. Geiger and F.W. Schnell (1970), объясняется более высокой частотой генов закрепления стерильности в популяциях ржи, в связи с чем MC-формы легко поддерживать при размножении. На основе ЦМС P-типа в университете Хохенхайм (Германия) были получены и зарегистрированы в 1984 г. первые коммерческие гибриды ржи – Аккорд, Актион и Форте. По продуктивности они превосходили популяционные сорта - стандарты в среднем на 11% (Н. Wortmann, 1987). Принципиальная схема создания гибридных сортов ржи показана на рис.11.

Селекционная работа при создании гибридного сорта ведется двумя параллельными потоками. Одна часть работы направлена на создание высокопродуктивных инцухт линий и их стерильных аналогов. Целью другой части работы является создание высокоэффективных восстановителей

фертильности. В завершающей части достаточно длительного селекционного процесса на основе полученного материала создается коммерческий гетерозисный гибрид.

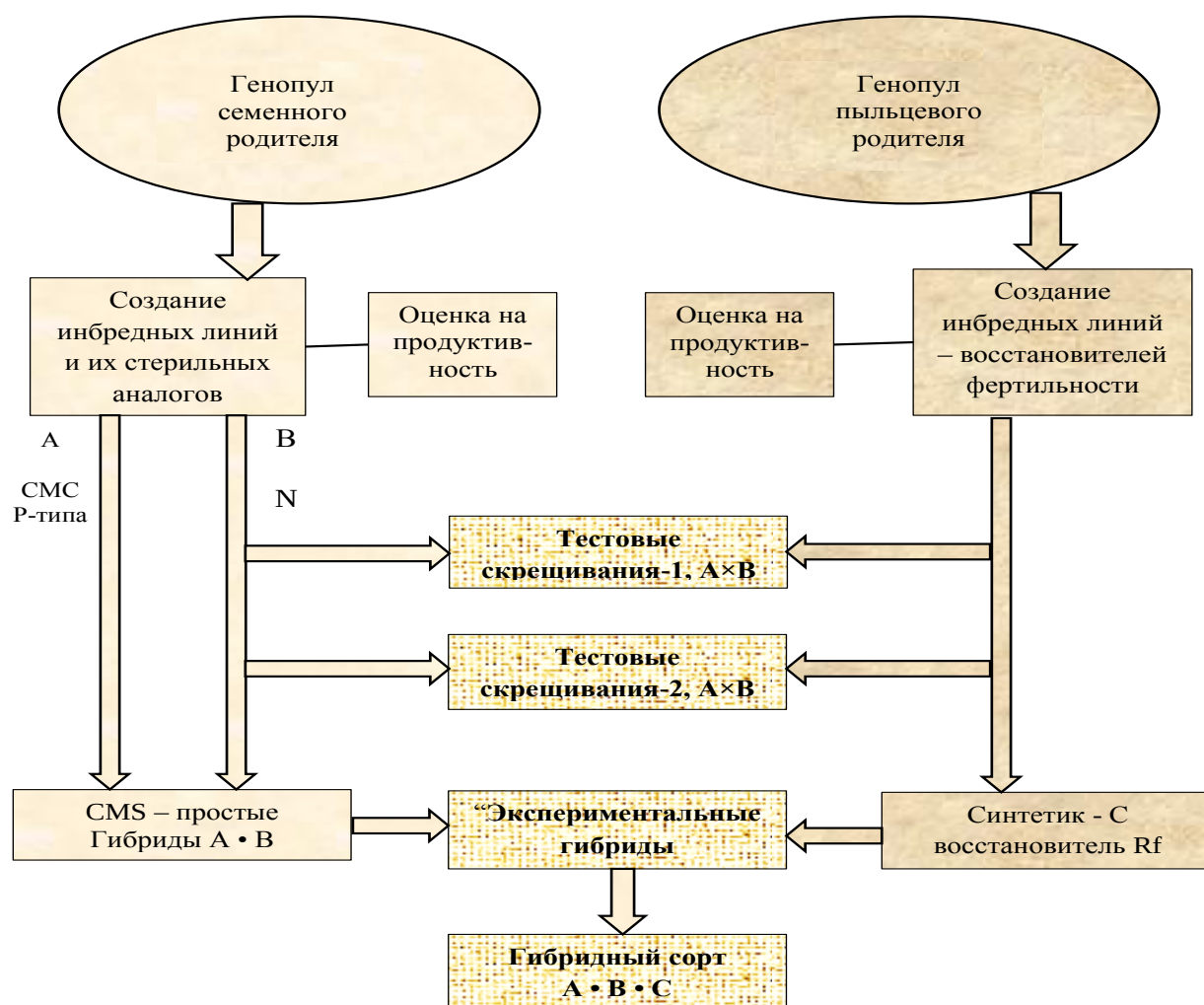


Рисунок 11 - Принципиальная схема селекции гибридных сортов озимой ржи на основе CMS (по Н.Н. Geiger, 2007)

Детально работа по созданию компонентов гибридного сорта представлена на рис. 12. На предварительном этапе при создании инцухт линий проводится подбор исходного материала. Это может быть популяционный материал или простые гибриды. Особенность подбора состоит в том, что для получения максимального гетерозиса родительские формы необходимо подбирать так, чтобы они относились к неродственным генопулам (Н.Н. Geiger, 2007).

В Германии при создании гетерозисных гибридов используют два генопула – Carsten и Petkus. В Московском НИИСХ подбор компонентов для гибридной ржи ведется на базе сортов немчиновской, вятской и саратовской селекции.

Год	Получение инбредных линий и их стерильных аналогов		Получение восстановителей фертильности	
1	Скрещивание родительских линий		Скрещивание родительских линий	
2	S ₀		S ₀	
3	S ₁		S ₁	
4		S ₂ L <i>per se</i>		S ₂ L <i>per se</i>
5	CMS-L × S ₂		S ₂ L	T _{cms} × S ₂ L
6	BC ₀ ×S ₃			T _{cms} • S ₂ L
7	S ₄	BC ₁ L × T _{Rf}	S ₂ L × S ₂ L	T _{cms} × (S ₂ L) ²
8	BC ₁ ×S ₅	BC ₁ L • T _{Rf}	Syn-0	T _{cms} • (S ₂ L) ²
9	BC ₂ ×S ₆	BC ₂ L × T' _{Rf}	Размножение синтетиков Rf и получение экспериментальных гибридов	
10	BC ₃ ×S ₇	BC ₂ L • T' _{Rf}		
11	Продолжение возвратных скрещиваний и получение экспериментальных гибридов			

Рисунок 12 - Схема селекции основных компонентов гибридного сорта озимой ржи (по Н.Н. Geiger and T. Miedaner, 2009).

В первый год проводится скрещивание родительских форм. На второй и третий год, растения последовательно самоопыляют под пергаментными изоляторами. На четвертый год работы проводится оценка полученных линии S_2 на продуктивность и другие целевые признаки с целью выявить лучшие генотипы для создания стерильных аналогов на основе ЦМС. Перевод на стерильную основу осуществляется серией из четырех беккроссов (6-й, 8, 9 и 10 годы). Источником стерильности Ратпра-типа может быть стерильная линия или простой межлинейный гибрид. Обязательным условием при проведении

каждого беккрасса является проверка потомства на степень удержания стерильности. Обычно она проводится в полевых условиях перед началом цветения растений. Оценка стерильности проводится визуально по степени затемнения цветковых чешуй. Класс стерильности растений проводится по 9 балльной шкале (табл. 5.).

Таблица 5 - Шкала для визуальной оценки растений озимой ржи по степени стерильности пыльцы (по Н.Н. Geiger, K. Morgenstern, 1975)

Балл стерильности	Класс стерильности	Описание
1	стерильные (ms)	Нет пыльцы. Пыльники сильно дегенерированные, укороченные, единичные из них могут вскрываться
2	стерильные (ms)	Нет пыльцы. Пыльники относительно слабо дегенерированные, средней величины, могут вскрываться.
3	стерильные (ms)	Нет пыльцы. Пыльники умеренно дегенерированные, почти нормальной величины, большая часть из них вскрывается
4	полустерильные (pms)	Единичные пыльники содержат незначительное количество пыльцы (следы).
5	полустерильные (pms)	Небольшое количество пыльников содержит незначительное (малое) количество пыльцы.
6	полустерильные (pms)	Большинство пыльников содержат незначительное количество пыльцы.
7	фертильные (mf)	Пыльники легко дегенерированные, но достаточно пылят.
8	фертильные (mf)	Пыльники выглядят как нормальные и большей частью хорошо пылят.
9	фертильные (mf)	Пыльники совершенно нормальные по размеру и хорошо пылят.

Параллельно на 7 и 10 годы проводят тестовые скрещивания селекционных линий с фертильным тестером на комбинационную способность

(ОКС). Тестером является восстановитель фертильности. Таким образом, после 10 лет работы получают стерильный аналог линии и оценку ее по ОКС.

Несколько проще выглядит селекция синтетиков.- восстановителей фертильности. В ее основе лежит восстановление ЦМС Рапра-типа доминантными генами - Rf, которые были обнаружены д-ром Гайгером в инбредной линии L-18 (Н. Н.Geiger, 1972). Позже были обнаружены другие линии – восстановители обладавшие более низкой восстановительной способностью, но имевшие хорошую комбинационную способность. Первые немецкие гибриды озимой ржи имели низкое пыльцеобразование и в связи с этим возникла проблема поражения посевов спорыньей (Н.Н. Geiger, Т. Miedaner, 1996). Впоследствии в примитивных сортообразцах ржи из Ирана (Iran IX) и Аргентины (Pico Gentario) были обнаружены более эффективные гены – восстановители. На их основе в настоящее время созданы синтетики – восстановители для современных гибридных сортов, которые отличаются хорошей пыльцевой продуктивностью и меньше поражаются спорыньей (Т. Miedaner, С. Glass, F. Dreyer et al, 2000).

Пыльцевые линии-восстановители получают в цитоплазме Р-типа путем прямого отбора генотипов, показывающих в тестовых скрещиваниях с источником ЦМС высокую степень восстановления фертильности. Восстановительную способность инбредных линий Н.Н. Geiger and К. Morgenstern (1975) предложили оценивать по 9-балльной шкале с последующим вычислением индекса восстановления Rj (табл. 6.).

Таблица 6 - Значения индекса Rj (%) для растений с различным баллом стерильности

Класс:	стерильные (ms)			полустерильные (pms)			фертильные (mf)		
Балл:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI:	0	0	0	16,6	33,3	50,0	66,7	83,3	100

Впоследствии Н.Н. Geiger, Y.Yuan et al. (1995) предложили упрощенную формулу для вычисления восстановительного индекса: $RI = 100 \times (A \times B - 3) / 6$, где А-число растений, В-балл стерильности, $A \times B$ -средневзвешенный балл стерильности пыльников.

При селекции линий-восстановителей фертильности в первый год стерильный материал скрещивают с гомозиготным донором фертильности. Полученный гибрид является исходным материалом для создания самоопыленных линий. Для получения линии - восстановителя фертильности достаточно двух циклов самоопыления (S_0 и S_1), затем после их оценки на продуктивность (3-й год) проводится тестовое скрещивание лучших линий с генетически неродственными ЦМС-стерильными простыми гибридами и последующее испытание тесткроссов.

Лучшим восстановителем фертильности будет та линия, тесткроссы которой не содержат стерильных и полустерильных растений и имеют индекс R_j свыше 67%. На заключительном этапе получают синтетик-восстановитель C_1 , который представляет собой гибрид от скрещивания двух лучших линий восстановителей.

После синтеза лучших инбредных линий и создания их стерильных аналогов, из них комбинируют ЦМС простые гибриды $A \times B$ для получения материнского семенного компонента. Одновременно получают двухлинейные синтетики-восстановители для получения отцовского (пыльцевого) родителя, Н.С. Becker, Н. Н. Geiger, К. Morgenstern (1982), (рис.13). В итоге конечная формула коммерческого гибрида озимой ржи выглядит следующим образом: $[(A_{cms} \times B_{mf}) \times C_{Rf}]$, Родительские формы $A_{cms} \times B_{mf}$ являются соответственно стерильной и фертильной линиями, принадлежащими к одному пулу. Отцовский родитель синтетик C_{Rf} является двухлинейным восстановителем фертильности и относится к другому генопулу. Методика получения синтетики C_{Rf} аналогична синтезу синтетического сорта, но в отличие от него при размножении восстановителя требуется более строгая пространственная

изоляция, чтобы избежать нежелательного переопыления. На завершающем этапе создания коммерческого гибрида семена базового стерильного гибрида $A \times B$ смешивают с синтетиком-восстановителем в пропорции 95%+5%. На следующий год полученные сертифицированные семена идут на продажу.

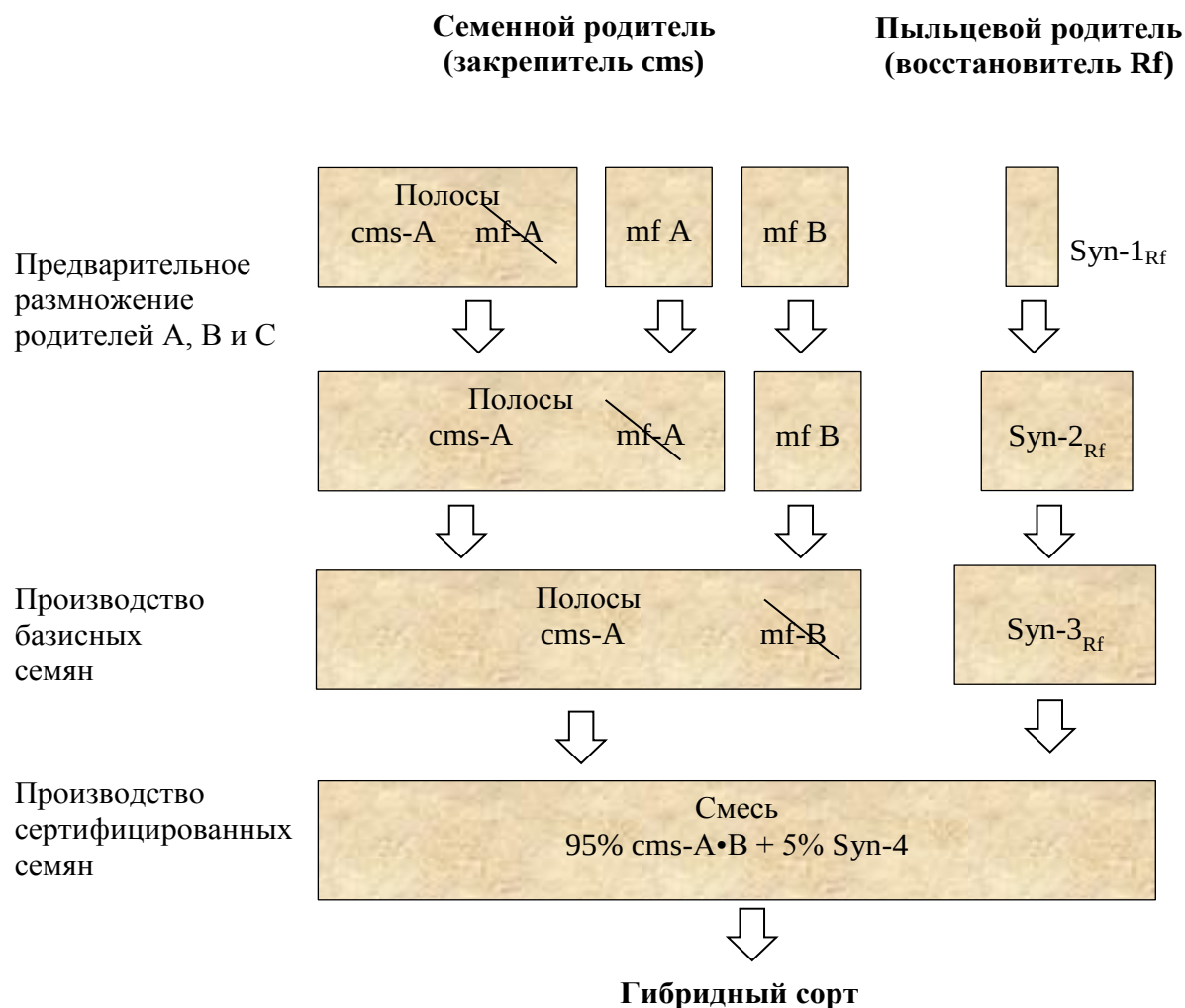


Рисунок 13 - Схема производства семян гибридного сорта озимой ржи (по Н.Н. Geiger and T. Miedaner, 2009).

Таким образом, для синтеза гибридного сорта без учета предварительной работы с исходным материалом требуется как минимум 11 лет. Затем 4 года необходимо для того, чтобы полученные компоненты размножить и получить товарные семена.

В сравнении с популяционной, селекция гибридной ржи имеет два существенных преимущества: мобильность и урожайность. Уже сейчас стало очевидно, что производство зерна ржи в недалеком будущем будет определяться тем, насколько своевременно отреагирует селекция на требования потребителя производить зерно для целевого использования. Селекция гибридной ржи способна быстрее отреагировать на постоянно возникающие запросы рынка. Имея в постоянной работе набор ценных инбредных линий с различными свойствами, можно за 7-8 лет получить гибридный сорт для целевого использования (хлебопекарного, кормового или промышленного).

Гибридные сорта обладают высокой урожайностью за счет эффекта гетерозиса, величина которого по сравнению с родительскими формами составляет в среднем 40%, что сопоставимо с кукурузой и в разы выше, чем у пшеницы, риса и ячменя, где он не превышает 5-10% (Н.Н. Geiger and T. Miedaner, 1999). Фактическое превышение урожайности гибридного сорта над популяционным составляет 15-20% (Н.Н. Geiger and T. Miedaner, 2009). Показательным является тот факт, что в Германии с 1982 по 2005 год прирост урожайности составил для популяционных сортов 30 кг/га в год, а для гибридных сортов 51 кг, или на 71% больше (Н.Н. Geiger and T. Miedaner, 2009). Высокая прибавка урожая у гибридов F_1 обусловлена многими факторами: лучшая устойчивость к грибным болезням, более крупное зерно, повышенная устойчивость к прорастанию на корню, более короткий стебель и как следствие, хорошая устойчивость к полеганию (В.П. Деревянко, Д.К. Егоров, 2008). Использовать этот важный резерв повышения урожайности ржи в наших условиях чрезвычайно важно. Наиболее весомые экономические и экологические предпосылки для возделывания гибридов F_1 имеются в областях Центральной России. Однако исследования по селекции гибридной ржи у нас ведутся в ограниченных масштабах только в Московском НИИСХ «Немчиновка» и в Воронежском НИИСХ им. В.В. Докучаева.

1.3.7. Биотехнологические методы в селекции озимой ржи.

В сравнении с другими зерновыми культурами (пшеница и ячмень) современные методы биотехнологии (культура тканей, культура клеток, культура пыльников и эмбрионов) пока не нашли широкого применения в селекции озимой ржи. Основная причина состоит в том, что в культуре клеток и тканей рожь трудно регенерируется. В последние годы в этой области сделан упор на получение гомозиготных линий путем удвоения гаплоидов через культуру пыльников. В случае успеха этот метод позволит заменить традиционный инбридинг и сократить селекционный процесс в создании инбредных линий. Но пока методика гаплоидии находится в стадии разработки (Т. Flehinghaus, S. Deimiling, Н.Н. Geiger, 1995). Тем не менее Т. Tenhola-Rouninen, S. Immonen, P. Tanhuanpaal (2006) удалось получить удвоенные гаплоиды у ржи методом культуры пыльников. Однако из-за низкой жизнеспособности для практического применения авторам удалось использовать лишь 10-36% полученных регенерантов.

Еще одно перспективное направление для практической селекции – ДНК маркирование селекционного материала на основе PCR- метода (Н. Becker, 2010). Несмотря на то, что идея и теоретическое обоснование этой методики изначально принадлежит А.С. Серебровскому (1970), прикладное развитие она получила недавно. Концепция состояла в следующем – аллель гена, имеющая четко выраженное фенотипическое проявление и находящаяся в группе сцепления с другими аллелями, детерминирующими ценный признак, но не имеющих явного проявления по фенотипу, является своего рода сигнальным маркером при отборе нужного признака. Но такая методика успешно работала при отборе по качественным признакам. Это оказалось затруднительно сделать при выборе в качестве маркера количественные признаки ввиду того, что они имеют сложный характер наследования и сильно варьируют под воздействием внешней среды. Поэтому в качестве маркеров стали использовать продукты отдельных генов, чаще всего запасные белки, но это позволило лишь частично

тестировать генетический полиморфизм. Наиболее эффективным маркером оказался полиморфизм нуклеотидной последовательности в ДНК хромосом. В основу разработки было положено то обстоятельство, что фрагменты ДНК образуют группы сцепления и с высокой долей вероятности передаются по наследству вместе. Это и было положено в основу маркерной селекции (П.Н. Харченко, В.И. Глазко, 2006).

В настоящее время широкое применение получила техника быстрого секвенирования ДНК, благодаря ей за короткое время сменилось несколько поколений маркеров. Сейчас их существует несколько типов и наибольшее распространение получили так называемы микросателлиты SSR и STR и др. (V. Korzun, A. Börner, A. J. Worland, et. al., 1997). Микросателлит представляет собой участок ДНК очень малой длины (включает 2-6 пар оснований) и тандемно повторяющийся много раз. Разработаны тест-системы для генотипирования каждого типа микросателлитов, хотя в ряде случаев их бывает недостаточно для точного картирования отдельных участков генома (Э.Е. Хавкин, 2003).

Картирование генов дает широкие возможности для эффективного использования мировых ресурсов, содержащих огромный спектр признаков. Главной задачей этого направления является идентификация, картирование и клонирование локусов QTL (quantitative trait loci), влияющих на величину и генотипическое варьирование признака (S.D. Tanksley, 1993). В ряде стран с помощью метода QTL ведутся масштабные работы по созданию интрогрессивных коллекций, состоящих из ряда линий, несущих определенный (маркированный) участок хромосомы донора взятый от экзотического генетического источника (Y. Eshed, M. Abu-Abied et al., 1992). Считается, что интрогрессивные гены, созданные на основе метода QTL, являются ценным инструментом для расширения генетической базы селекции озимой ржи (D. Zamir, 2001).

В практической селекции ржи маркерная селекция нашла применение в идентификации генов, контролирующих цитоплазматическую мужскую стерильность на основе С-типа (S. Stojalowski, M. Lapinski, P. Masojc, 2004), в идентификации гена морозостойкости и гена яровизации (J.W. Snappe, A. Semikhodskii, R.Sarma et. al., 1998). С помощью молекулярных маркеров в Германии обнаружены и локализованы гены устойчивости к бурой ржавчине (P. Wehling, A. Linz, B. Haskauf et al., 2003), а также два гена восстановителя фертильности пыльцы, источником которых являются экзотические образцы Iran IX и Pico Gentario.

Метод молекулярных маркеров позволяет быстро провести анализ в фазе проростков растений и выявить генотипы, несущие желательные аллели. С помощью молекулярных маркеров удалось установить, что пул Carsten имеет более узкую генетическую основу, чем Petkus. С практической точки зрения это очень важно в том плане, что большинство немецких гибридов ржи создано на основе этих пулов. Для расширения генетической базы были изучены сорта ржи из стран Восточной Европы на предмет пригодности их для расширения генетической основы этих пулов.

Таким образом, на основе вышеизложенного обзора мы делаем вывод о том, что состояние производства зерна ржи в РФ на сегодняшний день характеризуется как критически низкое, а его качество не соответствует требованиям основных потребителей. Такая ситуация является следствием не только экономических обстоятельств на рынке зерна, но и результатом недостатков в селекционной работе с культурой. Традиционные методы популяционной селекции озимой ржи отличаются недостаточной эффективностью и по-прежнему нуждаются в методическом совершенстве. Что касается биотехнологии, то в этой области на сегодняшний день для ржи существует пока еще мало эффективных методов, которые могли бы сократить длительность селекционного процесса или оказать влияние на отдельные селектируемые признаки для целевой селекции.

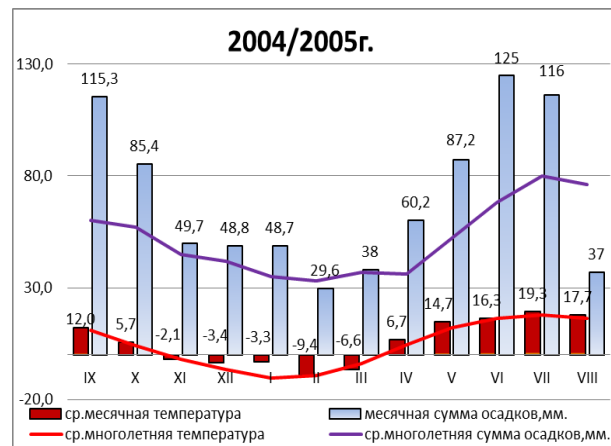
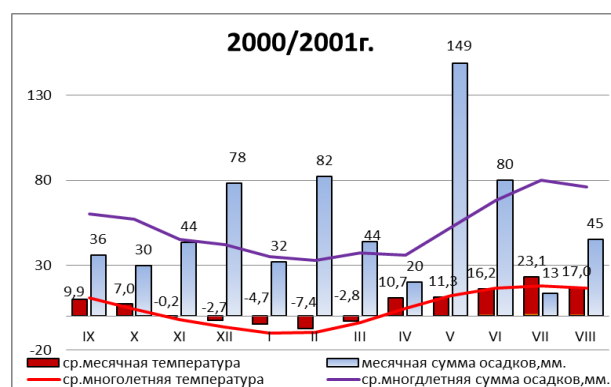
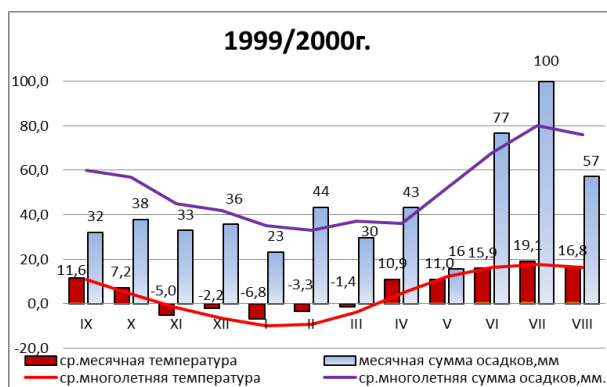
Глава 2. Агрометеорологические условия, исходный материал и методика проведения исследований.

2.1. Агрометеорологические условия в годы проведения исследований.

Полевые и лабораторные исследования по теме диссертации выполнены в лаборатории селекции озимой ржи Московского НИИСХ «Немчиновка» (Московская область) в период с 1999 по 2015 гг. Они явились составной частью тематического плана работы лаборатории (Тема 0608-0007, Задание 12 «Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно-ценными признаками продуктивности, устойчивые к био- и абиострессорам»).

Агрометеорологические условия, сложившиеся за годы проведения исследований представлены на рис.14. Каждый год за период наблюдений был по своему индивидуальным и оказывал свое специфическое влияние на рост и развитие растений озимой ржи. Наиболее благоприятными для получения высокого урожая озимой ржи оказались пять лет из шестнадцати: 2007 (75,1 т/га), 2008 (7,02 т/га), 2009 год (7,85 т/га), 2011 (7,10 т/га) и 2015 (7,58 т/га в среднем по опыту). В эти годы благодаря хорошему промерзанию почвы и устойчивому снежному покрову была хорошая перезимовка растений и слабое поражение снежной плесенью. Кроме того, важным фактором является достаточное увлажнение почвы в мае, когда идет колошение и начинается цветение растений.

К менее благоприятным годам можно отнести 2005 (4,13 т/га), 2006 год (4,93 т/га) и 2013 (3,54 т/га). Причинами низкого урожая в эти годы является перерастание растений в теплую затяжную осень, мягкая зима с оттепелями, что в конечном итоге приводит к развитию снежной плесени и гибели растений. Также неблагоприятное влияние оказывало избыточное количество осадков в летние месяцы. Более детальное описание погодных условий за время проведения исследований приводится в приложении 1 на стр. 280.



См. продолжение на стр. 68.

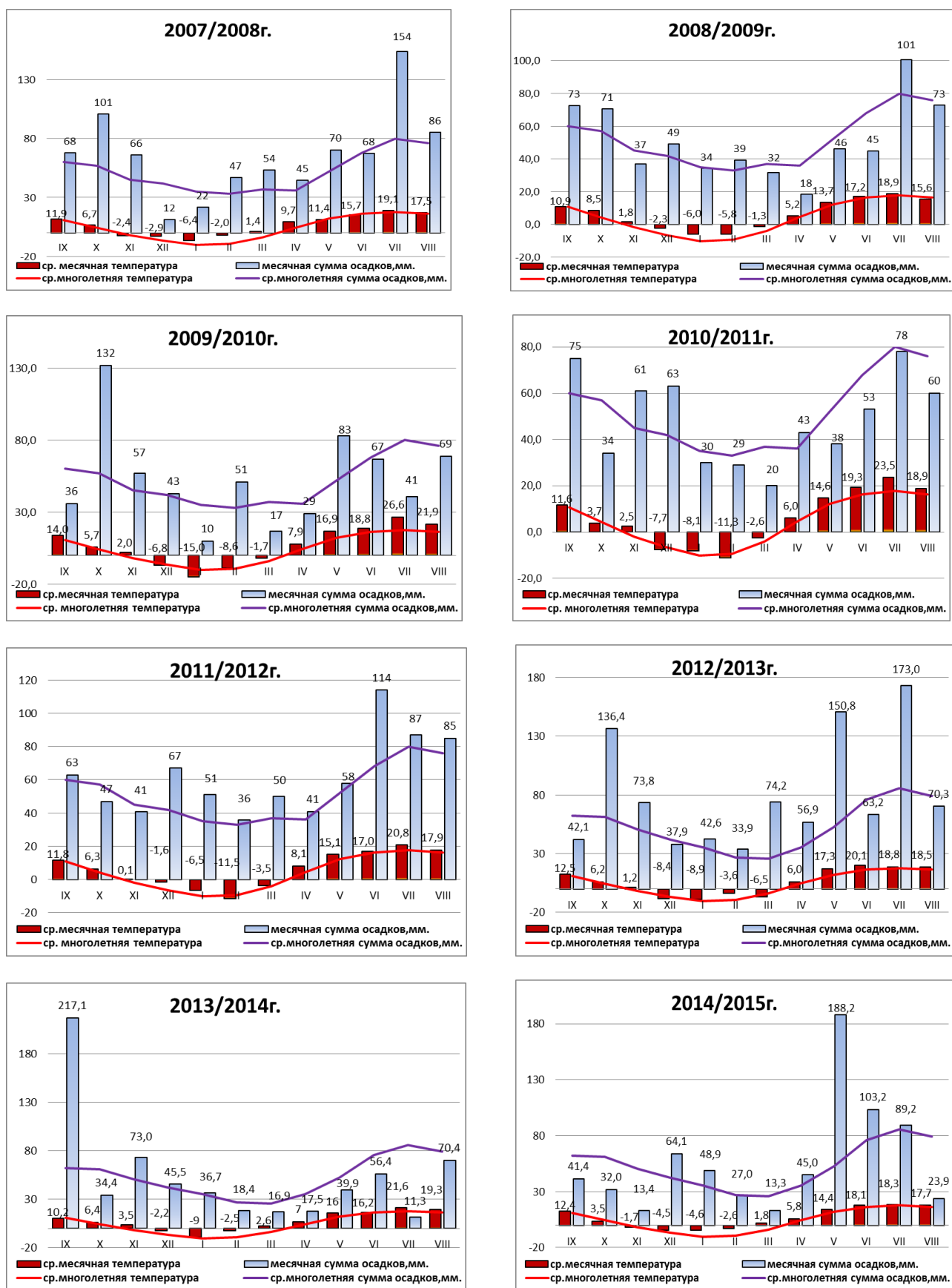


Рисунок 14 - Динамика метеорологических условий в годы проведения исследований (по данным АМС «Немчиновка»).

2.2. Агротехнические условия при проведении опытов.

Почва на опытных полях дерново-подзолистая, суглинистая, сформировавшаяся на тяжелых суглинках, окультуренная с глубиной пахотного горизонта 22-25 см. Содержание гумуса - 2,1-2,5%, рН солевой вытяжки в пахотном слое - 5,4, гидролитическая кислотность – 2,51 мг-экв на 100 г. почвы, содержание P_2O_5 (по Кирсанову) – 237 мг/кг почвы, K_2O – 134 мг/кг почвы (по Масловой).

Посев опытов проводили по чистому пару в оптимальные сроки, принятые для Московской области. Система обработка почвы - общепринятая для Нечерноземной зоны РФ. В качестве основного удобрения вносили нитроаммофоску в дозе 3,5-4,0 ц/га. NPK 16:16:16).

Конкурсное сортоиспытание озимой ржи закладывали по чистому пару на делянках 14 м², в 4-х кратной повторности по схеме латинского прямоугольника 7×4×4. Контрольный питомник – на делянках 8,8 м² в 3-х кратной повторности. Селекционный питомник – трехрядковые делянки длиной 150 см.

Посев делянок проводили сеялкой Нега-80, навеска на трактор МТЗ-82. Трехрядковые делянки (1,2-1,5 м. длиной) сеяли специальной сеялкой сконструированной в КБ ВИМ на базе трактора Т-16. Маломасштабный посев – коллекция сортообразцов и самоопыленных линий, посев для скрещивания под тканевыми изоляторами, посев в изоляционных домиках выполняли ручной однорядковой сеялкой Wintersteiger.

Уход за посевами заключался в весенней подкормке минеральными удобрениями (аммиачная селитра, 100 кг/га) и обработке опытных участков гербицидами против двудольных сорняков (Линтур – 160-180 г/га, Гранстар – 35 г/га).

Уборку опытных делянок осуществляли селекционным комбайном Wintersteiger “Classic”. Маломасштабные посевы, а также растения в парных скрещиваниях убирали в ручную.

2.3. Исходный материал и методика проведения исследований.

Исходным материалом для исследований послужили отечественные и зарубежные сорта диплоидной озимой ржи, образцы из коллекции ВИР, а также популяции, полученные нами в результате межсортовой гибридизации и семейного отбора. Основу исходного материала составили сортообразцы: Мутант ЕМ-1, Бурятинская, ВНИИФ-82, ВНИИФ-122, Немчиновская 50, Восход 1, Восход 2, Вятка Северная, Державинская 29, Орловская 9, Саним, Саратовская 5, Саратовская 7, Ситниковская, Удинская, Чулпан, Чулпан 3, Амило (Польша), Турбо (Польша), Borellus (Германия), Cadi (Швейцария), Carokurz (Германия), Carsten (Германия), Dankowskie Zlote (Польша), Ensi (Финляндия), Jussy (Финляндия), LAD 29 (Польша), M12 «Motto» (Польша), Montalegre (Португалия), Onny II (Финляндия), Rheidol (Англия).

Основной метод селекции – межсортовая гибридизация с последующим семейным отбором и комплексной оценкой семей по методу половинок, включая оценку на ОКС по методу топкросса. Гибридизацию проводили по схеме простых, сложных и насыщающих скрещиваний. При подборе сортов для скрещивания отбирали формы, обладающие высокопродуктивным колосом, крупным зерном, коротким и прочным стеблем, прямостоячим типом куста с выровненным расположением колосьев, ранним колошением, устойчивые к выпреванию и поражению грибными болезнями, с высоким содержанием белка в зерне, низкой амилолитической активностью.

Оценку и отбор на устойчивость к грибным болезням (снежной плесени, мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине) проводили на естественном инфекционном фоне.

Фенологические наблюдения и оценки в опытах проводили в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Оценку на снежную плесень проводили глазомерно после схода снега определяя процент площади делянки занятой пораженными растениями. Степень поражения мучнистой росой (%) оценивали в фазе колошения растений.

Степень интенсивности поражения листьев бурой ржавчиной в % определяли по шкале Т.Д. Страхова в период молочно-восковой спелости растений (Э.Э. Гешеле, 1978). Оценку на поражение растений стеблевой ржавчиной проводили по шкале Петерсона (R. Peterson, 1948). Также в период молочно-восковой спелости оценивали полегание растений по 9 балльной шкале.

При селекции инбредных линий исходным материалом послужили 262 самоопыленных линий озимой ржи от многократного (S_{15} – S_{18}) инцухта. Полевое испытание проводили на полях института в 2006-2015 гг. на 3-х рядковых делянках длиной 120 см и междурядьями 15 см. От каждой линии высевали по 150 зерен. Для анализа структуры урожая от каждой линии в фазе полной спелости отбирали пробы по 10 растений. Учитывали признаки: высота растений, число зерен в колосе, масса 1000 зерен, масса зерна с колоса. Стандартом при проведении опытов служил сорт Валдай.

При селекционно-генетической оценке инбредных линий в системе диаллельных скрещиваний исходным материалом послужили 5 инбредных линий озимой ржи (Н-649, Н-1078, Н-1179, Н-451, Н-842) и 10 межлинейных гибридов F_1 , полученных по неполной диаллельной схеме (метод II по Гриффингу). Исследуемые линии были глубоко гомозиготными, так как последовательно прошли многократный инцухт (S_{14} - S_{16}). Скрещивание линий проводили в 2010 г. в стационарных изоляционных домиках площадью 25 м², где ЦМС-аналоги выше перечисленных линий высевались рядом с фертильными формами для переопыления. Сравнение родительских линий и гибридов F_1 проводили в 2011 г. в полевом опыте на восьмирядковых делянках площадью 8,8 м² в трех повторениях при норме высева 500 зерен на 1м². В качестве стандарта использовали сорт Валдай. Наблюдения и оценки во время вегетационного периода проводились идентично конкурсному сортоиспытанию, описанному выше. Общую и специфическую комбинационную способность линий определяли по В.Griffing (1956) и В.Г. Вольф, П.П. Литун и др. (1980), а генетический анализ диаллельного комплекса

– по В.И. Науман (1954). Для статистической обработки данных использовали компьютерные программы Agros и Exel.

Оценку технологических и хлебопекарных качеств зерна проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1988). Качество зерна оценивали по признакам: натура зерна (г/л), число падения – на приборе Хагберга-Пертена (ЧП, с). Высоту амилограммы и температуру клейстеризации крахмала определяли на амилографе Брабендера. Хлебопекарные качества оценивали методом лабораторной выпечки подового и формового хлеба из обойной муки (Н.С. Беркутова, 1991). Измеряли формоустойчивость подового хлеба (отношение его высоты H к диаметру D) и объемный выход формового хлеба (см^3). Содержание сырого протеина и крахмала в зерне определяли на инфракрасном спектрофотометре Spektra Star 2400.

Динамическую вязкость водного экстракта (ВВЭ) зернового шрота определяли в сантипуазах (сП) на роторном вискозиметре VT5L (Германия) по методике А.С. Тимощенко, А.А. Гончаренко, Е.Н. Лазарева (2008). От каждого образца брали пробу зерна массой 5 г, размалывали ее на лабораторной мельнице в течение 1,5 мин., водно-мучную суспензию получали путем смешивания 2,3 г шрота с дистиллированной водой из расчета 80 мг сухой массы на 1 мл воды. Экстрагирование водорастворимых пентозанов проводили при постоянном помешивании суспензии в течение 60 мин. и температуре 30°C, после чего экстракт центрифугировали при 9000 об/мин. в течение 10 мин. Количественное содержание водорастворимых пентозанов (ВРП) в водном экстракте измеряли весовым методом (А.С. Тимощенко, А.А. Гончаренко, 2004), средневзвешенную молекулярную массу (СММ) пентозанов – методом гель-хроматографии на анализаторе Hitachi-835 (Япония).

Глава 3. Селекция озимой ржи с использованием семейно-сортовых скрещиваний.

3.1. Метод семейно-сортовых скрещиваний в селекции озимой ржи.

Искусственная межсортовая гибридизация, составляющая основу комбинационной селекции, у озимой ржи стала широко использоваться в пятидесятых годах прошлого века (А.П. Иванов, 1961). До этого в селекционной работе с рожью большой популярностью пользовался метод свободного межсортового переопыления (А.А. Краснюк, 1948; К.А. Глухих, 1956; А.П. Бржезицкий, 1971), который в большинстве случаев заметно повышал урожайные свойства гибридного потомства (В.Я. Юрьев 1938; Г.И. Попов, 1970). Межсортовые гибриды представляют собой более ценный материал для последующего отбора, т.к. вероятность выявления лучших генотипов находится в прямой зависимости от их пропорции в селектируемых популяциях. Широкая практика применения этого метода показала необходимость привлечения в скрещивание значительного количества растений обоих родительских сортов. По мнению В.П. Пахомовой и Д.М. Щербины (1967), всякое ограничение родительских компонентов отрицательно сказывается на урожайности гибридов и не обеспечивает всей полноты сочетания признаков скрещиваемых форм.

Вместе с тем было замечено (Н.В. Турбин, Л.Н. Каминская, 1973), что при таком подборе родительских компонентов практически не используется внутрисортовая изменчивость, которая может служить важным резервом повышения урожайности межсортовых гибридов. Поиски в этом направлении привели к разработке метода реципрокного периодического отбора на основе межсортовых скрещиваний по схеме топкроссов. Преимущество этого метода заключается в том, что он позволяет эффективно выявлять внутрисортовую изменчивость по комбинационной способности и использовать ее при синтезе новых популяций (Н.В. Турбин, Л.Н. Хотылева Л.Н Каминская, 1976).

Особого внимания заслуживают две модификации реципрокного периодического отбора, предложенные E. Paterniani and R. Vencovsky (1978). Методическая особенность их состоит в том, что гибриды от скрещивания семей с популяциями используются в качестве объектов для отбора, а полусибсовы потомства (резервные семена или семена от самоопыления) служат единицами отбора. Теоретические расчеты A. Gallias (1989) показали правомочность прогноза ценности линий из панмиктических популяций на основе различий оценок топкроссных потомств с гетерозиготным тестером.

В исследованиях А.А. Гончаренко (1979, 1980) было показано, что полусибсовы потомства у ржи, несмотря на гетерогенность, существенно различаются по уровню общей комбинационной способности, а метод поликросса и топкросса позволяет сравнительно хорошо осуществить поляризацию испытываемых семей по их общей сортовой способности. Практическая реализация этого положения достигается на основе сочетания периодического отбора семей по ОКС и метода резервов.

Используя эти теоретические разработки, в Московском НИИСХ «Немчиновка» была разработана и апробирована новая схема селекционного процесса, в основу которой было положено проведение семейно-сортовых скрещиваний (А.А. Гончаренко, Т.В. Семенова, С.А. Ермаков и др. 1991). В схематическом виде она представлена на рис. 15.

На первом этапе в исходных сортах-популяциях с целью устранения нежелательных признаков проводится простой индивидуально-семейный отбор по методу резервов. Отобранные семьи сравниваются со стандартом по габитусу и высоте растений, озерненности колоса, массе 1000 зерен, устойчивости к поражению болезнями, устойчивости к полеганию и другим хозяйственно ценным признакам. Затем на изолированном участке закладывается питомник топкросса, где на лучших семьях сорта «А», которые служат материнской формой, кастрируют цветки путем подрезки верхушки пыльников.

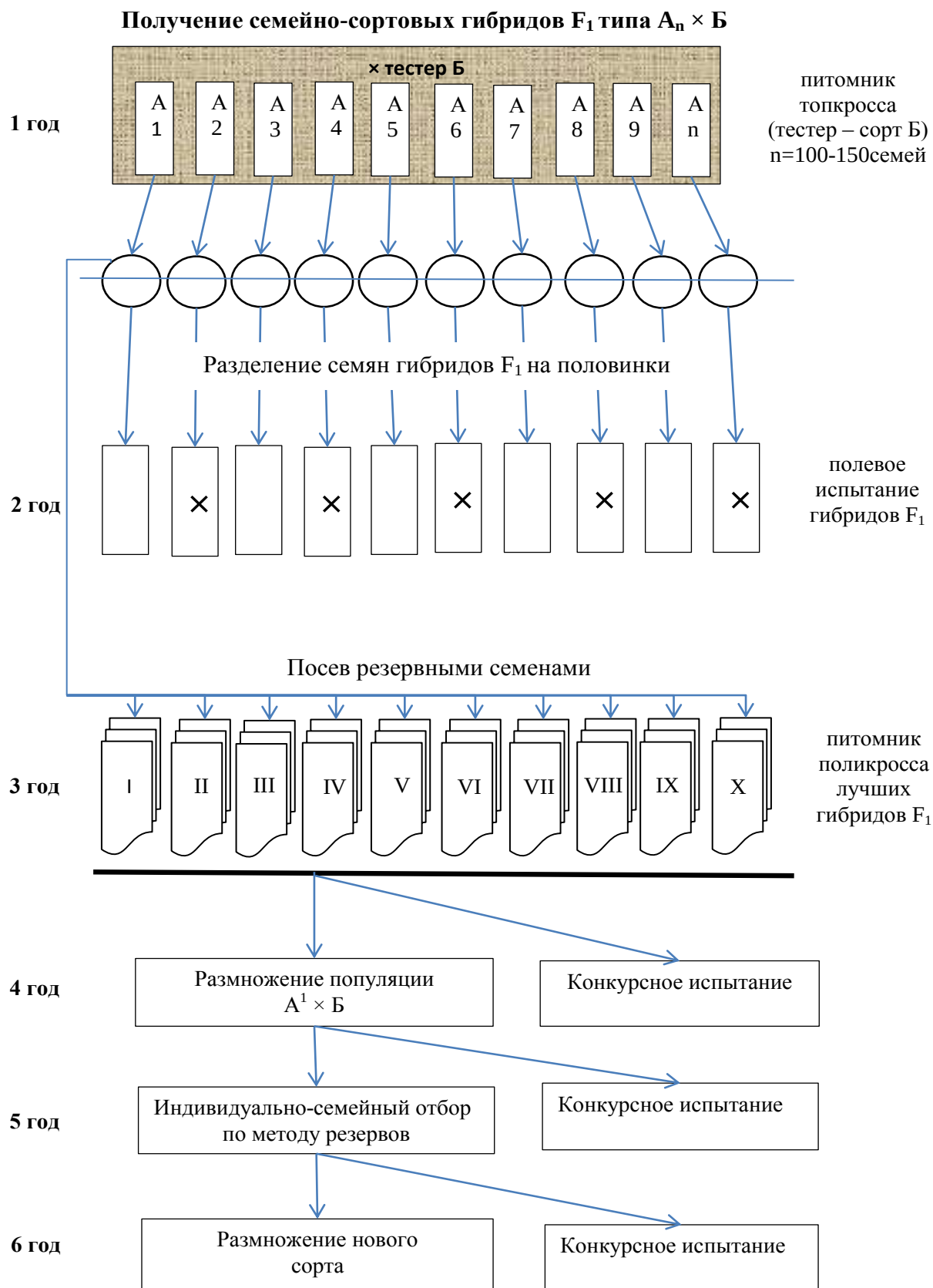


Рисунок 15 - Схема селекции озимой ржи с использованием метода семейно-сортовых скрещиваний

Отцовской формой служат растения другого сорта «Б» (тестер). Таким образом получают семейно-сортовые гибриды F_1 типа $A_n \times B$. Чтобы избежать сужения генетической основы гибридной популяции и повысить ее пластичность, скрещивание родительских форм проводится в масштабах, позволяющих получать гибридные семена по каждому гибриду F_1 в количестве 1,0-1,5 кг. Это необходимо для проведения полевых испытаний на делянках 8-10 м² в 2-3 повторностях при норме высева 400-500 зерен на 1 м². Полученные гибридные семена делятся на две части. Одна часть используется для полевого испытания гибридов F_1 , а другую оставляют в резерве до следующего года.

На второй год проводится полевое испытание гибридов F_1 . В сравнении со стандартом учитывают такие признаки как урожайность, зимостойкость, устойчивость к полеганию, поражаемость болезнями, хлебопекарные качества зерна. По результатам оценки из лучших гибридов F_1 формируется питомник поликросса для их взаимного переопыления (третий год). На четвертый год проводят размножение улучшенной популяции и одновременно ее испытывают в конкурсном испытании по комплексу признаков.

На следующий год в улучшенной популяции проводится индивидуально-семейный отбор по методу половинок. Перед уборкой отбираются визуально хорошие растения: с укороченным и прочным стеблем, прямостоячим кустом, высокой продуктивной кустистостью, хорошим озерненным колосом, крупным зерном. Параллельно проводится конкурсное испытание. Далее в полученной гибридной популяции в течение ряда лет проводятся еще несколько циклов семейного отбора по методу половинок с оценкой по комплексу признаков.

Особенностью вышеизложенной схемы селекционного процесса является получение и испытание большого числа семейно-сортовых гибридов F_1 , а дальнейшая селекционная проработка методом семейного отбора сосредотачивается только на лучших популяциях. При таком подходе повышается вероятность выявления ценных гибридных сочетаний, что повышает эффективность селекционной работы в целом. Кроме того,

представленная схема позволяет отбирать наиболее высоко гетерозисные семейно-сортовые гибриды, которые являются лучшим исходным материалом для последующего отбора. Выявление высокогетерозисных комбинаций повышает прогноз их селекционной ценности как родоначальников будущего сорта.

Важным звеном в схеме селекционного процесса на основе семейно-сортовых скрещиваний является питомник топкросса. Метод топкросса получил широкое распространение в селекции кукурузы после того, как М.Т. Jenkins and A.M. Brunson (1932) в своих работах показали высокое соответствие оценок комбинационной способности, полученных методами топкросса и парных скрещиваний (Дж. Ф. Спрэг, 1957). В дальнейшем этот метод стал использоваться и на других культурах, в том числе на озимой ржи, придя на смену метода поликросс-теста (А.А. Гончаренко, 1980). Важным преимуществом метода топкросса является его меньшая по сравнению с поликроссом трудоёмкость, а также отсутствие ограничений по количеству оцениваемых компонентов.

Описанная выше методика заслуживает применения и в семеноводстве сортов озимой ржи. Впервые такая схема первичного семеноводства для озимой ржи с использованием топкросса была апробирована в Московском НИИСХ “Немчиновка”. В 1977-1982 гг. здесь были проведены опыты по изучению эффективности периодического отбора семей на ОКС с применением топкросса (А.А. Гончаренко, 1984,б). По результатам исследований были сделаны следующие выводы:

- метод топкросса позволяет хорошо дифференцировать отобранные семьи озимой ржи по признаку продуктивности и отбирать лучшие из них.

- искусственно поддерживаемая этим методом гетерозиготность в создаваемых популяциях позволяет достичь существенного улучшения по продуктивности ржи и получить положительный сдвиг в отношении других хозяйственно ценных признаков.

Методическая схема первичного семеноводства с применением топкросса выглядит следующим образом:

1-й год. Питомник отбора. На пространственно изолированном участке высевает семена питомника размножения 1-го года с нормой посева 50 зерен на 1 м². Перед уборкой проводится отбор элитных растений (не менее 500). По результатам лабораторного анализа выделяют 100-150 лучших потомств с крупным зерном и высокопродуктивным колосом.

2-й год. Питомник топкросса. На пространственно изолированном участке прямоугольной формы основную площадь засевают тестером, в качестве которого служит посевной материал из питомника размножения 1-го или 2-го года. За материнские формы берут выделенные 100-150 потомств лучших элитных растений. Семена высевает на шестирядковых делянках длиной 1,5 м, расположенных в одну линию вдоль участка. От каждой семьи для посева отбирают по 200 зерен, а оставшиеся сохраняют в резерве. Полученные на следующий год топкроссные гибриды используют для испытания на урожайность.

3-й год. Питомник испытания топкроссных потомств. Его закладывают на опытных делянках по 10 м² в трехкратной повторности при норме посева 500 зерен на 1 м². В качестве стандарта используется та же популяция, из которой отбирали элитные растения. По результатам испытания выявляют гибриды с более высокой урожайностью, зимостойкостью, устойчивостью к полеганию.

4-й год. Питомник переопыления (размножения). На пространственно изолированном участке высевает резервные семена отобранных семей. Полученные от переопыления семена затем размножают для получения оригинальных семян.

С использованием метода семейно-сортовых скрещиваний нами созданы 4 сорта озимой ржи – Татьяна, Роксана, Грань и Парча, на которые получены патенты. Ниже излагается детальная методика их создания.

3.2. Селекция сорта озимой ржи Татьяна.

Сорт выведен методом многократного индивидуально-семейного отбора из гибридной популяции от скрещивания сортов Вятка северная, Чулпан и Орловская 9 (А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, Т.В. Семенова и др., 2001). На первом этапе селекции этого сорта (1974-1978) был проведен пятикратный массовый отбор по крупности зерна в популяции сорта Вятка Северная (рис. 16). Результатом этих отборов стало увеличение массы 1000 зерен с 28,0 г. до 30,6 г. Основанием для выбора этого сорта при включении его в селекционную работу была его высокая зимостойкость и адаптивность.

В 1979 году от искусственного скрещивания сортов Чулпан и Вятка северная (крупнозерная) была получена межсортная популяция ГК-2902/80. Одновременно с размножением полученной гибридной популяции в течении трех лет проводили индивидуально-семейный отбор по комплексу признаков.

Особое внимание уделяли таким признакам как продуктивность колоса, кустистость, высота и выровненность стеблестоя, устойчивость к болезням, устойчивость к полеганию. В результате проделанной работы из гибридной популяции было выделено 24 лучших семьи. В 1984 году провели искусственное скрещивание отобранных 24 семей с сортом Орловская 9, взятым в качестве отцовской формы. Полученные 24 семейно-сортовые гибриды F_1 прошли 2-х летнюю (1985-1986) оценку в контрольном питомнике (табл.7). Основными критериями отбора были зимостойкость, продуктивность, масса 1000 зерен, устойчивость к полеганию и поражение болезнями. В результате испытания было выделено 6 лучших семейно-сортовых гибридов, из резервных семян которых была сформирована Популяция 2783/87. В последующие годы в ней провели 6 циклов индивидуально-семейного отбора по методу резервов (1988-1999 гг.). В эти же годы проводилось конкурсное испытание нового сорта в двух экологических точках: Московский НИИСХ (Московская обл.) и Костромской НИИСХ (Костромская обл.). На государственное испытание сорт передан в 2000 г.

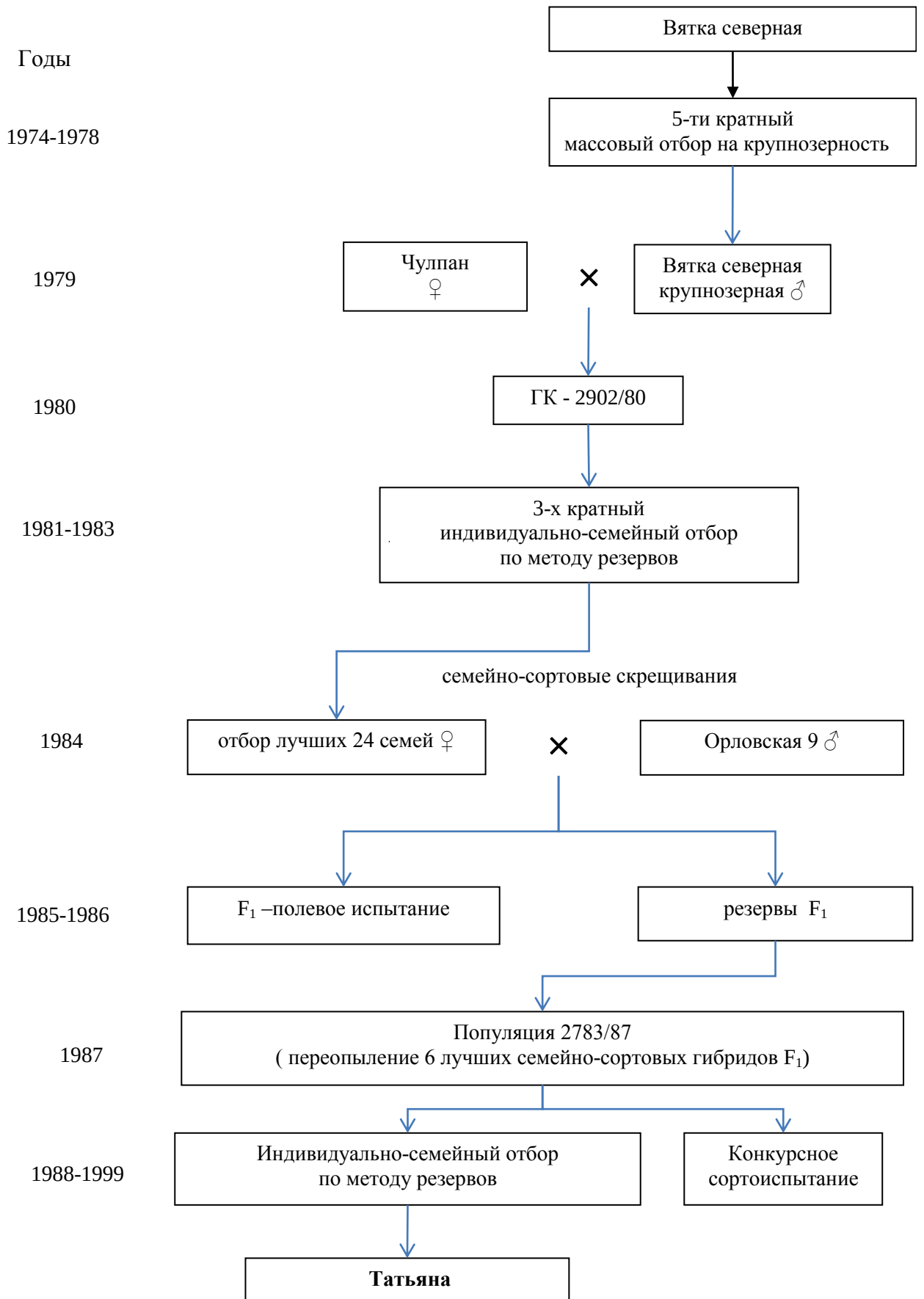


Рисунок 16 - Схема селекции сорта озимой ржи Татьяна.

Таблица 7 - Результаты испытания 24 семейно-сортовых гибридов в контрольном питомнике (1985).

Гибриды F ₁	Урожай- ность, т/га	± к стандарту		Высота растений, см	Устойч. к полег., балл	Масса 1000 зер., г.
		т/га	%			
Восход 1, ст.	5,00	-	-	150	4,6	32,1
Г-д 2617/84*	5,66	0,66	13,2	126	5	33,0
Г-д 2618/84	5,23	0,23	4,6	128	4,9	34,1
Г-д 2619/84*	6,16	1,16	23,2	132	4,8	36,6
Г-д 2620/84	5,38	0,38	7,6	130	4,6	34,0
Г-д 2621/84	5,07	0,07	1,4	129	5	34,8
Г-д 2622/84	5,07	0,07	1,4	127	4,5	32,9
Г-д 2623/84	5,36	0,36	7,2	129	5	33,6
Г-д 2624/84*	5,59	0,59	11,8	128	4,7	33,1
Г-д 2625/84	5,00	0,00	0,0	130	4,9	32,4
Г-д 2626/84*	5,56	0,56	11,2	135	4,8	35,0
Г-д 2627/84*	5,95	0,95	19,0	131	4,8	31,1
Г-д 2629/84	5,09	0,09	1,8	130	5	33,5
Г-д 2630/84	5,15	0,15	3,0	129	4,9	33,9
Г-д 2631/84	5,48	0,48	9,6	137	4,8	36,3
Г-д 2632/84	5,12	0,12	2,4	126	4,6	34,1
Г-д 2633/84*	5,74	0,74	14,8	129	4,8	35,2
Г-д 2634/84	5,49	0,49	9,8	139	5	34,0
Г-д 2635/84	5,23	0,23	4,6	131	5	36,6
Г-д 2636/84	5,54	0,54	10,8	136	5	38,7
Г-д 2637/84	5,11	0,11	2,2	128	4,9	33,2
Г-д 2638/84	5,29	0,29	5,8	133	5	35,0
Г-д 2639/84	5,25	0,25	5,0	127	4,7	34,9
Г-д 2640/84	5,04	0,04	0,8	125	4,8	36,8
Г-д 2641/84	5,19	0,19	3,8	131	4,9	34,9
НСР ₀₅ =0,41т/га; P ₀₅ = 4,19%						

*) Примечание: лучшие 6 семейно-сортовых гибридов, на базе которых был создан сорт Татьяна.

В табл. 8. представлена селекционная характеристика сорта Татьяна по результатам конкурсного сортоиспытания за 2000-2003 гг. Оценка сорта дана в сравнении со стандартом тех лет – сортом Восход 2. Данные показывают, что в среднем за годы испытания сорт Татьяна по урожайности превысил стандарт на

0,91 т/га или 15,2 %. При этом по зимостойкости сорт Татьяна не уступал стандарту и этот показатель у него составил 98,3%. Наибольшую урожайность (7,10 т/га), а также наибольшее преимущество над стандартом Восход 2 (17,5%) новый сорт показал в 2000 году. Высота растений у сорта Татьяна составляет 125 см. и контролируется доминантно-моногенным геном Hl (DW 1). По этой причине высота растений у сорта Татьяна по сравнению со стандартом Восход 2 была меньше на 23 см. Такая короткостебельность положительно отразилась на устойчивости растений к полеганию (5,1 баллов против 3,4 по 9-балльной шкале). Очевидно, это явилось одним из факторов повышенной урожайности нового сорта.

Таблица 8 - Урожайность и морфо-биологическая характеристика сорта озимой ржи Татьяна.

Сорта	Урожайность, т/га					Зимостойкость, %	Высота Растений, см.	Устойчивость к полеганию, балл	Поражение, %		
	2000	2001	2002	2003	сред.				Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая ржавчина
Восход 2, ст.	6,04	6,03	5,62	6,20	5,97	96,7	148	3,4	38,3	36,7	33,1
Татьяна	7,10	6,92	6,48	7,03	6,88	98,3	125	5,1	19,4	29,8	19,7
± к ст.	+1,06	+0,89	+0,86	+0,83	+0,91	+1,6	- 23	+1,7	-18,9	-6,9	-13,4
НСР 05	0,41	0,40	0,37	0,62							

Важным преимуществом сорта Татьяна над стандартом является повышенная устойчивость к болезням. В наших опытах пораженность снежной плесенью у него была на 18,9 % меньше, чем у Восход 2, по мучнистой росе -

на 6,9 %, а по бурой ржавчине - на 13,4 %. Сходные различия имели место и при искусственном заражении бурой ржавчиной: средняя степень пораженности листьев у Татьяны составила 24,1 %, у стандарта Восход 2 – 36,4 %.

Эту особенность сорта подтверждают результаты экологического испытания. В НИИСХ Северо-Востока (г. Вятка) при многолетнем изучении на инфекционном фоне образцов озимой ржи из разных регионов страны сорт Татьяна отнесен к группе сортов, обладающих высокой полевой устойчивостью к одной или нескольким болезням (Т.К. Шешегова, Л.И. Кедрова и др. 2003).

Что касается структуры урожая, то по основным ее элементам значимых различий не выявлено (табл. 9). Наиболее контрастно преимущество сорта Татьяна проявляется по густоте продуктивного стеблестоя (519 стеблей против 474 у стандарта).

Таблица 9 - Характеристика сорта Татьяна по элементам структуры урожая (2000-2003)

Сорт	Число колосьев на 1м ²	Колос						Масса 1000 зерен, г.
		Длина колоса, см	Число цветков в колосе	Плотность, колос/см	Число зерен в колосе	Озерненность колоса, %	Масса зерна с 1 колоса, г.	
Восход 2 ст.	474	7,7	60,6	3,9	51,4	85,5	1,55	30,3
Татьяна	519	8,5	62,1	3,7	51,6	83,3	1,50	30,1
± к ст.	+45	+0,8	+1,5	-0,2	+0,2	-2,2	-0,05	-0,2

Новый сорт положительно выделяется по признакам качества зерна (табл. 10). По таким признакам как вязкость водного экстракта, число падения, высота амилограммы, содержание белка, сорт Татьяна имеет явное преимущество над

стандартом, превосходя его по этим показателям. В тоже время по содержанию крахмала, натуре зерна и объему формового хлеба зерно нового сорта уступало стандарту, но в конечном итоге это не оказало влияния на хлебопекарные качества муки сравниваемых сортов.

Визуальная оценка формового хлеба у него была на 0,3 балла выше стандарта, что подтверждается более высокой формоустойчивостью подового хлеба (показатель $H/D=0,23$).

Таблица 10 - Технологическо-биохимическая оценка зерна сорта Татьяна (2000-2003)

Сорта	Вязкость, сП	Число падения, с.	Амилограмма, ед	Белок, %	Крахмал, %	Натура зерна, г/л	Объем формового хлеба, см ³	Общая оценка, балл	Отношение H/D
Восход 2 ст.	2,9	169	235	11,0	61,0	718	272	3,3	0,21
Татьяна	4,2	198	303	11,8	58,9	705	268	3,6	0,23
± к ст.	+1,3	+29	+68	+0,8	-2,1	-13	-4	+0,3	+0,02

По биологическим особенностям новый сорт существенно не отличается от других сортов. Длина вегетационного периода (время от всходов до полной спелости зерна) у него составляет 328 дней, что на уровне стандарта. Но для нового сорта характерно некоторое смещение фаз развития в сторону позднеспелости: начало выхода в трубку наступает позже на 1 день, полное колошение - на 3 дня, полное цветение - на 2 дня. Форма куста в период кущения промежуточная, листья темно-зеленые, средней длины и ширины без воскового налета. Продуктивная кустистость в среднем составляет 2,4 стебля, что на уровне стандарта. Стебель толстый, полый, прочный. Колос призматический, желтой окраски, ости длинные, полурасходящиеся. Зерно серо-зеленого цвета, полуудлиненное, средней крупности.

Экологическое испытание сорта Татьяна проводили во Владимирском НИИСХ в 1994-1999 гг. Средняя урожайность за эти годы составила 49,9 ц/га, превысив Восход 2 на 4,3 ц/га, а стандарт Чулпан на 6,9 ц/га.

На сорт Татьяна получен патент РФ №2003 от 05.11.2003 г., доля авторства диссертанта 5 % (Приложение 2, 3). Год включения в Государственный реестр РФ 2003. Сорт допущен к возделыванию по Северо-Западному, Центральному, Северо-Восточному, Средневолжскому регионам и занимает в производстве площадь посева около 200 тыс. га.

3.3. Селекция сорта озимой ржи Роксана.

Сорт Роксана получен методом многократного индивидуально - семейного отбора из гибридной популяции от скрещивания образцов П-3/81 и П-10/84. Популяция 3/81 получена в 1981 году от скрещивания сортообразцов. Карокурц (Германия), Данковске Злоте (Польша) и Восход 2 (Россия) с сортом Чулпан 3 (рис. 17).

Осенью 1981 г. гибридные семена этой популяции были посеяны в грунт на специальном надземном стеллаже, приподнятом на 100 см над поверхностью почвы с целью промораживания растений в зимний период и отбора наиболее морозостойких из них. Кроме того, посев на стеллаже преследовал еще одну цель – отбор наиболее засухоустойчивых форм, поскольку такой фон обеспечивался в летний период практически ежегодно. Всего за 1982-1994 гг. было проведено 13 циклов такого комбинированного отбора (табл. 11). Первый цикл отбора (1982 год) позволил выявить 77,8 % лучших по морозостойкости растений. В последующие годы уровень перезимовки значительно варьировал в зависимости от складывающихся условий. Наиболее сильная проморозка растений произошла 4 раза (в 1985, 1987, 1990 и 1994 гг.). Особенно жесткие условия для перезимовки сложились в 1987 году, когда гибель растений в популяции составила 95 %. Это позволило получить улучшенную по морозостойкости популяцию.

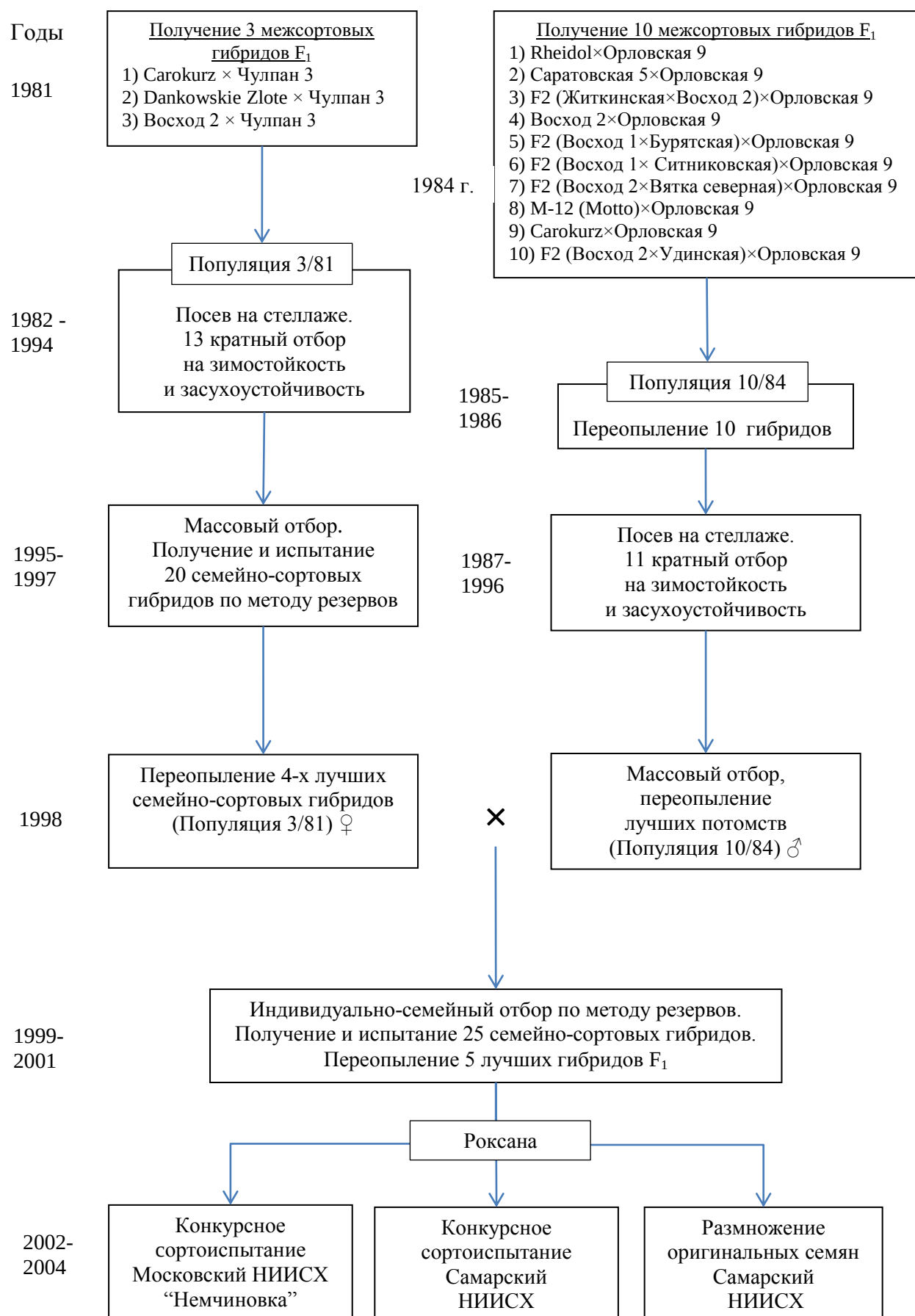


Рисунок 17 - Схема селекции сорта озимой ржи Роксана.

Параллельно с отбором гибридного материала на морозостойкость проводилось его размножение в гибридном питомнике, а также оценка в контрольном питомнике и позднее в конкурсном сортоиспытании.

В 1995 и 1996 гг. в селекционном питомнике проводился массовый отбор растений по комплексу признаков, а в 1997 г. – испытание 20 семейно-сортовых гибридов по методу резервов. В итоге из резервных семян 4-х лучших гибридов была сформирована улучшенная гибридная Популяция 3/81. В 1998 г. эта популяция послужила материнской формой для скрещивания с Популяцией 10/84.

Таблица 11 - Результаты оценки перезимовки растений из Популяции 3/81 на надземном стеллаже в 1982-1994 гг.

Год	Взошло растений, шт.	Перезимовало, шт.	Перезимовка, %
1982г.-1й цикл	4806	3739	77,8
1983г.-2й цикл	3385	3367	94,5
1984г.-3й цикл	6069	6069	100
1985г.-4й цикл	4357	928	21,3
1986г.-5й цикл	10503	10070	95,9
1987г.-6й цикл	8466	414	4,9
1988г.-7й цикл	7431	7419	99,8
1989г.-8й цикл	4614	4606	99,8
1990г.-9й цикл	7000	3806	54,4
1991г.-10й цикл	4833	4524	93,6
1992г.-11й цикл	4663	4613	98,9
1993г.-12й цикл	7511	7315	97,4
1994г.-13й цикл	4201	2774	66,0

Популяция 10/84 получена от скрещивания в 1984 г. десяти различных сортообразцов с сортом Орловская 9 (рис.17). В 1985-1986 гг. провели свободное переопыление полученных гибридов и отобрали для посева гибридного питомника семена от 120 растений. В 1987-1997 гг. провели 11 циклов массового отбора на морозостойкость и засухоустойчивость по методике, аналогичной для Популяции 3/81 (табл. 12).

В 1999-2000 г. на базе гибридной популяции П-3/81×П-10/84 провели индивидуально-семейный отбор по методу резервов и отобрали 25 лучших семей для питомника топкросса. По результатам полевого испытания 25 сорто-семейных гибридов F₁ было выделено 5 лучших, из которых сформирована улучшенная популяция. В 2001 году селекционный материал был передан в Самарский НИИСХ для экологического испытания и размножения.

Таблица 12 - Результаты перезимовки растений из Популяции 10/84 на надземном стеллаже в 1987-1997 гг.

Год	Взошло растений, шт.	Перезимовало, шт.	Перезимовка, %
1987 г. - 1й цикл	8790	230	2,6
1988 г. - 2й цикл	12278	12274	99,9
1989 г. - 3й цикл	11332	11327	99,9
1990 г. - 4й цикл	11510	1721	15,0
1991 г. - 5й цикл	7649	6998	91,5
1992 г. - 6й цикл	6959	2669	38,4
1993 г. - 7й цикл	3260	3165	97,1
1994 г. - 8й цикл	4936	3205	64,9
1995 г. - 9й цикл	5674	2804	49,4
1996 г. - 10й цикл	1260	1151	91,2
1997 г. - 11й цикл	811	351	43,3

Селекционная характеристика сорта озимой ржи Роксана по результатам конкурсного сортоиспытания в Московском НИИСХ за 2000-2002 гг. представлена в табл. 13.

Как видно, в среднем за три года испытания новый сорт по урожайности превысил стандарт Восход 2 на 0,43 т/га или 7,3 %. По зимостойкости превышение над стандартом было незначительным (1,5%), что можно объяснить сравнительно теплыми зимами в годы испытания. По высоте растений сорт Роксана выгодно отличается от Восхода 2, имея более короткий (на 21 см) и более устойчивый к полеганию (на 1,1 балл) стебель.

Таблица 13 - Урожайность и морфо-биологическая характеристика сорта озимой ржи Роксана, (Московский НИИСХ).

Сорта	Урожайность, т/га				Зимостойкость, %	Высота растений см	Устойчивость к полеганию, балл
	2000	2001	2002	Среднее			
Восход 2, ст	6,04	6,03	5,62	5,90	96,2	148	3,4
Роксана	6,69	6,14	6,16	6,33	97,7	127	4,5
± к ст.	+0,65	+0,11	+0,54	+0,43	+1,5	-21	+1,1
НСР 05	0,41	0,40	0,37				

Кроме Московского НИИСХ конкурсное сортоиспытание параллельно проводилось в Самарском НИИСХ (2002-2004), где осадков выпадает в 1,5 раза меньше. Стандартом здесь послужил сорт местной селекции Безенчукская 87. Результаты сортоиспытания представлены в табл. 14. По урожаю зерна новый сорт превысил стандарт в среднем на 0,22 т/га или 5,6 %.

Испытания показали, что новый сорт имеет хорошую зимостойкость, длина стебля у сорта Роксана контролируется доминантно-моногоенной системой. Высота растений у сорта Роксана короче стандарта на 14 см, из-за чего устойчивость к полеганию у него на 1,2 балла выше.

Таблица 14 - Урожайность и морфо-биологическая характеристика сорта озимой ржи Роксана (Самарский НИИСХ).

Сорта	Урожайность, т/га				Зимостойкость %	Высота растений, см.	Устойчивость к полег., балл
	2002	2003	2004	Среднее			
Безенчукская 87, ст.	4,32	3,63	3,76	3,90	98,1	123	7,7
Роксана	4,53	4,08	3,80	4,12	99,4	109	8,9
± к ст.	+0,21	+0,45	+0,04	+0,22	+1,3	-14	+1,2
НСР 05	0,36	0,33	0,42				

Весомый вклад в увеличение урожайности нового сорта вносит устойчивость к болезням. Оценка сорта по устойчивости к грибным болезням показывает (табл. 15), что в условиях Московского НИИСХ наибольшая устойчивость в сравнении со стандартом у нового сорта отмечена по мучнистой росе (- 22,5 %). В меньшей степени устойчивость проявилась по снежной плесени и бурой ржавчине (на 5,4 % и 3,3 % поражение было меньше, чем у стандарта соответственно). В Самарском НИИСХ в связи с более засушливыми климатическими условиями разница между сортами по степени поражения грибными болезнями была незначительной.

Таблица 15 - Оценка сорта ржи Роксана по степени поражения грибными болезнями (%), 2002-2004 гг.

Грибные болезни	Московский НИИСХ			Самарский НИИСХ		
	Восход 2, станд.	Роксана	± к ст.	Беззенчукская 87, станд.	Роксана	± к ст.
Снежная плесень	38,3	32,9	-5,4	-	-	-
Мучнист. роса	36,7	14,2	-22,5	0	0	0
Бурая ржавчина	24,7	21,4	-3,3	2,7	0,2	-2,5

Элементы структуры урожая нового сорта приведены в табл. 16. Необходимо отметить, что в условиях Московского НИИСХ новый сорт имеет более плотный стеблестой (на 19 стеблей), но при этом уступает стандарту по числу зерен в колосе (на 1,3). При озерненности колоса и массе 1000 зерен сравниваемые сорта существенно не различались.

В условиях Самарского НИИСХ получены несколько иные результаты (табл.17). Новый сорт более весомо превосходил стандарт по густоте стеблестоя (на 64 стебля) и имел более озерненный колос. Однако по продуктивности колоса он несколько уступал стандарту из-за более низкой массы 1000 зерен (на 6,7 г.).

Таблица 16 - Структура урожая сорта озимой ржи Роксана в сравнении со стандартом Восход 2, (Московский НИИСХ, 2000-2002 гг.).

Сорта	Количество колосьев на 1м ²	Число зерен в колосе, шт	Озерненность колоса, %	Масса зерна с 1 колоса, г.	Масса 1000 зерен, г
Восход 2, ст.	462	52,6	83,1	1,51	28,7
Роксана	481	51,3	83,2	1,46	28,4
± к ст.	+19	-1,3	+0,1	-0,05	-0,3

Таблица 17 - Основные показатели структуры урожая сорта озимой ржи Роксана (Самарский НИИСХ 2002-2004).

Сорт	Число колосьев на 1м ²	Число зерен в колосе, шт	Озерненность колоса, %	Масса зерна с 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Безенчукская 87, ст.	355	47,4	75,3	1,56	32,9
Роксана	419	53,9	77,6	1,41	26,2
± к ст.	+64	+6,5	+2,3	-0,15	-6,7

Таким образом, учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что основным преимуществом нового сорта является его способность формировать более плотный стеблестой, сохраняя при этом более высокую устойчивость к грибным болезням.

По признакам качества зерна сорт Роксана близок к стандарту Восход 2 и вполне пригоден для выпечки качественного ржаного хлеба (табл. 18). Результаты указывают на близкое сходство сорта со стандартом по числу падения и высоте амилограммы. Новый сорт положительно выделяется по содержанию белка (+1,1%), но по натуре зерна уступает стандарту (на 10 г.). Повышенное содержание белка в зерне положительно проявилось на качестве мякиша формового хлеба (+0,5 балла). Отношение Н/D у обоих сортов было практически одинаково.

Таблица 18 - Оценка технолого-биохимических свойств зерна сорта озимой ржи Роксана (Московский НИИСХ, 2000-2002).

Сорт	Число падения, с	Амилограмма е.а.	Белок, %	Натура г/л	Объем хлеба, см ³	Формов. хлеб, балл	Отношение. Н/D
Восход 2, ст.	190	275	10,6	729	304	3,3	0,21
Роксана	197	273	11,7	719	275	3,8	0,22
± к ст.	+7	-2	+1,1	-10	-29	+0,5	+0,01

В условиях Самарской области зерно сравниваемых сортов имело более высокие оценки практически по всем показателям, что вполне объяснимо влиянием почвенно климатических условий Средневолжского региона. На этом фоне сорт Роксана в целом не уступает стандарту по объемному выходу формового хлеба и содержанию белка в зерне (табл. 19).

Таблица 19 - Технолого-биохимическая оценка сорта озимой ржи Роксана (Самарский НИИСХ, 2002-2004).

Сорт	Число падения, с.	Амилограмма е.а.	Белок, %	Натура г/л	Объем хлеба, см ³	Формовой хлеб, балл
Безенчукская 87, ст.	217	473	12,2	748	498	3,0
Роксана	205	457	12,4	727	512	3,3
± к ст.	-12	-16	+0,2	-21	+14	+0,3

В 2008 г. на сорт Роксана получен патент РФ № 4191 от 05.11.2008 г. Доля авторства диссертанта 5 %, (Приложение 4, 5). В этом же году сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ и допущен к

использованию по Средневолжскому региону. Наиболее широко возделывается в Самарской и Ульяновской областях, а также в Республике Татарстан.

3.4. Селекция сорта озимой ржи Грань.

Получен методом семейно-сортовых скрещиваний и последующего многократного индивидуально-семейного отбора (рис.18). Исходным материалом послужила популяция от 5 растений, отобранных из сорта Даньковске Злоте на групповую устойчивость к мучнистой росе и бурой ржавчине. В 1981 году провели скрещивание полученной популяции с короткостебельным сортом Чулпан 3, который послужил отцовской формой. Далее из полученной гибридной комбинации (ГК-2952/81) был проведен массовый пятикратный отбор на базе растений с групповой устойчивостью к мучнистой росе и бурой ржавчине. В 1987 году провели семейно-сортовые скрещивания 25 лучших семей из ГК-2952/81 с сортом Пурга, который обладает групповой устойчивостью к снежной плесени и корневой гнили (А.В. Овсянкина, 2011).

Полученные семейно-сортовые гибриды F_1 под общим названием ГК-2361/87 прошли оценку в контрольном питомнике в 1988 и 1989 гг. По результатам испытания было выделено 8 лучших гибридов F_1 . После их переопыления и проведения трехкратного индивидуально – семейного отбора по методу половинок селектируемая популяция под названием Грань проходила конкурсное испытание во Владимирском НИИСХ (г. Суздаль) и Московском НИИСХ «Немчиновка». На государственное испытание сорт передан в 2007 г.

За представленные три года конкурсного испытания во Владимирском НИИСХ (табл. 20) новый сорт Грань превзошел стандарт Память Кондратенко на 12,8%, 17,9% и 5,8% соответственно.

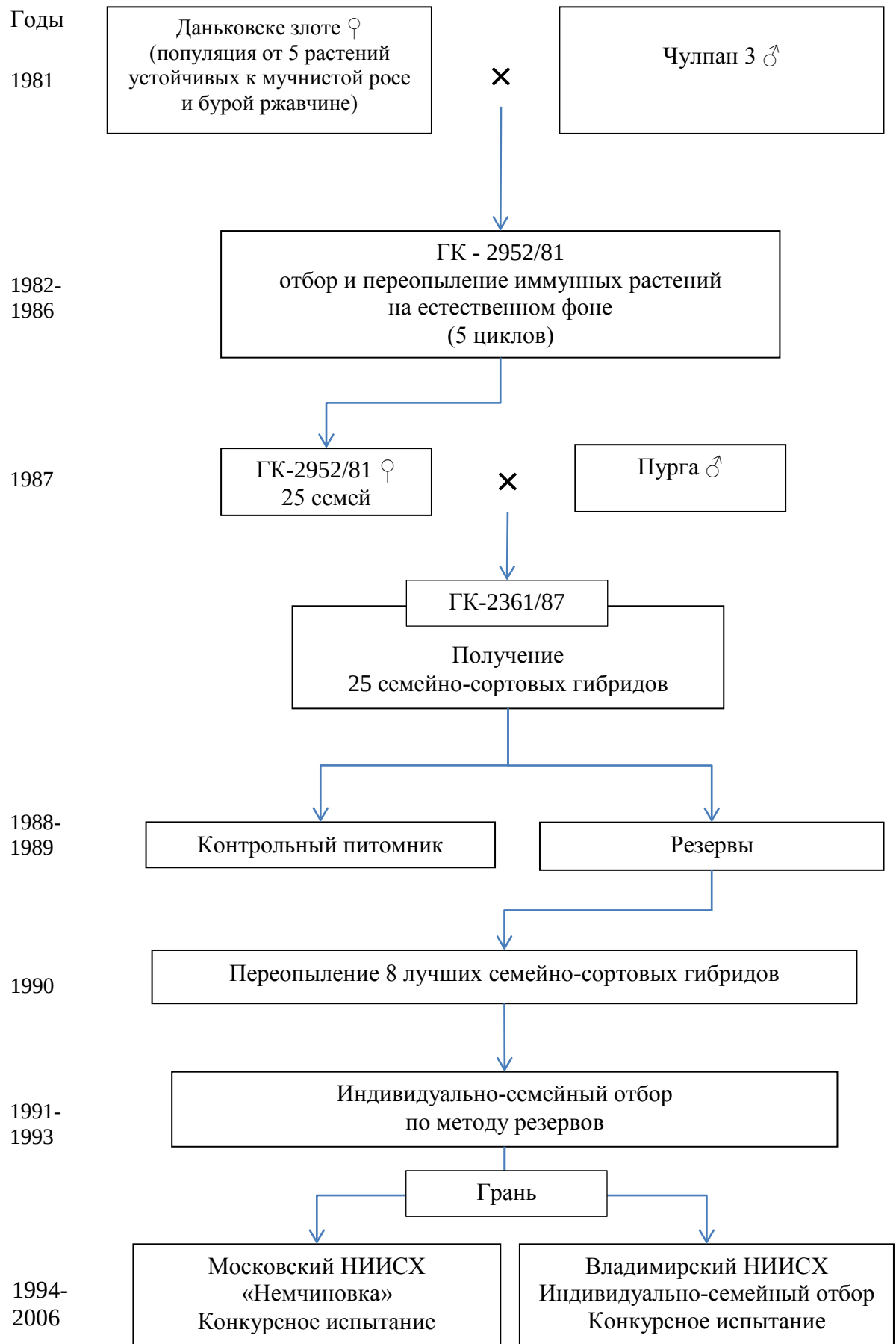


Рисунок 18 - Схема селекции сорта озимой ржи Грань.

В среднем за три года прибавка урожая в сравнении со стандартом составила 6,0 т/га. У сорта Грань отмечена лучшая зимостойкость (на 2,6%) по сравнению со стандартом и более короткий стебель (на 11 см), что положительно повлияло на его устойчивость к полеганию (+0,3 балла). При оценке на устойчивость к грибным болезням выявлено, что сорт Грань на 21,2% меньше поражен снежной плесенью и на 2,2% меньше мучнистой росой. При этом поражение бурой ржавчиной оказалось на 5,6% выше, чем у стандарта.

Таблица 20 - Урожайность и морфо-биологическая характеристика сорта озимой ржи Грань (Владимирский НИИСХ).

Сорта	Урожайность, т/га				Зимостойкость, %	Высота растений, см.	Устойчивость к полеганию, балл	Поражение болезнями, %		
	2004	2005	2006	Среднее				Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая ржавчина
Память Кондратенко, ст.	40,6	52,0	61,0	51,2	83,1	137	3,1	60,5	40	25,3
Грань	45,8	61,3	64,4	57,2	85,7	126	3,4	39,3	37,8	30,9
± к ст.	+5,2	+9,3	+3,4	+6,0	+2,6	-11	+0,3	-21,2	-2,2	+5,6
НСР 05	4,4	3,1	2,7							

Таблица 21 - Элементы структуры урожая сорта ржи Грань (2004-2006, Владимирский НИИСХ).

Сорт	Продуктивная кустистость	Колос						Масса 1000 зерен, г
		Длина колоса, см	Число цветков в колосе	Плотность, кол/см.	Число зерен	Озерненность, %	Масса зерна с 1 колоса, г.	
Память Кондратенко, ст.	1,8	9,7	30,1	3,1	47,9	74,6	1,34	28,0
Грань	1,8	9,1	30,0	3,3	52,2	80,3	1,70	32,6
± к стандарту	0,0	-0,6	-0,1	+0,2	+4,3	+5,7	+0,36	+4,6

Анализ элементов структуры урожая (табл. 21) показывает, что наиболее весомый вклад в прибавку урожая внесли показатели: число зерен (+4,3), озерненность колоса (+5,7%), масса зерна с колоса (+0,36 г) и масса 1000 зерен (+4,6 г). По технолого-биохимическим показателям сорт Грань незначительно отличается от сорта Память Кондратенко.

Характеристика сорта Грань по результатам конкурсного сортоиспытания в Московском НИИСХ приведена в табл. 22. Урожайность нового сорта за 2006-2009 годы составила 6,78 т/га, что выше стандарта на 0,41 т/га или 6,4%. Наивысший урожай получен в 2009 г. (7,67 т/га), а наибольшая прибавка урожая – в 2007 г. (0,76 т/га). По зимостойкости сорт находится на уровне стандарта, но отличается от него коротким стеблем (на 21 см) и лучшей устойчивостью к полеганию (на 1,6 балла). Отличительной особенностью сорта является меньшая степень поражения листьев мучнистой росой и бурой ржавчиной (соответственно на 22,2 и на 20,9%).

Таблица 22 - Урожайность и морфо-биологическая характеристика сорта озимой ржи Грань (Московский НИИСХ)

Сорта	Урожайность, т/га					Зимостойкость %	Высота Растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Поражение болезнями, %		
	2006	2007	2008	2009	сред.				Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая ржавчина
Восход 2, ст.	5,12	6,48	6,40	7,49	6,37	90,4	152	6,1	59,4	60,2	33,2
Грань	5,33	7,24	6,89	7,67	6,78	89,2	131	7,7	66,1	38,0	12,3
± к ст.	+0,21	+0,76	+0,49	+0,18	+0,41	-1,2	-21	+1,6	+6,7	-22,2	-20,9
НСР 05	0,31	0,21	0,36	0,23							

В сравнении со стандартом сорт Грань не показал заметного преимущества по густоте продуктивного стеблестоя (табл. 23). Прибавку по урожайности он обеспечивал в основном за счет более озерненного (на 4,1

зерна) и продуктивного (на 0,21 г.) колоса. По крупности зерна разница со стандартом была незначительная (+0,2 г.).

Таблица 23 - Элементы структуры урожая сорта ржи Грань, Московский НИИСХ (2006-2009).

Сорт	Число колосьев на 1 м ²	Колос						Масса 1000 зерен, г.
		Длина колоса, см	Число цветков в колосе.	Плотность, кол/см.	Число зерен	Озерненость, %	Масса зерна с колоса, г.	
Восход 2, ст.	443	8,8	63,9	3,6	51,0	84,1	1,63	33,0
Грань	419	9,9	66,4	3,4	55,7	83,9	1,84	33,2
± к стандарту	-24	+1,1	+2,5	-0,2	+4,1	-0,2	+0,21	+0,2

Установлено превосходство нового сорта ржи Грань по признакам качества зерна (табл. 24). При одинаковой со стандартом вязкости водного экстракта (6,5 сП) он превосходит его по ЧП (на 62 с.), высоте амилограммы (на 81 е.а.) и содержанию белка в зерне (на 0,6%). Однако он несколько уступал ему по натуре зерна (на 14 г.), что обусловлено влиянием доминантно-моновенной системы короткостебельности. Что касается хлебопекарных качеств, то подовый и формовой хлеб из зерна сорта Грань был лучше, чем у стандарта.

Таблица 24 - Оценка технологических и хлебопекарных качеств зерна сорта Грань (Московский НИИСХ 2006-2009)

Сорт	Вязкость ВВЭ сП.с	ЧП с.	Амилограмма еа	Белок %	Крахмал %	Натура зерна г/л	Объем хлеба см ³	Формовой хлеб, балл	Отношение Н/Д
Восход 2, ст.	6,5	130	209	11,2	59,3	732	331	3,8	0,19
Грань	6,5	192	290	11,8	58,4	718	325	4,3	0,22
Грань± к ст.	0,0	+62	+81	+0,6	-0,9	-14	-6	+0,5	+0,3

По ряду других биологических особенностей сорт существенно не выделялся. Длина вегетационного периода (от всходов до полной спелости зерна у него составляет 328 дней, что на уровне стандарта.

Но для нового сорта характерно некоторое смещение фаз развития в сторону позднеспелости: начало выхода в трубку наступает на 1 день позже, полное колошение - на 3 дня, полное цветение - на 2 дня. Форма куста в период кущения промежуточная, листья темно-зеленые, средней длины и ширины, без воскового налета. Продуктивная кустистость в среднем составляет 2,3 стебля, что на уровне стандарта. Стебель толстый, полый, прочный. Колос призматический, желтой окраски, ости длинные, полурасходящиеся. Зерно серо-зеленого цвет, полуудлиненное, средней крупности.

К определенным типам почв сорт особых требований не предъявляет. Агротехника сорта складывается из стандартных технологических операций, однако не следует забывать, что рожь хотя и более устойчива к неблагоприятным внешним условиям по сравнению с другими культурами, но в тоже время, по сравнению с пшеницей более чувствительна к нарушениям технологии посева (глубина заделки семян, норма высева и сроки посева). Для этого требуется качественная предпосевная обработка почвы, а также хорошо отсортированный и протравленный семенной материал. Положительно отзывается на внесение органических и минеральных удобрений, обработку посевов фунгицидами. Лучшей нормой внесения является 5 млн. всхожих зерен на гектар. Сроки сева – оптимальные для местности.

В 2011г. сорт Грань включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ и допущен к использованию по Северо-Западному и Центральным регионам. На сорт Грань получен Патент РФ № 6187 от 22.11.2011г. Доля авторства диссертанта 10% (Приложение 6, 7).

3.5. Селекция сорта озимой ржи Парча.

Сорт озимой ржи Парча (селекционный номер ГК-1494/86) получен методом многократного индивидуально-семейного отбора из гибридной популяции Даньковске Злоте × (Даньковске Злоте × Чулпан 3) (рис. 19). Первоначально в популяции Даньковске Злоте на фоне естественного заражения было отобрано 5 растений, устойчивых к мучнистой росе и бурой ржавчине. Полученную популяцию скрестили с короткостебельным сортом Чулпан 3 и на основе новой комбинации под названием ГК-2952/81 провели 3-х кратный негативный отбор растений пораженных мучнистой росой и бурой ржавчиной. Отбор проводили до цветения растений с целью получения более устойчивого материала.

В 1986 году образец ГК-2952/81 послужил отцовской формой для скрещивания с сортом Даньковске Злоте, из которого предварительно выделили 7 короткостебельных полусибсовых потомств с высокопродуктивным колосом. В результате получили 7 сорто-семейных гибридов, которые после размножения и отбора на иммунитет дали начало новой гибридной популяции ГК-1494/86. В 1989-1993гг. проводили ее селекционное улучшение методом индивидуально-семейного отбора по методу резервов. Одновременно велась оценка в контрольном питомнике и конкурсном сортоиспытании.

В 1994 году селекционный материал был передан во Владимирский НИИСХ (Суздаль) для экологического испытания и дальнейшего селекционного улучшения методом индивидуально-семейного отбора.

В табл. 25 представлены урожайность и морфобиологическая характеристика сорта Парча за три года конкурсному сортоиспытания в Московском НИИСХ. Несмотря на жаркую и сухую погоду летом 2007 г. новый сорт существенно превзошел по урожайности стандарт Валдай (+ 0,23 т/га). Обильные дожди летом 2008 г. вызвали частичное полегание посевов и тем самым в значительной мере сnivelировали различия сортов по уровню урожайности. Тем не менее, сорт Парча превзошел стандарт на 0,26 т/га.

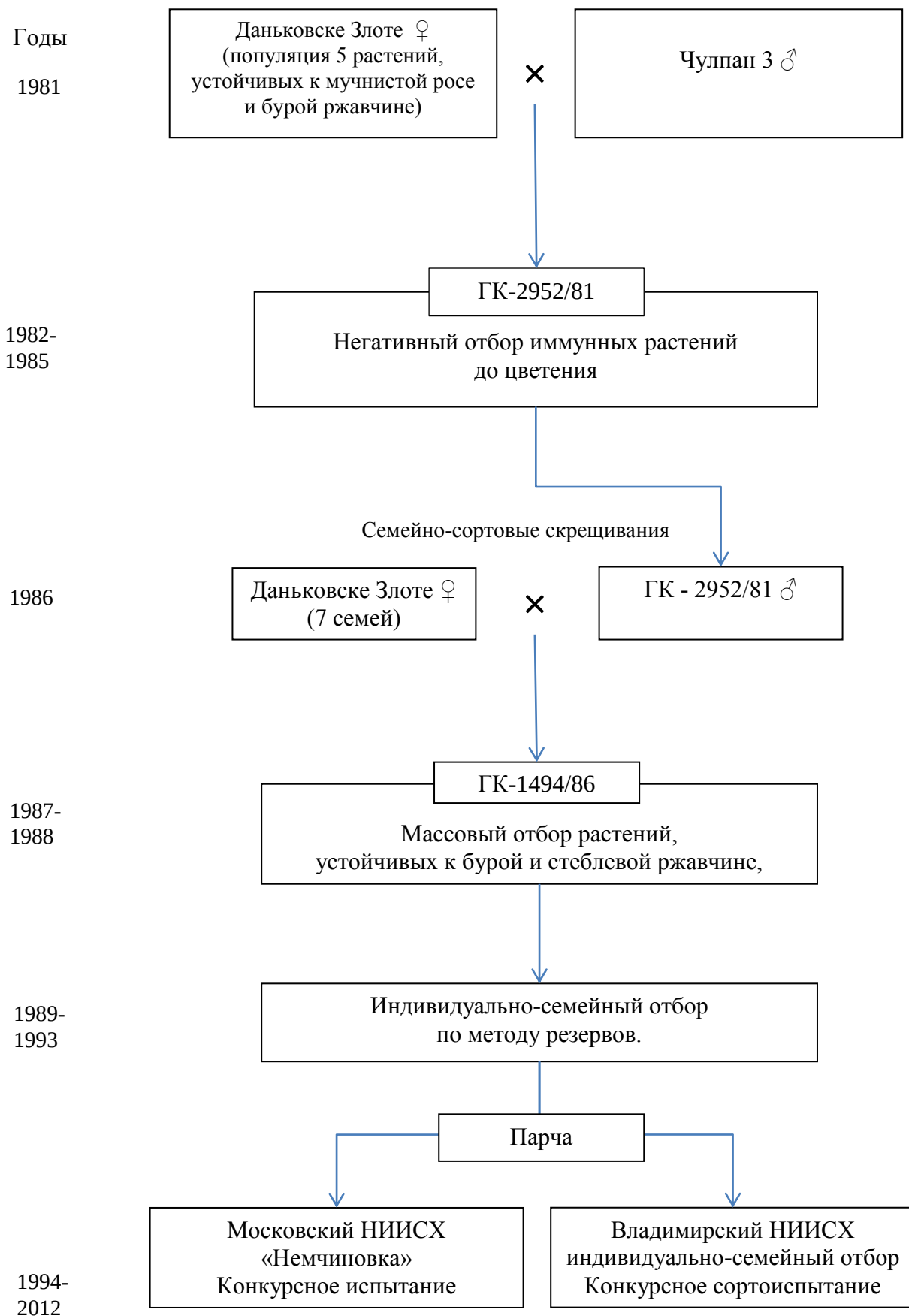


Рисунок 19 - Схема селекции сорта озимой ржи Парча.

По погодным условиям 2009 год был одним из наиболее благоприятных для роста и развития озимой ржи. Фактически все сорта в опыте показали высокую урожайность. На этом фоне новый сорт незначительно уступил стандарту по на 0,07 т/га.

Таблица 25 - Урожайность и морфо-биологическая характеристика сорта озимой ржи Парча (Московский НИИСХ).

Сорта	Урожайность, т/га				Зимостойкость, %	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Поражение болезнями, %		
	2007	2008	2009	Среднее				Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая ржавчина
Валдай, ст.	7,55	6,86	7,90	7,44	95,5	149	6,3	42,9	52,6	16,6
Парча	7,78	7,12	7,83	7,58	93,0	130	7,1	50,3	43,4	8,3
± к ст.	+0,23	+0,26	-0,07	+0,14	-2,5	-19	+0,8	+7,4	-9,2	-8,3
НСР 05	0,21	0,36	0,23							

В среднем за три года испытания преимущество по продуктивности над стандартом составило 0,14 т/га. Таким образом, несколько меньшая, чем у стандарта зимостойкость (на 2,5%) не имела заметного влияния на снижение урожайности по сравнению с сортом Валдай. По высоте растений сорт Парча на 19 см ниже сорта Валдай и соответственно он имеет перед ним преимущество по устойчивости к полеганию (+0,8 балла). При оценке на поражение грибными болезнями выявлено, что новый сорт уступает сорту Валдай по устойчивости к снежной плесени (на 7,4 %) но в тоже время он является более устойчивым к мучнистой росе и бурой ржавчине (на 9,2% и 8,3% соответственно).

По основным элементам структуры урожая сорт Парча находится на уровне стандарта Валдай (табл. 26). Наибольшее преимущество отмечено по числу колосьев на 1м² (+24 колоса) и длине колоса (+1,4 см). Принимая во внимание тот факт, что по остальным элементам структуры колоса сорт Парча

хотя и незначительно, но все же уступает стандарту, то из этого следует, что прибавка урожая в сравнении с Валдаем получена за счет более плотного стеблестоя.

Таблица 26 - Основные элементы структуры урожая сорта Парча (Московский НИИСХ, 2007-2009).

Сорта	Число колосьев на 1 м ²	Колос						Масса 1000 зерен, г.
		Длина колоса, см	Число цветков	Плотность кол/см	Число зерен	Озерненость %	Масса зерна с 1 кол, г.	
Валдай, ст.	400	8,2	62,6	3,8	53,6	85,6	1,86	34,9
Парча	424	9,6	62,4	3,3	52,5	84,2	1,80	34,3
± к стандарту	+24	+1,4	-0,2	-0,5	-1,1	-1,4	-0,06	-0,6

Технологические и хлебопекарные качества зерна у сорта Парча близки к стандарту Валдай (табл. 27). Несмотря на то, что по числу падения Парча уступает стандарту на 23 сек., она все же превосходит его по вязкости водного экстракта на 0,89 сП. Это свойство коррелятивно обусловило более высокое значение амилограммы на 47 е.а., а в конечном итоге положительно повлияло на формоустойчивость подового хлеба (Н/Д=0.23) и снизило объем формового хлеба (на 37 см³).

Таблица 27 - Технологическая-биохимическая оценка зерна сорта Парча (Московский НИИСХ, 2007-2009).

Сорта	Вязкость ВЭ, сП	ЧП, с	Амилограмма, еа	Белок, %	Крахмал, %	Натура зерна, г/л	Объем хлеба, см ³	Формовой хлеб, балл	Отношение Н/Д
Валдай, ст	5,68	202	270	11,0	60,0	744	350	3,8	0,19
Парча	6,57	179	317	10,5	59,9	735	313	4,3	0,23
± к ст.	+0,89	-23	+47	-0,5	-0,1	-9	-37	+0,5	+0,4

Сорт Парча создан на базе доминантно-моногоенного типа короткостебельности. В сравнении со стандартом он имеет практически одинаковую высоту растений (123 см), но превосходит его по устойчивости к полеганию (на 0,5 балла). Оценка сортов на устойчивость к болезням показала, что новый сорт меньше поражался снежной плесенью (на 13,5%), мучнистой росой (на 0,3%), но оказался более восприимчивым к бурой ржавчине (на +4,7%).

Таблица 28 - Урожайность и морфо-биологическая характеристика сорта озимой ржи Парча (Владимирский НИИСХ).

Сорта	Урожайность, т/га				Зимостойкость, %	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Поражение болезнями, %		
	2010	2011	2012	Средне е				Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая ржавчина
Память Кондратенко, ст.	5,60	6,22	6,64	6,15	83	123	3,8	23,5	1,3	8,3
Парча	7,72	6,48	7,44	7,21	91	123	4,3	10,0	1,0	13,0
± к ст.	+2,12	+0,26	+0,80	+1,06	+8	0	+0,5	-13,5	-0,3	+4,7
НСР 05	0,24	0,42	0,28							

Таблица 29 - Основные элементы структуры урожая сорта Парча
(Владимирский НИИСХ, 2010-2012).

Сорта	Продуктивная кустистость	Колос						Масса 1000 зерен, г.
		Длина колоса, см	Число цветков	Плотность кол/см	Число зерен в колосе	Озерненость, %	Масса зерна с 1 кол., г.	
Память Кондратенко, стандарт	2,0	9,7	60,5	3,1	47,3	79,6	1,45	30,7
Парча	2,2	9,6	62,8	3,3	49,6	81,1	1,67	33,7
± к ст.	+0,2	-0,1	+2,3	+0,15	+2,6	+1,5	+0,22	+3,0

В сравнении с сортом Память Кондратенко Парча обладает более высокой кустистостью, на 0,2 стебля больше стандарта (табл.29). Так же отмечено преимущество нового сорта по признакам колоса, за исключением его длины (-0,1 см). Наибольшая разница по числу зерен в колосе (+2,6) и по числу цветков в колосе (+2,3). Сорт Парча формирует более крупное зерно (+3,0 г) чем стандарт.

При технолого-биохимической оценке нового сорта (табл. 30) выявлено, что его зерно обладает хорошим качеством. Он положительно отличается от стандарта по числу падения (+3 с), высоте амилограммы (+64 ea), по натуре зерна и объему формового хлеба. При обобщении результатов технолого-биохимической оценки зерна сорта Парча с двух пунктов испытания, можно с уверенностью сказать, что по своим качественным показателям оно вполне пригодно для выпечки качественного подового и формового хлеба.

Длина вегетационного периода сорта Парча (от всходов до полной спелости зерна) составляет 324 дня, что на 2 дня короче стандарта. В отличие от других сортов, для нового сорта характерно смещение фаз развития на 1-2 дня в сторону более раннего созревания.

Таблица 30 - Технологическо-биохимическая оценка зерна сорта Парча (Владимирский НИИСХ, 2010-2012).

Сорта	Вязкость ВЭ, сП	ЧП с	Амилаграма, са	Белок, %	Натура зерна, г/л	Объем хлеба, см ³	Формовой хлеб, балл	Отношение Н/Д
Память Кондратенко, стандарт Парча	9,3	235	303	11,9	718	291	4,6	0,25
	8,7	238	367	11,3	735	307	4,1	0,22
± к ст.	-0,6	+3	+64	-0,6	+17	+16	-0,5	-0,3

Форма куста в период кущения промежуточная, листья темно-зеленые, средней длины, без воскового налета. Продуктивная кустистость составляет в среднем 2,2 стебля, что на уровне стандарта. Стебель толстый, прочный. Колос крупный, призматический, желтой окраски, ости длинные полурасходящиеся. Зерно светло-желтой окраски, полуудлиненное, средней крупности.

На государственное испытание передан в 2013 г. Сорт Парча представляет интерес для возделывания в областях Центрального, Волго-Вятского и Средневолжского регионов РФ. Предназначен для использования в хлебопекарной, спиртовой и комбикормовой промышленности. На сорт Парча получен патент № 8322 от 21.03.2016 г (приложение 8). Доля авторства диссертанта 5%. С 2016 г. сорт допущен к возделыванию по Центральному региону.

Таким образом, результаты наших исследований показывают большую эффективность метода семейно-сортовых скрещиваний. Этот метод дает возможность получать большое количество семейно-сортовых гибридов F₁ и проводить их масштабную предварительную оценку по комплексу селекционных признаков. В конечном итоге это позволяет выделить лучшие гибридные комбинации для дальнейшей работы с новым сортом. Важным звеном в селекционной работе по методу семейно-сортовых скрещиваний является применение метода топкросса с оценкой семей на общую

комбинационную способность по продуктивности и дальнейшей дифференциации лучших семей по хозяйственно-ценным признакам. Эффективность применения изложенных выше методических подходов в практической селекции озимой ржи подтверждает получение новых сортов: Татьяна, Роксана, Грань и Парча.

Глава 4. Селекция озимой ржи с использованием парных скрещиваний и клонирования.

4.1. Метод парных скрещиваний в селекции озимой ржи.

Рожь как строго опыляемая культура с малым коэффициентом размножения является трудным объектом для селекции (Т. Wolski, 1983). Широко применяемый массовый отбор фенотипически хороших растений на фоне свободного переопыления не всегда обеспечивает желаемые результаты, особенно по признакам с низкой наследуемостью. Поэтому неудивительно, что технология селекции этой культуры изобилует большим числом вариаций и комбинаций различных схем и методов отбора (А.А. Гончаренко, 2014).

В главе 3 мы отмечали, что большинство отечественных сортов создано методом многократного индивидуально-семейного отбора из гибридных популяций. Данный метод не предполагает строгого сохранения первоначально отобранных полусибсовых потомств (семей), худшие из которых бракуются после свободного переопыления. В этом случае известен генотип только материнского растения семьи, а генотип отцовских форм неизвестен, что исключает возможность их браковки. Поэтому более правильно было бы этот вариант отбора определить как наполовину индивидуальный и наполовину массовый. Такая половинчатость в принципе нежелательна, поскольку снижается результативность отбора (Cz. Tarkowski, 1974).

Семейный отбор по методу резервов (половинок), о котором упоминалось ранее, более эффективен в этом отношении. У ржи его впервые применил В. Лаубе в 1921 г. в Германии (W. Laube, F.Quadt, 1955). Как более совершенный вариант семейного отбора, он позволяет целенаправленно управлять процессом опыления и получать улучшенную популяцию. Примером эффективного применения метода половинок является создание в Московском НИИСХ «Немчиновка» сорта озимой ржи Восход 1 (Ф.Т. Кондратенко, А.А. Гончаренко, А.А. Морозов, 1975). Сорт получен из гибридной популяции от

скрещивания длинностебельных сортов Вятка 2 и Гибридная 2 с относительно короткостебельным сортом Немчиновская 50. Из 270 семей, изучавшихся в селекционном питомнике по комплексу признаков, было выделено 7 полусибсовых потомств, из резервов которых была составлена популяция, давшая начало новому сорту. Результаты испытаний показали, что Восход 1 характеризуется хорошей зимостойкостью, имеет более короткую соломину, и обладает большей устойчивостью к полеганию (А.А. Гончаренко, 1977,б). С использованием отбора по методу половинок и поликросса был создан другой высокоурожайный сорт Восход 2 (А.А. Гончаренко, Ф.Т. Кондратенко, 1981).

Однако при свободном переопылении родословная отобранных потомств по отцовской линии контролируется лишь частично. Стремление к более полному контролю привело к использованию метода изолированного размножения семей под изоляторами после проведения первого цикла отбора. В этом случае селектируемые признаки хорошо фиксируются, но существенным препятствием на пути к увеличению урожайности является возникновение инбридинга в популяции (А.А. Гончаренко, 1985).

В последние годы широкое применение в селекции ржи получил метод, в котором объектом отбора служат не полусибсовые, а полносибсовые (полносестринские) семьи (по немецки Vollgeschwisterfamilien или сокращенно VGF). Впервые замену полусибсовых семей на полносибсовые предложил Т. Вольский в Польше (Т. Wolski, 1983). При создании сорта Даньковске злоте он параллельно с отбором полусибсов применил парные скрещивания предварительно отобранных растений. В основу этого методического совершенства он положил концепцию Р. Зенгбуша (R.V. Sengbusch, 1940), предложившего во избежание инбридинга переопылять растения из разных семей. Применение этой методики базируется на возможности взаимного переопыления двух самонесовместимых растений под пергаментным изолятором и последующего испытания полученного полносибсового потомства по методу резервов.

На основе метода полносибсовых скрещиваний нами была разработана модифицированная схема селекционного процесса озимой ржи (А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров и др., 2009,а; 2009,б; 2013; А.А. Гончаренко, 2010). Схематически она представлена на рис. 20. Суть ее состоит во взаимном переопылении двух предварительно отобранных растений (т.е. пары) под пергаментным изолятором и последующем испытании полученного потомства по методу резервов. Новизна схемы состоит в том, что объектом отбора служат не полусибсовые, а полносибсовые потомства.

В первый год закладывается питомник парных скрещиваний, где семена селективируемой популяции высеваются по семьям ленточным способом по схеме примерно 20×20×50 см. В фазу колошения в питомнике проводят парную изоляцию визуально хороших растений. На два растения, принадлежащие к разным семьям, перед цветением надевают пергаментный изолятор, под которым происходит их взаимное переопыление. Переопыляемые растения являются высоко самонесовместимыми, а потому имеют низкую степень самоопыления, т.е. образуют гибридные семена, что очень желательно для дальнейшей селекции. Потомство такого гибрида не разделяют в зависимости от того, какое растение было материнским, а какое отцовским. Поэтому семена от растений каждой пары смешивают и они представляют собой как бы потомство одного растения.

Объем парных скрещиваний в питомнике должен быть большим (≈5000 пар) с тем, чтобы обеспечить интенсивный (на уровне 10-20%) отбор потомств в последующие годы. Убранные пары обмолачивают каждую в отдельности и отбирают те, у которых образовалось не менее 300 зерен.

На второй год закладывают сравнительное микроиспытание А-семей без повторений, но со стандартом через каждые 9 номеров. Для посева используют только часть семян от каждой пары (150 зерен), а оставшиеся семьи сохраняют в резерве. Таким образом, данный прием представляет собой временную изоляцию полносибсовых потомств, позволяющую исключить худшие семьи от

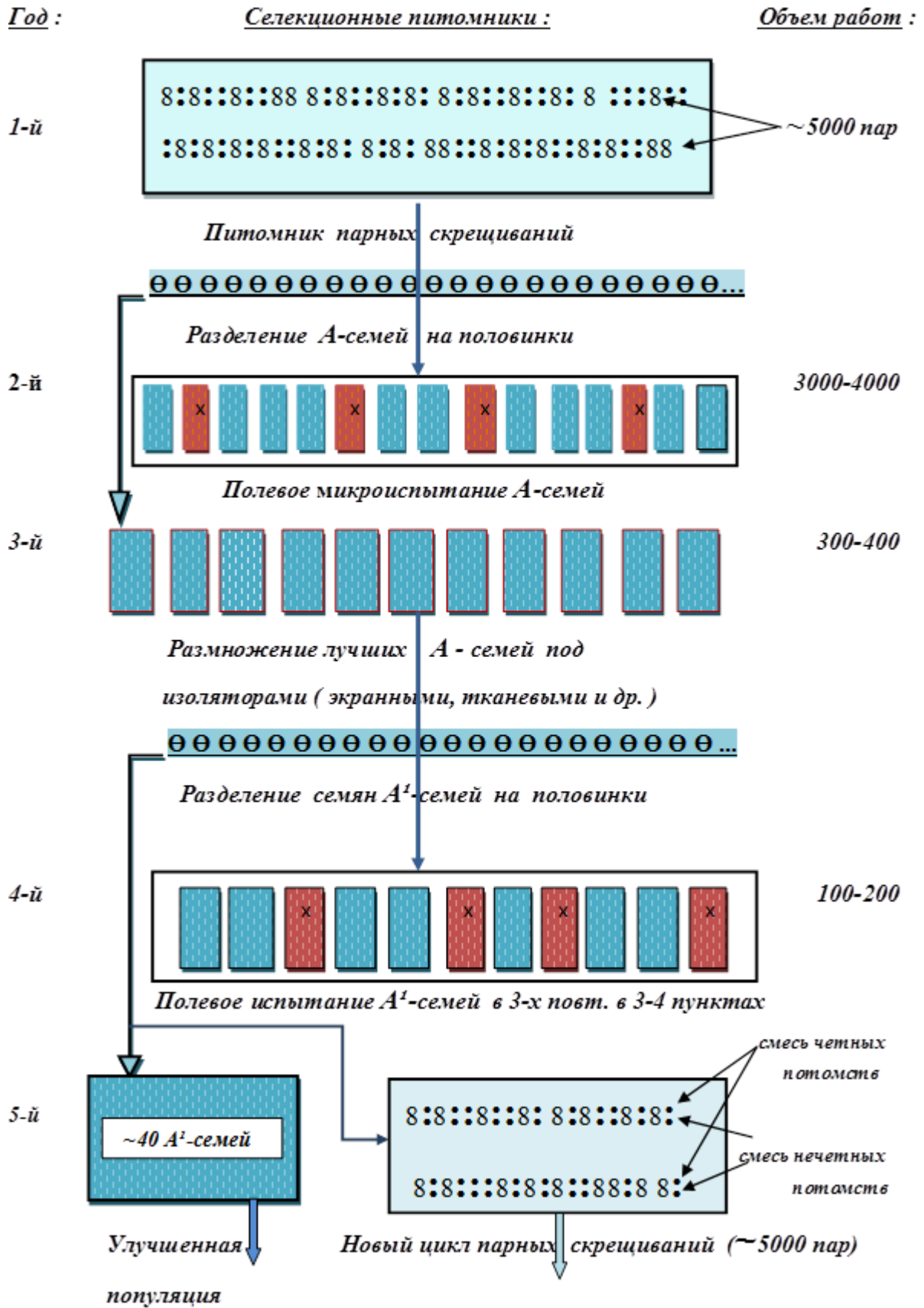


Рисунок 20 - Схема селекции озимой ржи по методу парных скрещиваний.

дальнейшего переопыления с лучшими. Для последующего посева используют только те семьи, которые при полевых испытаниях получили высокие оценки.

На третий год в условиях экранной изоляции (стенки типа «шпанвенде») или более строгой (под тканевыми или пленочными домиками) высевают резервные семена только тех потомств, которые по результатам сравнительного испытания оказались лучшими. Этим обеспечивается внутрисемейное переопыление и полученных семян образуется достаточно для того, чтобы на четвертый год, сохранив резерв семян, можно было провести широкое экологическое испытание в 3-4 пунктах в 2-3-х повторениях с применением сеялочного посева и производственной нормой высева. По результатам экологического испытания отбирают примерно 40 лучших A^1 –потомств, и используя резервы, проводят их переопыление. В итоге получают генетически улучшенную популяцию. Параллельно часть резервных семян отобранных семей используют для проведения второго цикла парных скрещиваний.

Основная трудность в реализации вышеприведенной схемы состоит в получении большого числа полносибсовых A -семей и изолированном размножении лучших из них. Однако затраты стоят того, так как селекционер получает возможность полностью контролировать генотип обоих родителей, что повышает эффективность отбора и ускоряет достижение целей селекции. В этом случае потомство двух взаимно переопыляемых растений является последним вариантом сохранения нужных признаков, который может использовать селекционер, не прибегая к инбридингу.

Описанная выше схема представляет собой отбор полных сибсов с применением изолированного размножения потомств. Обычно на практике этого приема селекционеры стараются избегать, чтобы не допустить инбридинга. Отчасти это так, но есть и свои плюсы, особенно если учесть, что возникший инбридинг можно устранить и довести до нулевого уровня путем переопыления соответствующего количества семей. Преимущество же состоит в том, что в случае изолированного размножения генетически ценные свойства

материнского и отцовского родителей легко фиксируются и сохраняются, а от нежелательных можно избавиться путем последующей браковки плохих потомств. Естественно, переопыление в пределах семьи приводит к родственному скрещиванию, что неблагоприятно отражается на жизнеспособности и урожайности популяции. Проблема усугубляется, если в селектируемую популяцию объединяется малое количество родоначальных семей. В этом случае возникает дополнительный инбридинг, который еще больше снижает продуктивность популяции. Концепция о необходимости сохранения максимальной гетерозиготности популяций ржи для достижения высокой продуктивности является общепризнанной. Н. Nilsson (1937), А. Muntzig (1943,b) определили рожь как сильно чувствительную к инбридингу. Из селекционной практики также известно, что при проведении отбора не следует пренебрегать возможной депрессией от возникающего инбридинга в популяциях ржи (А.А. Краснюк, 1935; В.П. Пахомова, 1958; Т. Wolski, 1971).

Известно, что инбредная депрессия уменьшается, если число родителей возрастает. Однако в этом случае средняя продуктивность возрастает только до определенного предела, затем этот рост прекращается. Объясняется это нивелирующим эффектом возрастающего числа родительских компонентов. Каждая новая родительская форма, добавленная к тем, которые уже отобраны, хотя и уменьшает потери, обусловленные инбредной депрессией, все же мало способствует увеличению продуктивности популяций из-за недостаточно высокого уровня ее комбинационной способности. Подтверждением тому служит тот факт, что с увеличением числа отбираемых семей закономерно снижается селекционный дифференциал, а селектируемая популяция приближается к исходному уровню (А.А. Гончаренко, 2014).

Сравнительную оценку уровня инбридинга в популяциях ржи, полученных при отборе полусибсовых и полносибсовых потомств, мы произвели на основе уравнений, предложенных ранее А.А. Гончаренко (1981). Полученные результаты представлены в табл. 31, а графически показаны на

рис. 21. Как видно, в обоих вариантах отбора при увеличении числа родоначальных семей уровень инбридинга популяций закономерно снижается и только при переопылении 35-40 семей и более его величина составляет менее 1%.

Особенность состоит в том, что в случае изолированного размножения полносибсовых семей уровень инбридинга синтезируемых популяций при одинаковом числе родительских компонентов в 2,22 раза выше, чем при отборе полусибсовых. Это превышение сохраняется при любом количестве родоначальных семей. Если вместо изолированного размножения семей применить свободное их переопыление, то различие в уровне инбридинга между сравниваемыми вариантами будет ровно 2- кратным, что объясняется 2-кратной разницей в степени родства между полусибсами и полными сибсами. Добавочный инбридинг величиной в 0,22 раза обусловлен тем, что при синтезе улучшенной популяции в переопылении участвовали уже инбредные A^1 семьи, у которых коэффициент инбридинга составил $F=0,25$ в результате изолированного размножения.

Таблица 31 - Коэффициент инбридинга (F) в популяции ржи, полученных от переопыления различного числа полусибсовых и полносибсовых семей

Число Переопыля- емых семей	Полусибсы		Полные сибсы	
	Свободно переопыленные	Изолированно размноженные	Свободно переопыленные	Изолированно размноженные
1	0,1250	0,1406	0,2500	0,3125
5	0,0250	0,0281	0,0500	0,0625
10	0,0125	0,0141	0,0250	0,0312
15	0,0083	0,0094	0,0167	0,0208
20	0,0062	0,0070	0,0125	0,0156
25	0,0050	0,0056	0,0100	0,0125
30	0,0042	0,0047	0,0083	0,0104
35	0,0036	0,0040	0,0071	0,0089
40	0,0031	0,0035	0,0062	0,0078
45	0,0028	0,0031	0,0056	0,0069
50	0,0025	0,0028	0,0050	0,0062

Ранее было доказано А.А. Гончаренко (1985), что при возрастании коэффициента инбридинга на 1% урожайность популяций ржи снижается на 1,2%. Если исходить из этой пропорции, то в случае отбора полусибсов в минимуме можно ограничиться переопылением 20 лучших A^1 потомств, так как вероятный уровень инбридинга составит $F=0,70\%$, а снижение урожайности от инбредной депрессии не превысит 0,84%. В случае парных скрещиваний растений и отбора изолированно размноженных полносибсовых потомств аналогичный уровень инбридинга селектируемая популяция будет иметь при переопылении 40 A^1 – потомств ($F=0,78\%$), т.е. при удвоенном их количестве. Мы полагаем, что это количество родительских компонентов можно считать как минимально допустимое при отборе полносибсовых потомств.

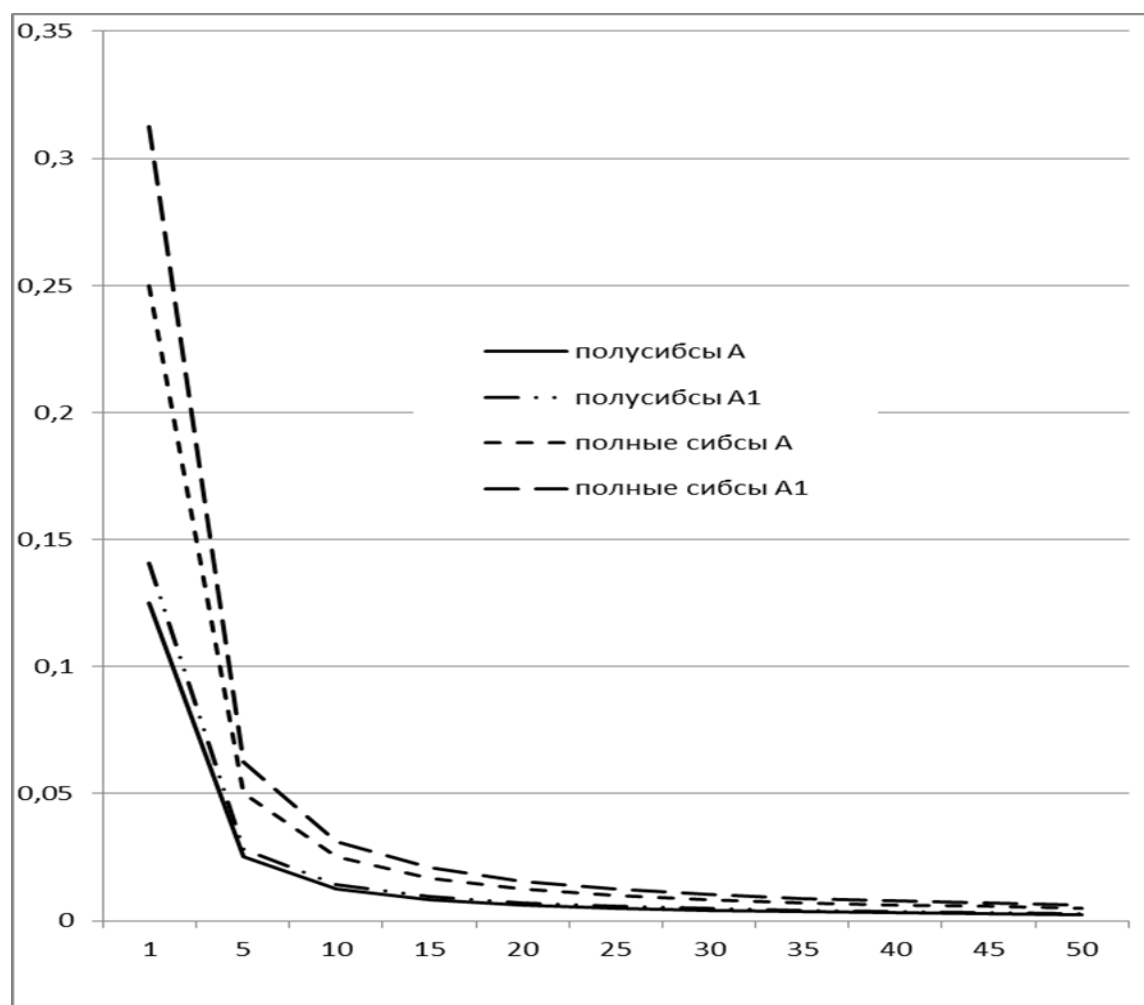


Рисунок 21 - Вероятный уровень инбридинга (F) в популяциях ржи при переопылении различного числа полусибсовых и полносибсовых семей. (А.А. Гончаренко 1985).

Важно отметить, что при синтезе улучшенной популяции резервные семена лучших 40 A^1 –потомств не следует просто смешивать и свободно переопылять. Чтобы избежать дополнительного инбридинга и получить более выровненную популяцию, необходимо разделить отобранные потомства на две равные группы (например, по четным и нечетным номерам), затем семена в пределах группы смешать и высеять параллельно рядами для проведения межгрупповых парных скрещиваний. В этом случае потомство полученных пар будет неинбредным, что очень важно для синтеза улучшенной популяции. Такой прием позволяет снять инбридинг, обусловленный изолированным размножением полносибсовых семей. Что касается потенциального инбридинга в синтезируемой популяции, то он будет полностью определяться числом полносибсовых потомств, только уже не изолированно размноженных, а свободно переопыленных.

Предлагаемая нами схема селекции может быть использована в первичном семеноводстве сортов. Хотя возделываемый сорт ржи в процессе семеноводства не должен претерпевать существенных изменений, однако полностью избежать этого нельзя из-за перекрестной природы опыления. Поэтому граница между селекцией и семеноводством сорта у озимой ржи должна быть максимально стерта. Возделываемые сорта ржи должны находиться под постоянным контролем селекционеров. Если их оставить без селекционной опеки и не проводить поддерживающей селекции, то многие ценные свойства будут постепенно трансформироваться в худшую сторону. Отбор полносибсовых потомств по методу парных скрещиваний в этой ситуации позволяет эффективно решать многие проблемы сохранения идентичности сорта.

4.2. Использование метода клонирования в селекции озимой ржи.

Эффективность отбора полносибсовых семей получаемых при парных скрещиваниях можно повысить, применив метод предварительного

клонирования исходных растений, подлежащих взаимному переопылению. Идею использования клонов ржи в селекционных целях впервые высказал голландский исследователь Велленсик (S.J. Wellensiek, 1940), который продемонстрировал возможность вегетативного размножения растений ржи при весеннем посеве и предложил две схемы селекции ржи с применением этого метода. В дальнейшем он модифицировал метод резервов применительно к вегетативному потомству отобранных растений, определив его как метод вегетативных половинок (S.J. Wellensiek, 1947).

В 1980-е годы в Германии метод клонирования получил дальнейшее методическое развитие (Т. Miedaner, 2007). Суть его в том, что в 1-й год проводят клонирование исходных растений до 20 растений в клоне, затем все части клона случайно комбинируют по 2 от каждого исходного растения и проводят парные переопыления (с помощью изоляторов или стенок «шпанвенде»). При использовании самонесовместимых клонов степень перекрестного опыления достигает 100%, а от одной пары клонов можно получить достаточное количество семян для проведения полевых испытаний потомств на больших делянках в нескольких пунктах. Новый сорт создается примерно на базе 40 лучших потомств путем свободного их переопыления. Метод клонирования сокращает цикл селекции на 1 год, не требует изолированного размножения полносибсовых семей, но требует много ручного труда и дополнительных финансовых затрат. Зато по эффективности его можно приравнять к линейному отбору у самоопыляющихся культур. В последние годы этот комбинированный метод полностью заменил традиционный полусибсовый отбор по причине лучшей генетической дифференциации селектируемых популяций.

В Московском НИИСХ «Немчиновка» нами была разработана комбинированная схема селекции с применением клонирования, которая представлена на рис. 22. (А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров и др. 2009,б, 2013; А.А. Гончаренко, 2013).

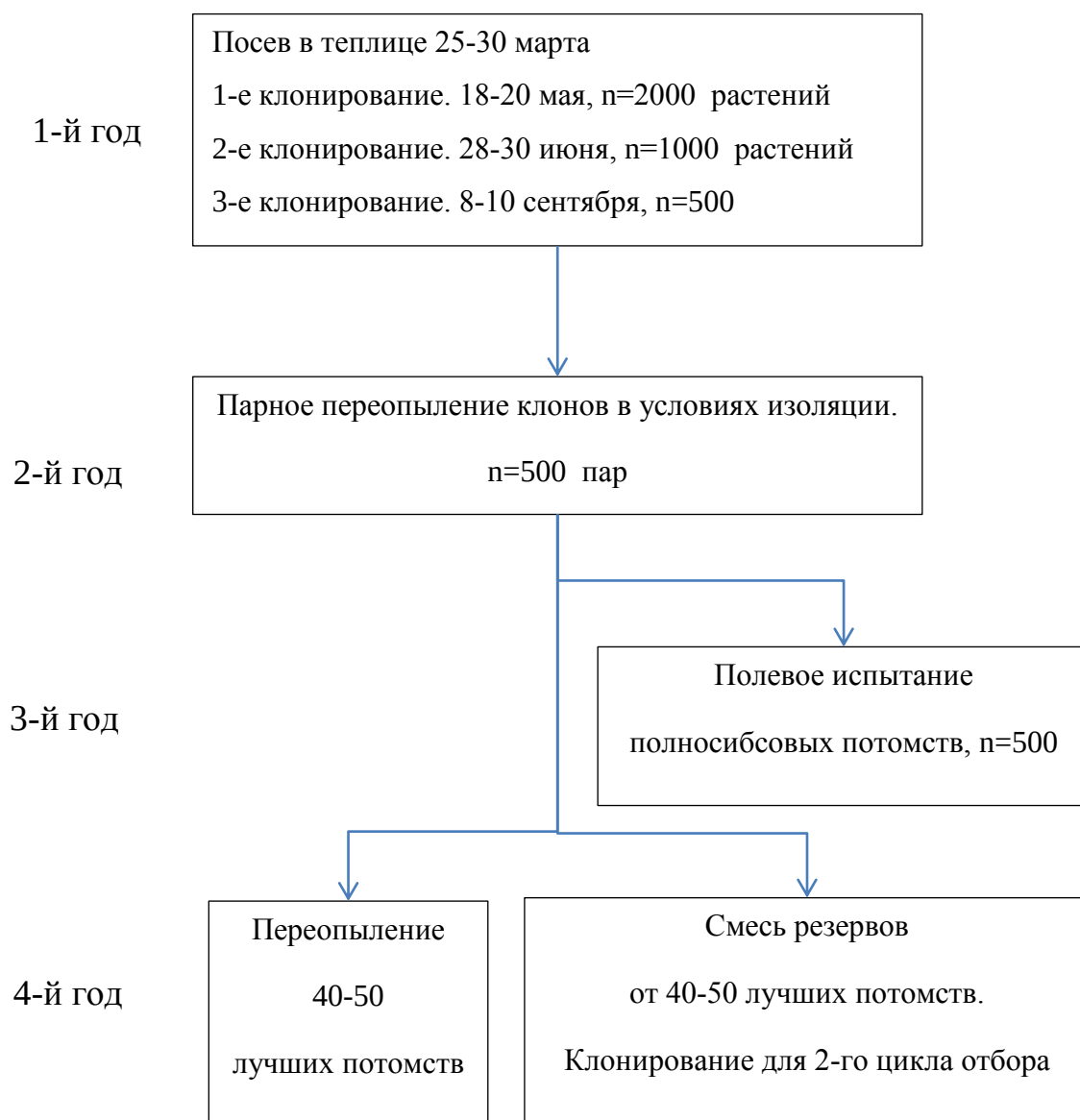


Рис.22. Схема полносибсового отбора с применением клонирования

Из исходной, хорошо отселектированной популяции произвольно отбираются не менее 5000 зерен и высевает в сосуды, размещенные в теплице. При правильно подобранном температурном режиме растения хорошо кустятся и во второй половине мая отбирают лучшие из них в количестве 2000 для клонирования на 2-3 части и пересаживают в открытый грунт, где имеется возможность регулярного полива. Второе клонирование проводится в третьей декаде июня, третье - в начале сентября. Таким образом, от каждого растения

можно получить 20 и более растений в клоне. Полученные клоны объединяют в пары для взаимного переопыления под каркасными изоляторами или между изоляционными стенками типа «шпанведе» на следующий год. На третий год часть полученных семян оставляют в резерве, а другую часть используют для полевого испытания на делянках в 2-3 повторностях. По результатам оценки на урожайность и по другим признакам выделяют 40-50 лучших потомств из резерва для переопыления и получения улучшенной популяции, а также для 2-го цикла клонирования.

С использованием метода парных скрещиваний и клонирования нами созданы сорта ржи Московская 12 и Московская 15. Ниже излагается методика их селекционной проработки.

4.3.Селекция сорта озимой ржи Московская 12.

Сорт озимой ржи Московская 12 получен методом многократного индивидуально-семейного отбора из гибридной популяции от скрещивания Поп.2253/88 с 29 сортами и формами (А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров и др. 2008,а). При ее создании в качестве отцовской формы использовали популяцию короткостебельных растений из Поп.2253/88. В качестве материнской формы были взяты 29 нижеперечисленных сортообразцов.

1. Вятка крупнозерная
2. Вятка 2 (оригинальная)
3. Ensi (Финляндия)
4. Jussi (Финляндия)
5. Onni II (Финляндия)
6. Cadi (Швейцария)
7. Rheidol (Англия)
8. Montalegre (Португалия)
9. Motto (Польша)
10. М-16-087 (отбор на устойчивость к мучнистой росе и бурой ржавчине)
11. Восход 2 (антоциановый колос)
12. Восход 2 (отбор на устойчивость к мучнистой росе и бурой ржавчине)
13. Саним (ВИР)
14. Поп.5/80 (отбор на иммунитет)

15. Поп.104/84 (отбор на устойч. к мучнистой росе и бурой ржавчине)
16. Г-К 64/81hl (отбор на устойч. к мучнистой росе и бурой ржавчине)
17. Поп.834/77
18. Г-К 2952/81hl (отбор на устойч. к мучнистой росе и бурой ржавчине)
19. ВНИИФ-82
20. ВНИИФ-122
21. Г-К 2407/87 hl
22. Г-К 75/81
23. Державинская 29
24. Саратовская 5
25. Безенчукская 87
26. LAD-287 (Польша)
27. Турбо (Польша)
28. Амило (Польша)
29. Borellus (ГДР)

По каждой материнской форме в 1990 г. кастрировали путем подрезки пыльников по 100 колосьев (рис.23). В 1992 году часть гибридных семян была оставлена в резерве, а другая часть посеяна в контрольном питомнике для испытания на урожайность. По результатам испытания из 29 гибридов было отобрано 12 лучших гибридов F_2 . В 1993 г. их резервы были посеяны в гибридном питомнике, где провели оценку и отбор 65 устойчивых к бурой ржавчине растений на фоне искусственного заражения. Дальнейшая работа с полученным селекционным материалом велась по методу семейно-сортовых скрещиваний (см. главу 3). Индивидуально-семейный отбор проводился по признакам продуктивности колоса, крупности и выполненности зерна, короткостебельности, устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине. Особый акцент при работе с селекционным материалом был сделан на отбор топкроссных потомств с высоким числом падения. Всего за 1995-2006 гг. было проведено 12 циклов такого отбора.

В 2004 году на изолированном участке был заложен питомник парных скрещиваний. Посевным материалом послужили резервы элит с гибридного питомника, прошедшие предварительную оценку в селекционном питомнике. Летом 2005 года в питомнике было проведено 600 парных скрещиваний под пергаментными изоляторами.

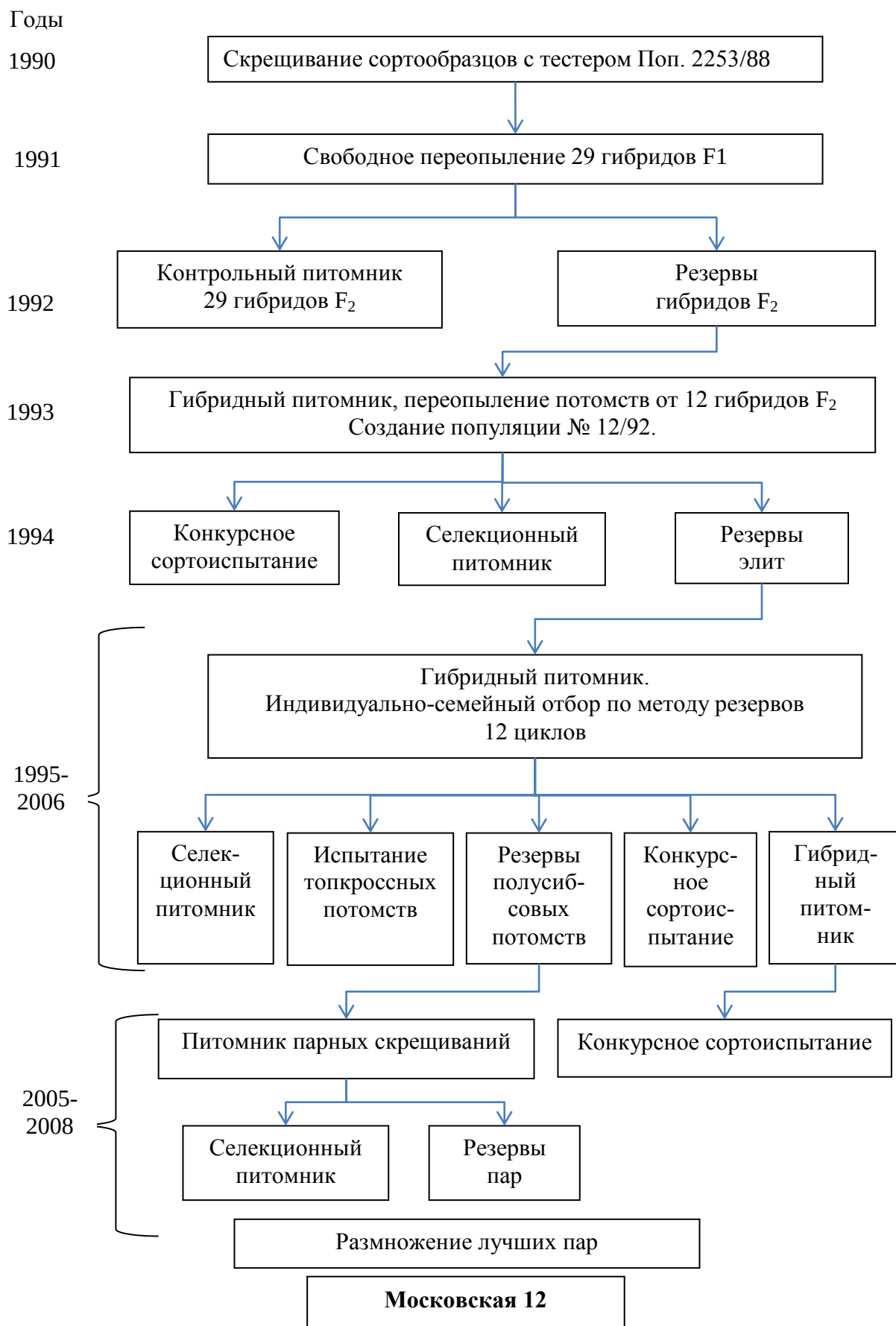


Рисунок 23 - Схема селекции сорта озимой ржи Московская 12.

После обмолота полученного селекционного материала для дальнейшей работы оказались пригодными потомства 313 пар. Пригодность для посева определялась в первую очередь количеством образовавшихся семян, так как часть из них необходимо было оставлять в резерве, а другую часть использовать для посева в селекционном питомнике. По результатам испытания на следующий год из резервов лучших пар вновь был заложен питомник парных скрещиваний (2-й цикл). В 2007 году было получено 1000 пар, из них 580 пар оставлены для посева в селекционном питомнике.

Проведенные на заключительном этапе селекции два цикла парных скрещиваний позволили существенно улучшить селектируемую популяцию по короткостебельности, крупнозерности, выровненности стеблестоя и другим признакам.

О качестве отбираемых потомств можно судить по данным табл. 32, где приведена селекционная характеристика сорта озимой ржи Московская 12, полученного методом парных скрещиваний.

Таблица 32 - Селекционная характеристика сорта озимой ржи Московская 12.

Сорт	Урожайность, т/га					Зимостойкость %	Высота Растений, см.	Устойчивость к Полеганию балл	Поражение болезнями, %		
	2005	2006	2007	2008	сред.				Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая ржавчина
Валдай, ст-т.	4,10	4,80	7,55	6,86	5,83	86,7	143	6,6	52,8	58,8	26,4
Москов 12	5,08	5,67	7,88	7,25	6,47	90,1	142	7,0	30,0	55,1	23,8
± к станд.	+0,98	+0,87	+0,33	+0,39	+0,64	+3,4	-1	+0,4	-22,8	-3,7	-2,6
НСР 05	0,45	0,31	0,21	0,36							

В среднем за четыре года сортоиспытания новый сорт превысил стандарт на 0,64 т/га или 11,0%. Наиболее высокая урожайность у нового сорта отмечена

в 2007 году – 7,88 т/га. Превышение над стандартом составило 0,33 т/га или 4,4%. Нужно отметить, что 2007 год был весьма благоприятным для роста и развития озимой ржи. Весной 2007 года была отмечена хорошая перезимовка растений. Во второй половине мая прошли обильные дожди и установилась теплая погода. В дальнейшем (до начала уборки) вегетационный период характеризовался повышенным температурным режимом с недобром осадков.

Более показательным для оценки нового сорта явился 2005 год. В этом году после перезимовки, поражение растений снежной плесенью составило 52,2%. Весна была влажной и затяжной, благодаря чему растения хорошо отрасли и ко времени колошения посевы набрали нормальную густоту стеблестоя. Но в июле прошли сильные ливни и вызвали раннее полегание растений, что в конечном итоге отрицательно сказалось на уровне урожайности. Именно в этом году отмечено наибольшее превышение Московской 12 над сортом Валдай по урожайности (0,98 т/га, или 23,9%), что объясняется более высокой устойчивостью к полеганию.

За годы испытания новый сорт показал себя как более зимостойкий в сравнении с сортом Валдай. По результатам подсчета растений на пробных площадках превосходство по зимостойкости составило +3,4% в среднем. При практически равной со стандартом высоте растений (142 см) устойчивость к полеганию у Московской 12 была выше стандарта на 0,4 балла. Наиболее сильно это преимущество нового сорта проявилось в 2005 г., когда при массовом полегании посевов устойчивость к полеганию у Московская 12 составила 5,1 балла против 4,5 у сорта Валдай. Это превосходство положительно повлияло на уровень урожайности в пользу нового сорта. Очевидно, что при отборе полносибсовых потомств можно улучшить популяцию не только по урожайности, но и по зимостойкости, короткостебельности, устойчивости к полеганию и болезням, а также сформировать хорошо выровненный и более плотный стеблестой.

Сорт Московская 12 отличается комплексной устойчивостью к грибным болезням. Лучше всего он выделяется по степени поражения снежной плесенью (-22,8% над стандартом). По степени поражения мучнистой росой и бурой ржавчиной разница оказалась несколько ниже (-3,7 и -2,6% соответственно).

Оценивая особенности структуры урожая сортов Московская 12 и Валдай необходимо отметить, что основное преимущество нового сорта в формировании урожая состоит в формировании более плотного стеблестоя – на 16 колосьев с 1 м² (табл. 33.). По другим элементам структуры сорт Московская 12 близок к стандарту или незначительно уступает ему. В сравнении с Валдаем сорт имеет более короткий колос, чем объясняется более низкий его потенциал по числу цветков и зерен в колосе.

Таблица 33 - Основные элементы структуры урожая сорта Московская 12 (2005-2008 гг.)

Сорт	Число продуктивных стеблей на 1 м ²	Продуктивная кустистость	Число Цветков в кол.	Плотность, кол./см.	Число зерен в кол.	Озерненность %	Масса зерна с 1 колоса	Масса 1000 зерен г
Валдай, ст.	431	3,3	63,3	3,8	54,3	85,9	1,75	32,2
Московская 12	447	3,9	58,8	3,6	50,3	85,4	1,63	32,3
± к ст.	+16	+0,6	-4,5	-0,2	-4,0	-0,5	-0,12	+0,1

Новый сорт обладает хорошими технологическими и хлебопекарными качествами зерна (табл. 34). По числу падения и высоте амилограммы Московская 12 значительно лучше стандарта. За годы испытания величина ЧП у него составило 225 сек., что на 52 сек. выше стандарта. На 20 единиц Московская 12 превосходит стандарт по высоте амилограммы. Но по вязкости водного экстракта сорта имеют равные показатели. На 0,4% новый сорт уступает стандарту по содержанию белка в зерне, но значительных различий по содержанию крахмала не выявлено. Незначительная разница между сортами

отмечена по натуре зерна. По хлебопекарным показателям (объем хлеба, визуальная оценка формового хлеба и отношение Н/D) оба сорта имеют близкие показатели.

В целом на основе вышеизложенного можно сказать, что основным преимуществом нового сорта является более высокая урожайность, которая обеспечивается высокой плотностью высокопродуктивного стеблестоя, высокой устойчивостью к полеганию и лучшим качеством зерна за счет высокого числа падения и комплексной устойчивости растений к грибным болезням.

Таблица 34 - Технологическо-биохимическая оценка зерна сорта Московская 12 (2005-2009).

Сорт	Число падения, сек	Амилорама, г/г	Вязкость, ВЭ сП	Белок, %	Крахмал %	Натура, г/л	Объем хлеба см ³	Формовой хлеб, балл	Отношение Н/D
Валдай ст.	173	288	6,0	11,6	59,4	733	331	3,8	0,22
Московская 12	225	308	5,9	11,2	59,4	729	338	4,0	0,21
± к станд.	+52	+20	-0,1	-0,4	0,0	-4	+7	+0,2	-0,01

По биологическим особенностям новый сорт существенно не отличается от стандарта. Сорт среднеспелый, вегетационный период 289-327 дней. Форма куста в период кущения растений промежуточная, листья темно-зеленые, средней длины и ширины, без воскового налета. Средняя продуктивная кустистость составляет 2,5 стебля, что на уровне сорта Валдай. Стебель толстый, полый, прочный. Колос призматический, желтой окраски, ости средней длины, полурасходящиеся. В период колошения и цветения колос и стебель имеют интенсивный восковой налет.

В условиях Центрального Нечерноземья лучшим предшественником для сорта является занятый пар (клеверный, бобово-злаковый, картофельный), а

также чистые и сидеральные пары, многолетние травы на 1 укос в год посева. Для получения дружных всходов следует обратить внимание на качество предпосевной обработки почвы. Поверхность поля должна быть ровной, без крупных комков и живых сорняков.

Дозы, сроки и способы применения средств химизации должны определяться исходя из агрохимической и фитосанитарной характеристики поля. Расчетная норма внесения минеральных удобрений на 1 га рассчитывается с учетом планируемой урожайности и выноса элементов питания на 1 тонны зерна. Лучшая норма высева для сорта – 5,0 млн. всхожих зерен на гектар. Сроки сева – установленные для местности. Оптимальная глубина заделки семян составляет 3 см. Сорт положительно отзывается на предпосевное протравливание семян и обработку фунгицидами. Растения лучше зимуют, если перед уходом в зиму они имеют 3-4 стебля. Весной следует провести двукратную подкормку растений азотом: первую (N_{30-40}) – сразу после схода снега, вторую (N_{30-40}) – в фазе выхода растений в трубку.

В 2011 г. сорт Московская 12 включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ, на него получен патент №5497 от 03.09.2010 г. Доля авторства диссертанта 15%, (Приложение 9, 10) Сорт допущен к возделыванию по Северо-Западному, Центральному и Центрально-Черноземному регионам. Ориентировочная площадь посева под ним составляет 200 тыс. га.

4.4. Селекция сорта озимой ржи Московская 15.

Схема селекционного процесса сорта Московская 15 показана на рис.24. Первоначально была получена гибридная популяция ГК-3555/91. Родительскими формами для ее создания послужили Поп. 2253/88 и ГК-75/81. Осенью 1991 г. полученные гибридные семена были посеяны на участке гибридизации, где в 1992 г. провели скрещивание с образцом М-21-089 (Польша).

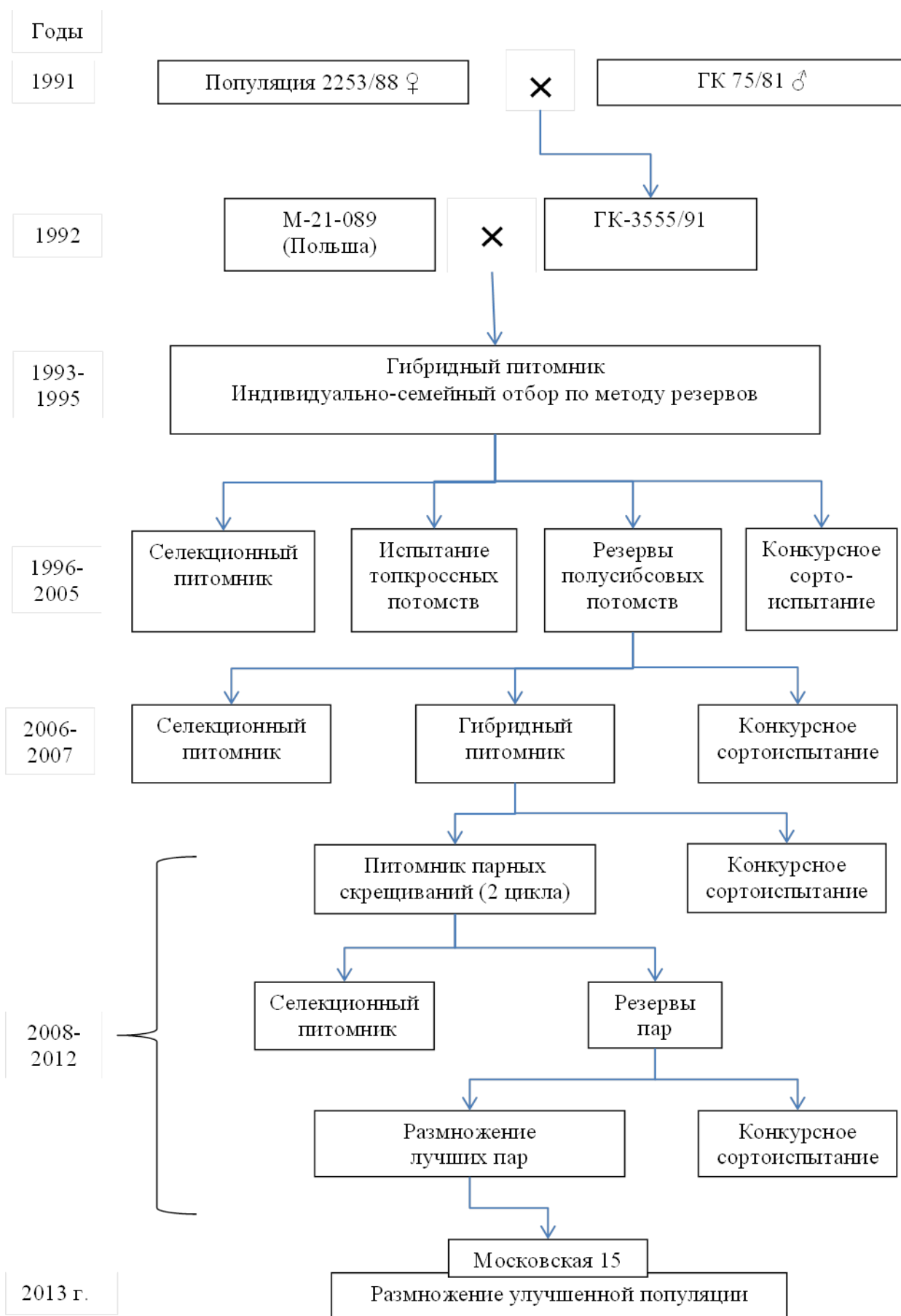


Рисунок 24 - Схема селекции сорта озимой ржи Московская 15.

В 1993-95 гг. провели 2 цикла отбора растений на устойчивость к грибным болезням и размножение гибридного материала. Отбор в 1993 году проводился на фоне искусственного заражения уредоспорами бурой ржавчины. В последующие годы (1996-2005) проводился индивидуально-семейный отбор по методу резервов, а также оценка популяции на урожайность и другим признакам в конкурсном сортоиспытании. Параллельно шло испытание топкроссных потомств лучших семей.

В 2006 и 2007 году проводился отбор на устойчивость к бурой ржавчине, мучнистой росе и размножение отобранных семей. Из них был сформирован питомник для парных скрещиваний 1-го цикла, где в 2008 г. было получено 2000 пар. После обмолота убранных растений в дальнейшую работу отобрали 1763 пары. В селекционном питомнике из этого количества было отобрано 305 лучших пар (17% от числа изученных). Второй цикл парных скрещиваний провели в 2011 году. Из полученных 2500 пар для оценки в селекционный питомник отобрали 2410 пар, а для объединения в новую популяцию взяли 296 пар.

По итогам оценок осенью 2012 г. был сформирован питомник парных скрещиваний для 3-го цикла, который провели летом 2013 года и получили 2500 пар. Сходным образом работа с селекционным материалом сорта Московская 15 продолжается и в настоящее время.

Результаты конкурсного испытания нового сорта за 2007-2012 гг. представлены в табл. 35. Как видно, в течении пяти лет из шести сорт Московская 15 достоверно превышал по урожайности стандарт при одинаковой с ним зимостойкости. Средняя прибавка по урожайности зерна составила 0,49 т/га, или 7,0%.

За годы испытания урожайность сорта трижды превышала уровень 8,0 т/га, что указывает на высокие потенциальные возможности сорта. Наибольшее превышение по урожайности над стандартом было отмечено в 2008 году. Объяснить это можно тем, что перезимовка 2007/08 года отличалась частыми

оттепелями, которые спровоцировали поражение растений снежной плесенью. Дальнейшее повышение температуры на глубине узла кущения привело к расходу накопленных сахаров и питательных веществ, в результате чего растения весной в конкурсном сортоиспытании вышли в ослабленном состоянии. Сорт Московская 15 в этих условиях перезимовал лучше стандарта и меньше поразился снежной плесенью (на 14 %).

Таблица 35 - Урожайность сорта озимой ржи Московская 15 в конкурсном сортоиспытании.

Сорт	Урожайность, т/га						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Ср.
Валдай, станд.	7,55	6,86	7,90	6,05	7,25	6,16	6,96
Московская 15	8,35	8,14	8,46	6,41	7,34	6,00	7,45
± к станд.	+0,80	+1,28	+0,56	+0,36	+0,09	-0,06	+0,49
НСР 05	0,21	0,36	0,23	0,33	0,02	0,07	

Наибольший урожай (8,46 т/га) был получен в 2009 году, когда сложились благоприятно условия для роста и развития растений. По температурному режиму весеннее - летний период в этом году был выше средне многолетних значений на 0,9 - 4,5 С°, а выпавшие осадки были в пределах нормы. Хотя ливневые осадки со шквалистым ветром (до 27 м/с) в июне и июле месяце способствовали частичному полеганию озимой ржи.

По устойчивости к полеганию (табл. 36) за годы конкурсного сортоиспытания сорт Московская 15 незначительно уступал сорту Валдай (на 0,5 балла), при том, что средняя высота растений у него была на 6 см ниже стандарта.

Сорт Московская 15 выгодно отличается от стандарта относительно высокой устойчивостью к поражению болезнями. В наибольшей степени новый

сорт превышает Валдай по устойчивости к мучнистой росе (на 17,7%). Оценки по устойчивости к снежной плесени и бурой ржавчине отличались от стандарта на 14,0% и 6,1% соответственно.

Таблица 36 - Селекционная характеристика сорта озимой ржи Московская 15 в конкурсном сортоиспытании (2007-2012).

Сорт	Зимостойкость, %	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Поражение болезнями, %		
				Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая. ржавчина
Валдай, станд.	95,3	142	6,2	32,6	39,5	17,2
Московская 15	95,3	138	5,7	18,6	21,8	11,2
± к станд.	0,0	-6	-0,5	-14,0	-17,7	-6,0

Новый сорт формирует более плотный по сравнению со стандартом стеблестой (на 48 продуктивных стеблей, табл. 37), при более высокой продуктивной кустистости (+ 0,8). Сравнивая параметры колоса, необходимо отметить, что колос сорта Московская 15 имеет меньшую по сравнению со стандартом длину, но содержит при этом более высокое число цветков в колосе.

Таблица 37 - Основные элементы структуры урожая сорта озимой ржи Московская 15 (2007-2012).

Сорт	Число продуктивных стеблей на 1м ²	Продуктивная кустистость	Число цветков в колосе	Плотность, кол./см.	Число зерен в колосе	Озерненность %	Масса зерна с 1 колоса г	Масса 1000 зерен г
Валдай ст.	496	4,4	58,8	3,6	47,9	81,4	1,56	32,3
Московская 15	544	5,2	59,4	3,7	47,3	79,0	1,43	30,3
± к ст.	+48	+0,8	+0,6	+0,1	-0,6	-2,4	-0,13	-2,0

Для сорта характерна несколько меньшая озерненность колоса (на 2,4%) и, соответственно, число зерен в колосе (-0,6). По массе 1000 зерен новый сорт уступает стандарту на 2,0 г.

Технологическо-биохимические показатели сорта приведены в табл. 38. Данные показывают, что одним из преимуществ сорта Московская 15 является хорошая натура зерна, что подтверждает высокие урожайные свойства сорта.

Относительно низкие технологические свойства зерна по другим показателям позволяют рекомендовать этот сорт не только для продовольственного, но и для зернофуражного использования.

Таблица 38 - Технологическо-биохимическая оценка зерна сорта Московская 15 (2007-2012).

Сорт	Число Падения сек.	Амилограмма еа	Вязкость ВЭ сП.с	Белок, %	Крахмал %	Натура г/л	Объем хлеба, см ³	Формовой хлеб, балл	Отнош. Н/D
Валдай, ст.	243	378	6,6	12,0	59,9	747	340	3,8	0,21
Московская 15	214	355	5,8	11,8	59,1	749	311	4,2	0,21
± к станд.	-29	-23	-0,8	-0,2	-0,8	+2	-29	+0,4	0,0

По своим биологическим особенностям, а также по специфике агротехнических приемов новый сорт не отличается от сорта Московская 12.

Новый сорт представляет интерес для возделывания в областях Северо-Западного, Центрального, Волго-Вятского, Средневолжского и Центрально-Черноземного регионов. На сорт получен патент № 8018 от 10.11.2015. Доля авторства диссертанта 15% (Приложение 11, 12).

4.5 Оценка эффективности отбора потомств от парных скрещиваний.

Экспериментально проверку эффективности отбора потомств от парных скрещиваний мы провели в 2005-2008 гг. На базе 4-х гибридных популяций

был проведен отбор полусибсовых и полносибсовых А-потомств, полевое испытание которых проводилось в селекционном питомнике в один и тот же год (табл. 39). Основной вывод из этого сравнения сводится к тому, что в количественном отношении отбор полносибсовых семей на 10% превосходит результаты, полученные при отборе полусибсов.

Таблица 39 - Сравнительная оценка результатов отбора полусибсовых и полносибсовых А-потомств озимой ржи по методу резервов

Селектируемые популяции	Год оценки	Полусибсовые потомства			Полносибсовые потомства		
		Всего изучено	Отобрано	% отбора	Всего изучено	Отобрано	% отбора
ГК-870/99	2005	472	55	11,6	704	169	24,0
П-12/92	2006	313	67	21,4	552	168	30,4
П-11/92	2007	370	58	15,7	1052	301	28,6
ГК-984/01	2008	332	53	16,0	537	118	22,0
Среднее				16,2			26,3

Таким образом, метод парных скрещиваний является эффективным методическим инструментом в селекции озимой ржи. Ценность его применения заключается в том, что объектом отбора служат не полусибсовые, а полносибсовые семьи. Это обстоятельство позволяет фиксировать и сохранять ценные генетические свойства родительских форм и исключить на начальных этапах селекционного процесса худшие формы. С применением метода парных скрещиваний получены сорта озимой ржи Московская 12 и Московская 15. При этом эффективность отбора полносибсовых семей полученных при парных скрещиваниях можно повысить, применив методику предварительного клонирования исходных растений. Данная методика позволит на ранних этапах селекции сорта получить достаточно большое количество семян для испытания в нескольких пунктах, что в конечном итоге скажется на экологической пластичности нового сорта.

Метод парных скрещиваний заслуживает применения в первичном семеноводстве сортов. Возделываемые сорта ржи должны находиться под постоянным контролем селекционеров. Если не проводить поддерживающую селекцию, то ценные свойства будут постепенно трансформироваться в худшую сторону. Отбор полносибсовых потомств по методу парных скрещиваний позволяет эффективно решать проблему сохранения идентичности сорта.

Глава 5. Дивергентный отбор по вязкости водного экстракта (ВВЭ).

5.1. Селекция популяций на высокую и низкую вязкость водного экстракта.

Озимая рожь в РФ традиционно используется для производства хлеба, спирта, солода, но очень мало для кормления животных (А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов, 2003). По этой причине значительная часть полученного урожая ржи остается невостребованной, что не стимулирует рост ее валовых сборов. Обусловлено это тем, что рожь в сравнении с другими культурами содержит относительно много некрахмальных полисахаридов (R.J. Henry, 1985) которые нежелательны в кормовом отношении, так как нарушают процесс пищеварения у животных, снижают переваримость питательных веществ корма, что негативно влияет на их продуктивность (M. Rakowska, 1996). Поэтому рожь в комбикормах для животных используют с различными ограничениями и только в смеси с другими зерновыми культурами. Однако при хлебопечении роль пентозанов оценивается положительно. Объясняется это тем, что при тестообразовании они выполняют функцию клейковинных белков, обеспечивая вязкость и формоустойчивость теста, что в сочетании с низкой амилазной активностью улучшает структурно-механические свойства выпекаемого хлеба (D. Weipert, 1996).

Практически все возделываемые сорта ржи из-за высокого содержания пентозанов относятся к категории хлебопекарных, а потому по многим показателям не соответствуют требованиям, предъявляемым к кормовому зерну (D. Boros, M.R. Bedford, 1999). Зернофуражная рожь в отличие от хлебопекарной должна иметь низкое содержание пентозанов, особенно водорастворимой его фракции (M. Rakowska, 1996). Поэтому задачи селекции ржи на хлебопекарную и зернофуражную пригодность не совпадают, их следует решать по независимым селекционным программам (L. Madej, K. Raczynska-Bojanowska, K. Rybka, 1990). Считается (А.А. Гончаренко, 2012), что

такой дифференцированный подход будет способствовать расширению сферы хозяйственного использования ржи и увеличению рыночного спроса на зерно этой культуры. Задача состоит в том, чтобы дать потребителю более разнообразные по цели использования сорта и гибриды ржи, пригодные не только для хлебопечения, но и для использования на корм животным. Потребность в создании таких сортов особенно остро ощущается в областях Нечерноземной зоны, Поволжья, Урала и Западной Сибири, где рожь является главной культурой озимого поля.

Основным структурным компонентом пентозанов являются пятиуглеродные сахара - арабиноза и ксилоза (т.н. арабиноксиланы), которые способны давать высоковязкие водные растворы при относительно низкой концентрации (S. Bengtsson, P. Aman, 1990). Установлено (D. Boros, R.R. Marquardt et al, 1993), что потенциал вязкости водного экстракта находится в прямой зависимости от содержания водорастворимых арабиноксиланов в зерне ржи ($r=0,97$), в связи с чем его можно использовать как косвенный показатель их количественного содержания. Опыты по кормлению животных показали, что вязкость водного экстракта ржи отрицательно ($r= -0,82$) коррелирует с переваримостью белка у крыс (K. Rybka, D. Boros, et al, 1988), а добавка в рацион гидролитических ферментов ксиланазы и арабинозидазы устраняет вредный эффект ржаного компонента корма, причем эффект от добавки ферментов был тем больше, чем меньше содержалось зерна ржи в рационе (D. Boros, M.R. Bedford, 1999). Отсюда возникает дополнительная проблема: низкую энергетическую ценность ржаного рациона нельзя компенсировать за счет увеличения дозы корма, взамен ржи нужно добавлять другую зерновую культуру. Следовательно, для улучшения кормовой ценности зерна ржи необходимо вести целенаправленную селекцию на низкое содержание арабиноксиланов с тем, чтобы обеспечить низкую вязкость ржаного корма в желудке животных. Считается, что такие сорта ржи будут успешно конкурировать с тритикале (L. Madej, 1994).

В настоящее время накопилось немало данных, показывающих, что арабиноксиланы ржи заслуживают более пристального внимания селекционеров. Изучение большого набора сортов ржи из разных стран показало (M. Saastomoinen, S. Plaami, J. Kumpulainen, 1989), что содержание общих пентозанов сильно зависит от генотипа сорта, но существенное влияние оказывают и экологические факторы. Установлено, что арабиноксиланы, с одной стороны, тесно коррелируют с вязкостью водного экстракта зерна, причем эта сопряженность касается всех трех фракций арабиноксиланов – суммарных, водорастворимых и водонерастворимых, а с другой – их вязкие свойства зависят от молекулярной массы (H.-U. Jurgens, G. Jansen, C.B. Wegener, 2012). Оказалось, что эти полимеры неоднородны по своей молекулярной массе, а потому могут иметь различную вязкость экстракта при равной его концентрации (M. Nilsson, R. Andersson et al, 2000). Сравнение двух контрастных по молекулярной массе групп арабиноксиланов показало (S. Bengtsson, R. Andersson et al, 1992), что арабиноксиланы с высокой плотностью замещения остатков ксилозы имеют более высокую корреляцию с вязкостью водного экстракта, чем арабиноксиланы с меньшей плотностью такого замещения.

В свете вышеизложенного особый интерес представляет селекция сортов озимой ржи с контрастной вязкостью водного экстракта (ВВЭ). Первые шаги в этом направлении сделали канадские исследователи (G.L. Campbell, D.A. Teitge, H.L. Classen, 1991; J.G. McLeod, Y. Gan, et al, 1996). Они обнаружили значимые различия в привесе цыплят-бройлеров, получавших ржаную диету на базе разных сортов, и показали, что сорта ржи отличаются большим внутрисортным варьированием по вязкости водного экстракта, а сам этот признак имеет высокую наследуемость ($h^2=0,69$), что дает основание использовать его в качестве критерия для отбора. Выяснилось также, что этот признак положительно связан с числом падения ($r=0,87$) и сильно варьирует от погодных условий в период налива зерна и от места выращивания. Несколько

позж сходная взаимосвязь между этими признаками обнаружена и у гибридных сортов ржи (J. Kucerova, 2009).

В последнее время появились сообщения (I. Kolasinska, D. Boros, et al, 2001; M.R. Cyran, A. Ceglinska, I. Kolasinska, 2012), что на уровне инбредных линий можно выделить ценные генотипы с минимально высокой и предельно низкой вязкостью и на их базе получить гибриды для целевого использования. Было замечено также (H.-U. Jurgens, G. Jansen, C.B. Wegener, 2012), что существенное влияние на вязкость оказывает окраска зерна: светлозерные (безантоциановые) формы ржи отличаются более низким содержанием всех фракций пентозанов и более низким уровнем вязкости, чем зеленозерные. В других опытах было показано (А.А. Гончаренко, А.С. Тимощенко 2006 а,б; А.А. Гончаренко, А.С. Тимощенко, Н.С. Беркутова и др., 2011; А.А. Гончаренко, Н.С. Беркутова, С.А. Ермаков, А.В. Макаров и др., 2011), что методом дивергентного отбора можно целенаправленно изменять многие признаки качества ржи в соответствии с задачами селекции: 1) увеличить в зерне ржи содержание трудно гидролизующихся арабиноксиланов, что требуется для улучшения хлебопекарных свойств, или 2) снизить их содержание в зерне, что нужно для улучшения кормовой ценности зерна.

Ниже представлены результаты нашей многолетней работы (2006-2015 гг.) по изучению сортовой специфики в реакции на дивергентный отбор по признаку вязкости водного экстракта. Исходным материалом для отбора послужили популяционные сорта озимой ржи Альфа и Московская 12. Эти сорта неродственны по происхождению и создавались по разным селекционным программам, поэтому значительно различаются по некоторым признакам. Прежде всего это касается показателя числа падения, по которому сорт Альфа интенсивно селектировался на протяжении 20 лет, из-за чего превосходит Московскую 12 в среднем на 40 с. В свою очередь сорт Московская 12 стабильно превышает Альфу по массе 1000 зерен (на 2,4 г.) и натуре зерна (на 8 г/л). По признаку вязкости исходные сорта также

различались существенно (на 5% уровне значимости): средний уровень его у сорта Московская 12 составил $6,7 \pm 0,38$ сП, а у сорта Альфа - $5,6 \pm 0,15$ сП.

Первый цикл дивергентного отбора провели в 2005/2006 гг. (2005 – год отбора, 2006 – год переопыления растений), а всего за 2006 - 2015 гг. по обоим сортам последовательно провели 10 циклов такого отбора. Ежегодный объем исходной выборки по каждому сорту составлял 160 растений в фазе полной спелости. Дивергентные популяции получали путем смешивания резервных семян от каждого из 20 родоначальных растений, которые по признаку вязкости отклонялись на величину $\pm 1,5\sigma$ от популяционной средней. Полученные таким образом 4 популяции (2 от плюс-отбора и 2 от минус-отбора) ежегодно высевали на четырех пространственно изолированных участках для свободного переопыления и проведения следующего цикла отбора. По каждому циклу в селективируемых популяциях определяли коэффициент вариации (C_v , %) по признаку ВВЭ, а также измеряли натуру зерна и массу 1000 зерен. В каждом цикле отбора определяли содержание белка и крахмала, проводили полную оценку на хлебопекарные качества зерна (Глава 2.3.).

Сравнение дивергентных популяций по урожайности и другим селекционно-ценным признакам проводили в отдельном опыте на делянках 8 м^2 в трехкратной повторности при норме высева 500 зерен / м^2 .

Динамика признака ВВЭ в дивергентных популяциях по циклам и вариантам отбора представлена в табл. 40. Как видно, на эффективность отбора значимо влияли не только генотип сорта, но и направление отбора. При минус-отборе более отзывчивой была Альфа, а при плюс-отборе – сорт Московская 12. Последовательный 10-кратный отбор потомств высоковязких растений обусловил увеличение вязкости у сорта Альфа с 5,6 сП до 18,6 сП (в 3,3 раза), а у сорта Московская 12 - с 6,7 сП до 40,0 сП (в 6,0 раз). Низковязкие популяции при той же кратности отбора достигли предельно низкой вязкости, которая составила 1,6 сП у сорта Альфа и 2,6 сП у сорта Московская 12. Можно сказать, что минус-популяции обоих сортов практически достигли нижнего предела

вязкости, потому что вязкость на уровне 1,0 сП означает, что в водном экстракте отсутствуют растворимые формы пентозанов из зернового шрота.

Таблица 40 - Результаты 10 циклов дивергентного отбора по ВВЭ у сортов Альфа и Московская 12 (ВВ - высокая вязкость; НВ - низкая вязкость; $\bar{X}$ – популяционное среднее, сП; C_v - коэффициент вариации, %).

Годы и циклы отбора	Альфа				Московская 12			
	плюс-отбор (ВВ)		минус-отбор (НВ)		плюс-отбор (ВВ)		минус-отбор (НВ)	
	$\bar{X}$	C_v	$\bar{X}$	C_v	$\bar{X}$	C_v	$\bar{X}$	C_v
2005 (0)	5,6	33,4	5,6	33,4	6,7	56,8	6,7	56,8
2006 (1)	8,5	30,7	5,1	24,9	18,9	47,4	6,1	41,1
2007 (2)	11,7	28,1	5,0	31,5	19,8	39,8	6,4	27,2
2008 (3)	6,8	46,8	4,2	28,7	11,9	57,3	4,4	24,7
2009 (4)	15,3	38,8	5,4	36,8	26,8	41,1	6,6	27,9
2010 (5)	19,3	41,1	4,8	37,9	40,4	49,1	6,7	30,4
2011 (6)	37,0	66,0	5,8	50,7	95,4	75,5	8,0	55,4
2012 (7)	29,3	75,9	4,1	45,8	78,4	59,9	6,5	41,4
2013 (8)	27,5	67,9	3,3	49,2	85,6	80,4	5,9	36,2
2014 (9)	17,4	38,7	2,4	33,9	55,5	46,3	4,5	31,8
2015 (10)	18,6	64,5	1,6	22,5	40,0	70,5	2,6	21,9

Что касается внутрисортовой дивергенции популяций, то у обоих сортов она с каждым циклом возрастала, но при этом имела сортовую специфику. В итоге после 10 циклов отбора дивергентные популяции из сорта Альфа различались между собой по вязкости экстракта в 11,6 раза, а популяции из сорта Московская 12 – в 15,4 раза. Причиной такой неоднозначной реакции на отбор могли быть сортовые различия в фенотипической дисперсии селективируемого признака. Доказательство тому – двукратная разница по величине среднего квадратического отклонения (σ), которое составило 1,87 для сорта Альфа и 3,81 для сорта Московская 12. Почти такая же двукратная разница между сортами имела место и по коэффициенту

внутрипопуляционного варьирования селективируемого признака (C_v), которая составила соответственно 33,4% и 56,8%.

Динамика дивергенции популяций по циклам отбора показана на рис.25. Здесь следует отметить две характерные особенности. Первая состоит в том, что на первых циклах отбора (1-5) дивергенция происходила слабее, чем в последующих циклах (6-10). Вторая особенность состоит в четко выраженной асимметричности ответа на разнонаправленный отбор: у обоих сортов селекционный сдвиг в плюс-направлении был значительно выше, чем в минус-направлении.

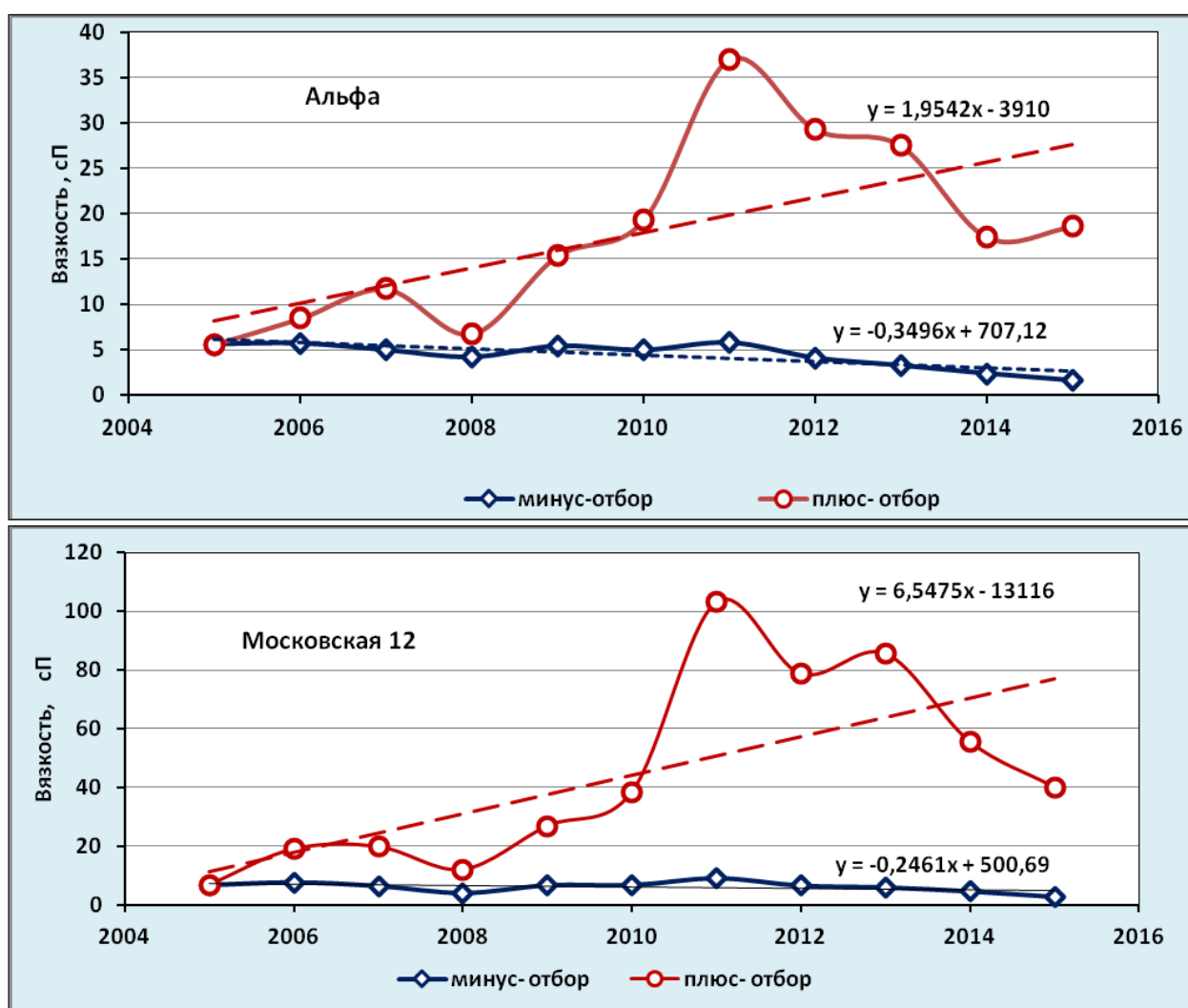


Рисунок - 25. Дивергенция сортов Альфа и Московская 12 по вязкости водного экстракта после 10 циклов разнонаправленного отбора.

Асимметричность ответа сохранялась во всех 10-ти циклах отбора, однако на ее размах существенно влиял генотип сорта. Отбор высоковязких генотипов у сорта Альфа увеличивал вязкость в среднем на 1,95 сП за один цикл, а у сорта Московская 12 – на 6,55 сП, что в 3,3 раза больше. Отбор низковязких генотипов был менее эффективным и в каждом цикле приводил к снижению признака вязкости на 0,35 сП у Альфы и на 0,25 сП у Московской 12.

Можно сказать, что дивергенция между популяциями достигалась в основном за счет большего сдвига в сторону высокой вязкости. При минус-отборе селекционный сдвиг достигался не только медленно, но и слабо варьировал под влиянием погодных условий года. Это вполне соответствует более раннему нашему заключению о том, что низковязкие генотипы имеют меньшую средовую вариацию, чем высоковязкие (А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, и др. 2008,б).

Важно отметить, что эффективность отбора в плюс-направлении сильно варьировала под влиянием погодных условий года. Особенно контрастным в этом отношении был 2008 год, когда из-за дождливой погоды и сильного полегания растений эффективность отбора высоковязких генотипов оказалась предельно низкой. Наоборот, в засушливом 2011 году, когда сложились благоприятные условия для формирования зерна с высокой вязкостью, отбор в плюс-направлении был более эффективным, чем в минус-направлении. Вероятной причиной тому могло быть модифицирующее влияние погодных факторов, способных усиливать или ослаблять действие основных генов, детерминирующих потенциал вязкости.

Из этого следует, что для эффективного отбора низковязких генотипов более благоприятной будет теплая и сухая погода в период налива зерна, а для отбора высоковязких – прохладная и влажная.

Анализ вариационных рядов дивергентных популяций по признаку вязкости показал, что под влиянием отбора произошла значительная трансформация их генотипической структуры (рис. 26).

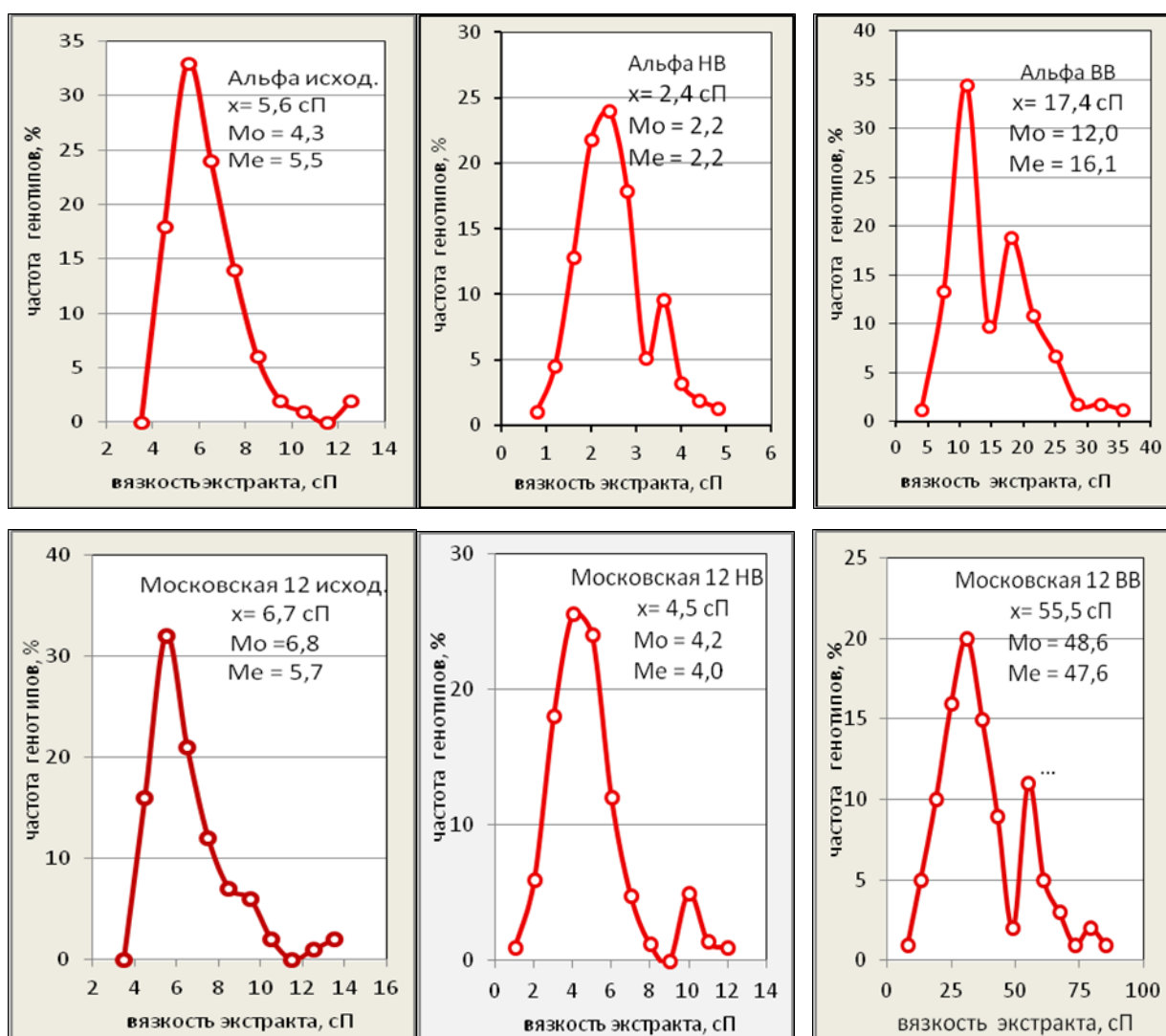


Рисунок 26 - Динамика структуры популяций после 10 циклов дивергентного отбора по ВВЭ.

Как и следовало ожидать, у обоих сортов минус-отбор способствовал увеличению частоты низковязких генотипов, а плюс-отбор – высоковязких. Однако следует отметить две особенности. Первая состоит в том, что после 10 циклов отбора в структуре дивергентных популяций появились новые классы генотипов, которых не было в исходных сортах-популяциях. Вторая заключается в том, что кривые распределения имеют длинный «хвост» справа, который у дивергентных популяций по сравнению с исходной значительно увеличивается. В результате в центре распределения образуется впадина и вариационные ряды у селектируемых популяций имеют не одну, а две моды. Их появление свидетельствует о том, что распределение генотипов отклоняется

от нормального и носит бимодальный (двувершинный) характер. Заметим при этом, что вершины эти неравновеликие и более контрастно проявляются у плюс-популяций, чем у минус-популяций. Бимодальность распределения может нести важную информацию о природе исследуемого признака. В нашем случае она сводится к тому, что дивергентный отбор усиливает качественную неоднородность выборки и она в конечном итоге представляет собой результат как бы «наложенных» друг на друга двух распределений. Можно предположить, что независимо от направления отбора в селектируемых популяциях концентрируются две группы генотипов с крайними значениями признака ВВЭ. Обращает на себя внимание, что основные параметры вариационного ряда – среднее значение $\bar{X}$, мода M_o и медиана M_e - имеют разные значения с четко выраженной сортовой спецификой. В наших опытах среднее значение признака $\bar{X}$ при плюс- и минус-отборе стабильно превышало M_o и M_e , причем у сорта Московская 12 это превышение было заметно больше, чем у сорта Альфа. Это подтверждает вышеупомянутый тезис о правосторонней асимметричности распределения, которая у сорта Московская 12 была выражена сильнее, чем у сорта Альфа. Сходную особенность вариационных рядов при отборе в разных направлениях отмечают и другие исследователи (Д.С. Фолконер, 1985).

Тот факт, что дивергенция популяций обоих сортов достигалась большей частью за счет большего сдвига в сторону высокой вязкости, указывает на асимметричный эффект проведенного отбора.

Причиной этой асимметричности могли быть разные факторы: случайный дрейф генов из-за малой выборки при отборе, инбредная депрессия, различие в селекционных дифференциалах, генетическая асимметрия. Последняя в нашем случае наилучшим образом объясняет асимметричность отбора. Мы полагаем, что гены, ответственные за высокую вязкость водного экстракта, являются доминантными по своей природе, имеют высокую изначальную частоту в популяции и проявляют сильный аддитивный эффект, в силу чего успех при

плюс-отборе достигается быстрее и сильнее, чем при минус-отборе. Признак низкой вязкости, наоборот, детерминируется рецессивными аллелями с относительно низкой их частотой в исходной популяции и более слабым аддитивным эффектом. Вероятной причиной асимметричности распределения могла быть, по нашему мнению, первоначальная асимметрия частот всех генов, влияющих на потенциал признака вязкости в исходной популяции. Данное заключение подтверждают результаты наших исследований признака ВВЭ в системе диаллельных скрещиваний (А.А. Гончаренко, С.В. Крахмалев, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, и др. 2012), которые показали, что генетическая вариация признака экстрагируемой вязкости детерминируется доминантными генами с аддитивным действием. При этом фенотипическая вариация признака вязкости на 74,4% зависела от аддитивного действия генов и на 24,1% от эффектов доминирования. Эти данные хорошо объясняют отмеченные выше сортовые различия в реакции на отбор. Характерной особенностью сорта Московская 12 является, вероятно, более высокая частота доминантных генов, ответственных за высокую ВВЭ, тогда как для сорта Альфа характерна более высокая обогащенность рецессивными генами, детерминирующих низкую вязкость.

Большой интерес представляет ответ на вопрос: почему за низкую вязкость отвечают рецессивные гены с относительно низкой частотой, а за высокую – доминантные гены с высокой частотой. Нам представляется, что главной причиной тому является естественный отбор, который противодействует адаптации генотипов с низкой вязкостью, а благоприятствует генотипам с высокой вязкостью. Это вполне согласуется с концепцией о том, что экстрагируемая вязкость является важным компонентом естественной приспособленности у ржи, и позволяет объяснить тот факт, почему она по признаку вязкости значительно превосходит другие зерновые культуры (M. Rakowska, 1996).

5.2. Коррелятивный эффект признака ВВЭ по другим хозяйственно-ценным признакам

Многократный дивергентный отбор по ВВЭ коррелятивно затронул многие другие селекционно важные признаки. В наших опытах он контрастно отразился на целом комплексе технологических и хлебопекарных признаков и свойств. Особенность этой контрастности проявилась в том, что при плюс-отборе признаки качества зерна улучшались, а при минус-отборе – ухудшались (табл. 41). В среднем по обоим сортам высоковязкие популяции отличались от низковязких более высокой натурой зерна (на 7,9%), большей массой 1000 зерен (на 23,4%), имели более высокое число падения (на 90 с), высоту амилограммы (в 5,4 раза) и температуру клейстеризации крахмала (на 3,2°C).

Таблица 41 - Оценка технологических и хлебопекарных свойств популяций ржи с различной вязкостью водного экстракта (2015).

Признаки	Альфа		Московская 12		Среднее	
	НВ	ВВ	НВ	ВВ	НВ	ВВ
Вязкость экстракта, сП	1,6	18,6	2,6	40,0	2,1	29,3
Натура зерна, г/л	675	752	738	773	706	762
Масса 1000 зерен, г	25,8	34,6	31,4	36,0	28,6	35,3
Число падения, сек	140	231	170	260	155	245
Высота амилограммы, е.а.	60	275	50	320	55	297
Температура клейстеризации, °С	61,0	64,0	63,0	66,3	62,0	65,2
Отношение Н/D	0,10	0,32	0,15	0,41	0,13	0,37
Объем выход хлеба, см ³	304	316	314	286	309	301
Подовый хлеб, балл	2,0	5,0	3,5	5,0	2,8	5,0
Формовой хлеб, балл	2,0	4,5	4,4	5,0	3,2	4,8
Содержание белка, %	15,1	14,3	14,6	14,2	14,8	14,2
Содержание крахмала, %	50,2	53,2	55,6	55,8	52,9	54,5

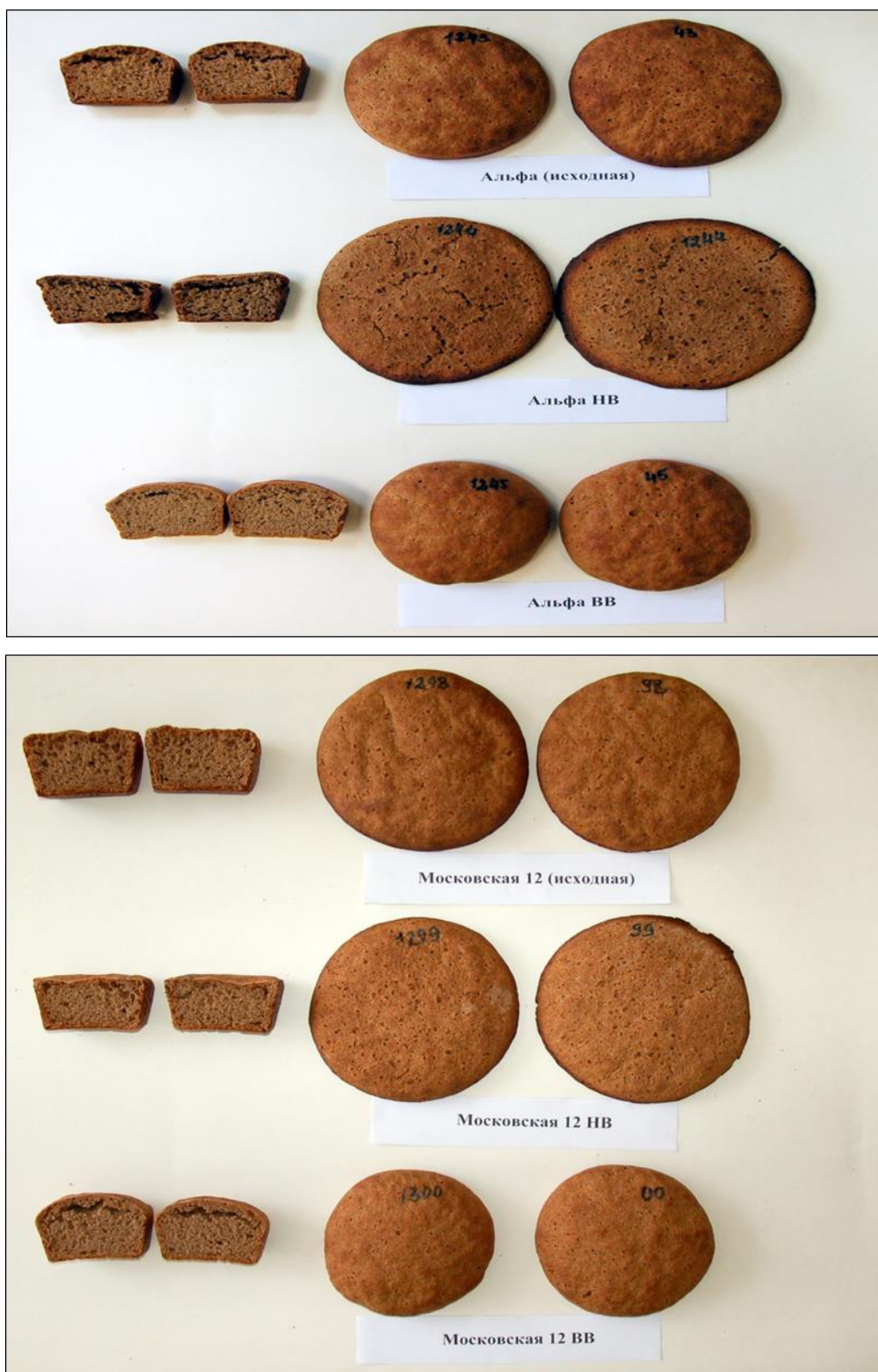


Рисунок 27 - Лабораторная выпечка подового и формового хлеба из зерна низковязких (NB) и высоковязких (BB) популяций сортов Альфа и Московская 12 после 10 циклов дивергентного отбора.

Значительные различия между дивергентными популяциями обнаружены и по хлебопекарным качествам зерна (рис. 27). Селекция популяций в сторону высокой ВВЭ положительно повлияла на формоустойчивость подового хлеба (показатель Н/D увеличился в 2,8 раза), а также на качество формового хлеба, который у этой группы популяций имел среднюю оценку 4,8 балла и выделялся выпуклой формой, упругим, эластичным и мелкопористым мякишем. Наоборот, хлеб из зерна низковязких популяций отличался плоской или вогнутой формой, сильно расплывался, имел влажный, липкий и заминающийся мякиш с крупными порами или пустотами. Мы объясняем это тем, что из-за низкого содержания водорастворимых пентозанов крахмал у этих популяций не способен связывать всю влагу теста и поэтому образует много липких декстринов.

Результаты сравнительного испытания дивергентных популяций показывают, что они существенно различаются не только по качеству зерна, но и по другим признакам (табл. 42).

Таблица 42 - Результаты сравнительного испытания популяций ржи с контрастной вязкостью водного экстракта (2015).

Популяции	Урожай- ность, т/га	Перези- мовка растени й, %	Высота растени й, см	Устойчи в. к полега- нию, балл	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Альфа НВ	5,73	96,8	140	4,0	55,4	24,8
Альфа ВВ	7,63	96,4	136	4,2	55,9	29,3
Мос-12 НВ	6,11	96,5	144	4,0	53,7	28,6
Мос-12 ВВ	7,03	97,3	138	4,2	54,3	28,6
среднее по НВ популяциям	5,92	96,7	142	4,0	54,5	26,7
среднее по ВВ популяциям	7,33	96,9	137	4,2	55,1	29,0
НСР ₀₅	0,78					

По перезимовке растений существенных различий между дивергентными популяциями выявить не удалось, однако высоковязкие популяции оказались более урожайными, чем низковязкие (в среднем на 23,8%), имели более короткий (на 5 см) и устойчивый к полеганию стебель, а также более крупное зерно (на 8,6%).

Последовательно проведенные 10 циклов отбора в плюс-направлении обусловили увеличение потенциала селективируемого признака в 3,3- 6,0 раз, а при отборе в минус-направлении - снижение в 2,6-3,5 раза. Кроме того, обнаружен значимый коррелятивный эффект по многим другим признакам. В наших опытах высоковязкие популяции характеризовались более высокой урожайностью и лучшим качеством зерна, чем низковязкие. Наибольший коррелятивный эффект достигался по натуре зерна, числу падения, высоте амилограммы, температуре клейстеризации, формоустойчивости теста, качеству хлебного мякиша. Эти результаты хорошо объясняют причину высокой экспрессии хлебопекарных свойств зерна у гибридных сортов ржи, полученных от скрещивания высоковязких инбредных линий (M.R. Suga, A. Ceglinska, I. Kolasinska, 2012). Следовательно, отбор на высокую вязкость водного экстракта можно рекомендовать как эффективный метод селекции ржи на улучшение хлебопекарных качеств зерна.

Целенаправленный отбор низковязких генотипов привлекает тем, что позволяет создавать кормовые сорта ржи, отличающиеся низким содержанием трудно гидролизуемых пентозанов и лучшей переваримостью питательных веществ корма. Однако данное направление селекции сопряжено с рядом трудностей, так как отбор низковязких форм положительно коррелирует с низкой урожайностью селективируемых популяций и селекционерам предстоит разрушить многие коррелятивные связи, которые естественный отбор закрепил у высоковязких генотипов. С учетом высокой средовой вариабельности признака вязкости, мы полагаем, что отбор в этом направлении должен быть масштабным, интенсивным и многократным, особенно по таким признакам как

урожайность, натура зерна, масса 1000 зерен, число падения. Относительно низкая эффективность отбора низковязких генотипов в известной мере обусловлена низкой частотой генов этого признака в мировом генофонде ржи (В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина, 2013). Следовательно, такие низковязкие доноры необходимо целенаправленно создавать, используя для этого современные методы селекции

Глава 6. Сравнительная оценка сортов озимой ржи с доминантно-моногенным и рецессивно-полигенным типом короткостебельности.

6.1. Изучение сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности по адаптивному потенциалу.

В селекции ржи одно из ведущих направлений – создание неполегающих короткостебельных сортов с высоким потенциалом урожайности. Однако потенциальная урожайность сорта и его устойчивость к неблагоприятным условиям часто находятся в отрицательной корреляции (В.Н. Любименко, 1923; А.Л. Тахтаджян, 1954; Ф. Бригс, П. Ноулз, 1972) и реализовать его удастся не более чем на 50% (А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, С.И. Шадуро и др. 1995). Основная причина – слабая генетическая защита от различных экологических стрессов (вымерзание, выпревание, засуха, недобор суммы активных температур, эпифитотии болезней и др.).

В тоже время практика показала (П.П. Литун, М.В. Шевченко, Г.М. Субота, 1982), что именно короткостебельные сорта в условиях постоянной смены лимитирующих факторов жизнеобеспечения растений более уязвимы, чем длинностебельные, вследствие низкой адаптивности к меняющимся условиям окружающей среды. Чтобы обеспечить наибольшую реализацию потенциальной урожайности, новые сорта должны обладать широким диапазоном реакции на изменяющиеся экологические факторы. Но при этом возникает вопрос, какой именно тип короткостебельности будет более подходящим для решения тех или иных задач в селекции ржи.

В.Д. Кобылянский (1971, 1982,б) среди большого разнообразия в генофонде озимой ржи выделяет четыре типа доноров короткостебельности:

- 1) рецессивный моногенный (Московская карликовая, Ленинградская карликовая)
- 2) рецессивный моногенный ветвистостебельный (Башкирская карликовая, Ветвистостебельная Алиева)

- 3) доминантный моногенный (мутант ЕМ-1, Болгарская низкостебельная)
- 4) рецессивный полигенный (Кунгс 2, Данае, Карстенс, Куштро и др.)

В селекцентрах России при селекции на устойчивость к полеганию наиболее широко используются доминантно-моногенный и рецессивно-полигенный типы короткостебельности. На их основе созданы большинство районированных сортов ржи, причем более половины сортов созданы на основе источников с доминантной короткостебельностью, в том числе получивший широкое распространение в производстве сорт Чулпан (А. Кунакбаев, Н.И. Лещенко, 1976). Основное преимущество сортов этой группы – оптимальное сочетание признаков короткостебельности и зимостойкости (А. Кунакбаев, Н.И. Лещенко, 1976; А.А. Гончаренко, 1980; В.Д. Кобылянский, 1982,а. К недостатку обоих типов короткостебельности относится сильно выраженный плейотропный эффект, негативно проявляющийся по многим признакам продуктивности колоса и растения (А.А. Гончаренко, 1977,в; О.О.Кедров-Зихман, Л.В. Понятовская, В.В. Ермоленков, 1988).

В Московском НИИСХ в течение ряда лет проводилось сравнительное изучение адаптивного потенциала сортов ржи с рецессивно-полигенным и доминантно-моногенным типом короткостебельности. (А.А. Гончаренко, А.В. Макаров и др. 1996; А.В. Макаров, 1998; А.А. Гончаренко, А.В. Макаров, 2001). Ставилась задача изучить способность сортов озимой ржи с разным типом короткостебельности создавать стеблестой высокой плотности. Интерес к этому опыту был вызван тем, что повышение урожайности озимой ржи наилучше достигается при увеличении числа продуктивных колосьев на 1м².

Для проведения опыта были выбраны сорта: Альфа, Валдай, Восход 2, Вятка 2, Саратовская 6 (рецессивно-полигенный тип наследования короткостебельности). И сорта Кировская 89, Крона, Пурга, Чулпан и Таловская 29 (доминантно-моногенный тип короткостебельности). Адаптивный потенциал этих сортов оценивали методом загущения, используя гексагональный способ сева как наиболее приближенный к окружности. В

качестве экспериментально регулируемого пула факторов жизнеобеспечения, приходящихся на одно растение, использовали шесть градиентов густоты посева: 100, 200, 400, 600, 800, 1000 зерен на 1м^2 . Опыт проводили в двух экологически различных пунктах: Немчиновка (Московская область) и Суздаль (Владимирская область).

На основании полученных данных нами были сделаны следующие выводы: экологическая адаптивность сортов озимой ржи сильно варьирует в зависимости от погодных условий в период налива зерна. При дефиците влаги короткостебельные сорта значительно снижают свою стабильность, а в условиях влажной погоды относительно неустойчивые к полеганию сорта – пластичность. Такая «несочетаемость» основных адаптивных свойств раскрывает причину генетической уязвимости отдельных сортов ржи к лимитирующим факторам в уплотненном посеве. Возможно, это обусловлено наличием у ржи отрицательной корреляции между урожайностью и конкурентоспособностью растений (D.T. Kyriakou, A.C. Fasoulas, 1985).

В практическом плане представляют интерес сорта ржи не только толерантные к загущению, но и способные к эффективной регенерации побегов в условиях изреженного стеблестоя. Такая ситуация часто складывается в годы с неблагоприятной перезимовкой посевов, поэтому сорта ржи должны обладать сильной регенерационной способностью.

В своих исследованиях мы провели оценку сортов с различным типом короткостебельности по адаптивному потенциалу, используя данные по урожайности за 2006-2012 гг. в завершающем звене селекционного процесса – конкурсном сортоиспытании. Для изучения взяли 13 сортов с рецессивно-полигенным типом короткостебельности и 5 сортов с доминантно-моногенным типом короткостебельности. Параметры экологической пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) по урожаю зерна вычисляли по методу S.A. Eberhart, W.A. Russel (1966), а для графической интерпретации результатов использовали

методику George C.C. Tai (1971) в изложении З.В. Пакудина и Л.М. Лопатиной (1984).

Сравнительные реакции сортов с различным типом короткостебельности на погодные условия показаны на рис. 28. Индексы I_j отражают влияние погодных условий года на урожайность изучаемых сортов и показывают отклонение средней урожайности по группе сортов в отдельные годы от среднего показателя за 7 лет.

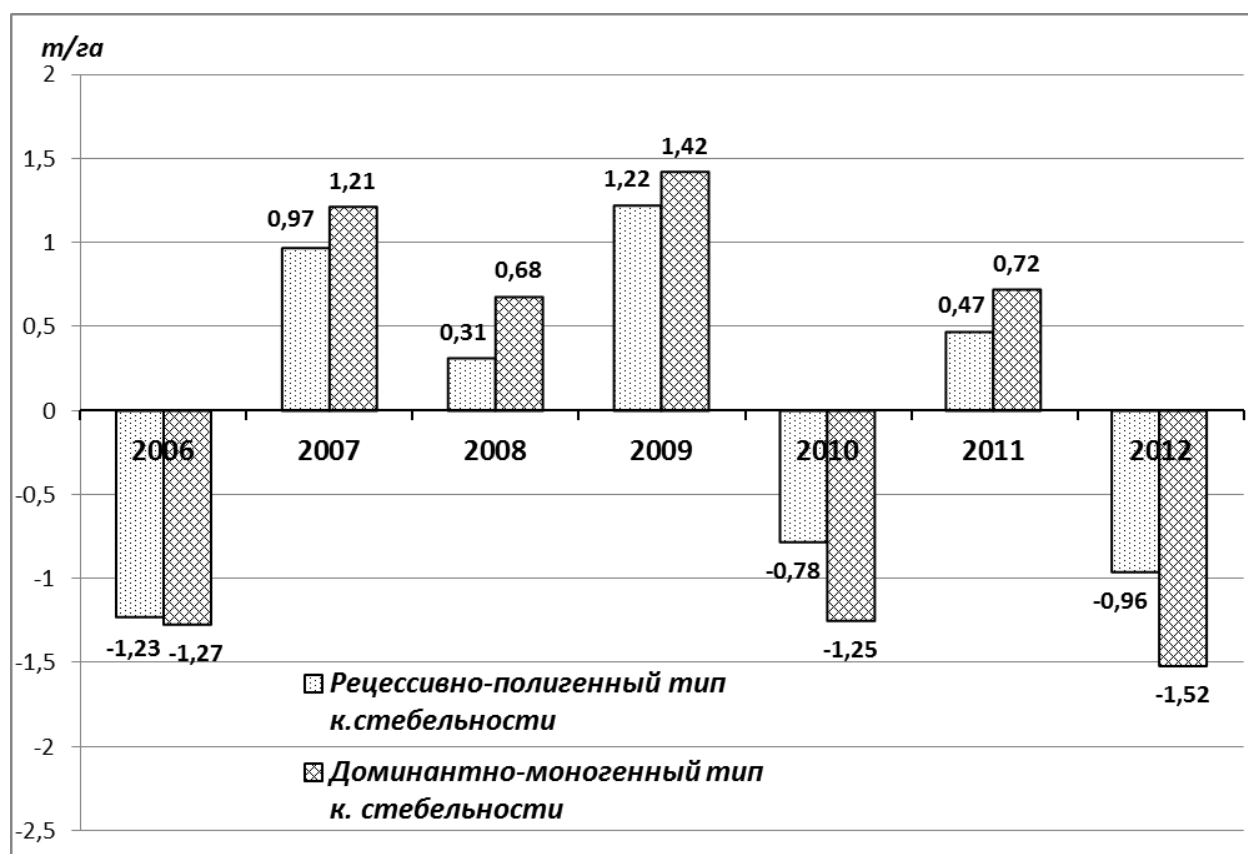


Рисунок 28 - Реакция сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности на динамику индексов условий года (I_j) по урожаю зерна.

Как видно, наиболее благоприятными для роста и развития растений озимой ржи были 2007, 2009 и 2011 годы. По максимальной величине урожая выделяется 2009 год, а по минимальной – 2006 и 2012 гг.

Обращает на себя внимание тот факт, что сорта с доминантно-моногонным типом короткостебельности сильнее реагируют на изменение

погодных условий года, чем сорта с рецессивно-полигенным типом. В результате такой реакции сорта с доминантным типом короткостебельности дают более высокий урожай только в благоприятные годы. При неблагоприятных погодных условиях, особенно в условиях засухи, сорта с доминантным типом уступают по урожайности сортам с рецессивно-полигенным типом короткостебельности.

В табл. 43 показана урожайность сортов озимой ржи из различных групп короткостебельности за семь лет конкурсного сортоиспытания (2006-2012). Средняя урожайность по группе сортов с рецессивно-полигенным типом короткостебельности составила 6,62 т/га, а по группе с доминантно-рецессивным типом – 6,48 т/га. Оценка разности средней урожайности этих двух групп сортов не выявила существенных различий между ними ($t_{\text{факт.}}=1,55$ при $t_{\text{теор.}}=2,12$). Однако в отдельные годы сорта существенно различались по урожайности. Наибольшей урожайностью в группе рецессивных сортов в 2007 и 2009 гг. выделился сорт Московская 15 (8,36 и 8,46 т/га). Наивысший урожай в 2011 г. отмечен у Популяции 11/92 (7,40 т/га). Среди сортов на доминантно-моногенной основе в 2007 и 2011 гг. по урожайности выделился ГК-985/01Н1 (8,02 и 7,61 т/га). В 2009 году максимальный урожай отмечен у сорта Пурга (8,09 т/га). Необходимо заметить, что в наиболее благоприятные по погодным условиям годы разница по урожайности между группами сортов была незначительной, в пределах ошибки средней.

В 2006, 2010 и 2012 году индексы условий года были отрицательными. Причины тому были разные: холодная погода в начале вегетации растений, замедлившая их развитие (2006 г.), сухая, жаркая погода в июне-июле (2010 г.). Наиболее неблагоприятные условия для формирования урожая сложились в 2012 году, когда в июне стояла прохладная погода с большим количеством осадков (1,5 нормы).

Частые дожди в виде ливней и града пришлись на время цветения растений, что вызвало полегание посевов и, сильную череззерницу колоса.

* Различие достоверно при 5% уровне значимости

$$\text{НСР}_{05} \text{ годы} = 0,14; \text{НСР}_{05} \text{ сорта} = 0,23$$

Именно в самые неблагоприятные по погодным условиям годы (2010 и 2012) была отмечена достоверная разница по урожайности между группами сортов. Сорта с рецессивно – полигенной короткостебельностью в среднем по группе превысили сорта на доминантной основе по урожайности зерна на 0,61 т/га в 2010 г. и на 0,68 т/га в 2012 г. Наиболее высокий урожай в эти годы отмечен у сорта Московская 15 (6,41 т/га, 2010 г.) и у сорта Валдай (6,16 т/га в 2012 г.). Среди сортов с доминантно-моногенной короткостебельностью в 2010 г. выделился сорт Пурга (5,66 т/га) и сорт Крона (5,46 т/га, 2012 г.).

Параметры экологической пластичности и стабильности изучаемых сортов представлены в табл. 44. Под экологической пластичностью (коэффициент регрессии b_i) подразумевается средняя реакция сорта на изменение погодных условий года. О потенциале стабильности сорта можно судить по S_i^2 , которая является дисперсией фактической урожайности от теоретической линии регрессии, которую определяет коэффициент b_i . Чем выше показатель S_i^2 , тем менее стабильной является урожайность сорта по годам. Наибольший интерес для практического использования представляют сорта с высоким значением b_i и низким значением S_i^2 .

Результаты изучения показывают различную реакцию сортов на изменяющиеся условия окружающей среды. Группу сортов с рецессивно-полигенным типом короткостебельности можно оценить в целом как среднепластичные и среднеотзывчивые.

Средний показатель b_i у них был равен 0,92. Сорт Московская 15, показавший наиболее высокую среднюю урожайность (7,24 т/га), оказался среднепластичным и среднестабильным. У сорта Восход 2 была самая низкая урожайность (6,13 т/га), что является результатом его низкой пластичности и стабильности.

Группа сортов с доминантно-моногенной короткостебельностью характеризуется более высокой отзывчивостью на изменяющиеся погодные условия в годы испытания, о чем свидетельствует более высокое среднее

Таблица 44 - Параметры экологической пластичности и стабильности
у сортов с различным типом короткостебельности

Сорт (гибрид)	Средняя уро- жайность, т/га	Размах варьирова ния по годам, т/га	b _i	Si ²	F _i	α _i	λ _i
Сорта с рецессивно-полигенным типом короткостебельности							
Восход 1	6,23	1,41	1,05	1,58	0,38	0,05	0,35
Восход 2	6,13	1,35	0,82	19,29	4,62*	-0,19	4,24
Альфа	6,34	1,22	0,83	9,31	2,23	-0,17	2,04
Валдай	6,69	1,69	0,99	19,40	4,65*	-0,01	4,24
Москов.12	6,77	1,11	0,77	5,50	1,32	-0,23	1,20
Москов.15	7,24	1,23	1,01	9,52	2,28*	0,01	2,10
Поп.11/92	6,71	1,28	0,94	6,87	1,64	-0,06	1,51
ГК-2701/90	6,70	1,33	0,97	3,81	0,91	-0,03	0,84
ГК-2731/92	6,65	1,20	0,90	3,62	0,87	-0,10	0,79
ГК-760/96	6,72	1,31	1,12	3,05	0,73	0,12	0,67
ГК-870/99	6,77	1,06	0,84	1,80	0,43	-0,16	0,39
ГК-984/01	6,50	1,45	1,03	7,18	1,72	0,03	1,58
ГК-796/02	6,64	0,97	0,72	5,45	1,30	-0,28	1,18
Среднее	6,62	1,28	0,92				
Сорта с доминантно-моногенным типом короткостебельности							
Крона	6,35	1,43	1,01	9,91	2,37*	0,01	2,18
Пурга	6,52	1,71	1,30	5,98	1,43	0,30	1,29
Татьяна	6,51	1,48	1,23	8,15	1,95	0,24	1,78
ГК-985/01НІ	6,61	1,47	1,24	5,02	1,20	0,25	1,09
ГК-847/04НІ	6,42	1,72	1,22	22,32	5,35*	0,23	4,90
Среднее	6,48	1,56	1,20	F _{теор.} =2,24			

значение коэффициента регрессии ($b_i=1,20$). Так как у всех сортов из этой группы $b_i>1$, то их следует отнести в группу высокопластичных. Из пяти изучаемых сортов необходимо выделить Пургу и ГК-985/01Н1. Эти сорта обладают высокой пластичностью в сочетании с высокой стабильностью. Именно к ним ближе всего подходит определение “сорт интенсивного типа”. Близок к ним по этому показателю и сорт Татьяна. Сорта такого типа будут активно откликаться высокой урожайностью в благоприятные годы и давать прибавку урожая на дополнительные затраты в агротехнике. Однако в неблагоприятные годы они будут резко снижать свою урожайность.

Принимая во внимание лишь коэффициент регрессии b_i и вариансу стабильности S_i^2 , можно получить неполную информацию о взаимодействии генотип-среда. Выявить сорта с оптимальным сочетанием пластичности и стабильности помогает графическая интерпретация полученных результатов, которую мы осуществили по методике George C.C. Tai (1971) в изложении В.З. Пакудин, Л.М. Лопатина (1984). С этой целью для каждого сорта были рассчитаны индексы α_i и λ_i , которые являются аналогами показателей b_i и S_i^2 . Значения этих показателей являются координатами положения сортов на графике.

На основе полученных данных была построена парабола, которая делит поле координат на три зоны – с высокой, низкой и средней пластичностью находящихся в них сортов (рис. 29).

В зону сортов с высокой пластичностью вошли Пурга и ГК-985/01Н1. Близко к ним располагается сорт Татьяна. Но он находится внутри параболы и его можно характеризовать как среднепластичный. На одном уровне с сортом Татьяна по пластичности находится ГК-847/04Н1. Линия доверия построена на результатах дисперсионного анализа и делит поле графика на две части: слева от черты находятся сорта с достоверно высокой стабильностью, справа сорта с низкой стабильностью.

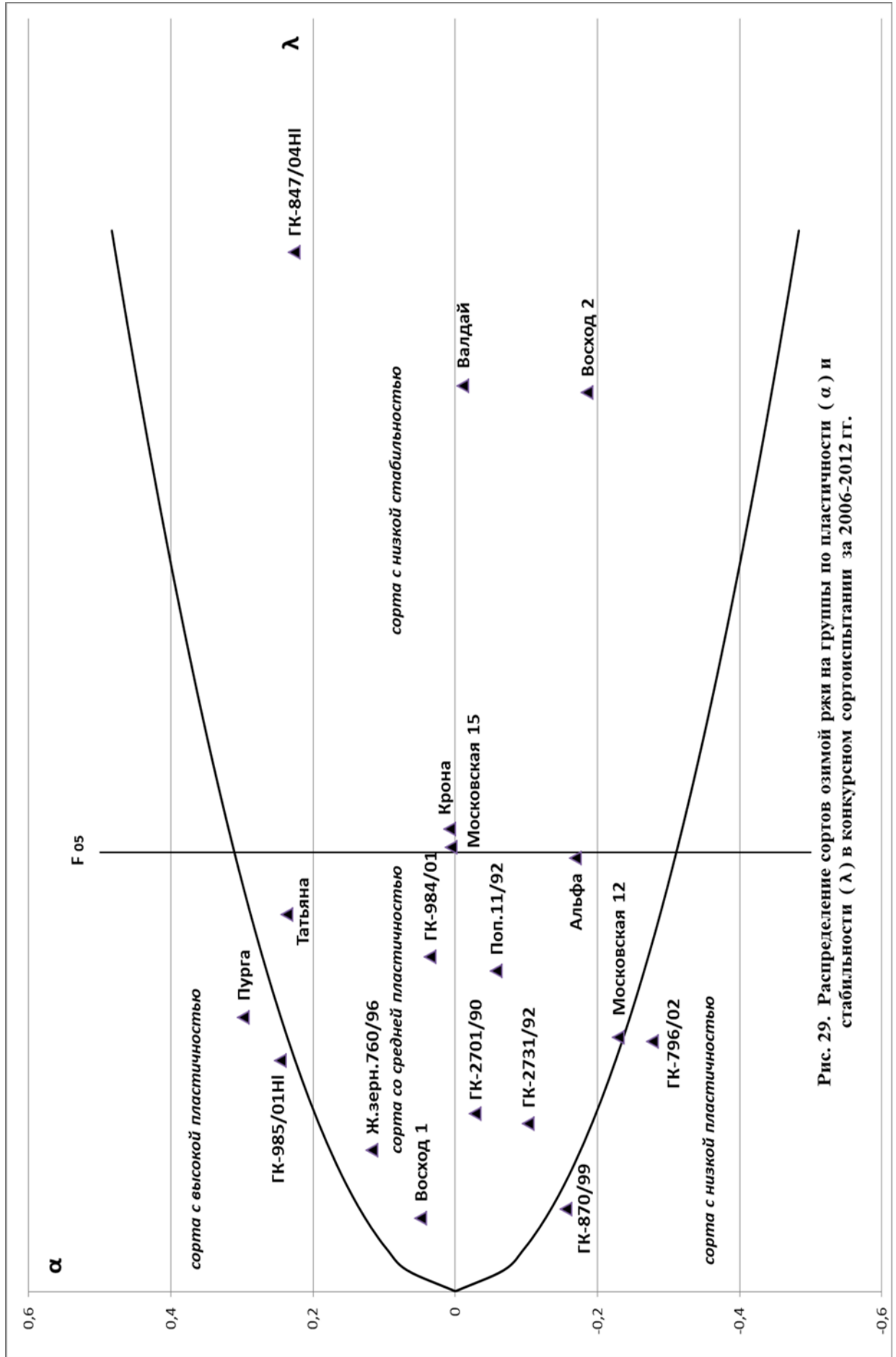


Рис. 29. Распределение сортов озимой ржи на группы по пластичности (α) и стабильности (λ) в конкурсном сортоиспытании за 2006-2012 гг.

В наших опытах сортами с низкой стабильностью оказались сорта Восход 2, Валдай (рецессивно-полигенный тип) и ГК-847/04НІ (доминантно-моногенный тип). Они оказались наиболее чувствительными к погодным условиям, как во время перезимовки, так и во время вегетационного периода. По этой причине они проявили самую высокую дисперсию (S_i^2) по признаку урожайности. Сорта расположенные слева от линии доверия обладают высокой стабильностью признака урожайности на общем фоне.

Среди стабильных сортов со средней пластичностью из группы с рецессивно-полигенной короткостебельностью оказались 8 сортов из 13. Достоверно низкой пластичностью обладают популяции ГК-870/99 и ГК-796/02, у которых коэффициенты b_i были наиболее низкими.

В верхней части графика расположились четыре высокопластичных сорта с доминантно-моногенной короткостебельностью – Пурга, Татьяна, ГК-985/01НІ и ГК-847/04НІ. Обращает на себя внимание сорт Крона, который также обладает доминантным типом короткостебельности, но он находится в центре графика. Этот сорт за годы испытания показал наименьший средний урожай из пяти доминантно-моногенных сортов. Но в тоже время, у него наименьшее варьирование урожайности по годам по сравнению с другими сортами с таким же типом короткостебельности, вследствие чего на графике Крона позиционируется как среднепластичный сорт. Необходимо отметить, что сорт Крона по прежнему востребован в Северо-Восточном регионе ввиду своей устойчивости к неблагоприятным условиям перезимовки.

Для практического использования в настоящее время наибольший интерес представляют средне пластичные, стабильные сорта с рецессивно-полигенной короткостебельностью. Они хорошо откликаются на благоприятные условия вегетационного периода и в меньшей степени снижают урожай в неблагоприятный год по сравнению с сортами, созданными на базе доминантно-моногенного типа короткостебельности. Это обстоятельство особенно важно для выращивания ржи в средней полосе России, где

неустойчивая погода зачастую является решающим фактором при формировании урожая. Примером тому может служить Самарская область, где сорта с рецессивно-полигенным типом наследования короткостебельности оказались более устойчивыми к неблагоприятным условиям, чем сорта с доминантно-моногенным типом короткостебельности (Н.В. Михайлов, Г.А. Сюкова, А.А. Бишарев, 2000).

Таким образом, обобщая вышеизложенное можно сделать вывод, что сорта с доминантно-моногенным типом короткостебельности обладают более высокой пластичностью (b_i) по урожайности, чем сорта созданные на основе рецессивно-полигенной короткостебельности. Но в то же время они обладают сравнительно высоким уровнем нестабильности (S_i^2), что приводит к более значительной потере урожая при неблагоприятных погодных условиях. Из этого следует, что при выращивании озимой ржи с применением интенсивных технологий возделывания целесообразно использовать сорта, созданные на основе доминантно-моногенного типа короткостебельности. В том случае, если используется обычный, общепринятый для региона агрофон, рациональнее будет использовать сорта с рецессивно-полигенным типом короткостебельности.

6.2. Сравнительная оценка сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности по устойчивости к полеганию и грибным болезням.

Признак «высота растений» сам по себе не является прямым элементом продуктивности, но тем не менее существенно влияет на урожайность посредством полегания растений. Исследования Ф.Т. Кондратенко (1967); Ф.Т. Кондратенко, А.А. Гончаренко (1974) показали, что высота растений на 85% определяет их устойчивость к полеганию. Полегание, в свою очередь, во первых, обуславливает потерю биологического урожая, во вторых, создает трудности при механизированной уборке и приводит к дополнительным потерям от 20 до 50% (В.Д. Кобылянский, А.Е. Корзун и др. 1989). При этом

снижаются посевные качества семян, ухудшаются хлебопекарные качества зерна.

Особого внимания заслуживает селекция озимой ржи на иммунитет к комплексу болезней. Это связано с тем, что недооценка важности данного направления может зачеркнуть достигнутые успехи по урожайности и качеству зерна. В течение 7 лет (2006-2012 гг.) нами проводилось изучение взаимосвязи типа короткостебельности с высотой растений и их устойчивостью к полеганию. Были проведены оценки степени поражения растений грибными болезнями для сравнения сортов, различающихся по типу короткостебельности.

В приведенной табл. 45 дана характеристика сортов по вышеупомянутым признакам. Оценка достоверности различия сортов озимой ржи по этим признакам дана в табл. 46. Сравнивая высоту растений и устойчивость к полеганию необходимо отметить некоторое несоответствие. Сорта с рецессивно-полигенным типом короткостебельности достоверно превышают по высоте сорта с доминантно-моногенной короткостебельностью на 11 см, но при этом не уступают им по устойчивости к полеганию.

Этот факт объясняется тем, что сорта с рецессивным типом короткостебельности обладают большей прочностью соломины, чем относительно низкорослые сорта доминантного типа.

Разница между группами сортов по оценке на полегание составила 0,3 балла за семь лет проведения опытов. Это подтверждается более ранними исследованиями проведенными в Московском НИИСХ (А.А. Гончаренко, В.Н. Точилин, 1992). По результатам исследований был сделан вывод, что при селекции неполегающих сортов на базе доминантного типа необходимо проводить интенсивный отбор на короткостебельность в сочетании прочностебельностью. В противном случае создаваемые сорта будут склонны к стеблевому полеганию, несмотря на короткостебельность.

Таблица 45 - Устойчивость сортов озимой ржи с разным типом короткостебельности к полеганию и поражению болезнями (конкурсное сортоиспытание, 2006-2012 гг.).

Сорт, (гибрид)	Высота растений, см	Устойч. к полег., балл	Степень поражения снежной плесенью, %	Степень поражения мучнист. росой, %	Степень поражения бурой ржавч.,%
Сорта с рецессивно-полигенным типом короткостебельности					
Восход 1	145	5,8	28,7	47,5	29,9
Восход 2	148	5,5	41,3	48,6	31,8
Альфа	143	6,6	39,2	38,8	20,4
Валдай	143	6,6	40,1	41,5	20,4
Москов.12	139	7,3	25,3	33,1	18,8
Москов.15	140	6,2	24,2	25,3	11,5
Поп.11/92	141	6,1	30,2	34,8	14,4
ГК-2701/90	141	6,7	31,0	40,7	26,7
ГК-2731/92	143	6,7	34,2	44,9	21,4
ГК-760/96	139	6,4	32,2	38,6	18,9
ГК-870/99	134	6,7	30,0	43,9	21,2
ГК-984/01	133	7,1	38,4	49,6	24,1
ГК-796/02	141	6,2	33,3	34,5	20,0
Среднее	141,8±1,1	6,5±0,1	32,9±1,5	40,1±1,9	21,5±1,6
Сорта с доминантно-моногонным типом короткостебельности					
Крона	135	5,3	37,3	41,3	15,5
Пурга	133	6,5	27,8	42,0	23,6
Татьяна	129	6,2	36,2	35,4	20,7
ГК-985/01НІ	121	7,0	23,5	37,2	15,1
ГК-847/04НІ	131	6,2	23,6	40,9	17,0
Среднее	129,8±2,4	6,2±0,3	29,7±3,0	39,4±1,3	18,4±1,6
t факт.	4,11*	0,69	0,97	0,33	1,38
*Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости.					

Таблица 46 - Оценка достоверности различий сортов озимой ржи по устойчивости к полеганию и поражению грибными болезнями (2006-2012 гг.).

Признак	Тип короткостебельности		Разность (d)	t – критерий (факт.)
	Рецессивно- полигенный (n=13)	Доминантно- моногенный (n=5)		
Высота растений, см	140,8±1,1	129,8±2,4	11,0	4,11*
Устойч. к полеганию, балл	6,5±0,1	6,2±0,3	0,3	0,69
Степень поражения снежной плесенью, %	32,9±1,5	29,7±3,0	3,2	0,97
Степень поражения мучнистой росой, %	40,1±1,9	39,4±1,3	0,7	0,33
Степень поражения бурой ржавчиной, %	21,5±1,6	18,4±1,6	3,1	1,38
*Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости				

По оценкам на поражение снежной плесенью, мучнистой росой и бурой ржавчиной за 7 лет конкурсного сортоиспытания достоверной разницы между группами сортов с различным типом короткостебельности не выявлено. Однако необходимо отметить некоторые сортоспецифические особенности.

Новый сорт Московская 15 за годы испытания оказался наиболее устойчивым к поражению снежной плесенью, мучнистой росой и бурой ржавчиной. Разница в поражении болезнями в сравнении со средней по группе сортов составила 8,7%, 14,8%, 10% соответственно. Наиболее восприимчивым к грибным болезням за годы исследований оказался сорт Восход 2.

Среди сортов с доминантно-моногенной короткостебельностью по устойчивости к поражению снежной плесенью положительно выделяются ГК-985/01Н1 и ГК-847/04Н1. Наименьшее поражение мучнистой росой отмечено у

сорта Татьяна (на 4% ниже средней по 5 сортам). Относительно высокую устойчивость к бурой ржавчине показали ГК-985/01Н1 и Крона. Но в тоже время у этого сорта отмечена наибольшая среди изучаемых сортов восприимчивость к снежной плесени (37,3%). Наибольшее поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной было у сорта Пурга (42,0% и 23,6% соответственно).

В наших исследованиях урожайность сортов с рецессивным типом короткостебельности, в меньшей степени зависела от полегания, чем у сортов с доминантной короткостебельностью. Как упоминалось ранее, сорта с рецессивно-полигенным типом короткостебельности обладают более высоким и в тоже время более прочным стеблем, чем сорта на доминантной основе короткостебельности. Хотя и в том и в другом случае корреляция между этими признаками высокая ($r = 0,74 \pm 0,20$ и $r = 0,94 \pm 0,20$ соответственно).

На величину урожайности сортов с рецессивно-полигенной короткостебельностью за 7 лет наблюдений поражение снежной плесенью и мучнистой росой не оказало существенного влияния (коэффициент корреляции -0,13 и -0,15 соответственно), тогда как для сортов с доминантно-полигенным типом короткостебельности коррелятивная связь была средней (-0,49 и -0,55). Обратную картину наблюдали при оценке сортов на поражение бурой ржавчиной, корреляция для двух групп сортов составила -0,41 и -0,22 соответственно.

Таким образом, достоверных различий между типами короткостебельности по устойчивости к полеганию не выявлено. В тоже время сорта с рецессивным типом короткостебельности проявляют тенденцию к более сильному поражению растений снежной плесенью, а также имеют сравнительно низкий иммунитет на поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной.

6.3. Сравнительная оценка сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности по хлебопекарным качествам зерна.

Исследования по качеству зерна, озимой ржи обычно включают в себя технологическую оценку сортов в различных почвенно-климатических условиях и поиск сопряженности отдельных технологических показателей, отражающих сортовую дифференциацию без связи с типом короткостебельности (В.М. Бебякин, У.С. Бамбышев, А.В. Прокофьева, 1995; А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, Т.В. Семенова и др. 1995; А.А. Гончаренко, Н.С. Беркутова, А.С. Тимощенко, 2002). В свете современных требований хлебного рынка к качеству такое сравнение имеет определенный интерес, поскольку в России в валовых сборах зерна ржи преобладает доля сортов с доминантной короткостебельностью.

В период с 2002 по 2006 г. нами была проведена сравнительная оценка технологических и хлебопекарных качеств зерна сортов озимой ржи, относящихся к различным типам короткостебельности (А.А. Гончаренко, Н.С. Беркутова, А.С. Тимощенко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров и др. 2007).

Исходным материалом послужили 14 сортов озимой ржи с рецессивно-полигенным (1-я группа) и 7 сортов с доминантно-моногенным (2-я группа) типом короткостебельности. В первую группу вошли сорта Восход 1, Восход 2, Альфа, Валдай, НВП-3, Саратовская 7 и еще 8 других перспективных популяций. Во вторую группу вошли сорта Татьяна, Пурга, Крона, Память Кондратенко, Таловская 33, Снежана, Грань.

Результаты проведенных исследований показали, что по семи признакам из 13 изученных выявлены достоверные различия (табл. 47).

Сорта ржи с доминантно-моногенным типом короткостебельности существенно уступали рецессивно-полигенным сортам по натуре зерна (20 г/л), содержанию крахмала (1,7%), объемному выходу формового хлеба (16 см³), пористости мякиша (3%) и скорости его высыхания (0,04 %). Достоверное превосходство у этой группы сортов выявлено только по вязкости водного

Таблица 47 - Оценка достоверности различий сортов озимой ржи по технологическим и хлебопекарным качествам зерна (по средним данным за 2002-2006 гг.).

Показатель качества	Тип короткостебельности сортов		Разность (d)	t - критерий (факт.)
	Рецессивно-полигенный (n=14)	Доминантно-моногоенный (n=7)		
Натура зерна, г/л	713,00±2,10	693,00±2,50	20,00	3,57**
Масса 1000 зерен, г	30,70±0,40	30,20±0,20	0,50	0,67
Содержание крахмала, %	60,10±0,20	58,40±0,20	1,70	3,40**
Содержание белка, %	12,00±0,09	12,20±0,04	0,20	1,47
Вязкость водного экстракта зернового шрота	3,96±0,09	4,39±0,06	0,43	2,69**
Число падения, сек.	193,00±5,30	177,00±3,10	16,00	1,89
Высота амилограммы, е.а.	277,00±9,70	245,00±4,20	32,00	2,06
Температура клейстеризации, °С	65,60±0,53	64,70±0,45	0,90	1,10
Формоустойчивость (h:d)	0.215±0.004	0.232±0.005	0.02	2.22*
Объемный выход хлеба, см ³	293,00±2,00	277,00±3,20	16,00	3,19**
Качество мякиша, балл	4,00±0,04	3,85±0,08	0,15	1,63
Пористость мякиша, %	60,80±0,60	57,80±0,50	3,00	2,99**
Скорость высыхания мякиша, %	0,840±0,006	0,800±0,006	0,04	2,16*
* Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости.				
** То же при 1%-ном уровне значимости.				

экстракта зернового шрота и формоустойчивости подового хлеба. По другим признакам межгрупповые различия были несущественны, хотя у доминантно-короткостебельных сортов четко просматривалась тенденция более низкой экспрессии массы 1000 зерен, числа падения, высоты амилограммы, температуры клейстеризации крахмала и качества мякиша формового хлеба.

Сравнение на основе групповых средних позволяет видеть только общую картину различий по признакам. На рис. 30 сравниваемые сорта расположены в порядке убывания экспрессии их технологических и хлебопекарных свойств. Как видно, по 6 признакам из 8 лучший доминантно-короткостебельный сорт неизменно уступал лучшему сорту из рецессивно-короткостебельной группы. По натуре зерна снижение составило 28 г/л, содержанию крахмала в зерне - 1,4%, объемному выходу формового хлеба - 8 см³, числу падения - 52 сек, пористости мякиша - 4,1%, скорости высыхания мякиша - 0,05% час. Сходные различия по этим признакам, за исключением числа падения, отмечены и при сравнении представителей худших сортов из каждой группы. Лишь по вязкости водного экстракта и формоустойчивости подового хлеба превосходство сортов с доминантной короткостебельностью было стабильно устойчивым.

Анализ возможных причин выявленных межгрупповых различий позволяет заключить, что они обусловлены влиянием доминантного аллеля H1, который оказывает широкое плеiotропное действие на многие признаки качества зерна. Особенно следует отметить стабильно низкую натуру зерна у доминантно-короткостебельных сортов. Среди них сорт Память Кондратенко имеет самое высокое значение этого показателя (698 г/л), что соответствует самому низконатурному сорту Восход 1 (696 г/л) из группы рецессивно-короткостебельных. Вероятно, это связано с негативным влиянием доминантного аллеля H1 на биосинтез крахмала, в результате чего созревающая зерновка формируется недовыполненной, сморщенной и низкокрахмалистой.

К сожалению, особенности формирования эндосперма и зерновки в целом у сортов с доминантным типом короткостебельности детально не изучены. Известно лишь, что и у других короткостебельных мутантов ржи обнаружено уменьшение размеров зерновки, которое способствует повышению содержания белка (S. Muzsynski, M. Darlewska, H. Gozliniski, 1979; О.О. Кедров-Зихман, Л.Н. Понятовская, В.В. Ермоленков, 1988).

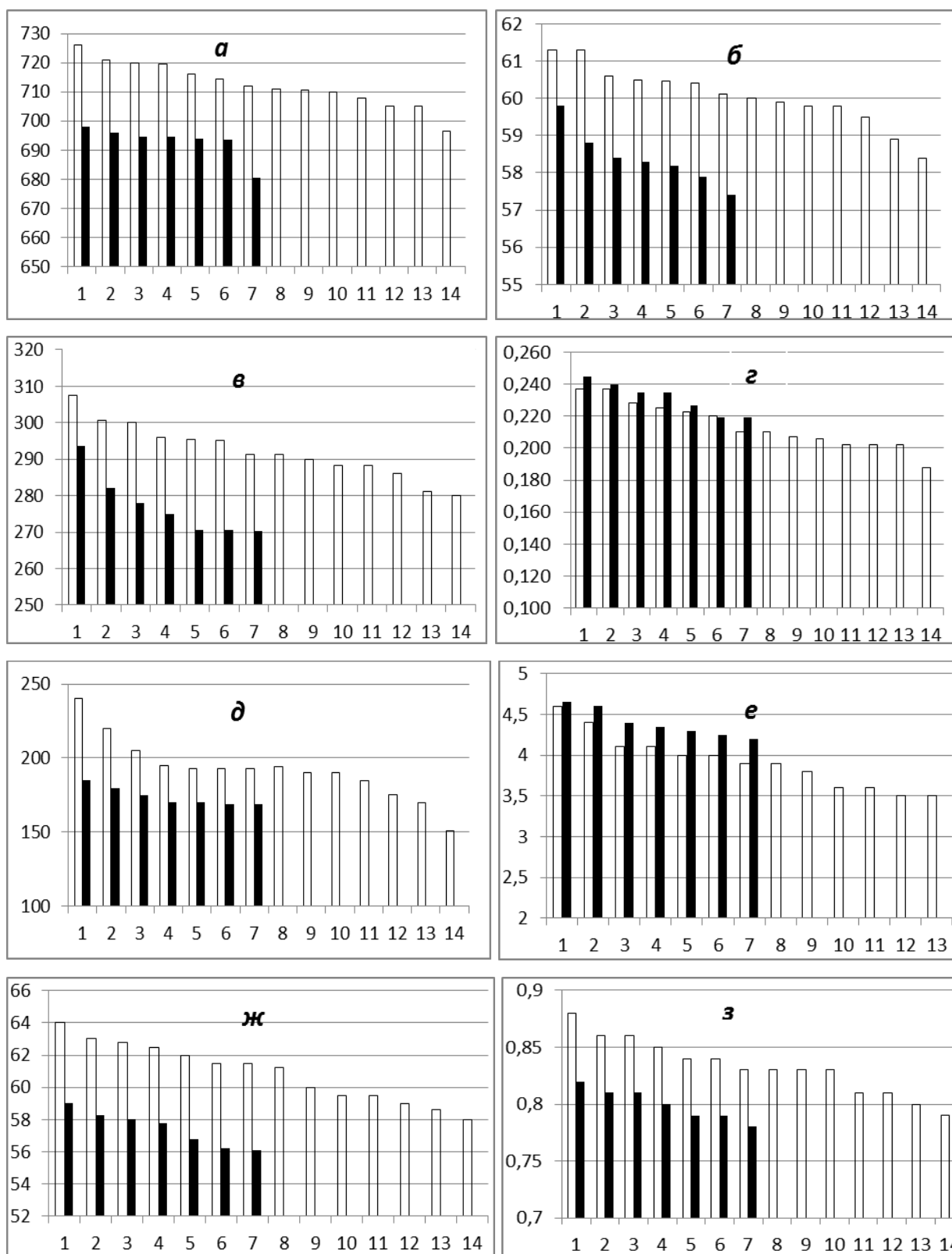


Рисунок 30 - Сравнение сортов с рецессивным (светлые столбики) и доминантным (темные) типом короткостебельности по хлебопекарным качествам: а – натура зерна, г/л; б – содержание крахмала, %; в - содержание крахмала, %; г- формоустойчивость подового хлеба; д число падения, сек. ; е – вязкость водного экстракта зернового шрота, сП.; ж – пористость мякиша, %; з – скорость высыхания мякиша, %ч.

Очевидно, основной источник ассимилянтов для синтеза крахмала у ржи – влагалище и стебель, доля участия которых в общем фотосинтезе в период налива зерновок достигает 50% (В.Д. Кобылянский, 1982,б). Естественно, по мере укорочения длины стебля их вклад в накопление углеводных запасов семени закономерно снижается (А.М. Соболев, Л.П. Жданова, К.Н. Данович, 1982), что отрицательно сказывается на выполненности зерновки.

Низкая натура зерна и недостаток крахмала у доминантно-короткостебельных сортов обусловили низкий объемный выход формового хлеба и пористость мякиша. Относительно низкие показатели высоты амилограммы и числа падения у сортов доминантной группы (табл. 47) позволяют предположить, что для них характерна более высокая амилолитическая активность, а поскольку они содержат меньше крахмала, то брожение теста и газообразование происходят сравнительно слабо, формовой хлеб получается малого объема, с плоской (иногда вогнутой) верхней коркой, мелкими толстостенными порами и относительно липким мякишем. Вследствие высокой вязкости водного экстракта тесто из муки этих сортов обладает повышенной формоустойчивостью, что очень важно для выпечки подового хлеба. Такая характерная особенность сортов ржи с доминантной короткостебельностью обусловлена корреляцией признака вязкости водного экстракта с водорастворимыми пентозанами, а не с крахмалом и белком (А.А. Гончаренко, Р.Р. Исмагилов, Н.С. Беркутова и др. 2005).

Сорта с рецессивным типом короткостебельности характеризуются повышенным содержанием крахмала в зерне и пониженной амилолитической активностью. Разрушение крахмальных зерен при гидролизации у них наступает позднее, поэтому сокращается время разрушительного воздействия фермента альфа-амилазы. В результате они имеют лучшую газообразующую способность, брожение теста происходит активнее, хлеб после выпечки получается более темным, с выпуклой верхней коркой, крупными порами и эластичным мякишем. Однако при продолжительной расстойке теста подовый

хлеб из муки этих сортов расплывается сильнее. Сорта этой группы более соответствуют требованиям при выпечке формового хлеба. Вместе с тем из-за более крупных пор они проигрывают сортам доминантного типа по скорости черствения, так как быстрее теряют влагу при длительном хранении.

Пористость мякиша – важный интегральный показатель качества ржаного хлеба. Хлеб высокого качества – это хлеб с хорошей и равномерной пористостью, эластичным мякишем и гладкой нерастрескивающейся коркой выпуклой формы. Тем не менее, эти признаки, как и скорость черствения мякиша, до сих пор практически не задействованы в селекционном процессе, что можно считать существенным пробелом в селекции. В связи с этим важно знать взаимосвязь пористости и эластичности мякиша с другими технологическими показателями. В наших опытах пористость мякиша заметно варьировала по сортам (56,3-64,0%) и положительно коррелировала с объемным выходом хлеба ($r=0,51$), содержанием крахмала ($r=0,40$), высотой амилограммы ($r=0,39$), числом падения ($r=0,32$) и массой 1000 зерен ($r=0,28$), (рис. 31).

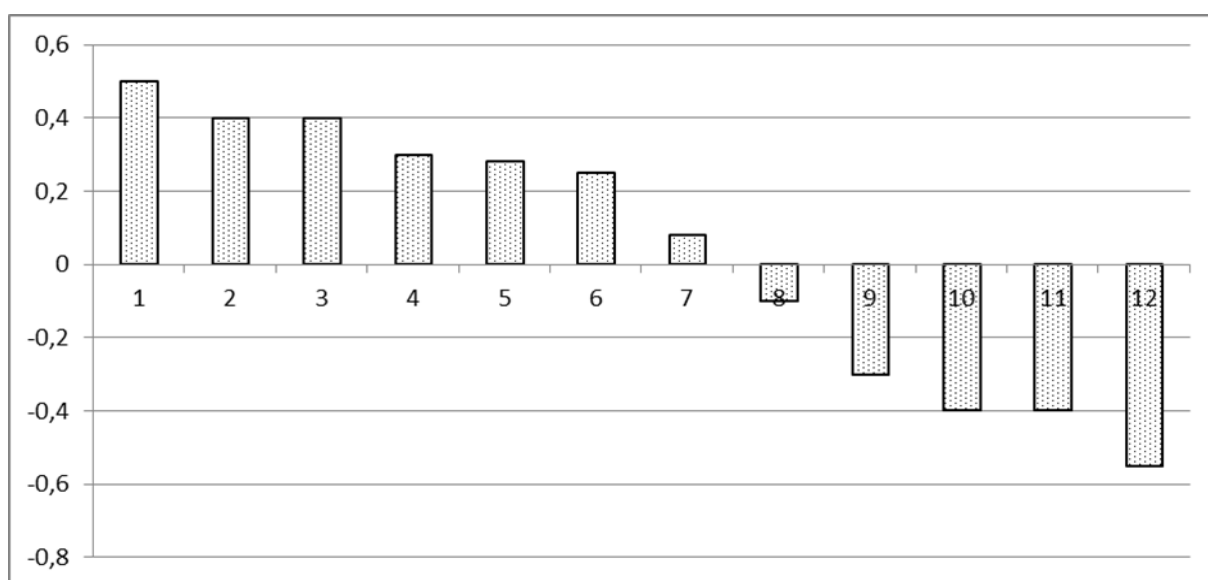


Рисунок 31 - Корреляция (r) между пористостью формового хлеба и другими показателями качества зерна ($n=56$): 1 – объемный выход хлеба, 2 – содержание крахмала, 3 – высота амилограммы, 4 – число падения, 5 – масса 1000 зерен, 6 – натура зерна, 7 – температура клейстеризации, 8 – вязкость водного экстракта зернового шрота, 9 – формоустойчивость подового хлеба, 10 – качество мякиша, 11 – содержание белка, 12 – скорость черствения.

На пористость мякиша отрицательно влияли содержание белка в зерне ($r = -0,38$) и формоустойчивость подового хлеба ($r = -0,31$). Следовательно, селекция на высокую пористость возможна, а оценку исходного материала на ранних этапах селекции можно уверенно прогнозировать по содержанию крахмала в зерне, используя его как экспресс метод.

Особый интерес представляет отрицательная корреляция между пористостью мякиша и скоростью его высыхания ($r = -0,52$). Очевидно, хлеб черствеет медленнее тогда, когда в мякише преобладают относительно мелкие поры. Известно (Ф.М. Кветный, В.В. Щербатенко, 1982), что черствение – это сложный физико-коллоидный процесс, механизм которого связан не только с потерей влаги мякишем, но и с ретроградацией крахмала, то есть с обратным его переходом из аморфного состояния в кристаллическое. Некоторые исследователи (В.М. Бебякин, Т.Е. Кулеватова, Н.М. Великанова, 2005) отмечают важность взаимодействия крахмальной и белковой фракций хлеба, поскольку белковые структуры при хранении хлеба претерпевают более медленные изменения, чем крахмальные. Но поскольку крахмал – главный компонент ржаного хлеба, ему принадлежит ведущая роль в динамике процессов черствения, происходящих на молекулярном уровне. Обнаружены существенные сортовые различия по содержанию амилозы и амилопектина – компонентов крахмала, а также большое значение амилопектиновой фракции в длительном сохранении свежести хлеба (Ф.М. Кветный, В.В. Щербатенко, 1982). Следовательно, количественно изменяя соотношение этих фракций, можно влиять на скорость процесса черствения.

Сравниваемые группы сортов заметно различались по содержанию основных крахмальных компонентов. Сорты ржи с доминантным типом короткостебельности характеризовались относительно высоким содержанием амилозы ($x_{\text{ср.}} = 20,7\%$), низким – амилопектина ($x_{\text{ср.}} = 79,3\%$), а сорта с рецессивным типом – более низким содержанием амилозы ($x_{\text{ср.}} = 13,7\%$) и высоким – амилопектина ($x_{\text{ср.}} = 86,3\%$). Вероятно, отмеченные различия между

двумя группами сортов по технологическим и хлебопекарным свойствам непосредственно связаны с различиями по структуре крахмала. Поскольку амилоза растворяется в теплой воде, а амилопектин - только в горячей и при давлении, то вклад последнего в количество и качество крахмального клейстера определяющий. Поэтому доминантно-короткостебельные (низкоамилопектиновые) сорта по сравнению с рецессивно-короткостебельными (высокоамилопектиновыми) при выпечке хлеба образуют клейстер разного качества, что подтверждается отмеченными различиями по пористости мякиша и скорости его высыхания.

Определенный интерес представляет сила связи между содержанием амилопектина и другими показателями качества (рис. 32). Как видно, высокоамилопектиновые (низкоамилозные) сорта можно прогнозировать по высокой натуре зерна ($r = 0,47$), содержанию крахмала ($r = 0,42$) и массе 1000 зерен ($r = 0,30$). Низкоамилопектиновые (высокоамилозные) сорта - низконатурные ($r = -0,46$) и низкокрахмалистые ($r = -0,44$), но с повышенным содержанием белка ($r = 0,42$) и высокой формоустойчивостью подового хлеба ($r = 0,44$).

Таким образом, полученные нами данные позволяют заключить, что методами селекции можно существенно изменить структуру крахмального комплекса у ржи с целью улучшения качества зерна этой культуры. Особый интерес в селекционном плане представляют низкоамилозные формы, у которых амилопектин способен образовывать прочные комплексы с белками, способствующие более длительному сохранению свежести ржаного хлеба. Полученные данные свидетельствуют также о необходимости более глубокого изучения плеiotропного эффекта доминантного аллеля $H1$ (DW1). Есть основание полагать, что рецессивный тип короткостебельности более перспективен в селекции ржи на высокое качество формового хлеба. В случае использования доминантной селекции необходимо проводить

целенаправленную и интенсивную селекцию на повышение натуры зерна, массы 1000 зерен и других показателей качества.

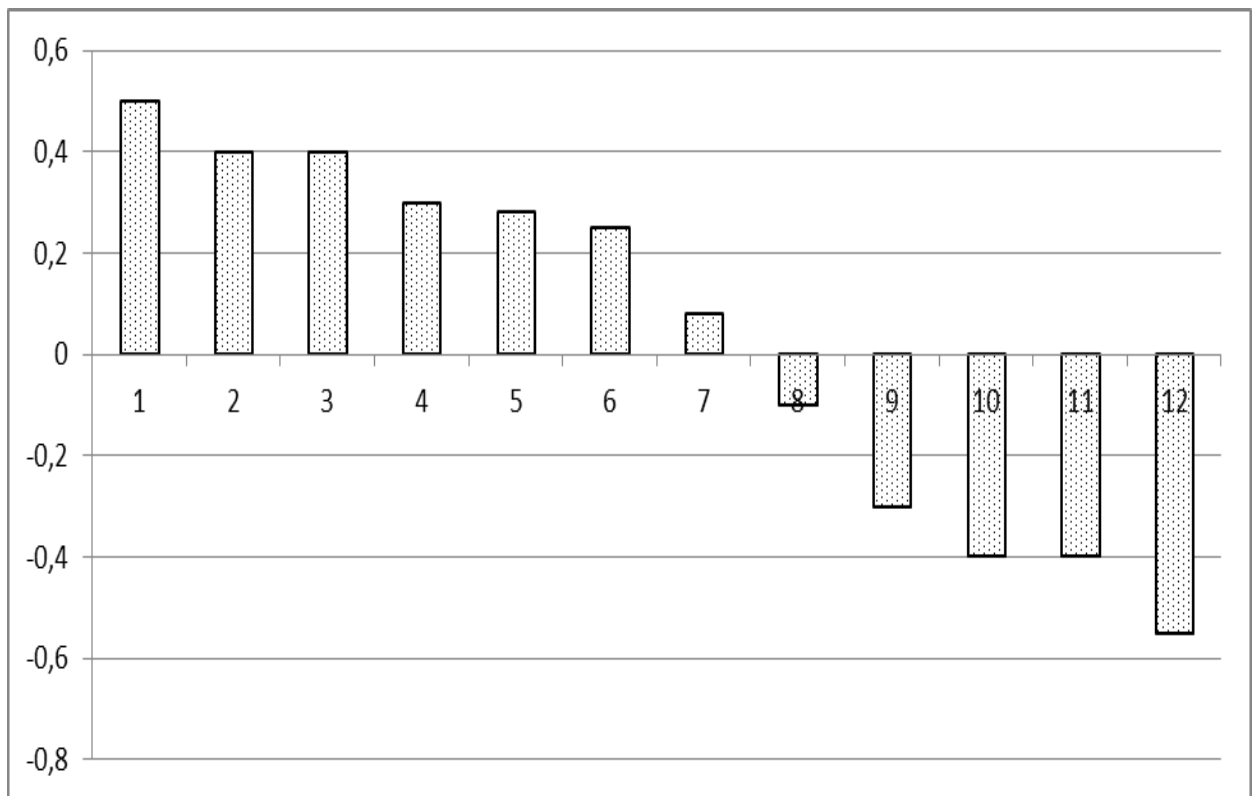


Рисунок 32 - Корреляция (r) между содержанием амилопектина и другими показателями качества зерна ($n=21$): 1 – натура зерна, 2 – содержание крахмала, 3 – масса 1000 зерен, 4 – высота амилограммы, 5 – объемный выход хлеба, 6 – температура клейстеризации, 7 – число падения, 8 – формоустойчивость подового хлеба, 9 – содержание белка, 10 – вязкость водного экстракта зернового шрота.

Глава 7. Селекция инбредных линий озимой ржи.

7.1. Селекционная оценка инбредных линий озимой ржи по продуктивности и отдельным морфо-биологическим признакам.

Постоянный прогресс в технологии возделывания зерновых культур требует неуклонного увеличения потенциала урожайности вновь создаваемых сортов. У озимой ржи из-за слабой устойчивости к полеганию он пока что ниже, чем у озимой пшеницы. Приоритетным направлением селекции в решении этой задачи является использование эффекта гетерозиса и получение гибридных сортов на основе ЦМС (Н.Н. Geiger, 1975). Созданные в Германии высокогетерозисные гибриды ржи заменили популяционные сорта на 2/3 посевной площади, что существенно повысило урожайность и валовые сборы зерна (Н.Н. Geiger, 1988). Однако даже в этом случае годовой прирост урожайности озимой ржи не смог достигнуть уровня озимой пшеницы. Причиной тому является несовершенство возделываемых сортов и применяемых методов селекции (Н.Н. Geiger, 2007).

Актуальной проблемой в селекции гибридной ржи на основе ЦМС является получение селекционно ценных инбредных линий. Особый интерес в этом плане представляют генетически дивергентные, зимостойкие, короткостебельные и высокоурожайные инбредные линии с устойчивой экспрессией признаков, определяющие хорошие технологические, хлебопекарные и кормовые качества зерна. Первоочередной задачей является выделение высокопродуктивных и неполегающих линий, так как низкопродуктивные и полегающие непригодны в плане семеноводства создаваемых на их основе гибридов.

Обычно в решении этой задачи селекционеры придерживаются двухэтапной стратегии, предложенной Н.Н. Geiger (1985). На первом этапе самоопыления она предусматривает ускоренный (начиная с S_2) и интенсивный фенотипический отбор линий по признакам с относительно высокой

наследуемостью, а на втором – отбор генотипов с высокой ОКС и СКС по урожаю зерна. Было установлено, что фенотипическая выраженность многих признаков у инбредных линий может служить хорошим ориентиром для дифференциации их по ОКС. Поэтому необходимость интенсивной селекции самоопыленных линий на высокую собственную продуктивность стала первоочередной задачей в процессе их создания.

Однако оценка инбредных линий по комбинационной способности путем испытания многочисленных комбинаций скрещивания в практическом плане требует больших затрат труда, в связи с чем особый интерес представляет возможность прогнозирования их селекционной ценности по признакам продуктивности *per se* (J.C. Reif, V. Hahn, A.E. Melchinger, 2012). Изучая этот вопрос, T. Miedaner, D.D. Schwegler et. al. (2014) при оценке 8 признаков продуктивности инбредных линий у тесткроссов установили, что генотипические корреляции (r_g) уменьшаются по мере увеличения структурной сложности признака, что подтверждается уровнем их коэффициентов наследуемости. Наиболее высокими ($r_g > 0,7$) они были для высоты растения, массы 1000 зерен, числа падения и содержания крахмала. Авторы сделали заключение, что отбор линий *per se* по этим признакам облегчает полевую оценку межлинейных гибридов по этим признакам и тем самым позволяет повысить эффективность гибридной селекции (А.А. Гончаренко, 2014).

Реализацию программы получения инбредных линий озимой ржи в Московском НИИСХ «Немчиновка» начали в 1990 году проведя первое самоопыление 1500 растений из двух гибридных популяций, созданных от скрещивания польского самофертильного образца №142k с сортами Восход 1 (популяция 2539/90) и Альфа (популяция 2542/90), (А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, Т.В. Семенова и др., 2002). В последующие годы в качестве доноров самофертильности использовали немецкую линию L-145N и гибрид F_1 (L-301N $\times$ L-312 N), полученные нами от проф. Г. Гейгера из университета Хохенхайм (ФРГ), а также высокосамофертильные линии собственной селекции. В

качестве материнских форм служили источники самофертильности, а отцовских – различные (не родственные по происхождению) сорта Валдай, Саратовская 5, Безенчукская 87, Варко, Амило и некоторые перспективные гибридные популяции. Такой подход обусловлен тем, что высокая межпопуляционная гетерогенность исходного материала имеет большое значение для гетерозиса.

В питомнике самоопыленных линий семена высевали разреженно, изоляцию растений проводили пергаментными изоляторами через 2-3 дня после полного колошения. От каждой линии высевали по 50 зерен на однорядковую делянку длиной 150 см, но изолировали только по 2-3 лучших растения. В первые годы многие линии выпадали из селекционного процесса по причине слабой самофертильности, низкой полевой всхожести семян и перезимовки растений. Особенно большая гибель растений в пределах линии (на уровне 90%) и целиком отдельных линий отмечена зимой 1993/1994 гг. из-за поражения снежной плесенью, а также осенью 1996 г. из-за сильного поражения шведской мухой. В эти годы самоопыляли только уцелевшие растения лучших линий.

Кроме сортов-популяций, в качестве исходного материала для получения инбредных линий использовали синтетические популяции, полученные методом рекуррентного отбора. Для этого на базе лучших линий S_2 - S_3 , целенаправленно отобранных по комплексу признаков (раннее колошение, короткий стебель, высокопродуктивный колос, устойчивость к болезням, высокое число падения) было создано несколько синтетических популяций, которые после двукратного переопыления послужили исходным материалом для выведения новых самоопыленных линий.

В дальнейшем, после наработки достаточного количества селекционного материала, стали проводить полевые испытания линий на 3-х рядковых делянках длиной 120 см и междурядьями 15 см. Всего на делянку высевали по 150 зерен. В течении вегетационного периода проводились фенологические

наблюдения и оценки по широкому спектру признаков. Для анализа структуры урожая ежегодно от каждой линии в фазе полной спелости отбирали пробы по 10 растений. Учитывали признаки: высота растений, длина колоса, число цветков и зерен в колосе, масса 1000 зерен, масса зерна с колоса. Биохимические анализы включали в себя определение содержания в зерне сырого протеина, крахмала и динамической вязкости водного экстракта зернового шрота. Из технологических признаков - определяли показатель число падения (ЧП). В качестве стандарта использовали сорт Валдай.

Всего за годы исследований (2006-2012) нами было изучено 262 линии. В табл. 48. представлена селекционная характеристика 25 лучших по продуктивности инбредных линий, выделенных по результатам сравнительных полевых испытаний. Как видно, все 25 выделенных линий по массе зерна с растения существенно превышают среднее значение по всей выборке. Однако в сравнении с сортом Валдай уровень продуктивности у них ниже и составляет от 60,2% до 100,6%. Наиболее высокую массу зерна с одного растения в среднем за шесть лет наблюдений имели линии Н-670 и Н-929 (16,0 г/раст.), а также линия Н-1235 (14,4 г/раст.). У этих линий высокая продуктивная кустистость удачно сочетается с крупностью зерна. Но в тоже время эти линии по высоте растений были существенно выше средней как по выборке из 25 линий, так и по средней из 262 линий. Существенным изъяном отмеченных высокопродуктивных линий является сравнительно низкий показатель числа падения. Наиболее продуктивная линия Н-929 имеет самый низкий показатель числа падения (111 сек) по выборке из 25 растений. В тоже время наименее продуктивная линия Н-1289 имеет самый высокий показатель по этому признаку (278 сек). Наилучшее сочетание признаков продуктивность, крупность зерна, высота растений и число падения выявлено у линий Н-1185, Н-1262, Н-1290.

В табл. 49 представлена выборка из 25 линий, отобранных по признаку «высота растений». Размах варьирования по этому признаку составил 57-75 см

Таблица 48 - Характеристика лучших 25 инбредных линий озимой ржи, выделенных по продуктивности растений (2006-2012 гг.).

Линии	Масса зерна с растения, г	Продуктив. кустистость шт.	Масса 100 зерен, г	Высота растений, см	Число падения, сек
Валдай, ст-т	15,9	10,1	3,23	143	229
Н-38	10,6	8,7	2,71	83	192
Н-42	10,0	10,3	2,42	101	171
Н-139	10,8	10,1	2,52	90	241
Н-171	10,3	9,7	2,55	104	205
Н-576	13,2	8,7	3,24	114	244
Н-670	16,0	10,0	3,36	100	192
Н-757	10,4	9,0	3,03	100	252
Н-819	13,2	10,5	2,79	107	195
Н-898	10,2	9,9	2,63	101	152
Н-929	16,0	11,0	3,40	118	111
Н-944	9,9	9,2	2,51	94	251
Н-986	10,1	9,2	2,63	87	174
Н-1004	9,6	9,4	2,55	91	144
Н-1052	12,8	9,4	3,12	103	214
Н-1185	11,4	9,3	3,03	97	230
Н-1226	9,7	7,4	3,33	90	175
Н-1235	14,4	9,6	3,22	98	146
Н-1245	9,9	8,3	3,40	101	208
Н-1262	11,7	7,2	3,32	94	195
Н-1264	10,3	7,9	3,03	92	239
Н-1289	9,8	8,9	2,95	88	278
Н-1290	11,7	10,7	2,93	79	206
Н-1293	10,8	8,1	3,36	86	249
Н-1340	11,1	8,6	2,66	84	214
Н-1365	11,5	7,6	3,53	106	147
Среднее по 25 линиям	11,4±0,4	9,1±0,2	2,97±0,1	96,2±0,1	201,9±8,3
Среднее по 262 линиям	6,4±0,1	7,9±0,1	2,58±0,3	87,2±0,6	178,5±3,7
t-факт.	12,61*	5,74*	5,26*	4,42*	2,47*
* Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости.					

Таблица 49 - Характеристика лучших по короткостебельности
25 инбредных линий озимой ржи, (2006-2012 гг).

Линии	Высота растений, см	Масса зерна с растения, г	Масса 100 зерен, г	Полегание, баллы	Число падения, сек
Валдай, ст-т	143	15,9	3,23	6,6	229
Н-264	63	3,8	2,39	9	180
Н-267	66	6,1	2,11	9	93
Н-538	74	8,4	2,64	9	248
Н-577	75	4,5	2,08	7	213
Н-610	61	3,8	2,21	9	320
Н-649	71	3,3	2,54	9	99
Н-684	72	4,3	2,35	9	132
Н-700	68	6,0	2,93	7	178
Н-1098	75	3,9	2,46	9	191
Н-1100	74	5,4	2,67	9	293
Н-1137	62	2,4	2,41	9	153
Н-1146	71	3,1	2,57	9	246
Н-1155	57	3,9	2,38	9	133
Н-1156	67	6,3	2,73	9	146
Н-1173	66	2,9	2,07	9	316
Н-1174	69	3,4	2,52	9	243
Н-1175	64	3,8	2,33	9	295
Н-1180	73	5,3	2,70	9	188
Н-1193	74	5,2	2,36	9	245
Н-1202	68	4,7	2,16	9	137
Н-1207	75	3,7	2,35	9	74
Н-1214	75	4,8	3,06	9	138
Н-1277	71	4,1	2,45	8	167
Н-1345	67	2,9	2,72	9	210
Н-1369	71	3,9	2,66	9	115
Среднее по 25 линиям	69,2±1,0	4,4±0,3	2,47±0,05	8,8±0,1	190,0±14,2
Среднее по 262 линиям	87,2±0,6	6,4±0,1	2,6±0,02	7,6±0,1	178,5±3,7
t-факт.	15,28*	6,68*	1,98	7,77*	0,79
* Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости.					

при средней по выборке 69,2 см. Этот показатель ниже стандарта Валдай на 51,6%. Разница между средним показателем по продуктивности 25 отобранных линий и общей средней по 262 линиям составила 20,6%. Отобранные по высоте линии отличает весьма низкая продуктивность растений, что указывает на корреляцию признаков. Низкую продуктивность у короткостебельных инбредных линий отмечали в свое время В. Великовский (1979), В.Д. Кобылянский, Н.С. Лапиков, А.Г. Катерова (1979), Л. Кубара (1979). По их мнению, это обусловлено положительной корреляцией между высотой растений и признаками продуктивности колоса.

В нашем случае корреляция высоты растений с продуктивностью растения по общей выборке из 262 линий составила $r=0,51$. По выборке из 25 короткостебельных линий отмечена меньшая коррелятивная связь ($r=0,30$) по признакам высота-продуктивность растения. Тем не менее, среди отобранных по короткостебельности растений имеются относительно продуктивные линии, с крупным зерном и хорошим качеством - Н-538 (74 см), Н-1100 (74 см), Н-1180 (73 см), Н-1193 (74 см). По супер - короткостебельности выделяется линия Н-1155 (57 см), но продуктивность у нее ниже средней по выборке и она отличается низким показателем «число падения» (133 сек). Схожие показатели имеют и другие короткостебельные линии – Н-264 (63 см, продуктивность 3,8 г/раст), Н-1137 (62 см, продуктивность 2,4 г/раст).

В данной ситуации достаточно сложно сделать перспективный отбор селекционного материала, сочетающий высокую продуктивность и качество зерна с короткостебельностью. Но, тем не менее, представленные линии имеют определенную ценность для селекции гибридной ржи в качестве доноров короткостебельности.

Характерной особенностью самоопыленных линий ржи является позднее колошение (А.А. Гончаренко, В.А. Трикозюк, 2004). В условиях средней полосы России это имеет немаловажное значение. В селекции гибридной ржи признак скороспелости приобрел еще большую актуальность, т.к. выяснилось,

что лучшие гибриды обладают не только длинностебельностью, что приводит к полеганию растений, но и более продолжительным вегетационным периодом (И. Колясинска, 1990). В наших опытах оценки инбредных линий на скороспелость проводились по продолжительности периода «число дней от начала весенней вегетации до колошения». По результатам наблюдений за 2006-2012 гг. была сделана выборка из 25 линий, имеющих наименее продолжительный период по указанному признаку (табл. 50).

Как видно, временной период от начала весенней вегетации до колошения у отобранных линий оказался существенно короче (в среднем на 2,7 дня), чем по 262 линиям. Но на продуктивность растений в целом это значительно не повлияло, хотя при отборе отмечен достоверный положительный сдвиг по крупности зерна. Среди отобранных линий по продолжительности периода «начало весенней вегетации-колошение» обращают на себя внимание четыре раноколосящиеся линии Н-563, Н-1173, Н-1185, Н-1360. Особо выделяется наиболее скороспелая линия Н-1185, имеющая самую высокую продуктивность растений и высокое число падения (на уровне сорта Валдай). Но при этом она является относительно длинностебельной (97 см). Остальные три скороспелые линии уступают по продуктивности стандарту Валдай и от средней по 262 линиям на 46-87%. Скороспелая линия Н-1173 выделяется самой низкой продуктивностью растений, но при этом имеет наиболее высокий показатель число падения (315,5 с), наименьшую высоту и массу 100 зерен среди 25 линий в списке. Линии Н-563 и Н-1360 также можно отнести к короткостебельным по сравнению со средней по 25 линиям, но они имеют существенно низкую продуктивность растений, а также значительно уступают стандарту по числу падения.

**Таблица 50 - Характеристика лучших 25 ранокососящихся
инбредных линий озимой ржи, (2006-2012 гг).**

Линии	Число дней от нач. вегетации до колош.	Масса зерна с растения, г	Масса 100 зерен, г	Высота растений, см	Число падения, с
Валдай, ст-т	37,0	15,9	3,23	143	229
Н-274	41,4	8,0	2,73	87	225
Н-415	41,0	7,4	2,76	103	236
Н-563	39,2	4,2	2,23	82	150
Н-595	41,4	5,8	2,68	106	173
Н-618	40,2	6,6	2,73	99	213
Н-800	40,3	6,8	2,54	93	156
Н-1011	40,8	9,1	3,18	91	128
Н-1092	41,0	6,4	2,72	86	230
Н-1115	41,3	4,2	2,67	90	64
Н-1134	41,2	7,1	2,86	93	141
Н-1142	41,0	7,4	3,14	90	150
Н-1173	39,6	2,9	2,07	66	316
Н-1174	40,8	3,4	2,52	69	243
Н-1175	40,8	3,8	2,33	64	295
Н-1180	40,3	5,3	2,70	73	188
Н-1183	40,8	7,2	3,23	91	222
Н-1185	38,5	11,4	3,03	97	230
Н-1226	40,6	9,7	3,33	90	175
Н-1235	41,4	10,7	3,22	98	146
Н-1245	41,0	9,9	3,40	101	208
Н-1271	40,3	7,3	2,70	87	208
Н-1279	41,3	7,0	3,07	85	212
Н-1289	40,8	9,8	2,95	88	278
Н-1293	40,8	10,8	3,36	86	249
Н-1360	39,6	5,5	2,57	80	104
Среднее по 25 линиям	40,6±0,1	7,1±0,5	2,83±0,07	87,8±2,2	197,6±11,9
Среднее по 262 линиям	43,3±0,1	6,4±0,1	2,58±0,02	87,2±0,6	178,5±3,7
t-факт.	15,50*	1,54	3,27*	0,25	1,53
* Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости.					

7.2. Селекционная оценка инбредных линий по устойчивости к болезням.

Современный агроценоз представляет собой благоприятную среду для обитания многих вредных организмов, обеспечивая им условия для питания и размножения. При этом пищевой специализации вредных организмов во многом благоприятствует односторонняя селекция растений на повышение потенциальной урожайности, в процессе которой теряются механизмы устойчивости к биологическим стрессорам. По этой причине использование сортов зерновых культур с урожайностью выше 50-60 ц/га сопровождается, как правило, снижением их устойчивости к грибным болезням (А.А. Жученко, 2004).

На посевах озимой ржи наибольшей частотой проявления и вредоносностью в естественных условиях обладают следующие болезни: снежная плесень (9-10 раз за 10 лет, вредоносность 15-20%), мучнистая роса (4-5 раз за 10 лет, вредоносность 15-20%), бурая ржавчина (5-7 раз за 10 лет, вредоносность 10-15%), стеблевая ржавчина (3-4 раза за 10 лет, вредоносность 20-50%). (М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев, 2011).

По этой причине особую актуальность приобретает селекция на устойчивость к болезням. Особый интерес для селекции представляет исходный материал, в котором устойчивость к болезням сочетается с другими хозяйственно-ценными признаками (В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина, 2003). Селекция гибридов озимой ржи на устойчивость к грибным болезням имеет свои особенности. Гибридные сорта генетически однородны и более уязвимы по отношению к болезням, чем сорта популяции. У гетерогенных сортов-популяций распространение болезни сдерживается наличием коллективной защиты, которой не обладают гомогенные гибриды (А.А. Гончаренко, 2014).

Снежная плесень (*Fusarium nivale*). Устойчивость к снежной плесени - генетически контролируемый и наследуемый признак, но выявить его потенциал чрезвычайно трудно из-за сложности самого возбудителя болезни и

сильно изменчивых условий перезимовки. В годы с оптимальной перезимовкой он скрыт и выявляется лишь тогда, когда растения оказываются в условиях экстремального развития болезни (А.А. Гончаренко, 2014).

В своих исследованиях в условиях естественного инфекционного фона мы провели дифференциацию 262 самоопыленных линий по признаку устойчивости к поражению грибными болезнями. В табл. 51. представлена характеристика 25 линий показавших наиболее высокую устойчивость к поражению снежной плесенью.

В целом по выборке из 262 линий степень поражения снежной плесенью варьировала от 18,0 до 62,5%, а в выборку из 25 наиболее устойчивых к поражению снежной плесенью попали линии со степенью поражения от 18,0 до 26,3%. Сорт Валдай в этих условиях поражался на 40,1%. Средний показатель пораженности растений по отобранным 25 линиям был на 14,4% меньше, чем в целом по выборке и на 17,2% меньше, чем у сорта Валдай.

Наибольшая устойчивость к снежной плесени отмечена у линии Н-1101 (18%), хотя при этом она выше среднего показателя по выборке поражалась мучнистой росой, стеблевой и бурой ржавчиной. Она относительно высокорослая имеет низкий показатель число падения (128 с), но отличается крупным зерном (3,18 г/100 зерен). Большой интерес представляет линия Н-596. Разница в поражении снежной плесенью с линией Н-1101 составляет 0,3%, но при этом поражение мучнистой росой и стеблевой ржавчиной у нее существенно ниже средней по выборке, а по поражению бурой ржавчиной на уровне среднего значения по 25 линиям. Это единственная линия из 25 выбранных, о которой можно сказать, что она обладает комплексной устойчивостью к грибным болезням. К достоинствам этой линии можно отнести ее относительную короткостебельность (на уровне среднего значения). Но имеются и недостатки – она мелкозерная (2,33 г/100 зерен), имеет низкое число падения (152 с). Максимальное поражение снежной плесенью выявлено у линий Н-1012 и Н-1146 (26,3%).

	Поражение болезнями %	Масса	Высота	Число

Линия	Поражение болезнями, %				100 зерен, г.	растений, см.	падения, сек.
	Снежн. плесень	Мучнист роса	Стеблев. ржавчина	Бурая ржавчина			
Валдай	40,1	41,5	45,9	20,4	3,23	143	229
Н-31	23,3	52,0	80,0	43,3	2,55	78	240
Н-71	18,3	60,0	100,0	13,0	2,08	78	206
Н-219	25,0	66,7	27,5	40,0	2,82	86	184
Н-233	23,8	75,0	55,0	65,0	2,77	88	202
Н-269	19,2	56,0	50,0	72,5	2,13	90	159
Н-308	26,0	20,0	58,0	100,0	2,39	99	223
Н-533	22,5	24,0	54,2	100,0	2,52	86	148
Н-571	23,0	55,0	37,0	65,0	2,48	91	83
Н-576	21,3	60,0	48,0	100,0	2,60	114	244
Н-596	18,3	37,0	45,8	62,5	2,33	86	152
Н-618	23,3	60	41,7	35	2,73	99	213
Н-650	25,0	22,0	30,0	90,0	2,62	99	190
Н-757	21,0	64,0	51,7	90,0	3,03	100	252
Н-815	22,5	44,0	60,8	57,5	2,89	99	103
Н-820	25,0	50,0	17,0	25	2,65	93	128
Н-1011	18,0	65,0	57,0	100,0	3,18	91	128
Н-1112	26,3	70,0	82,0	65,0	2,61	78	117
Н-1146	26,3	60,0	44,0	5,0	2,57	71	246
Н-1154	25,0	60,0	47,0	100,0	2,94	78	194
Н-1173	21,2	9,0	55,0	90,0	2,07	66	316
Н-1174	20,0	23,0	55,0	42,5	2,52	69	243
Н-1183	26,0	7,5	51,0	40,0	3,23	91	222
Н-1235	23,0	64,0	43,3	55,0	3,22	98	146
Н-1245	25,0	65,0	67,0	100,0	3,40	101	208
Н-1360	25,0	26,0	60,8	90,0	2,57	80	104
Среднее по 25 линиям	22,9±0,5	47,8±4,1	52,8±3,5	65,9±5,9	2,68±0,07	88,3±2,3	185,9 ±11,5
Среднее по 262 линиям	37,3±0,5	46,3±1,2	47,8±1,0	60,5±1,8	2,58±0,02	87,2±0,6	178,5 ±3,7
t-факт.	19,42*	0,35	1,36	0,86	1,53	0,44	0,61

* Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости.

При этом необходимо отметить, что линия Н-1146 обладает самой высокой устойчивостью к бурой ржавчине (поражение 5%), является короткостебельной (71 см), а по числу падения (246 с) уступает лишь линии Н-1173 (316 с). Анализируя изложенные выше данные, мы не обнаружили линий с комплексной устойчивостью по грибным болезням, за исключением линии Н-596. Очевидно, это обусловлено тем, что генофонд изученных линий характеризуется низкой частотой генов, определяющих устойчивость к снежной плесени (А.А. Гончаренко, 2014).

Мучнистая роса – возбудитель гриба *Blumeria graminis*. Болезнь поражает наземные органы – листья, листовые влагалища, стебли, а в годы эпифитотий – колосковые чешуи и ости. W. Kast и H. Geiger (1982) при изучении наследования устойчивости к мучнистой росе инбредных линий озимой ржи установили, что гибриды F1 от скрещивания частично устойчивых линий проявляли сходство с менее устойчивыми родительскими формами. Этот факт указывает на рецессивный тип наследования устойчивости. Т. Miedaner, Н.К. Schmidt, Н.Н. Geiger (1993) при изучении большого количества инбредных линий пришли к выводу, что существует количественная (нерасоспецифическая) устойчивость, которая достигается комплексом генов, вызывающих замедленное развитие болезни.

В табл. 52 представлены 25 инбредных линий, отобранных по устойчивости к мучнистой росе за 6 лет наблюдений на естественном фоне. Отобранные линии по этому признаку существенно отличались от среднего значения в меньшую сторону как по 262 линиям (на 34,6%), так и от сорта Валдай (на 29,8%). Наименьшим поражением мучнистой росой отличаются линии Н-606 (4,0%), Н-622 (4,0%) и Н-1029 (5,0%). Особо следует отметить линию Н-606, т.к. кроме устойчивости к мучнистой росе она существенно ниже среднего поражается снежной плесенью (30,8%) и была на уровне среднего значения по степени поражения стеблевой ржавчиной (40,0%). Особого внимания заслуживают также линии Н-1173 (9%) и Н-1175 (10% поражения).

Таблица 52 - Характеристика лучших 25 инбредных линий озимой ржи выделенных по устойчивости к мучнистой росе (2006-2012 гг).

Линия	Поражение болезнями, %				Высота растений, см.	Масса 100 зерен, г.	Число падения, сек.
	Мучнист. роса	Снежн. плесень	Стеблев. ржавчина	Бурая ржавчина			
Валдай	41,5	40,1	45,9	20,4	3,23	143	229
Н-18	18,0	40,0	85,0	60,8	78,1	2,13	145
Н-48	8,0	34,2	37,5	37,5	86,6	2,48	145
Н-87	6,3	32,5	10,0	27,0	88,7	2,71	103
Н-274	15,0	37,5	19,2	15,0	87,0	2,73	225
Н-520	15,0	28,3	67,5	65,0	84,2	2,33	279
Н-530	15,0	38,3	18,3	50,0	77,1	1,66	254
Н-538	10,0	54,0	22,5	65,0	73,9	2,64	248
Н-595	7,0	38,3	36,7	70,0	106,0	2,68	173
Н-606	4,0	30,8	40	75,0	105,0	2,47	227
Н-622	4,0	35,8	35	70,0	95,6	2,19	166
Н-800	18,8	37,0	21,0	10,0	93,1	2,54	156
Н-824	13,2	38,3	23,3	22,5	104,1	2,33	142
Н-934	17,0	30,0	60,8	60,0	100,0	2,88	218
Н-979	12,5	35,0	41,0	65,0	85,9	2,32	243
Н-982	8,8	43,8	40,0	62,5	83,3	2,27	287
Н-1029	5,0	31,0	43,0	100,0	103,2	2,18	174
Н-1124	16,3	37,0	33,0	5,0	83,7	2,57	62
Н-1140	16,3	45,0	42,0	40,0	81,9	2,63	161
Н-1173	9,0	21,2	55,0	90,0	66,2	2,07	316
Н-1175	10,0	31,3	60,0	25,0	64,2	2,33	295
Н-1180	13,8	45,0	45,0	40,0	73,1	2,70	188
Н-1183	7,5	26,0	51,0	40,0	90,9	3,23	222
Н-1258	16,3	39,0	33,0	65,0	85,0	3,12	144
Н-1279	17,5	29,0	61,0	65,0	85,0	3,07	212
Н-1370	9,0	29,2	64,2	70,0	86,1	2,31	75
Среднее по 25 линиям	11,7±0,9	35,5±1,4	41,8±3,6	51,8±4,9	86,7±2,3	2,50±0,07	194,4±13,4
Среднее по 262 линиям	46,3±1,2	37,3±0,5	47,8±1,0	60,5±1,8	87,2±0,6	2,58±0,02	178,5±3,7
t-факт.	22,70*	1,21	1,60	1,66	0,22	1,10	1,14

* Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости.

И	Масса	Длина	Исх.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Кроме устойчивости к мучнистой росе у них сравнительно низкий показатель поражения снежной плесенью (21,2% и 31,3% соответственно). Важным обстоятельством является то, что эти линии отличаются короткостебельностью (66 и 64 см соответственно) и имеют высокое число падения (316 и 295 с).

Бурая ржавчина (возбудитель – *Puccinia dispersa*) широко распространена на посевах ржи. Болезнь развивается на растениях, особенно интенсивно в период налива зерна. Вследствие поражения ржавчиной повышается транспирационный коэффициент, нарушается углеводный обмен, что в конечном итоге приводит к потере урожая из-за снижения массы 1000 зерен (32,3%) и массы зерна с колоса до 55,6% (Л.М. Щеклеина, В.Д. Кобылянский, 2003; С.С. Санин, Е.А. Соколова, В.И. Черкашин и др., 2010). В табл. 53 показана характеристика 25 инбредных линий, отобранных по устойчивости к бурой ржавчине. Среднее значение поражения бурой ржавчиной 25 отобранных линий существенно отличается от средней из 262 линий. Разница между ними составила 52,4%. Сорт Валдай имел степень поражения бурой ржавчиной на 12,3% выше средней по 25 отобранным линиям. Из представленных 25 линий 11 линий имеют самую низкую степень поражения растений (5%).

Из них наибольший интерес представляют четыре устойчивые к поражению бурой ржавчиной линии – Н-429, Н-687, Н-912, Н-1264. Линия Н-429 отличается не только устойчивостью к бурой ржавчине, но и тем, что у нее степень поражения снежной плесенью и мучнистой росой ниже средних показателей по 25 линиям на 6,4% и 13,8% соответственно. Линия Н-687 на 13,5% меньше средней поражается стеблевой ржавчиной. Линии Н-912 и Н-1264 имеют сравнительно крупное зерно в сочетании с высоким числом падения (240 с.и 239 с .соответственно).

Стеблевая ржавчина (возбудитель гриб *Puccinia graminis*) – широко распространена на территории России. Она наиболее интенсивно поражает растения ржи, начиная с фазы молочно-восковой спелости.

Таблица 54 - Характеристика лучших 25 инбредных линий озимой ржи выделенных по устойчивости к стеблевой ржавчине (2006-2012 гг.).

Линия	Поражение болезнями, %				Масса 100 зерен, г.	Высота растений, см.	Число падения, сек.
	Стеблев. ржавчина	Бурая ржавчина	Снежн. плесень	Мучнист роса			
Валдай	45,9	20,4	40,1	41,5	3,23	143	229
Н-29	25,0	31,0	31,0	21,3	2,34	93	167
Н-38	5,0	29,0	34,0	28,8	2,71	83	192
Н-42	25,0	38,3	44,2	54,0	2,42	101	171
Н-44	25,0	60,0	29,0	70,0	2,35	87	218
Н-59	25,0	47,5	54,2	37,0	2,44	85	190
Н-87	10,0	27,0	32,5	6,3	2,71	89	103
Н-166	12,5	35,0	36,7	68,0	2,16	96	267
Н-171	15,0	25,0	37,5	60,0	2,55	104	205
Н-192	15,0	64,0	44,0	36,3	2,12	81	256
Н-267	23,0	65,0	37,0	70,0	2,11	66	93
Н-274	19,2	15,0	37,5	15,0	2,73	87	225
Н-283	25,8	72,5	29,0	56,0	2,15	88	144
Н-530	18,3	50,0	38,3	15,0	1,66	77	254
Н-538	22,5	65,0	54,0	10,0	2,64	74	248
Н-641	14,0	7,5	34,2	35,0	2,52	91	199
Н-774	23,0	65,0	41,7	41,0	2,71	102	247
Н-800	21,0	10,0	37,0	18,8	2,54	93	156
Н-819	25,0	25	43,3	55,0	2,79	107	195
Н-820	17,0	25	25,0	50,0	2,65	93	128
Н-824	23,3	22,5	38,3	13,2	2,33	104	142
Н-831	17,7	55	37,0	29,0	2,73	98	182
Н-848	25,0	22,5	44,2	58,0	3,25	97	218
Н-1058	25,0	100,0	36,0	42,5	2,51	84	132
Н-1125	23,0	5,0	36,0	19,0	2,78	87	63
Н-1369	15,0	40,0	31,0	22,5	2,66	71	115
Среднее по 25 линиям	19,8±1,1	40,1±4,7	37,7±1,4	37,3±4,0	2,50±0,06	89,4±2,1	180,3±11,1
Среднее по 262 линиям	47,8±1,0	60,5±1,8	37,3±0,5	46,3±1,2	2,58±0,02	87,2±0,6	178,5±3,7
t-факт.	18,41*	4,04*	0,26	2,15*	1,24	1,00	0,15

* Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости.

* Различие достоверно при 5%-ном уровне значимости.

Вредоносность болезни обусловлена нарушением обмена веществ, преждевременным усыханием соломины, плохим наливом зерна и ухудшением его качества. При эпифитотии потери могут достигать 40-50%. (С.С. Санин, Е.А. Соколова, В.И. Черкашин и др., 2010).

Оценка инбредных линий по степени поражения стеблевой ржавчиной представлена в табл. 54. При сравнении средней степени поражения стеблевой ржавчиной 262 линий со средней по выборке 25 наиболее устойчивых к стеблевой ржавчине растений выявлена существенная разница в 28,0%. С сортом Валдай эта разница составила 26,1%. Из 25 отобранных линий наиболее устойчивой проявила себя линия Н-38 (5% поражения). При этом степень поражения снежной плесенью, мучнистой росой и бурой ржавчиной у этой линии была также ниже средней. Кроме того, эта линия положительно выделяется сравнительной крупностью зерна (2,71 г), короткостебельностью (83 см) и высоким числом падения (192 с). Необходимо отметить то обстоятельство, что при селекции на устойчивость к стеблевой ржавчине произошел коррелятивный отбор по бурой ржавчине и мучнистой росе, о чем свидетельствует достоверно высокая разница между средними по группам из 25 и 262 линий. Это привело к удачному сочетанию устойчивости к стеблевой ржавчине с устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе у линий Н-38, Н-87, Н-274 и Н-641.

7.3. Селекционная оценка инбредных линий по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Отбор инбредных линий по признакам собственной продуктивности является важным этапом в многостадийной селекции на гетерозис. В табл. 55 представлена оценка 10 лучших самоопыленных линий, выделенных по комплексу хозяйственно ценных признаков. Предварительно они были отобраны как возможные родительские формы для получения простых межлинейных гибридов. Полевое испытание этих линий проводили в 2011-2012

гг. в контрольном питомнике на делянках 8 м² в 3-х кратной повторности при норме высева 500 зерен на 1м². В качестве стандарта при их испытании использовали сорт Валдай.

Таблица 55 - Оценка 10 инбредных линий озимой ржи по основным хозяйственно-ценным признакам (среднее за 2011, 2012 гг).

Линия	Урожайность, т/га	Перезимовка, %	Поражение болезнями, %				Начало вегетации - колошение, дни	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл
			Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая ржавчина	Стеблевая ржавчина			
Валдай, ст.	6,81	97,3	24,2	20,0	17,8	22,0	37,0	135,9	5,4
Н-577	1,85	86,5	61,7	1,0	30,0	15,0	40,5	75,9	8,7
Н-649	2,32	86,5	20,9	1,0	7,3	23,0	38,0	91,8	9,0
Н-700	2,40	91,1	38,4	5,0	21,7	25,0	37,0	81,0	7,7
Н-842	2,88	94,6	5,0	4,2	32,2	38,0	35,0	94,0	8,0
Н-1071	2,99	79,7	24,2	6,7	21,7	8,0	38,5	82,5	9,0
Н-1078	2,10	76,3	32,5	4,8	13,4	38,0	38,5	89,0	8,7
Н-1120	3,40	80,2	23,3	2,3	18,4	25,0	38,5	96,5	8,7
Н-1179	3,00	93,5	16,7	9,9	23,9	59,0	36,5	117,7	6,3
Н-1238	2,33	98,1	40,0	5,0	26,4	57,0	37,5	92,2	9,0
Н-1276	3,66	95,3	33,4	1,0	28,4	35,0	38,5	99,5	8,5
Среднее	2,59	88,2	29,6	10,1	22,3	32,3	37,9	92,0	8,4

Из десяти представленных линий наибольшей урожайностью выделяется линия Н-1276, в сравнении с сортом Валдай ее урожайность составляет 53,7%. Также высокой продуктивностью отличается линия Н-1120 (3,40 т/га или 50,0%). Самая низкая урожайность в среднем за два года наблюдений отмечена у линии Н-577 (1,85 т/га или 27,2%). Все десять линий обладают хорошей зимостойкостью (от 76,3 до 98,5%). Но стандарт Валдай по перезимовке превзошла только одна линия Н-1238 (98,1%). По этому показателю близки к

ней линии Н-1276, Н-842, Н-1179. Хорошей устойчивостью к снежной плесени обладали линии Н-842 (5% поражения) и Н-1179 (16,7%). Самый высокий уровень поражения (61,7%) отмечен у короткостебельной линии Н-577, которая имела самый низкий уровень продуктивности. По устойчивости растений к мучнистой росе было выявлено, что фактически все десять линий обладали более высокой устойчивостью к патогену, чем сорт Валдай. Наименьшая степень поражения (1%) отмечена у линий Н-577, Н-649 и Н-1276. По устойчивости к бурой ржавчине восемь из десяти инбредных линий имели сравнительно высокую степень поражения (от 23,0% до 59%). Лишь две линии превзошли Валдай по этому показателю – Н-649 (7,3%) и Н-1078 (13,4%). При оценке на поражение стеблевой ржавчиной лишь две линии были лучше стандарта - Н-577 (15,0%) и Н-1071 (8,0%).

Одно из проблемных мест в селекции инбредных линий это более длительный, чем у популяционных сортов, вегетационный период. Из представленных в табл. 55 десяти линий лишь одна линия обладает более коротким периодом, чем Валдай (37 дней). Таковой оказалась линия Н-842 у которой этот период составил 35 дней. На уровне стандарта были линии Н-700 (37,0 дней) и Н-842 (37,5 дней). А самой позднеспелой – линия Н-577 (40,5 дней).

По высоте растений относительно Валдая все линии отличались короткостебельностью. Сравнительно высокорослой оказалась линия Н-1179 (117,7 см) а самой короткостебельной – линия Н-577 (75,9 см). С короткостебельностью непосредственно связана устойчивость растений к полеганию. Самый высокий балл (9) по устойчивости к полеганию имела короткостебельная линия Н-1071 (82,5 см), а так же линии Н-649 и Н-1238, у которых высота растений была близка к среднему значению по десяти линиям (91,8 и 92,2 см соответственно). Среди изученных линий самой неустойчивой к полеганию оказалась длинностебельная линия Н-1179 (6,3 балла).

Таким образом, обобщая результаты табл. 55 по комплексу признаков, можно выделить три наиболее перспективные линии. Линия Н-842 с продуктивностью выше среднего уровня обладает хорошей зимостойкостью (94,6%) и высокой устойчивостью к снежной плесени (5,0%). Линия Н-1071 при урожайности 2,99 т/га является наиболее устойчивой к стеблевой ржавчине (8,0%), относительно короткостебельной (82,5 см) и устойчивой к полеганию (9 баллов). Наиболее урожайная линия Н-1276 (3,66 т/га) отличается хорошей перезимовкой (95,3%), устойчивостью к мучнистой росе (1%) и устойчивостью к полеганию (8,5 баллов).

Важным этапом в селекции инбредных линий является их оценка на качество зерна (табл. 56). Признак масса 1000 зерен является одним из важнейших показателей качества зерна на начальных этапах селекции. По этому признаку из 10 инбредных линий следует выделить линии Н-649 (26,6 г), Н-700 (26,0 г) и Н-1179 (26,2 г.). Наиболее низкую массу 1000 зерен имела линия Н-1078 (16,8г). В целом все инбредные линии по массе 1000 зерен уступают сорту Валдай на 6,6 г (или на 23,0%). По натуре зерна, выделяются линии Н-700 (718 г/л), Н-1120 (754 г/л), и Н-1238 (716 г/л). Самое высокое число падения отмечено у линии Н-577 (357 с). Только она превзошла сорт Валдай по этому признаку на 74 сек. Линия Н-1120 имела самое низкое число падения (68 сек), показав при этом самую высокую натуру зерна (754 г/л). По высоте амилограммы выделяется короткостебельная линия Н-577 (395 е.а.) которая отличается в то же время высоким числом падения. По признаку формоустойчивости теста (h/d) положительно выделяются линии Н-577 (0,37), Н-649 (0,31), Н-700 (0,32), Н-1238 (0,31), а наилучший объемный выход хлеба оказался у линий Н-1071 (301см³) и Н-1276 (284 см³). Самая высокая оценка подового и формового хлеба отмечена у линии Н-577. Высокое содержание белка в зерне показали линии Н-649 (16,2%), Н-842 (16,1%), и Н-1179 (15,8%). Высоким содержанием крахмала (более 58%) отличаются инбредные линии Н-577, Н-700, Н-1120, Н-1238.

Таблица 56 - Оценка инбредных линий по признакам качества зерна
(2011, 2012 гг.).

Линия	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Число падения, сек.	Амилограмма е.а.	Отношение h/d	Объемный выход хлеба, см ³	Подовый хлеб, балл	Формовой хлеб, балл	Содержание белка, %	Крахмал, %
Валдай, ст.	28,7	743	283	360	0,29	300	4,2	4,3	13,0	60,8
Н-577	17,7	678	357	395	0,37	273	4,9	5,0	13,5	58,4
Н-649	26,6	673	136	169	0,31	249	4,0	3,0	16,2	56,7
Н-700	26,0	718	224	295	0,32	269	4,5	4,5	15,1	58,3
Н-842	16,8	657	161	114	0,21	297	4,2	3,5	16,1	56,4
Н-1071	21,8	670	160	135	0,16	301	3,3	3,8	14,3	54,3
Н-1078	16,8	700	174	132	0,28	278	3,8	3,5	13,9	57,2
Н-1120	23,7	754	68	70	0,29	268	3,8	3,5	14,9	58,2
Н-1179	26,2	645	235	224	0,24	276	4,0	3,8	15,8	55,5
Н-1238	21,5	716	245	270	0,31	269	4,4	4,5	15,0	58,2
Н-1276	23,8	709	209	195	0,29	284	4,3	4,3	14,4	57,5
Среднее	22,1	692	197	200	0,28	276	4,1	3,9	14,9	57,1

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы – Линия Н-577 отличается высоким качеством зерна для хлебопекарных целей. Об этом говорит высокое число падения (357 с), высота амилограммы (360 е а), и подтверждают оценки подового (4,4) и формового хлеба (5,0 баллов). Линия Н-700 обладает не только высокой крупнозерностью, но и по другим признакам превышает средние значения по 10 линиям, за исключением объемного выхода хлеба (на 2,5% ниже среднего). Сравнительно высокоурожайная (3,00 т/га), крупнозерная линия Н-1179 также отличается высоким числом падения (239 с), высотой амилограммы (на 12 % выше средней), что позволяет получить подовый хлеб хорошего качества. Необходимо отметить, высокоурожайную крупнозерную линию Н-1120. Линию отличает низкое число падения (на 65,5% ниже средней) и низкая высота амилограммы (на 130 е.а. ниже средней). Эта

линия для хлебопекарных целей малопригодна, но для селекции ржи на кормовые цели несомненно будет востребована.

7.4. Селекция инбредных линий по вязкости водного экстракта.

В настоящее время более половины произведённого в мире зерна ржи используют на кормовые цели (D. Boros, 2007). В этой связи перспективным направлением в селекции озимой ржи считается создание адресных сортов, пригодных для различных целей промышленной переработки (D. Boros, L. Madej, J. Jagodzinski, 1997; W. Flamme, P. Dill, G. Jansen et al 1997). Предполагается, что расширение сферы хозяйственного использования создаваемых сортов позволит увеличить рыночный спрос на зерно этой культуры и тем самым стимулировать его производство (T. Miedaner, 2007).

Сложность задачи в том, что селекционные подходы к улучшению хлебопекарных и кормовых качеств зерна ржи во многом не совпадают. Высокая водоудерживающая способность пентозанов ржи в сочетании с низкой амилазной активностью положительно влияет на хлебопекарные качества зерна, в то время как это же свойство крайне нежелательно в случае использования его на кормовые цели. Это усложняет реализацию целевой (адресной) селекции, так как необходимо создавать разнообразный по качеству исходный материал.

Многие исследователи оптимистически оценивают возможность создания специализированных гибридов ржи методом разнонаправленной селекции по признаку вязкости водного экстракта. Такие работы широко ведутся в Канаде (W.D. Voth, G.I. Scoles, Z.G. Niu et al, 1994), Польше (L. Madej, K. Raczynska-Bojanowska, K. Rybka, 1990), Австралии (N.L. Darvey et al, 1996) и в других странах. Польские исследователи (Л. Мадей, К. Рачиньска-Бояновска, Й. Ситарски и др. 1990; L. Madej, K. Raczynska-Bojanowska, K. Rybka, 1990; I. Kolasinska, R. Osiński, A. Osińska, 1998), изучив более тысячи инбредных линий, установили широкую генотипическую вариацию содержания водорастворимых

пентозанов (от 35 до 88 мг/г) и определили степень зависимости его от погодных условий в период налива зерна. Оказалось, что только 2% линий имеют низкое (менее 45 мг/г) содержание водорастворимых пентозанов. Они высказали предположение о возможности создания низкопентозанных (на уровне 50 мг/г) гибридов ржи с повышенным (на 1...2%) содержанием белка, что очень важно для кормовой ржи. Затем было установлено (D. Boros, R. R. Marquardt et al, 1993), что содержание водокоэкстрагируемых пентозанов тесно коррелирует ($r=0,97$) с показателем вязкости водного экстракта зернового шрота, который можно использовать в качестве косвенного критерия. Опыты на бройлерах показали (D. Boros, L. Madej, 1996), что уровень вязкости водного экстракта может служить хорошим индикатором пригодности зерна ржи на кормовые цели.

В своих исследованиях мы провели селекционную оценку инбредных линий по признаку вязкости водного экстракта (ВВЭ). В этих целях использовали методику определения ВВЭ предложенную А.С.Тимощенко, А.А. Гончаренко, Е.Н. Лазарева, (2008). Всего в 2004-2007 гг. нами по признаку ВВЭ было изучено 250 инбредных линий озимой ржи от многократного (S_{10} - S_{13}) инцухта (А.А. Гончаренко, Н.С. Беркутова, Е.Н. Лазарева, С.А. Ермаков, А.В. Мак и др., 2009). Изучаемые линии по причине генотипических различий и влияния средовых факторов сильно варьировали по показателям качества (табл. 57).

Таблица 57 - Варьирование признаков качества
у инбредных линий озимой ржи

Год	Вязкость ВЭ, сП		Число падения, с		Белок, %		Крахмал, %	
	$X \pm S_x$	$C_v, \%$	$X \pm S_x$	$C_v, \%$	$X \pm S_x$	$C_v, \%$	$X \pm S_x$	$C_v, \%$
2004	3,8 $\pm$ 0,1	41,8	134 $\pm$ 4	27,5	17,0 $\pm$ 0,23	10,6	49,9 $\pm$ 0,2	6,9
2005	4,2 $\pm$ 0,2	40,5	158 $\pm$ 5	38,7	15,0 $\pm$ 0,12	11,7	55,0 $\pm$ 0,2	4,9
2006	6,2 $\pm$ 0,2	39,7	177 $\pm$ 5	38,1	14,9 $\pm$ 0,12	12,3	55,1 $\pm$ 0,2	5,0
2007	9,1 $\pm$ 0,4	61,6	175 $\pm$ 4	33,6	14,6 $\pm$ 0,10	11,8	58,3 $\pm$ 0,3	5,1

Наибольшую изменчивость между линиями наблюдали по вязкости водного экстракта ($C_v=39,7...61,6\%$) и числу падения ($C_v=27,5...38,7\%$). Относительно слабым оказалось варьирование по содержанию крахмала ($C_v=4,9...6,9$). По содержанию белка вариация линий также была низкой, но в два раза выше, чем по крахмалу. Наиболее высоковязкое зерно сформировалось в засушливом 2007 г., когда некоторые линии показали аномально высокую вязкость водного экстракта (50, 100 и даже 200 сП). Эти “выскочки” существенно завысили среднее значение вязкости за 2007 г., так как предельно низкая вязкость в этом году составила 2,6 сП, что на уровне предыдущих лет (2,1...2,4 сП). В целом за годы исследований средние различия между контрастными линиями достигали: по вязкости - 7,7 раза, по числу падения - 5,4, по белку – 1,7, по крахмалу – 1,3 раза. Сильное варьирование инбредных линий по признаку вязкости позволило провести среди них дивергентный отбор в плюс и минус направлении с целью селекционного изучения и выявления возможных коррелятивных реакций (табл. 58).

Таблица 58 - Инбредные линии озимой ржи с контрастной вязкостью водного экстракта зернового шрота по годам (сП).

Линия	2004	2005	2006	2007	среднее
<i>Низкая вязкость</i>					
Н-312	2,2	3,6	3,2	3,8	3,2
Н-328	2,2	2,2	2,6	4,7	2,9
Н-437	2,7	3,6	3,0	2,6	3,0
Н-619	2,2	2,6	3,0	4,2	3,0
Н-1027	2,1	3,0	3,1	3,4	2,9
<i>Высокая вязкость</i>					
Н-470	5,4	6,2	11,9	10,8	8,6
Н-577	8,5	5,0	11,5	14,6	9,9
Н-720	12,0	6,5	7,1	13,6	9,8
Н-785	8,5	6,5	11,9	10,7	9,4
Н-1048	7,6	6,1	8,3	13,5	8,9
Валдай, ст.	4,2	4,4	6,2	7,4	5,5

В среднем за годы испытания потенциал признака у низковязких линий составил 3,0 сП, а у высоковязких – 9,3 сП, что в три раза выше. Отмеченная выше асимметрия по вязкости обусловила крайне малые различия между выборочной средней ($X \pm s_x$) и нижним пределом вязкости (X_{min}), который за годы испытания линий не опускался ниже 2,1 сП. По этой причине частота встречаемости линий с низкой вязкостью была ниже частоты встречаемости высоковязких генотипов. Такое распределение вносит определенные трудности в селекцию. Например, если применить интенсивность отбора на уровне $X \pm 1\sigma$, то доля высоковязких форм в изучаемом наборе составит 9,2%, а низковязких – всего лишь 2,2%. Сходные результаты получил Л. Мадей, К. Рачиньска-Бояновска и др. (1990), в опытах которого доля инбредных линий с низким содержанием некрахмальных сахаридов не превышала 2%. В наших опытах сила влияния погодных условий на варьирование признаков качества зерна ржи заметно превышала эффект генотипа сорта, за исключением белковости зерна.

По вязкости водного экстракта доля влияния средовых факторов была более чем в два раза больше влияния генотипа линий. Однако по белку межлинейное варьирование почти в три раза превосходило влияние среды. Вероятно, это можно объяснить инбредной депрессией по массе 1000 зерен, следствием которой явилась сильная дифференциация линий по крупности зерна, усиление мелкозерности и высокобелковости зерна в целом.

Следует отметить, что относительно низковязкое зерно инбредные линии формировали во влажные в период налива зерна годы, а более высоковязкое – в засушливые. Сходную реакцию изучаемые линии проявили по крахмалу и числу падения, но по белку такой тенденции не наблюдалось. Характерно, что линии с высокой вязкостью водного экстракта имели более сильное варьирование по годам, чем низковязкие. В среднем по пяти высоковязким линиям варьирование вязкости по годам составило 6,1...12,6 сП (2,1 раза), а по пяти низковязким линиям -2,3...3,7 сП (1,6 раза). Особый интерес в этом плане представляют низковязкие линии Н-328 и Н-1027, у которых средняя вязкость

Таблица 59 - Селекционная оценка инбредных линий
с контрастной вязкостью водного экстракта (2004-2007)

[illegible]

Линии с низкой вязкостью отличались от высоковязких длинностебельностью, слабоозерненным колосом, низкой массой 1000 зерен, повышенным содержанием белка, более высокой зимостойкостью. По содержанию крахмала и числу падения различия были минимальными, однако по сравнению со стандартом Валдай обе группы линий отличались более низким содержанием крахмала (на 5,1...5,9%), повышенным содержанием белка (на 1,1...1,7%) и более низким числом падения (на 20...22 с.). Мы полагаем, что непрямой отбор линий по вышеперечисленным признакам вряд ли может быть эквивалентным прямому отбору по вязкости, особенно в минус направлении. Тем не менее в селекционном плане важно то, что низковязкие линии ржи отличаются повышенным содержанием белка в зерне, чем облегчается селекция на кормовое использование. Однако в селекции на продуктивность могут быть дополнительные трудности, так как линии с низкой вязкостью должны быть короткостебельными, иметь хорошо озерненный колос и относительно крупное зерно.

При селекции ржи на целевое использование принципиально важен вопрос о сопряженности признаков вязкости и числа падения. Полученные нами данные указывают на отсутствие существенной связи между этими признаками. В наших опытах при относительно большой выборке линий ($n=250$) коэффициент корреляции « r » за 2004-2007 гг. был очень низким и составил по годам, соответственно, 0,13; 0,14; 0,21 и 0,18. Полная хлебопекарная оценка зерна у 20 инбредных линий в 2007 г. также показала отсутствие достоверной связи между числом падения и вязкостью водного экстракта ($r=0,19$). Это обстоятельство послужило основанием для группировки линий на основе независимого сочетания этих признаков.

Всего было выделено четыре группы линий, характеристика которых дана в табл. 60. В первую группу вошли пять линий с очень сильной экспрессией признаков вязкости и числа падения.

Таблица 60 - Характеристика хлебопекарных качеств
четырёх групп инбредных линий озимой ржи.

Группы	Характеристика групп по экспрессии признаков ВВЭ и ЧП	Показатели					
		Амилограф, е.а.	Температура клейстеризации, °С	Отношение Н/D	Объём формового хлеба, см ³	Качество хлеба	
						Подовый	Формовой
I n=5	Очень высокая вязкость (>10сп) Очень высокое ЧП (>200 сек)	400	62	0,28	245	4.8	4.8
II n=4	Высокая вязкость (7-10 сП) Низкое число падения (100-150с.)	210	57	0,28	246	4.0	3.2
III n=6	Низкая вязкость (4-7 сП) Высокое ЧП (160-200 сек.)	280	61	0.19	282	3.7	4.1
IV n=5	Низкая вязкость (4-7 сП) Низкое число падения (100-150с.)	225	58	0.20	276	3.5	3.3

Для этой группы характерна очень высокая амилограмма (400 е.а.), высокая температура клейстеризации (62°C), формоустойчивость теста (0,28) и качество мякиша подового и формового хлеба (4,8 балла). Но при этом объемный выход хлеба у этой группы был самый низкий (245 см³) и причина тому – сильная вязкость водного экстракта. Вторую группу составили линии с высокой вязкостью и низким числом падения. Они характеризуются низкими амилограммой, температурой клейстеризации крахмала и объемом формового хлеба. Однако высокая формоустойчивость подового хлеба сохранилась на уровне первой группы (Н/D = 0,28), что обусловлено тесной корреляцией этого признака с вязкостью водного экстракта. Качество хлеба заметно снизилось, но более сильно это коснулось при формовой выпечке, чем при подовой. Из этого следует, что высоковязкую рожь с низким числом падения лучше использовать для выпечки подового, а не формового хлеба. В третью группу вошли линии с низкой вязкостью, но высоким числом падения. По такому сочетанию

признаков можно уверенно прогнозировать относительно хорошую высоту амилограммы (280 е.а.), температуру клейстеризации крахмала (61°C) и высокий объем формового хлеба (282 см³).

В целом зерно ржи этой группы качества более пригодно для выпечки формового хлеба. К четвертой группе отнесены линии с низкими характеристиками как по вязкости, так и по числу падения. Все они оказались непригодными для выпечки обоих видов хлеба. Однако они могут представлять интерес в качестве корма животных, для чего необходимо провести соответствующие исследования.

Полученные результаты указывают на возможность получения ценных инбредных линий ржи с контрастной (более чем в три раза) вязкостью водного экстракта. Сложность однако в том, что частота встречаемости инбредных форм с низкой вязкостью значительно ниже частоты встречаемости высоковязких генотипов. Также можно считать установленным, что основные слагаемые формулы качества зерна ржи – два практически не связанных между собой признака: вязкость водного экстракта и число падения. По мере увеличения их экспрессии хлебопекарные качества улучшаются, по мере уменьшения – ухудшаются. Экспериментально выявлены четыре группы качества зерна ржи, на основе которых можно дифференцировать селекционный материал и прогнозировать его качественные характеристики. В селекционном плане важно подчеркнуть, что улучшение качества зерна ржи не может быть успешным, если ставится задача получить селекционный сдвиг только по числу падения. Параллельно с этим необходимо проводить селекцию и по признаку вязкости водного экстракта зернового шрота, причем как в плюс, так и в минус направлении. Мы полагаем, что на базе масштабной селекции инбредных линий ржи вполне реально синтезировать высокопродуктивные кормовые гибриды ржи.

7.5. Оценка синтетиков озимой ржи на кормовую ценность.

Улучшение питательной ценности зернофуражной ржи важная, но нерешенная пока еще проблема. Причина ограниченного использования ржи, как корма для животных состоит в том, что в ее зерне содержатся вещества, снижающие ее питательные свойства (G.W. Wieringa, 1967; R. Misir, R.R. Marguardt, 1978). Главными из них являются водорастворимые пентозаны (ВРП), которые ухудшают переваримость питательных веществ корма и, как следствие, продуктивность животных (M. Rakowska, 1996). D. Boros, R.R. Marquardt et al, (1993) обнаружили, что признак ВВЭ находится в прямой зависимости ($r=0.97$) от содержания ВРП в зерне ржи и может служить индикатором количественного содержания. Целью наших исследований была экспериментальная проверка питательной ценности сортообразцов ржи с различным уровнем ВВЭ. Ставилась задача получить на базе инбредных линий ржи синтетики с максимально высокой и максимально низкой ВВЭ и провести сравнительное изучение их кормовой пригодности путем постановки прямых опытов по кормлению цыплят.

Экспериментальную проверку питательной ценности зерна озимой ржи с различной вязкостью ВЭ мы провели на базе специально полученных нами линейных синтетиков С-4115нв и С-4120вв. Сравнительное изучение их кормовой пригодности провели путем постановки опытов по кормлению цыплят в Кубанском аграрном университете (г. Краснодар) под руководством академика РАН Рядчикова В.Г. (А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, В.Г. Рядчиков и др., 2012).

Исходным материалом для постановки опытов послужили сортообразцы ржи С-4115нв и С-4120вв, представляющие собой двухлинейные синтетики, полученные нами в 2005 году от скрещивания инбредных линий с контрастной ВВЭ. Синтетик С-4115нв синтезировали на базе двух низковязких линий Н-28 и Н-42, у которых динамическая вязкость водного экстракта в течении многолетнего скрининга варьировала в пределах 3,0 – 4,0 сП. Синтетик С-4120

получен в результате скрещивания линий Н-779 и Н-874, отличающихся стабильно высоким потенциалом вязкости (на уровне 10,0-13,0 сП). В 2008-2009 гг. эти синтетики были размножены на изолированных участках. Для составления рационов использовали зерно этих синтетиков с вязкостью 3,2 (С-4115нв) и 8,5 сП. (С-4120вв). Для сравнения отметим, что у возделываемого в регионе сорта ржи Валдай уровень вязкости составил 5,9 сП. В качестве контрольного варианта использовали зерно яровой пшеницы сорта МИС.

В опыте использовали суточных цыплят яичного кросса Шейвер Браун, из которых скомплектовали 6 групп по 20 цыплят в каждой. В течение одной недели предварительного периода все группы получали одинаковый стандартный комбикорм. После предварительного периода группы сформировали по энергии роста и после отбраковки слабых и нетипичных для кросса особей. Продолжительность опыта составила 20 дней.

Опыт проведен в 2011г по следующей схеме:

- 1 группа: контрольная, основной зерновой компонент в рационе - яровая пшеница МИС (69%).
- 2 группа: рацион 1 группы + ферментный препарат «Белфит» 200 г/т.
- 3 группа: основной зерновой компонент в рационе озимая рожь сорта С-4120вв (69%).
- 4 группа: То же + ферментный препарат «Белфит» 200 г/т.
- 5 группа: основной зерновой компонент в рационе озимая рожь С-4115нв (69%).
- 6 группа: То же + ферментный препарат «Белфит» 200 г/т.

Биохимическая оценка зерна сортообразцов, используемых в опыте, и состав кормовых рационов приведены в табл. 61. Рационы были сбалансированы по энергии, содержанию белка, аминокислот и другим питательным веществам в соответствии с нормами ВНИТИП, (2003).

Цыплятам 1, 3 и 5 групп давали комбикорма, в которых в качестве основных зерновых компонентов в дозе 69% были, соответственно, яровая пшеница МИС, рожь высоковязкая С-4120вв и рожь низковязкая С-4115нв. Группы 2, 4 и 6 получали корма того же состава, но обогащенные ферментом глюконазноксиланазного действия «Белфит» (Бельгия) в дозе 0,02% по массе. В процессе опыта животных индивидуально взвешивали один раз в неделю, ежедневно учитывали потребление корма, а в течение 3-ей недели опыта проводили учет помета для определения переваримости кормов.

Таблица 61 - Биохимическая оценка зерна сортообразцов, используемых для приготовления кормовых рационов.

Сортообразцы	Вязкость водного экстракта зернового шрота, сП.с	Содержание в сухом веществе, %.		
		Водорастворимые пентозаны	Белок	Крахмал
Яровая пшеница МИС	1,2	2,8	14,7	64,1
Озимая рожь С-4120 (вв)	8,5	7,8	11,4	59,0
Озимая рожь С-4115 (нв)	3,2	5,9	14,4	56,9

Из данных рис.33 и табл. 62. видно, что наибольший прирост живой массы за 20 дней опыта, как в чистом виде, так и в случае добавки фермента «Белфит» обеспечила низковязкая рожь С-4115нв. На рационе с зерном этого образца без добавки фермента (5 группа) цыплята показали среднесуточные приросты на 14,6 % выше, а затраты корма на единицу прироста на 13 % ниже, чем на рационе с высоковязкой рожью С-4120вв. Более того, по действию на рост цыплят рационы с низковязкой рожью С-4115нв не уступали рациону с пшеницей. Наиболее резко контрастировала с ней на этом фоне высоковязкая рожь С-4120вв, которая при отсутствии фермента снижала среднесуточный прирост цыплят по сравнению с пшеницей на 10,1%.

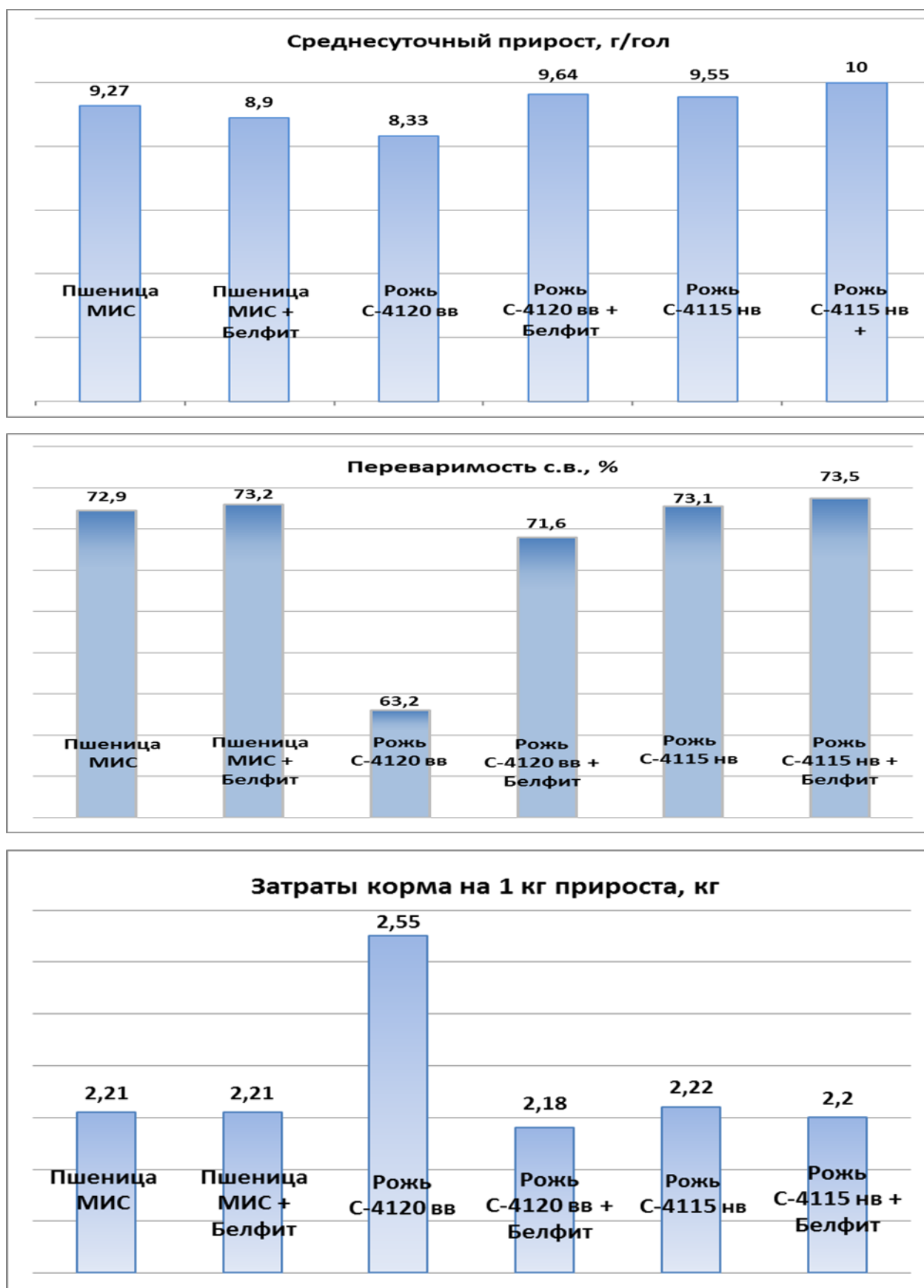


Рисунок 33 - Эффективность кормления цыплят-бройлеров зерном ржи с различной вязкостью водного экстракта.

Таблица 62 - Среднесуточные приросты цыплят, затраты кормов и переваримость сухого вещества (ОР – основной рацион).

Показатели	Пшеница МИС		Рожь С-4120 (вв)		Рожь С-4115 (нв)	
	ОР	ОР+ферм.	ОР	ОР+ферм.	ОР	ОР+ферм.
Живая масса на начало опыта, г/гол.	54,6	54,5	54,4	54,3	54,3	54,5
Прирост живой массы за 20 дней, г/гол.	185,4	177,9	166,6	192,7	190,9	200,0
Среднесуточный прирост, г/гол.	9,27	8,90	8,33	9,64	9,55	10,0
То же в % к пшенице	100,0	96,0	89,9	104,0	103,0	107,9
Действие фермента, %	100,0	96,0	100,0	115,7	100,0	104,7
В % к высоковязкой ржи	111,3	92,3	100,0	100,0	114,6	103,7
Потребление корма, г/гол./день	20,5	19,7	21,2	21,0	21,4	22,0
Переваримость сухого вещества, %	72,9	73,2	63,2	71,6	73,1	73,5
Затраты корма на 1кг прироста, кг	2,21	2,21	2,55	2,18	2,22	2,20

Добавление ферментного препарата «Белфит» к корму цыплят 4-ой группы способствовало существенному повышению среднесуточных приростов с 8,33 до 9,64 г или на 15,7%. Добавка ферментного препарата к низковязкой ржи так же способствовала повышению продуктивности бройлеров, но менее ощутимому, чем на рационе с высоковязкой рожью.

Эти результаты свидетельствуют о том, что относительно низкое содержание некрахмалистых полисахаридов в зерне ржи С-4115нв реально привело к тому, что ее кормовые качества не уступают таковым по пшенице и существенно превосходят качество высоковязкой ржи С-4120.

Глава 8. Селекция гетерозисных гибридов на основе ЦМС.

8.1. Оценка инбредных линий на комбинационную способность в диаллельных скрещиваниях.

Важнейшей задачей озимой ржи является повышение потенциала урожайности создаваемых сортов до уровня озимой пшеницы (А.А. Гончаренко, 2014). Признак урожайности является количественным по своей природе и сложным по структуре. Его полигенную модель можно выразить как сумму интегрированных эффектов трех видов генного взаимодействия: аддитивного, доминирования и эпистатического, сильно корректируемую условиями внешней среды. Потенциал урожайности у ржи напрямую зависит от совокупного вклада трех основных структурных признаков – количества продуктивных стеблей на 1 м², количества зерен в колосе и массы 1000 зерен. Несмотря на их очевидную важность, эффект гетерозиса и генетический анализ по ним в системе диаллельных скрещиваний инбредных линий ржи начали изучать сравнительно недавно. Имеются данные, что варианса ОКС по указанным признакам значительно выше, чем варианса СКС. Н.Н. Geiger (1990), приводит сводку долевого участия варианс СКС по ряду культур, из которой следует, что по урожайности ржи она составила 21% и была в 2-2,5 раза ниже, чем у кукурузы и сахарной свеклы. Экспериментально установлено, что у межлинейных гибридов ржи средняя величина гетерозиса варьирует в зависимости от признака: по урожаю зерна она самая большая и составляет в среднем 139%, по количеству колосьев на 1 м² – 10%, по количеству зерен в колосе – 58%, по массе 1000 зерен – 37%, по высоте растений – 31% (Н.Н. Geiger, P. Wilde, M. Erfurt, et al 2001).

Однако оказалось, что достоверная корреляция между инбредными линиями и их гибридами чаще всего проявляется по признакам с высокой наследуемостью. Именно высоко наследуемые признаки проявляют заметный селекционный сдвиг при непрямом отборе линий в процессе селекции (Р.

Wilde, J. Menzel, B. Schmiedchen, 2003). Если в генетическом контроле признака преобладает доминирование или сверхдоминирование, то отбор будет более результативным, если он проводится не по линиям, а по продуктивности межлинейных гибридов F_1 . Поскольку урожайность и плотность стеблестоя имеют низкую наследуемость, то эффективный отбор по ним возможен только по результатам испытания гибридов в широких экологических условиях (Н.Н. Geiger, 1988). В этом контексте весьма логичным является предложение отбирать те гибридные комбинации, которые дают высокий гетерозис по частным признакам продуктивности, особенно по продуктивной кустистости (Н.Н. Geiger and G. Wahle, 1978).

У исследователей пока нет единого мнения относительно стабильности систем генетического контроля признака урожайности и ее структурных компонентов, на основе которых можно было бы предложить эффективную стратегию селекции ржи. Весьма неоднозначными являются выводы о соотношении трех типов наследственной вариации: аддитивной, доминирования и эпистаза.

Н.Н. Geiger (1982) определил, что для большинства признаков озимой ржи аддитивная вариация гораздо больше, чем все другие компоненты генетической вариации, вместе взятые. Даже по урожаю зерна неаддитивные эффекты дают меньший вклад в генетическую вариацию, чем аддитивные, хотя у отдельных гибридов от скрещивания линий с высокой ОКС эффект взаимодействия генов может быть значительным. Некоторые линии могут различаться по адаптивности к условиям возделывания и оказывать существенное влияние на вариацию взаимодействия генотип-среда. На преобладание аддитивной наследственной вариации указывают и другие исследователи (I. Kolasinska and S. Wegrzyn, 2001; P. Wilde, J. Menzel, B. Schmiedchen, 2003; T. Smialowski and S. Wegrzyn, 2003)

В то же время имеются данные, что значительная часть неаддитивной генетической дисперсии у ржи приходится на эпистатическое взаимодействие

генов (T. Smialowski and S. Wegrzyn, 2003). В зависимости от генотипа и внешних условий эта компонента может достоверно увеличивать или уменьшать величину признака. В последнем случае селекционер вынужден искать пути к минимизации негативных последствий неаллельного взаимодействия, с тем чтобы максимально использовать эффекты СКС (Н.Н. Geiger, 1987).

Используя схему диаллельных скрещиваний, мы провели изучение 5 инбредных линий по комбинационной способности с целью определить основные генетические параметры признака урожайности и отдельных ее структурных элементов (А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, С.В. Крахмалев, А.В. Макаров и др., 2012,а,б).

Исходным материалом для этого послужили 5 инбредных линий озимой ржи (Н-649, Н-1078, Н-1179, Н-451, Н-842) и 10 межлинейных гибридов F_1 , полученных по неполной диаллельной схеме (метод II по Гриффингу). Исследуемые линии были глубоко гомозиготными, так как последовательно прошли многократный инцухт (S_{14} - S_{16}). Скрещивание линий провели в 2010 г. в стационарных изоляционных домиках площадью 25 м², где ЦМС-аналоги вышеперечисленных линий высевались рядом с фертильными формами для переопыления. Сравнение родительских линий и гибридов F_1 провели в 2011 г. в полевом опыте на делянках 8,8 м² в трех повторениях при норме высева 500 зерен на 1м². В качестве стандарта использовали популяционный сорт Валдай.

По урожайности и ее структурным признакам родительские линии значительно различались как между собой, так и в сравнении с гибридами F_1 (табл. 63). Сравнительно высокую урожайность имели линии Н-1179 и Н-842, которые были в среднем на 0,9 т/га более урожайные, чем остальные. Линии Н-1078 и Н-842 заметно выделялись своей мелкозерностью, так как масса 1000 зерен у них составила 17,9 и 18,4 г. соответственно. Линии Н-1179 и Н-649 отличались низко озерненным колосом. Весомый вклад в дифференциацию линий по урожайности вносила густота продуктивного стеблестоя, которая

хорошо отражала уровень их продуктивности. Важно отметить, что самая крупнозерная линия Н-1179 имела наиболее низкое количество зерен в колосе, а самая мелкозерная линия Н-842 - наиболее высокое число зерен, что указывает на отрицательную взаимосвязь этих признаков.

Таблица 63 - Селекционная характеристика инбредных линий и усредненная оценка диаллельных гибридов F_1 (2011 г.).

Инбредные линии	Урожайность, т/га	Число продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г.
ms Н-649	2,28	305	30	25,2
ms Н-1078	2,21	325	37	18,4
ms Н-1179	3,29	433	29	26,4
ms Н-451	2,32	316	33	21,7
ms Н-842	3,04	441	38	17,9
НСР ₀₅	0,92	15	7,5	2,9
<i>среднее по 5 линиям</i>	<i>2,63±0,22</i>	<i>364±30</i>	<i>33±1,8</i>	<i>21,9±1,7</i>
<i>среднее по 10 гибридам F_1</i>	<i>7,86±0,13</i>	<i>599±28</i>	<i>46±1,9</i>	<i>29,5±0,8</i>
<i>гипотетический гетерозис (сред. по 10 гибридам F_1, %)</i>	<i>203,4</i>	<i>67,1</i>	<i>37,5</i>	<i>34,6</i>
Валдай (стандарт)	7,22	559	44,0	29,0

По всем изучаемым признакам межлинейные гибриды F_1 проявили положительный гипотетический гетерозис. Наиболее высоким он был по урожаю зерна (203,4%) и количеству продуктивных стеблей на 1 м² (67,1%), а в меньшей степени проявился по массе 1000 зерен (34,6%) и количеству зерен в колосе (37,5%). Относительно высокий прирост урожайности у гибридов можно объяснить тем, что гетерозис по структурно сложным признакам

проявляется тем выше, чем больше он выражается по простым (Н.Н. Geiger, 1978).

В наших опытах средняя урожайность гибридов F_1 составила 7,86 т/га и была в 3 раза выше урожайности инбредных линий (2,63 т/га). Н.Н. Geiger (1988) считает, что гетерозис по урожайности у ржи может быть в 2 раза выше, чем у линий-родителей. Одной из причин несоответствия наших данных могли быть жесткие условия произрастания и низкая адаптация к ним инбредных линий по причине депрессии. Сильная инбредная депрессия, в свою очередь, указывает на высокую степень доминирования в локусах, результатом которого явился высокий уровень гетерозиса (G. Wricke, 1973). Относительно высокий гетерозис по урожаю зерна у межпуловых гибридов ржи отмечают и другие исследователи (Н.Н. Geiger, P. Wilde, I. Pakas et al. 2001).

Заслуживает внимания сравнение межлинейных гибридов F_1 с популяционным сортом Валдай. По урожайности гибриды F_1 превзошли стандарт в среднем на 0,64 т/га или 8,9%. Это превосходство подтверждается лучшей густотой продуктивного стеблестоя (на 40 стеблей), большим числом зерен в колосе (на 2 зерна) и большей массой 1000 зерен (на 0,5 г.). Как видно, преимущество гибридов наиболее сильно проявилось по густоте продуктивного стеблестоя.

Дисперсионный анализ показал, что в дисперсию изучаемых признаков достоверный вклад вносили как общая (ОКС), так и специфическая (СКС) комбинационные способности (табл. 64).

Сравнение показывает, что в засушливых условиях произрастания экспрессия аддитивных генов (варианса ОКС) проявилась относительно слабо, а преобладающее влияние на урожайность оказывали эффекты СКС, являющиеся продуктом аллельного и неаллельного взаимодействий. На долю последних приходилось почти 95% общей дисперсии между гибридами. По количеству продуктивных стеблей на 1 м² и количеству зерен в колосе доленое соотношение вариантов ОКС и СКС в целом сохранилось, но было менее

контрастным. В наследовании массы 1000 зерен преимущество имели аддитивные эффекты генов (54,8%), хотя доля неаддитивных генных взаимодействий была достоверно высокой (43,1%). О преобладании аддитивной вариации в наследовании этого признака сообщают также другие авторы (Н. Вујак, 2001).

Таблица 64 - Дисперсионный анализ комбинационной способности.

Источники варьирован ия	df	Урожай- ность		Число стеблей на 1 м ²		Число зер. в колосе		Масса 1000 зерен	
		ms	F _φ	ms	F _φ	ms	F _φ	ms	F _φ
ОКС	4	42,6	4,2*	17433	28,9*	50,2	6,5*	25,3	25,3*
СКС	10	908,5	89,1*	22276	36,9*	58,8	7,6*	19,9	19,9*
Ошибка	30	10,2		603		7,7		1,0	

*- достоверно на 1% уровне значимости

Высокая ОКС линий служит индикатором того, что их можно эффективно использовать как в гибридной селекции, так и при создании синтетических сортов. В наших опытах наиболее высокие константы СКС имели комбинации Н-649 х Н-1078 и Н-649 х Н-1179, которые показали самую высокую урожайность в опыте (8,53 и 8,31т/га соответственно). Они заслуживают внимания в качестве родительских компонентов гибридных сортов.

Положительно высокие эффекты ОКС по урожайности имели линии Н-649 и Н-1179, а достоверно низкие оценки - линии Н-451 и Н-842 (табл. 65). Однако высокая ОКС у последних достигалась за счет вклада разных элементов структуры урожая: линия Н-649 при скрещивании с другими давала наиболее крупнозерные гибриды, а линия Н-1179 способствовала формированию у гибридов наиболее густого стеблестоя.

Таблица 65 - Оценка комбинационной способности инбредных линий озимой ржи по признакам продуктивности.

Линии	эффекты ОКС g_i	варианса		эффекты ОКС g_i	варианса	
		ОКС σ^2_{gi}	СКС σ^2_{Si}		ОКС σ^2_{gi}	СКС σ^2_{Si}
	Урожайность			Количество прод. стеблей на 1 м ²		
Н-649	7,1	49,1	595,1	-26,8	717,4	6241,9
Н-1078	1,4	0,8	485,7	8,5	71,5	13460,2
Н-1179	2,7	5,9	325,2	73,3	5372,1	15009,8
Н-451	-6,6	42,2	394,8	-61,3	3767,9	6345,1
Н-842	-4,6	19,8	303,6	6,3	38,9	7129,5
<i>средн.</i>		23,6	420,9		1991,3	9637,3
<i>HCP₀₅</i>	4,8			3,7		
	Количество зерен в колосе			Масса 1000 зерен		
Н-649	0,3	0,93	45,3	2,2	4,7	12,0
Н-1078	1,6	1,5	24,2	-1,6	2,4	12,6
Н-1179	-4,7	21,1	5,8	1,4	1,8	4,4
Н-451	0,8	0,38	30,0	0,3	0,04	11,5
Н-842	1,9	2,6	14,2	-2,3	5,2	5,9
<i>средн.</i>		4,8	23,9		2,8	9,3
<i>HCP₀₅</i>	4,2			1,5		

Характерно, что низкая ОКС по урожаю зерна у линий Н-451 и Н-842 обусловлена низкими оценками по этим же структурным признакам. Оценки ОКС линий по количеству зерен в колосе компенсационно слабо влияли на урожайность гибридов, а линия Н-1179 негативно выделялась на фоне других, образуя гибриды с низко озерненным колосом. Из этого следует, что для получения высокоурожайных гибридов необходимо отбирать те линии,

которые взаимно дополняют друг друга по структурным признакам и имеют сильное их выражение.

Отмеченная выше дифференциация линий позволяет заключить, что каждая из них содержит свой специфический комплекс генов, по-разному влияющих на уровень комбинационной способности. Надо полагать, что различия линий по ОКС были обусловлены различиями в аддитивных эффектах генов и их аллельном взаимодействии, а различия в СКС связаны со сверхдоминированием и эпистатическими эффектами. Согласно нашим данным, в наборе изучаемых линий преобладающий вклад в генотипическую дисперсию вносили неаддитивные эффекты генов. Большой контраст между инбредными линиями и гибридами F_1 по урожайности дополнительно подтверждает, что генотипическая дисперсия этого признака большей частью обусловлена дисперсией внутрилокусного доминирования и неаллельного взаимодействия генов.

Проверка однородности разницы $W_r - V_r$ по t -критерию показала отсутствие эпистатического компонента только по двум признакам – количеству продуктивных стеблей на 1 м^2 и массе 1000 зерен. По урожайности и количеству зерен в колосе эффект эпистаза исключить нельзя, так как t -критерий был равен соответственно 8,24 и 3,27, что существенно при $n=3$. Эпистатический компонент изменчивости по этим признакам был достоверен и, надо полагать, суммировался с компонентой доминирования, составляя общий потенциал неаддитивной генетической дисперсии, отражением которой явилась высокая вариация по СКС. На проявление эффектов эпистаза в генетическом контроле признаков озимой ржи указывают и другие авторы. Т. Smialowski and S. Wegrzyn, 2001 отмечают важную роль эпистатических эффектов генов в наследовании компонентных признаков урожайности и указывают на их зависимость от генотипа сорта и условий внешней среды. Обращает на себя внимание низкая наследуемость признаков урожайности, густоты продуктивного стеблестоя и количества зерен в колосе (табл. 66.).

Таблица 66 - Компоненты генетической изменчивости по признакам продуктивности.

генетические параметры	урожайность	кол-во прод. стеблей на 1 м ²	кол-во зерен в колосе	масса 1000 зерен
D	9,3±45,8	4492±60*	22,7±15,3	12,2±2,9*
F_r	31,1±114,5	-1044±149*	15,2±38,2	-1,9±7,4
H_1	2268,0±123,8*	67274±161*	148,9±41,3*	46,9±8,0*
H_2	2238,3±112,3*	58015±146*	126,3±37,4*	45,6±7,2*
d^2	7079,4±75,8*	123828±99*	330,9±25,3*	134,4±4,9*
E	30,3±18,7	0,8±24	20,4±6,2*	3,0±1,2
H_1/D	243,8	14,9	6,6	3,8
$\sqrt{H_1/D}$	15,6	3,85	2,58	1,95
$H_2/4H_1$	0,247	0,216	0,212	0,245
$\sqrt{4DH_1+F}/\sqrt{4DH_1-}$	0,8	1,0	1,3	0,9
коэф. наслед. H^2	0,97	0,98	0,71	0,87
коэф. наслед. h^2	0,10	0,34	0,33	0,54
коэф. корреляции r между X_p и $Wr+Vr$	-0,97±0,14	-0,58±0,47	-0,54±0,48	-0,95±0,18
$b_{Wr/Vr}$	0,44	0,65	0,43	0,67
*- достоверно при $P=0,05$				

Коэффициент корреляции (r) между выражением этих признаков у инбредных линий и гибридов F_1 был недостоверным и составил соответственно 0,56, 0,45 и 0,53. Наоборот, по массе 1000 зерен родительские линии хорошо передавали данный признак гибриднему потомству ($r=0,85\pm0,14$). Эти различия сходным образом проявились на корреляции эффектов ОКС с абсолютной величиной признака у линий *per se*: по урожайности, густоте продуктивного стеблестоя и количеству зерен в колосе связь была не существенной, тогда как

по массе 1000 зерен коэффициент корреляции был высоко достоверным и составил $r=0,96\pm0,16$. Это указывает на возможность раннего прогнозирования ОКС инбредных линий по этому признаку. О важности селекции линий на высокую массу 1000 зерен сообщают и другие исследователи (Н.Н. Geiger, 2001; U.Schmiechen, 1979).

Однако высокая собственная урожайность инбредных линий более важна в плане их семеноводства, чем в качестве косвенного критерия для отбора. Это обусловлено тем, что корреляция между собственной продуктивностью линий с их преимуществом в скрещиваниях зависит от того, какая часть дисперсии обусловлена аддитивными генами (Д.С. Фолкнер, 1985). В наших исследованиях для признака урожайности эта часть оказалась низкой – около 5%, поэтому ожидаемое повышение урожайности гибридов от отбора лучших по урожайности линий будет не велико. В этом отношении рожь сходна с кукурузой, у которой продуктивность линий *per se* не является надежным показателем их общей комбинационной способности (E.E.G. Gama and A.R. Hallauer, 1977).

Коэффициент корреляции между средней величиной признака у родителей (X_p) и уровнем доминантности (суммой $Wr+Vr$) был высокодостоверным только по двум признакам – урожайности ($r = -0,97\pm0,14$) и массе 1000 зерен ($r = -0,95\pm0,18$). Оба коэффициента имеют отрицательный знак, что указывает на направленность доминирования, т.е. у изучаемых линий высокая урожайность и масса 1000 зерен достигаются за счет эффекта доминантных генов, увеличивающих признак. Наоборот, низкое их проявление контролируется рецессивными генами. В наших опытах донорами высокой массы 1000 зерен можно назвать линии Н-1179 и Н-649. Очень контрастно на их фоне выглядят линии Н-1078 и Н-842, которые отличаются мелкозерностью и сильно отягощают гибриды F_1 по этому признаку.

Для двух признаков (количество продуктивных стеблей на 1 м² и масса 1000 зерен) объединенный коэффициент регрессии **b** был равен соответственно

0,65 и 0,67 и достоверно не отличался от единицы и, следовательно, линия регрессии не отличалась от линии единичного наклона. Это подтверждает вышеизложенное заключение об отсутствии в дисперсии этих признаков эффектов эпистаза и зависимого распределения генов у родительских форм. Можно предполагать, что система генетической регуляции этих признаков в большей степени, чем по другим, соответствовала аддитивно-доминантной модели. Это указывает на правомочность анализа графика зависимости W_r/V_r по этим признакам.

Анализ генетических параметров по Хейману (D , F_r , H_1 , H_2 , d^2) показывает, что в генетическом контроле изучаемых признаков аддитивно-доминантная система проявилась неоднозначно. По урожайности и количеству зерен в колосе аддитивный компонент изменчивости (D) был статистически не достоверен и, следовательно, главное влияние на генетическую дисперсию оказывали внутрилокусное сверхдоминирование, а также эпистаз, отмеченный выше. О низком вкладе аддитивных эффектов генов в дисперсию урожайности можно убедиться, сравнивая коэффициенты наследуемости в широком (H^2) и узком (h^2) смысле. Большие различия между ними указывают на незначительный (порядка 10%) вклад аддитивного компонента в общую наследуемость. Что касается двух других признаков - количества продуктивных стеблей на 1 м² и массы 1000 зерен, то основные компоненты генетической вариации по ним были высоко достоверны, поскольку значимо отличались от своей ошибки. Наиболее высокая доля аддитивной генетической дисперсии в общей фенотипической отмечена по массе 1000 зерен ($h^2=0,54$).

Величина параметра H_1/D , оценивающего среднюю степень доминирования по всем признакам, особенно по урожайности, многократно превышала 1. Это указывает на сильное преобладание неаддитивных эффектов генов. К такому же заключению приходим на основании показателя $\sqrt{H_1/D}$, который оценивает степень истинного доминирования в каждом локусе. Он свидетельствует о значительном преобладании доминантного компонента над

аддитивным. Однако по массе 1000 зерен доминирование проявлялось слабее по сравнению с другими признаками. Эти данные хорошо согласуются с графиком регрессии Wr/Vr (рис. 34), а также с тем фактом, что по продуктивности гетерозиготные гибриды F_1 были выше, чем гомозиготные линии. По всем признакам линия регрессии Wr/Vr проходит ниже начала координат, следовательно, в локусах, контролирующих признак, преобладает сверхдоминирование. Поэтому приоритет в увеличении урожайности озимой ржи следует отдавать методам гетерозисной селекции.

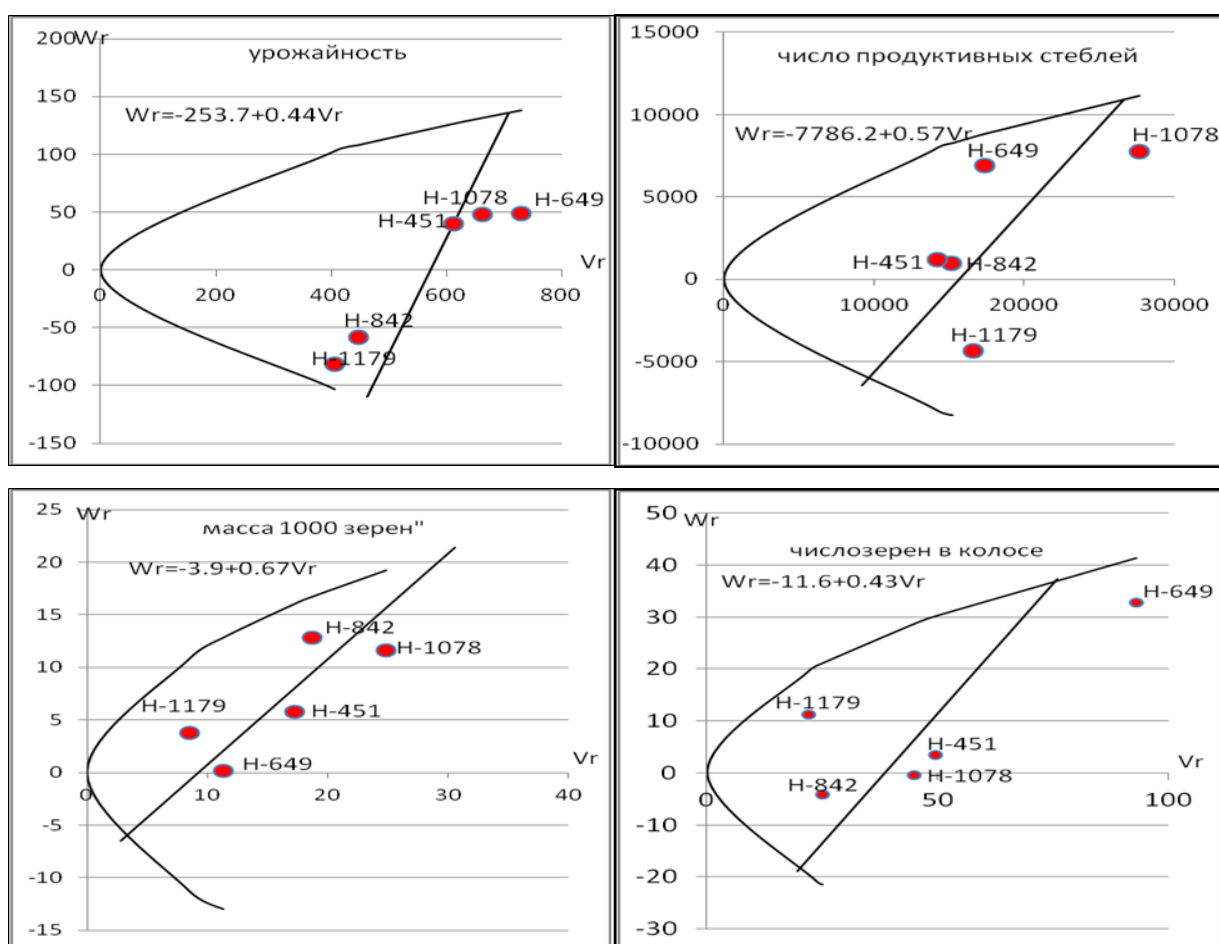


Рисунок 34 - Графики зависимости Vr/Wr по урожайности и основным элементам продуктивности.

Особый интерес представляет рассмотрение генетических параметров по массе 1000 зерен, где доказано отсутствие эпистатических взаимодействий.

Большое сходство параметров H_1 и H_2 свидетельствует о том, что доминантные и рецессивные аллели, контролирующие этот признак, распределены между родительскими линиями относительно равномерно. Критерием симметричности распределения доминантных и рецессивных аллелей служит отношение $H_2/4H_1$, которое в нашем случае равно 0,245, что очень близко к теоретически ожидаемому значению 0,25, если родительские линии имеют равные частоты аллелей. Соотношение доминантных и рецессивных генов у родительских линий определяется по параметру $(\sqrt{4DH_1 + F})/(\sqrt{4DH_1 - F})$. В наших опытах по этому признаку он был равен 0,9, что указывает на примерное равенство частот доминантных и рецессивных генов у изучаемых линий.

Обращает на себя внимание, что по массе 1000 зерен наблюдается четко выраженный разброс инбредных родителей вдоль линии регрессии. Наиболее крупнозерные линии Н-1179 и Н-842 расположились в нижней части графика регрессии W_r/V_r , указывая на наличие у них большого числа (около 75%) доминантных аллелей, ответственных за высокую экспрессию признака. Наоборот, линии Н-1078 и Н-842 содержат примерно такое же число рецессивных аллелей, детерминирующих мелкозерность, и близко расположились в самой верхней (рецессивной) зоне графика. Из этого можно заключить, что в процессе инбридинга произошла генетическая «сепарация» инбредных линий по содержанию у них доминантных и рецессивных аллелей, связанных с массой 1000 зерен. Хотя этот признак обычно рассматривают как полигенно наследуемый, в свете последних данных, полученных на основе молекулярных маркеров, имеется уточнение о двух главных генах, действующих на массу зерновки ржи комплементарным образом (G.Wrike, 2002).

В целом проведенный анализ показывает, что наследование урожайности и основных элементов ее структуры происходит по типу положительного сверхдоминирования. По урожайности и количеству зерен в колосе аддитивный компонент изменчивости оказался не достоверным, главный вклад в

генетическую дисперсию вносили внутрилокусное сверхдоминирование и эпистаз. По массе 1000 зерен эффектов эпистаза не выявлено, но констатировано преобладание аддитивных эффектов генов. Установлена возможность раннего прогнозирования ОКС инбредных линий по этому признаку. По всем признакам достоверно доказана направленность доминирования: доминантные гены положительно усиливают экспрессию признаков продуктивности, а рецессивные – снижают. Селекционный интерес представляют линии Н-649 и Н-1179, характеризующиеся высокой ОКС по урожайности. В селекционных программах они могут служить ценными компонентами для получения высокопродуктивных гибридов, а также для использования в рекуррентной селекции с целью получения высокопродуктивных синтетиков и синтеза новых инбредных линий. Данные показывают, что инбредные линии должны интенсивно селективаться на высокую собственную продуктивность и неоднократно тестироваться на ОКС. При синтезе гетерозисных гибридов необходимо отбирать те линии, которые взаимно дополняют друг друга по структурным признакам и имеют сильное их выражение.

Несомненно, продуктивность межлинейных гибридов ржи зависит не только от генетических особенностей родительских линий, но и от лимитирующих факторов среды, которые по-разному складываются в разные годы. Поэтому важно знать, под влиянием каких внешних воздействий происходит смена систем генетического контроля признаков продуктивности, какие факторы вызывают подключение дополнительных систем неаллельного взаимодействия генов, т.е. насколько стабильной и многообразной является вышеописанная аддитивно-доминантная система.

8.2. Селекция инбредных линий на комбинационную способность в топкроссных скрещиваниях

Для решения вопроса, на основе каких инбредных линий можно получать высокогетерозисные гибриды, необходимо провести испытание их на комбинационную способность. В практической селекции для изучения этого свойства используют несколько генетических систем скрещивания. Целью наших исследований было оценить общую и специфическую комбинационную способность инбредных линий ржи, тестовые скрещивания которых проведено по схеме полных топкроссов.

Родительские линии А и В в формуле ЦМС простого гибрида получали на базе двух различных генопулов, не имеющих родства с генопулом синтетика-опылителя. Тестовые скрещивания для оценки линий на комбинационную способность проводили по схеме топкросса, где в качестве отцовской формы использовали две хорошо отселектированные фертильные линии Н-842 и Н-1172, а в качестве материнских – 10 мужски стерильных инбредных линий. Полевые испытания 20 межлинейных гибридов F₁ проводили в 2015 г на делянках 15 м² в 3-х кратной повторности при норме высева 500 зерен на 1 м².

Результаты полевого испытания 20 межлинейных гибридов F₁ озимой ржи показывают, что в сложных погодных условиях они продемонстрировали довольно высокий уровень урожайности (табл. 67) и обнаружили наличие достоверных различий между ними (табл. 68). При этом гибриды с участием тестера Н-1172 были в среднем на 11 % более урожайные, чем гибриды на базе тестера Н-842, что указывает на их различную селекционную ценность. Однако генотип материнских линий явился причиной еще более сильного варьирования гибридов по урожайности. В наших опытах наиболее урожайными оказались гибриды с участием линий Н-577 и Н-649 (8,92 и 8,93 т/га соответственно), а наименее урожайными – гибриды с участием линии Н-1054 (7,55 т/га). Размах варьирования в этом случае составил 1,40 т/га или 18,6%, что указывает на

различную способность испытываемых линий давать в комбинации с другими родителями высокоурожайные простые гибриды.

Таблица 67 - Урожайность простых межлинейных гибридов F1, полученных на базе тестеров Н-842 и Н-1172 (т/га)

Линии	Тестеры		Среднее
	Н-842	Н-1172	
Н-451	7,12	8,37	7,74
Н-577	8,38	9,46	8,92
Н-649	8,14	9,71	8,93
Н-663	7,87	8,11	7,99
Н-700	7,70	8,59	8,15
Н-1054	7,14	7,92	7,53
Н-1058	7,88	8,37	8,13
Н-1078	8,10	8,31	8,21
Н-1276	7,35	8,47	7,91
Н-1309	7,79	8,68	8,24
Среднее	7,75	8,60	8,17
НСР ₀₅ = 1,26			

Таблица 68.

Дисперсионный анализ данных урожайности 20 гибридов F1

Дисперсия	SS	df	ms ²	F _{факт.}	F ₀₅
Общая	1905,5	79	-		
Повторения	153,9	3	-		
Гибриды F1	775,8	19	40,8	2,28	1,75
Остаточная	1020,5	57	17,9		

Проведенный дисперсионный анализ позволил разложить генотипическую вариацию признака урожайности на три составные части: ОКС линий, ОКС тестеров и СКС отдельных сочетаний. В наших опытах все факторы влияния оказали достоверное влияние на дисперсию урожайности (табл. 69). Существенно высокую ОКС имели материнские линии Н-649 и Н-577, а также отцовская линия-тестер Н-1172 (табл. 70).

Таблица 69.

Дисперсионный анализ комбинационной способности инбредных линий

Источники дисперсии	SS	df	ms ²	F _{факт.}	F ₀₅
ОКС линий	366,2	9	40,7	2,27	1,96
ОКС тестеров	363,0	1	363	20,27	4,00
СКС	7620,4	9	846,7	43,7	1,96
Остаточная	1020,5	57	17,9		

Анализ показывает, что эти линии оказали достоверно положительное влияние на уровень урожайности полученных с их участием гибридов. Можно предположить, что в скрещиваниях с другими родительскими линиями они также будут давать высокоурожайные гибриды. Подтвердить этот прогноз могут данные о собственной продуктивности этих линий, так как считается, что эффективный прогноз продуктивности межлинейных гибридов можно провести на основе данных о продуктивности родителей *per se* (J.C. Reif, V. Hahn, A.E. Melchinger, 2012).

Что касается оценок по СКС, то существенно высокие эффекты показали линии Н-649, Н-663 и Н-1078. Обращает на себя внимание, что среди них не оказалось линии Н-577, имеющей высокую ОКС, зато появилась линия Н-1078, имеющая низкую ОКС. Из этого следует, что высокие эффекты СКС можно получить при скрещивании линий не только с высокой, но и низкой ОКС. Эти

выводы подтверждают известное правило гетерозисной селекции, в соответствии с которым наивысшую специфическую комбинационную способность обнаруживают скрещивания, в которых один родитель имеет высокую, а второй – низкую ОКС (С.Бороевич, 1984). Поэтому при селекции на высокую урожайность предварительно надежным ориентиром в этом плане может служить уровень собственной продуктивности инбредных линий.

Таблица 70.

Оценка эффектов ОКС и СКС инбредных линий и тестеров.

Линии	Эффекты ОКС	Эффекты СКС		ΣS^2_{ij}	σ^2_{si}
		Н-842	Н-1172		
Н-451	-4,28	-1,99	1,99	7,92	2,61
Н-577	7,47*	-1,14	1,14	2,60	0,84
Н-649	7,52*	-3,59	3,59	25,78*	8,56
Н-663	-1,83	3,06	-3,06	18,72*	6,21
Н-700	-0,28	-0,19	0,19	0,08	0
Н-1054	-6,43	0,36	-0,36	0,26	0,06
Н-1058	-0,48	1,81	-1,81	6,56	2,15
Н-1078	0,32	3,21	-3,21	20,60*	6,83
Н-1276	-2,63	-1,34	1,34	3,60	1,17
Н-1309	0,62	-0,19	0,19	0,08	0
Тестер Н-842	-4,26	-	-		-
Тестер Н-1172	4,26*	-	-	-	-
Ошибка Ed_{gi}	2,83				

*Примечание: эффекты достоверны на 5% уровне значимости.

8.3. Оценка инбредных линий на экологическую стабильность и пластичность.

Давно известно, что инбредные генотипы демонстрируют более высокую чувствительность к условиям произрастания, чем неинбредные (Д.С.Фолконер, 1985). Поэтому важно отбирать линии с высоким гомеостазом по многим признакам, особенно тем, которые коррелятивно связаны с урожайностью. Хотя межлинейные гибриды F1 отличаются более высокой экологической устойчивостью по сравнению с родительскими формами (R.G. McDaniel, 1982), все же адаптивный потенциал гомозиготных линий необходимо селекционно улучшать, так как экологические стрессы могут свести к минимуму тот эффект гетерозиса, который проявляется при скрещивании (B. Griffing, E. Zsiros, 1971).

Применительно к почвенно-климатическим условиям Нечерноземной зоны России инбредные линии должны обладать способностью эффективно использовать благоприятно складывающиеся погодные условия и стабильно противостоять неблагоприятным факторам. Все это предопределяет особую актуальность эколого-адаптивной направленности селекции инбредных линий для данного региона.

Экологически устойчивые линии отличаются тем, что могут относительно нормально произрастать в широком диапазоне значений факторов среды. Это свойство генотипа характеризует степень его выносливости к стрессовым факторам и определяется нормой реакции (А.А. Жученко, 1988). Чем она выше, тем шире диапазон изменчивости количественных признаков. Определив эту норму реакции, можно выделить ценные линии с высокой адаптацией для тех или иных экологических условий. Для оценки степени устойчивости генотипа проявлять свои признаки в меняющихся условиях среды D. Lewis (1954) предложил использовать показатель «фенотипической стабильности» SF , представляющий собой отношение наиболее высокого значения признака к самому низкому, которое генотип показал в варьирующих условиях среды. Если $SF = 1$, то это значит, что

генотип максимально устойчив по фенотипу при выращивании в разных средах, если же $SF > 1$, то фенотипическая нестабильность тем выше, чем больше этот показатель.

Межлинейные различия по адаптивным свойствам лучше всего выявляются при испытании линий в разных экологических условиях. Для оценки экологической пластичности S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966) предложили использовать коэффициент линейной регрессии bi по ряду сред в качестве меры отзывчивости сорта на изменяющиеся условия. Анализ многочисленных данных, полученных на основе этой модели, показал, что для большинства культур доминирующее влияние на динамику главного признака - урожайности оказывает фактор «год», а не фактор «место» (А.А. Жученко, 1988). Применительно ко ржи Н.Н. Geiger (1982) установил, что инбредные линии существенно различаются по адаптивному потенциалу и на него в значительной степени влияет варiances взаимодействия генотип-среда. Поэтому оценка экологической стабильности на основе многолетних данных позволяет выявить не только влияние различных экологических факторов, но и идентифицировать генотипы с высоким потенциалом адаптивности.

Для изучения экологической вариабельности, фенотипической стабильности и экологической пластичности инбредных линий озимой ржи по признакам продуктивности растений и качества зерна, нами была изучена реакция 50 инбредных линий на различные по годам условия (А.А. Гончаренко, А.В. Макаров, С.А. Ермаков и др. 2015). Линии изучали в 2004-2013 гг (10 лет) на 3-х рядковых делянках длиной 120 см и шириной междурядий 15 см. на каждую делянку высевали 150 зерен.

Полученные данные обрабатывали по схеме двухфакторного дисперсионного анализа, с тем чтобы вычленить долю дисперсии, обусловленную генотипом инбредных линий (А), погодными условиями года испытания (Б) и их взаимодействием (АБ). Определяли коэффициент варьирования признака между генотипами (CV_{gen}) и коэффициент

экологического варьирования (CV_{ecol}) по каждой линии. В качестве меры фенотипической стабильности (экологической устойчивости) признака вычисляли показатель SF по D.Lewis (1954). Экологическую пластичность линий оценивали по коэффициенту регрессии bi , отражающего норму реакции (отзывчивости) генотипа на изменяющиеся условия произрастания. Показатель SF и коэффициент bi вычисляли по каждой линии отдельно. При делении линий на 2 контрастные группы (экологически устойчивые и экологически не устойчивые) использовали величину показателя CV_{ecol} .

Влияние генотипа линий (фактор А), погодных условий года в период вегетации (фактор Б) на фенотипическое выражение признаков было высоко достоверным (табл 71).

Таблица 71 - Результаты дисперсионного анализа селекционно-ценных признаков инбредных линий озимой ржи.

Источники дисперсии	Отношение дисперсий ($F_{факт.}$)								F_{05}
	Высота растений	Число зерен в колосе	Масса 1000 зерен	Масса зерна с колоса	Число падения	Вязкость водного экстракта	Белок	Крахмал	
Линии (А)	7,4	2,7	10,1	2,3	9,3	4,7	5,1	1,9	1,6
Годы (Б)	63,1	9,7	27,7	25,5	14,7	21,6	37,5	22,9	2,1
Взаимодействие АБ)	3,8	1,3	1,8	2,0	2,5	3,9	2,1	0,7	1,2

Эффекты взаимодействия (АБ) были также достоверными, кроме содержания крахмала в зерне. Последнее указывает, что 7 признаков из 8 существенно влияли на адаптивный потенциал линий. Экологическая часть дисперсии, обусловленная влиянием погодных условий года, по всем признакам была выше генотипической, в чем можно убедиться, сравнивая отношение дисперсий (критерий $F_{факт.}$) по факторам А и Б. Это свидетельствует о сильной экологической зависимости признаков. Если исходить из гипотезы о линейной зависимости величины признака от действия экологических

факторов, то можно констатировать, что наиболее сильно эффект генотипа линий проявился по массе 1000 зерен, числу падения и высоте растения, а эффект условий года – по высоте растений и содержанию белка в зерне. Менее сильно генотипическая доля дисперсии проявилась по содержанию крахмала в зерне.

Статистическая оценка линий по результатам 10-летнего мониторинга представлена в табл. 72.

Таблица 72 - Оценка генотипического и экологического варьирования признаков у инбредных линий ржи.

Признаки	Генотипическое варьирование				Экологическое варьирование $CV_{ecol} \%$	Источники дисперсии		Коэффициент Наследуемости H^2	$F_{факт}$
	$\bar{X}_{сред}$	$\bar{X}_{мин.}$	$\bar{X}_{макс}$	$CV_{gen} \%$		линии σ^2_g	годы σ^2_e		
Высота растений, см.	92,5	70,2	108,2	10,2	13,1	394,7	249,7	0,64	15,2
Масса 1000 зерен, г.	25,1	20,6	30,5	10,6	9,5	42,80	15,48	0,73	28,6
Число зерен в колосе, шт.	33,0	25,4	41,8	12,0	10,3	70,4	62,9	0,53	11,1
Масса зерна с колоса, г.	0,81	0,54	1,20	17,2	24,7	0,08	0,12	0,40	6,8
Число падения, с.	206	119	315	26,5	24,4	16515	3053	0,84	44,3
Вязкость водного экстракта, сП	6,4	3,7	9,4	22,5	20,5	9,80	5,72	0,63	16,4
Содержание белка, %	14,5	12,1	16,7	6,8	7,1	18,72	2,36	0,89	56,5
Содержание крахмала, %	53,1	50,5	56,7	2,6	3,0	15,87	7,37	0,69	11,8

Примечание: $F_{табл.} = 2,18$ при 5% уровне значимости

Наиболее сильно межлинейное варьирование проявилось по числу падения ($CV_{gen} = 26,5\%$), что указывает на большую генотипическую неоднородность изучаемого набора линий. То же самое относится и к вязкости водного экстракта ($CV_{gen} = 22,5\%$). Наиболее высоковязкое зерно сформировалось в засушливых 2007 и 2010 гг., когда средняя величина показателя ВВЭ превышала уровень 8,0 сП.

Холодная и влажная погода 2013 г. обусловила образование зерна с предельно низкой вязкостью водного экстракта (4,6 сП). Менее всего инбредные генотипы различались по содержанию белка и крахмала в зерне ($CV_{gen} = 6,8\%$ и $2,6\%$). Что касается экологического варьирования признаков, вызванного влиянием средовых факторов (CV_{ecol}), то оно было примерно таким же, как и для межлинейного. Исключение составил такой структурно сложный признак как масса зерна с колоса, по которому экологическое влияние заметно превышало генотипическое ($CV_{ecol} = 24,7\%$ против $CV_{gen} = 17,2\%$).

Особый интерес представляет разделение фенотипической изменчивости на генетически и экологически обусловленные компоненты. Если признак имеет сильную экологическую зависимость, то для него характерно высокое фенотипическое варьирование и взаимодействие генотипа с погодными условиями года. Об этом можно судить по величине коэффициента наследуемости H^2 , косвенно отражающего степень адаптивной способности генотипа. В наших опытах коэффициенты наследуемости H^2 оказались высоко достоверными по всем признакам ($F_{факт.} = 6,8 \dots 56,5$ при $F_{табл.} = 2,18$), однако между ними имелись значительные различия. Наиболее высокая доля генетической дисперсии в общей фенотипической отмечена по содержанию белка, числу падения, массе 1000 зерен, содержанию крахмала, высоте растения. Менее высокой она была по массе зерна с колоса и числу зерен в колосе. Следовательно, селекционную ценность линий лучше всего прогнозировать по признакам, которые слабо связаны с репродуктивной приспособленностью генотипа. Это важно еще и потому, что корреляция между

инбредными линиями и их гибридами чаще всего проявляется по признакам с высокой наследуемостью. Именно высоко наследуемые признаки проявляют более сильный селекционный сдвиг при непрямом отборе линий в процессе селекции (P. Wilde, J. Menzel, B. Schmiedchen, 2003).

В селекционном плане важно знать размах адаптивных реакций линий при возделывании их в различных экологических условиях. В этих целях по каждой линии нами были вычислены экологические коэффициенты вариации признаков ($CV_{экол}$), а также показатели экологической устойчивости SF и нормы реакции на условия вегетации (bi). Полученные данные указывают на значительные различия между линиями по этим параметрам (табл. 73).

Таблица 73 - Размах варьирования инбредных линий по экологической стабильности и пластичности.

Признаки	$CV_{экол}, \%$			SF			bi		
	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.	мин.	макс.	сред.
Высота растений, см.	11,8	25,6	16,9	1,40	2,02	1,68	0,28	1,63	1,0
Масса 1000 зерен, г.	9,1	23,8	15,9	1,07	1,92	1,38	0,16	2,06	1,0
Число зерен в колосе	5,0	35,8	22,8	1,16	3,20	2,02	0,10	2,30	1,03
Масса зерна с. колоса, г.	23,2	55,0	39,7	1,21	6,04	3,17	0,36	1,75	1,02
Число падения, с.	8,4	50,6	27,1	1,24	3,90	2,19	0,10	1,95	0,96
Вязкость вод. экстракта, сП	15,0	53,0	32,7	1,30	3,87	2,41	0,06	2,30	0,99
Содержание белка, %	4,5	18,2	10,0	1,11	1,68	1,32	0,06	2,09	0,99
Содержание крахмала, %	1,0	8,1	4,8	1,03	1,23	1,12	0,05	2,49	1,03

Практический интерес представляют линии с низкой степенью экологической зависимости, т.е. способные сохранять стабильный фенотип в широком диапазоне варьирования внешних условий. В изучаемом наборе линий нам удалось выделить линии, у которых экологическое варьирование было в 1,5-4,5 раза ниже, чем в среднем по выборке.

Например, линии Н-264 и Н-314 показали относительно высокую экологическую устойчивость по таким признакам как число зерен в колосе ($CV_{ecol}=5,0$ и $9,2\%$), масса 1000 зерен ($CV_{ecol}=12,3$ и $10,5\%$) и масса зерна с колоса ($CV_{ecol}=23,2$ и $26,9\%$). Выделены линии с низкой модификационной изменчивостью и по другим признакам. Даже по таким сильно варьирующим признакам как число падения и вязкость водного экстракта удалось обнаружить относительно стабильные по годам линии при высоких средних значениях. Лучшими среди таковых оказались линии Н- 31, Н-451, Н-634, Н-841, Н-947.

Существенные различия между линиями выявлены и по фенотипической стабильности признаков (SF). Прежде всего надо отметить, что максимальную стабильность проявили слабо варьирующие признаки - содержание крахмала и белка в зерне ($SF=1,1$ и $1,32$), а наиболее низкую - сильно варьирующие признаки - масса зерна с колоса, число зерен в колосе, число падения и вязкость водного экстракта ($SF=2,02...3,17$). Косвенно это указывает на наличие тесной сопряженности между $CV_{экол}$ и SF . Большая гетерогенность инбредных линий по показателю SF позволяет выделить генотипы с относительно стабильным проявлением признаков в разных погодных условиях. В нашем исследовании по каждому признаку набиралось от 10 до 15 линий с относительно высокой фенотипической стабильностью признаков, у которых величина показателя SF была ниже средней по выборке, причем многие из этих линий такое свойство проявляли не по одному, а по нескольким признакам.

Определенный интерес представляет оценка экологической пластичности инбредных линий посредством коэффициента регрессии bi и его связь с показателями экологической устойчивости $CV_{экол}$ и SF . В наших опытах

выявлена значительная вариабельность линий по норме реакции на изменяющиеся условия, что указывает на наличие среди них форм с разными адаптивными возможностями. Были выделены линии, которые при благоприятно складывающихся погодных условиях очень сильно ($bi > 2$) реагировали на увеличение содержания крахмала в зерне (Н-375, Н-650, Н-947), числа зерен в колосе (Н-576), вязкости водного экстракта (Н-576, Н-700, Н-947), массе 1000 зерен (Н-384), содержанию белка в зерне (Н-415, Н-576). Наоборот, по высоте растений интерес для селекции представляют линии с узкой ($bi < 1$) нормой реакции на благоприятные условия. Среди короткостебельных линий таковыми оказались Н-264, Н-314, Н-375, Н-379, Н-700, Н-1039, Н-1079.

Теоретически важным является вопрос о том, насколько взаимосвязанными являются параметры $CV_{экол}$, SF и bi , вычисленные разными методами. Наши данные указывают на высоко достоверную и положительную сопряженность всех трех параметров по каждому признаку. Наиболее тесной была связь экологического варьирования $CV_{экол}$ с параметрами SF и bi (рис. 35 и 36).

В зависимости от признака коэффициенты корреляции между $CV_{экол}$ и SF варьировали в пределах $r = 0,49 \dots 0,97$, а между $CV_{экол}$ и bi в пределах $r = 0,47 \dots 0,82$. Из этого следует, что коэффициент экологической вариации $CV_{экол}$ является важным информативным показателем: чем он выше, тем выше фенотипическая нестабильность признака в изменяющихся условиях произрастания и тем выше его чувствительность к стрессовым факторам, т.е. мерилom экологической устойчивости генотипа могут служить все три показателя. Поэтому отбор линий по $CV_{экол}$ можно считать эквивалентным прямому отбору по SF и bi .

Широкий размах адаптивных реакций у изучаемых линий свидетельствует об их генотипической неоднородности.

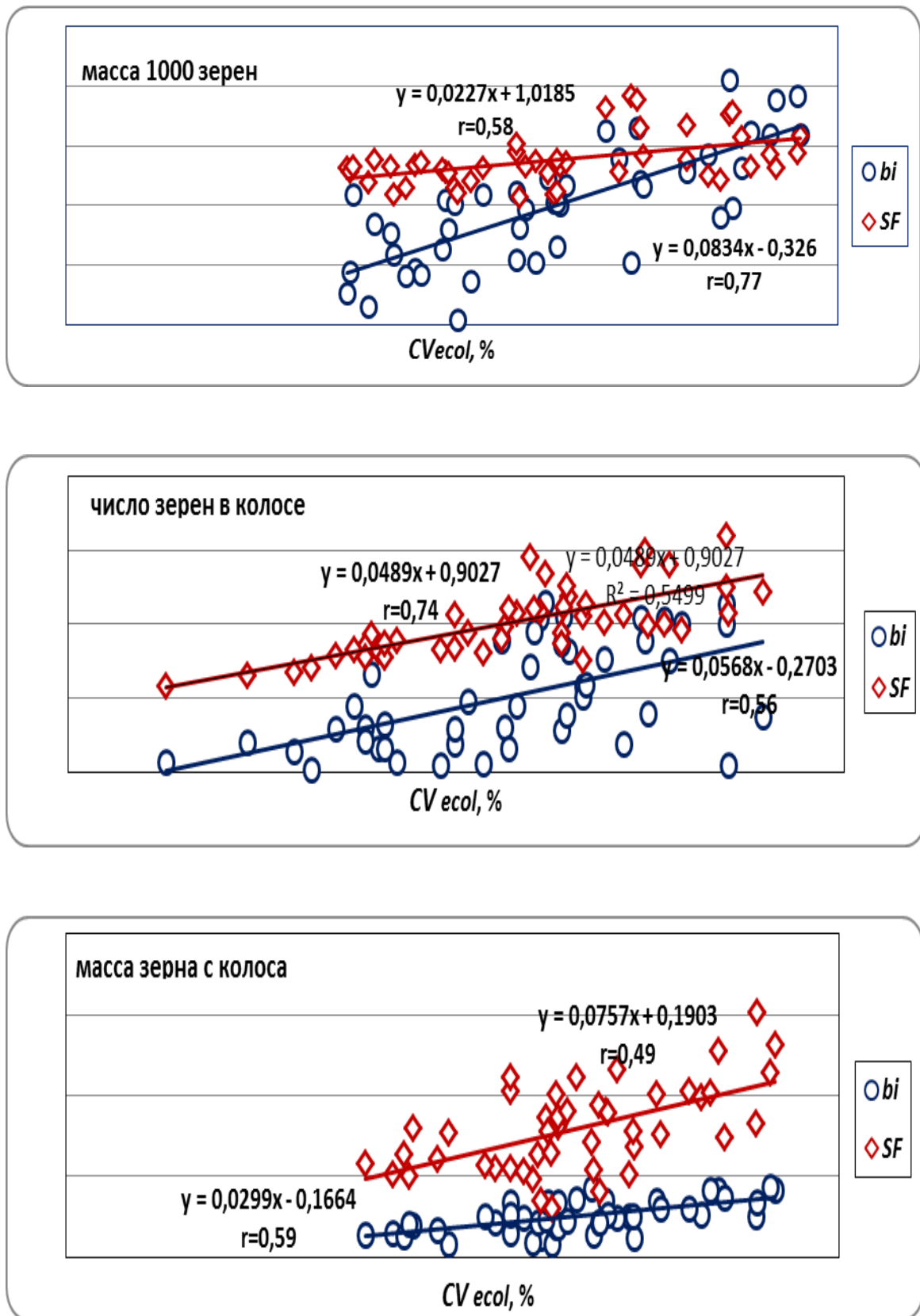


Рисунок 35 - Зависимость параметров SF и bi от уровня экологического варьирования линий ($CV_{экол}$) по высоте растения и признакам продуктивности колоса.

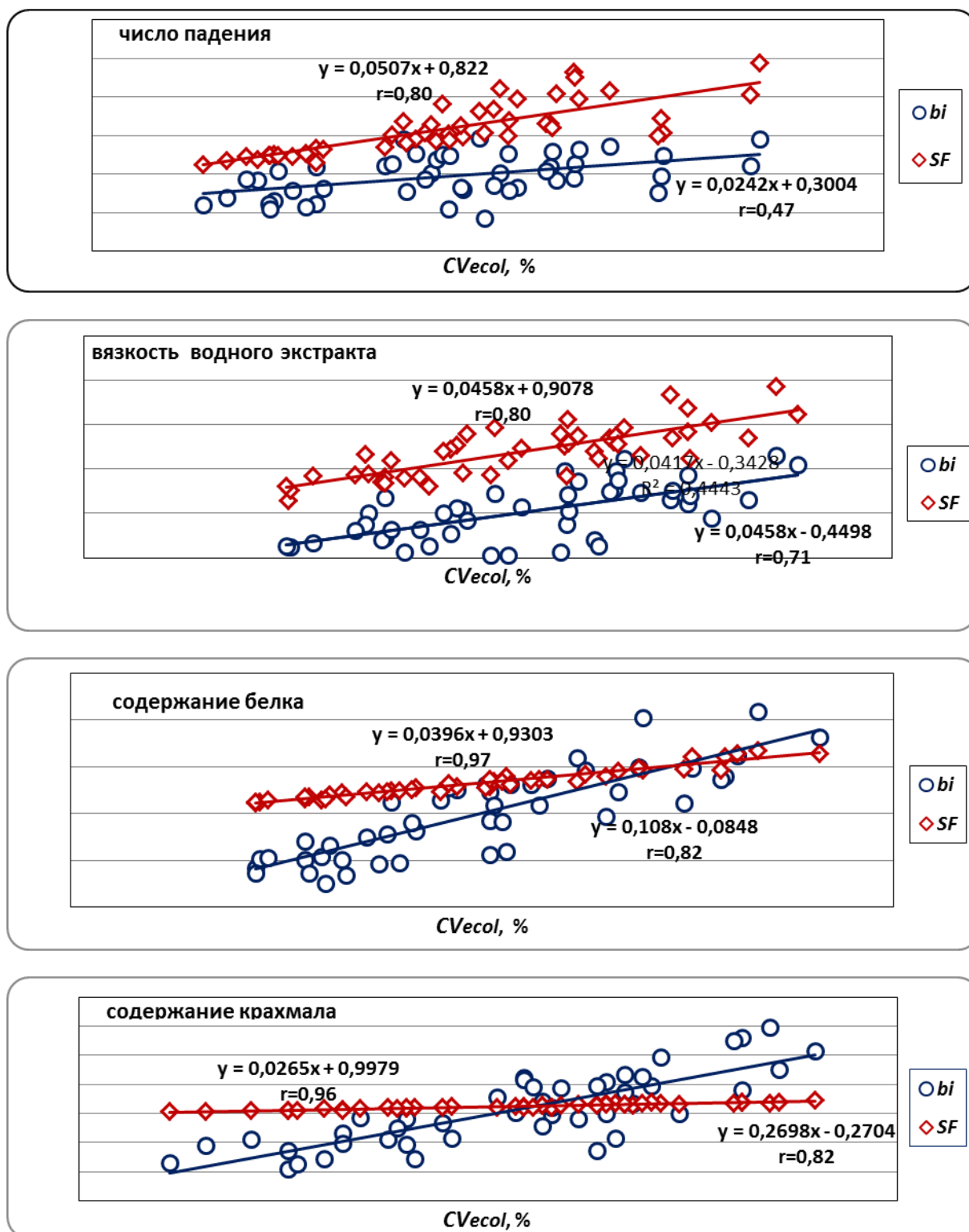


Рисунок 36 - Зависимость параметров SF и bi от уровня экологического варьирования линий ($CV_{экол}$) по признакам качества зерна.

Возникает вопрос: какие из них следует считать более ценными для селекции: относительно стрессоустойчивые, с низкой нормой реакции ($bi < 1$) и обеспечивающие высокую продуктивность в неблагоприятных условиях, или же генотипы экологически зависимые, фенотипически лабильные, с высокой пластичностью ($bi > 1$), обеспечивающие высокую продуктивность в благоприятных условиях. Для ответа на этот вопрос нами была проведена группировка линий по величине показателя CV_{ecol} . По каждому признаку были сформированы две равновеликие ($n=10$) и альтернативные (с низким и высоким экологическим варьированием) группы линий и вычислена средняя величина CV_{ecol} , bi , SF и X по каждой группе. Характеристика этих групп в сравнении с исходной выборкой представлена в табл. 74.

Данные показывают, что проведенный отбор в силу коррелятивных реакций вызвал заметную дифференциацию групп по фенотипической стабильности SF и норме реакции bi . По каждому признаку отбор линий с высокой экологической устойчивостью (группа Б) коснулся линий с повышенной фенотипической стабильностью (показатель SF снизился по сравнению с исходной группой) и более устойчивых к неблагоприятным условиям среды (показатель bi стал меньше 1). Наоборот, в группе В сконцентрировались линии с более высокой фенотипической нестабильностью (показатель SF увеличился в сравнении с исходной группой А) и повышенной нормой реакции на изменение условий произрастания (показатель bi был выше 1 по всем признакам).

Что касается динамики величины селектируемого признака X в сравнении с исходной группой А, то для линий группы Б четко просматривается тренд в сторону ее увеличения, а для линий группы В – в сторону уменьшения (рис. 37). Проверка характера и степени сопряженности параметров X и CV_{ecol} подтвердила закономерность такой динамики: по всем изучаемым признакам корреляция была отрицательной и варьировала пределах $r = -0,10 \dots -0,62$. При этом по 4 признакам (высота растений, число падения, содержание белка и

Таблица 74 - Характеристика групп инбредных линий, контрастно различающихся по адаптивным параметрам (А – исходная группа, n=50; Б – группа экологически устойчивых линий, n=10; В – группа экологически неустойчивых линий, n=10).

Признаки	Группы линий	Среднее по группе			Величина признака	
		CV_{ecol}	bi	SF	X	$t_{факт}$
Высота растений, см	А	16,9	1,0	1,68	92,5	-
	Б	13,1	0,78	1,48	98,6	1,86*
	В	22,0	1,29	1,90	87,9	1,51
Масса 1000 зерен, г	А	15,9	1,0	1,38	25,1	-
	Б	10,2	0,55	1,28	26,3	1,25
	В	22,3	1,53	1,47	24,9	0,23
Число зерен в колосе, шт.	А	22,8	1,01	2,02	33,0	-
	Б	13,0	0,44	1,49	33,3	0,23
	В	32,0	1,58	2,48	31,0	1,48
Масса зерна с колоса, г	А	39,7	1,01	3,17	0,81	-
	Б	28,8	0,64	2,61	0,88	1,53
	В	51,2	1,41	4,15	0,77	0,83
Число падения, с	А	27,1	0,99	2,19	206	-
	Б	12,9	0,50	1,44	263	3,09**
	В	41,4	1,33	2,90	175	1,74*
Вязкость водного экстракта, сП	А	32,7	0,99	2,41	6,40	-
	Б	19,2	0,50	1,81	6,45	0,10
	В	46,3	1,43	3,03	5,70	1,46
Содержание белка, %	А	10,0	0,99	1,32	14,5	-
	Б	5,4	0,49	1,30	15,1	1,78*
	В	15,4	1,58	1,33	14,0	1,50
Содержание крахмала, %	А	4,8	1,01	1,12	53,1	-
	Б	2,3	0,45	1,06	54,1	2,04**
	В	7,1	1,68	1,19	52,7	0,85

Примечание: * и ** - различие с группой А достоверно на 5% и 1% уровне значимости.

содержание крахмала) минус-отбор линий по показателю CV_{ecol} обусловил достоверное увеличение групповых средних в сравнении с контрольной группой А. Следовательно, экологически устойчивые линии ржи можно охарактеризовать как относительно длинностебельные, с более высоким числом падения и повышенным содержанием белка и крахмала в зерне. Что касается отбора линий, сочетающих короткостебельность с высокой адаптивностью по другим признакам, то задача в этом случае усугубляется, так как короткостебельные линии в большинстве своем являются экологически неустойчивыми. Короткостебельные линии не отличаются высоким потенциалом адаптивности, что создает трудности для селекции. Если исходить из того, что отрицательная корреляция между X и CV_{ecol} не является абсолютной, то есть надежда на ее преодоление с помощью масштабного и интенсивного отбора. Несколько упрощает проблему и то, что высота растений хорошо наследуется и легко тестируется при испытании межлинейных гибридов (Т. Miedaner, B.U. Muller et al., 2011).

Отмеченная выше отрицательная корреляция между фенотипической экспрессией и экологической стабильностью селектируемых признаков показывает, что стремиться к отбору экологически пластичных линий, ориентируясь по величине коэффициента bi , не следует, поскольку в этом случае отбираются линии, чувствительные не только к благоприятным, но и к неблагоприятным условиям. Линии с высокой отзывчивостью на перепад средовых факторов являются экологически неустойчивыми и нестабильными. Причина такой сопряженности кроется в генетической детерминированности нормы реакции, фенотипическое проявление которой сильно зависит от взаимодействия «генотип х среда» (F. Wehmann, H.H. Geiger, A. Loock, 1991).

На основе вышеизложенного мы приходим к заключению, что наиболее ценными для селекции являются экологически устойчивые инбредные линии, способные обеспечить относительно высокую продуктивность в неблагоприятных погодных условиях.

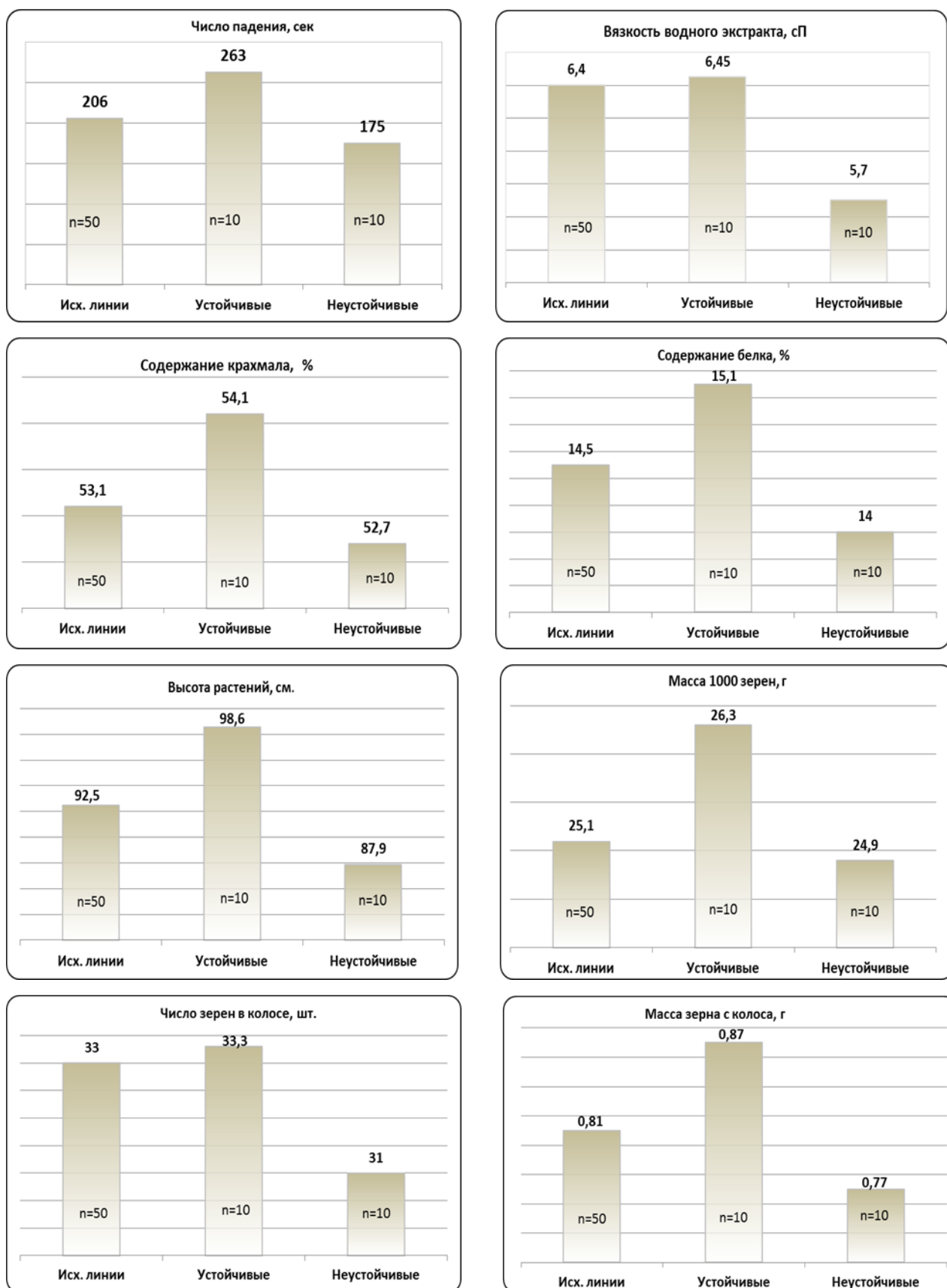


Рисунок 37 - Сравнительная оценка групп инбредных линий озимой ржи с различной экологической устойчивостью.

С целью выявления таких линий особый приоритет должна получить целенаправленная селекция на специфическую адаптацию к стрессовым погодным условиям, особенно тех, которые наиболее часто выходят за пределы биологического оптимума. Для ускорения такой оценки инбредные генотипы целесообразно испытывать в 4-5 разных экологических точках конкретного региона и как минимум на двух контрастных агрофонах по NPK - экстенсивном и интенсивном. Преимущество такого подхода состоит в том, что при небольшом числе лет испытания представляется возможность объективно оценить адаптивный потенциал селективируемых линий и отобрать лучшие из них для синтеза межлинейных гибридов.

8.4. Создание гетерозисного гибрида F₁ НВП-3.

Логическим продолжением селекционной работы с инбредными линиями является создание гетерозисных гибридов F₁ на основе ЦМС. В наших исследованиях таковым оказался первый в России гибридный сорт НВП-3. Гибрид получен в результате совместной работы Московского и Воронежского НИИСХ с немецкой фирмой Лохов-Петкус. Гибрид синтезирован по формуле, предложенной Н.С. Becker, Н.Н. Geiger, К. Morgenstern, (1982) –

$$(A_{\text{cms}} \times B_{\text{mf}}) \times C_{\text{Rf}} .$$

В данном случае A_{cms} – немецкая стерильная линия L₀55Р. B_{mf} – немецкая фертильная линия закрепитель L₀49Р. C_{Rf} – синтетик-восстановитель фертильности, созданный на базе сорта Валдай. Основное достоинство полученного гибрида – высокая урожайность и высокие хлебопекарные качества. Совместить эти свойства в генотипе одного сорта методами популяционной селекции – задача довольно трудная и длительная (А.А. Гончаренко, 2014). Урожайность гибрида за четыре года испытания в сравнении с сортом Валдай представлена в табл. 75. В среднем за три года конкурсного сортоиспытания гибридный сорт НВП-3 превысил стандарт

Валдай на 1,27 т/га или на 21,0%. Особенно во время испытаний выделяется 2000 год, когда превышение над стандартом составило +35,1%.

Таблица 75 - Урожайность гибрида НВП-3 в конкурсном сортоиспытании.

Сорта	Урожайность, т/га					
	2000	2001	2002	2003	средняя	%
Валдай, ст-т.	6,10	6,43	5,65	6,16	6,09	100,0
НВП-3	8,24	7,95	6,86	6,43	7,37	121,0
± к стандарту	+2,14	+1,52	+1,21	+0,27	+1,28	
НСР 05	0,41	0,40	0,37	0,62		

При этом в сравнении со стандартом (табл. 76), у НВП- 3 отмечена меньшая зимостойкость, чем у Валдая (на 12,7%). Это мы объясняем родословной гибрида, где две родительские формы из трех происходят из немецкого генопула, который по зимостойкости уступает российскому. Тем не менее, гибрид НВП-3 отличается способностью к более высокой регенерации растений весной, а также более высокой устойчивостью к снежной плесени, мучнистой росе и бурой ржавчине. Высота растений у нового сорта в среднем 126 см, что на 15 см ниже, чем у стандарта, благодаря чему он имеет более высокий балл устойчивости к полеганию (6,7 против 4,5 у стандарта).

Таблица 76 - Морфо-биологическая характеристика гибрида НВП-3

Сорта	Зимо-стойкость, %	Высота растений, см.	Устойчив. к полег., балл	Поражение, %		
				Снежная плесень	Мучн. роса	Бурая ржавчина
Валдай, ст.	97,3	141	4,5	38,1	20,0	25,5
НВП-3	84,6	126	6,7	29,4	15,8	21,1
± к станд.	-12,7	-15	+2,2	-8,7	-4,2	-4,4

Необходимо отметить, что за годы государственного испытания наивысший урожай гибридный сорт НВП-3 показал в 2005 г на Липецкой ГСС – 8,66 т/га, превысив стандарт Орловская 9 на 2,68 т/га или 44,8%.

Гибрид НВП-3 выгодно отличается по элементам структуры урожая (табл. 77). В сравнении с Валдаем он обладает более коротким (-0,6 см.) и плотным (+0,4 кол/см.) колосом, содержит большее число зерен в колосе (+3), а сам колос отличается повышенной озерненностью (на 4,3%).

Таблица 77 - Основные элементы структуры урожая гибрида НВП-3 (2000-2003).

Сорт	Число колосьев на 1 м ²	Колос						Масса 1000 зерен, г.
		Длина колоса, см	Число цветков шт.	Плотность, кол/см	Число зерен в колосе	Озерненность, %	Масса зерна с 1 колоса, г	
Валдай, станд.	420	7,8	54,7	3,5	45,1	82,7	1,45	32,2
НВП-3	471	7,2	55,5	3,9	48,1	87,0	1,56	33,8
± к станд.	+51	-0,6	+0,8	+0,4	+3,0	+4,3	+0,11	+1,6

Определенный вклад в прибавку урожая вносит более крупное, чем у стандарта, зерно. Масса 1000 зерен у НВП-3 стабильно превышала стандарт (в среднем на 1,6 г.).

С.И. Гордей и Э.П. Урбан (2004) отмечают, что при испытании гибридов НВП-3 в условиях Белоруссии эффект гетерозиса по зерновой продуктивности был обусловлен повышенной продуктивной кустистостью. У гибрида НВП-3 при урожайности 5,91 т/га продуктивный стеблестой составил 540 шт/м², что на 90 стеблей больше, чем у стандарта.

Гибрид НВП-3 сочетает в себе не только высокую урожайность но и хорошее качество зерна (табл. 78). Прежде всего следует отметить

значительное превосходство по числу падения (на 83 с), высоте амилограммы (на 135 е.а.), а также по вязкости водного экстракта (на 2,05 сП).

Таблица 78 - Технологическо-биохимическая оценка зерна гетерозисного гибрида НВП-3 (2000-2002).

Сорта	Число падения, с	Вязкость сП	Амилограмма, еа	Белок, %	Крахмал, %	Натура зерна, г/л	Объем хлеба, см ³	Формовой хлеб, балл	Отношение Н/D
Валдай станд.	183	5,05	282	12,0	60,8	727,8	274,0	4,1	0,22
НВП-3	269	7,10	417	11,7	61,3	711,5	274,0	3,9	0,27
± к станд.	+83	+2,05	+135	-0,3	+0,5	-16,3	0,0	-0,2	0,05

По содержанию белка и крахмала гибрид F₁ и стандарт различались незначительно, а по объему формового хлеба имели равные показатели. Однако по отношению Н/D, которое указывает на формоустойчивость (расплывание) теста, гибрид значительно лучше стандарта. Можно сказать, что гибрид НВП-3 по своим хлебопекарным качествам относится к первой группе качества по классификации А.А. Гончаренко, Н.С. Беркутова, Е.Н. Лазарева и др. (2009), т.е. он хорошо пригоден для выпечки подового и формового хлеба. Это подтверждается опытами В.М. Бебякина, Т.Б. Кулеватовой, С.В. Осиповой (2009). Ими было отмечено, что по результатам оценки зерна из урожая трех лет (2004-2006) гибрид НВП-3 выделялся повышенной смесительной способностью и по объемному выходу формового хлеба.

По длине вегетационного периода НВП-3 можно отнести к категории «среднеспелый», вегетационный период составляет 272-312 дней, созревает одновременно или на 1-2 дня раньше стандарта Валдай. Максимальные прибавки урожая гибрид обеспечивает при интенсивных технологиях

возделывания. Рекомендуется для возделывания в хозяйствах с уровнем урожайности более 4,0 т/га. Для посева используются только гибридные семена F_1 , полученные оригинатором сорта.

В 2004 г гибрид НВП-3 включен в Госреестр селекционных достижений РФ и рекомендован для выращивания в Северо-Западном, Центральном и Центрально-Черноземном регионах. В создании гибрида НВП-3 доля авторства диссертанта 3%. На гибрид получено авторское свидетельство № 37934 от 20.01.2004 г. (Приложение 13).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ВЫВОДЫ

1. Главной причиной снижения валовых сборов зерна озимой ржи в РФ является ее низкая конкурентоспособность в сравнении с другими культурами и низкий рыночный спрос на зерно со стороны основных потребителей. Рожь по темпам годового прироста урожайности в 1,6 раза уступает главной зерновой культуре – озимой пшенице. Основной причиной этого отставания является селекционное несовершенство создаваемых сортов. Поэтому главные усилия в улучшении ржи должны быть направлены на разработку и применение новых методов селекции, позволяющих создавать качественно новые сорта и гибриды, наиболее полно соответствующие запросам производства и обеспечивающие высокую рентабельность при меньшей интенсивности возделывания.

2. Эффективность семейного отбора у ржи можно повысить, если проводить его на базе высокогетерозисных популяций. Разработана и апробирована новая схема селекционного процесса, в основу которой положен метод семейно-сортовых скрещиваний по схеме топкросса. Его применение позволяет не только поддерживать высокий уровень гетерозиготности в селектируемых популяциях, но и эффективно использовать имеющийся запас внутрипопуляционной изменчивости по ряду признаков. Выявление гибридов, достоверно превышающих по урожайности средний популяционный уровень, служит надежным индикатором их высокой сортовой способности. С использованием метода семейно-сортовых скрещиваний созданы 4 сорта озимой ржи – Татьяна, Роксана, Грань и Парча, на которые получены патенты.

3. Основным недостатком семейного отбора у ржи является то, что он является наполовину индивидуальным и наполовину массовым. Такая половинчатость нежелательна, так как снижает результативность селекции. В целях решения проблемы предложена модифицированная схема селекции озимой ржи с использованием метода полносибсовых скрещиваний. В этой схеме объектом семейного отбора служат не гетерогенные полусибсы, генотип отцовских форм которых неизвестен, а относительно сходные по морфотипу

полносибсовые потомства. Благодаря этому полностью контролируется генотип обоих родителей, что повышает эффективность селекции.

4. Переопыление полносибсовых потомств приводит к родственному скрещиванию и увеличению инбридинга в популяции, что снижает ее урожайность. Установлено минимально допустимое количество родительских компонентов в случае их полносибсового родства. Проведены расчеты коэффициента инбридинга F , показывающие, что минимальное количество полносибсовых потомств, отобранных в качестве родоначальников новой популяции, составляет 40. В этом случае вероятный коэффициент инбридинга F составляет 0,78%, что не ведет к существенному снижению урожайности. Метод парных скрещиваний позволяет улучшить популяцию не только по урожайности, но и по короткостебельности, устойчивости к полеганию, способности формировать хорошо выровненный и более плотный стеблестой. На основе новой схемы селекции созданы сорта ржи Московская 12 и Московская 15, на которые получены патенты.

5. Проведено 10 циклов дивергентного отбора по вязкости водного экстракта (ВВЭ) на базе сортов Альфа и Московская 12. Эффективность отбора зависела как от генотипа сорта, так и от направления отбора. Отбор в плюс-направлении был более эффективным, чем в минус-направлении. После 10 циклов отбора потенциал ВВЭ увеличился у высоковязких популяций в 3,3-6,0 раза, а у низковязких популяций снизился в 2,6-3,5 раза. Дивергенция между популяциями достигалась в основном за счет сдвига в сторону высокой вязкости. При минус-отборе селекционный сдвиг достигался не только медленно, но и слабо варьировал под влиянием погодных условий года. Выявлено модифицирующее влияние погодных факторов, способных усиливать или ослаблять эффект отбора по признаку вязкости.

6. Многократный дивергентный отбор по ВВЭ коррелятивно затронул многие другие селекционно важные признаки. Высоковязкие популяции в сравнении с низковязкими были более урожайными (на 23,8%), имели более

устойчивый к полеганию стебель и лучшие хлебопекарные качества зерна. Наиболее сильно их превосходство проявилось по натуре зерна (на 7,9%), массе 1000 зерен (на 23,4%), числу падения (на 90 с), высоте амилограммы (в 5,4 раза), температуре клейстеризации крахмала (на 3,2°C). Низковязкие популяции давали сильно расплывающийся хлеб с липким и заминающимся мякишем, крупными порами и пустотами. Следовательно, методом дивергентного отбора можно целенаправленно изменять многие признаки качества зерна ржи в соответствии с задачами селекции.

7. Проведено сравнительное испытание 2-х групп сортов ржи, различающихся по типу короткостебельности: рецессивно-полигенному (13 сортов) и доминантно-моногенному (5 сортов). Экспериментально доказано, что по средней урожайности эти группы существенно не различаются (соответственно 6,62 т/га и 6,48 т/га). Однако в годы с неблагоприятными погодными условиями (сильно засушливые или сильно влажные) сорта с доминантно-моногенным типом короткостебельности достоверно снижают свою урожайность. Причиной тому является более высокая отзывчивость сортов этой группы на изменяющиеся погодные условия года ($b_i=1,20$ против $b_i=0,92$ у сортов с рецессивно-полигенным типом). Важное преимущество сортов с доминантно-моногенным типом короткостебельности состоит в более оптимальном сочетании признаков короткостебельности и зимостойкости.

8. Выявлены значительные межгрупповые различия по экологической пластичности (b_i) и стабильности (Si^2), обусловленные типом короткостебельности. Наиболее высокой пластичностью и стабильностью обладали сорта Пурга, Татьяна и ГК-985/01Н1 (доминантно-моногенный тип), а очень низкую пластичность в сочетании с низкой стабильностью показали сорта Восход 2 и Валдай (рецессивно-полигенный тип). Стабильно низкую отзывчивость на изменение погодных условий проявили сорта Московская 12, ГК-870/99 и ГК-796/02 (рецессивно-полигенный тип). В целом адаптивный потенциал сортов с рецессивно-полигенным типом короткостебельности можно

охарактеризовать как среднепластичные (среднеотзывчивые), а адаптивный потенциал сортов с доминантно-моногенным типом короткостебельности - как высокопластичные (высокоотзывчивые).

9. Сорта с рецессивно-полигенным типом короткостебельности достоверно превышают сорта с доминантно-моногенной короткостебельностью по высоте растений (в среднем на 11 см), но при этом не уступают им по устойчивости к полеганию (соответственно 6,5 и 6,2 балла). Это объясняется тем, что сорта с рецессивно-полигенным типом короткостебельности обладают большей прочностью соломины, чем относительно низкорослые сорта доминантно-моногенного типа. Поэтому при селекции неполегающих сортов на базе доминантно-моногенного типа короткостебельности необходимо проводить интенсивный отбор на короткостебельность в сочетании прочностебельностью.

10. Сорта ржи с доминантно-моногенным типом короткостебельности существенно уступают сортам с рецессивно-полигенным типом по натуре зерна (на 20 г/л), содержанию крахмала (1,7%), объемному выходу формового хлеба (16 см³), пористости мякиша (3%) и скорости его высыхания (0,04 %). Достоверное превосходство у этой группы сортов выявлено только по вязкости водного экстракта (ВВЭ) зернового шрота и формоустойчивости подового хлеба (отношение Н/Д). По другим признакам межгрупповые различия были незначительны, но у доминантно-короткостебельных сортов четко просматривалась тенденция в сторону более низкой экспрессии массы 1000 зерен, числа падения, высоты амилограммы, температуры клейстеризации крахмала и качества мякиша формового хлеба. Эти различия обусловлены влиянием доминантного аллеля H1 (DW1), который оказывает плеiotропное действие на многие признаки качества зерна.

11. Установлено, что сорта ржи с доминантно-моногенным типом короткостебельности характеризуются относительно высоким содержанием амилозы (20,7%) и низким содержанием амилопектина (79,3%), а сорта с

рецессивно-полигенным типом – более низким содержанием амилозы (13,7%) и высоким – амилопектина (86,3%). Эти различия обусловлены различиями в структуре крахмала. Доминантно-короткостебельные (низкоамилопектиновые) сорта по сравнению с рецессивно-короткостебельными (высокоамилопектиновыми) образуют клейстер разного качества, что подтверждается отмеченными различиями по пористости мякиша и скорости его высыхания. Рецессивный тип короткостебельности более перспективен при селекции ржи на высокое качество формового хлеба. При использовании доминантно-моногоенного типа короткостебельности необходимо проводить интенсивную селекцию на повышение натуры зерна и массы 1000 зерен.

12. В рамках программы гибридной селекции проведен многолетний (2006-2012) мониторинг 262 инбредных линий озимой ржи. Выделены линии с высокой массой зерна с растения (60,4...80,5% от уровня сорта Валдай), короткостебельные (57...75 см при 143 см у стандарта), менее поражающиеся снежной плесенью (22,9% против 40,1%), мучнистой росой (11,7% против 41,5%), бурой ржавчиной (8,1% против 20,4%), стеблевой ржавчиной (19,8% против 45,9%), ранокососящиеся (на 2,7 дня от средней по выборке). Выделены относительно зимостойкие и короткостебельные линии с высоким качеством зерна: Н-577, Н-649, Н-700, Н-842, Н-1011, Н-1071, Н-1078, Н-1120, Н-1238, Н-1276.

13. Инбредные линии наиболее сильно варьировали по ВВЭ ($C_v=39,7...61,6\%$) и числу падения ($C_v=27,5...38,7\%$), а относительно слабо - по содержанию крахмала ($C_v=4,9...6,9\%$) и белка в зерне ($C_v=10,6...12,3\%$). Показана возможность отбора инбредных линий озимой ржи с контрастной (более чем в три раза) вязкостью водного экстракта. Линии с высокой ВВЭ проявляют более сильное варьирование по годам, чем низковязкие. Относительно низковязкое зерно инбредные линии формировали во влажные годы, а более высоковязкое – в засушливые. Сходную реакцию инбредные линии проявляли по крахмалу и ЧП, но по белку такой тенденции не выявлено.

14. На межлинейном уровне признаки ВВЭ и ЧП очень слабо коррелируют между собой ($r=0,19$). По мере увеличения экспрессии этих признаков хлебопекарные качества улучшаются, по мере уменьшения – ухудшаются. Показана возможность разделения инбредных линий на четыре группы качества, позволяющих прогнозировать их технологические характеристики. Первая группа включает линии с сильной экспрессией признаков ВВЭ и ЧП. Зерно этих линий пригодно для выпечки качественного формового и подового хлеба. Вторую группу составляют линии с высокой ВВЭ и низким ЧП. Зерно этих линий лучше использовать для выпечки подового, а не формового хлеба. Третья группа включает линии с низкой ВВЭ и высоким ЧП. При таком сочетании признаков зерно лучше использовать для выпечки формового хлеба. К четвертой группе отнесены линии с низкой ВВЭ и низким ЧП. Такое зерно непригодно для выпечки хлеба, его лучше использовать для производства комбикормов.

15. Оценка инбредных линий в системе диаллельных скрещивании показала, что по урожайности простые гибриды F_1 в 3 раза превышают родительские формы. В сравнении со стандартом Валдай прибавка урожая у гибридов F_1 составила 0,64 т/га или 8,9%. Это превосходство подтверждается лучшей густотой продуктивного стеблестоя (на 40 стеблей), большим числом зерен в колосе (на 2 зерна) и большей массой 1000 зерен (на 0,5 г). Наиболее сильно гипотетический гетерозис проявился по урожаю зерна (203,4%), количеству продуктивных стеблей на 1 м² (67,1%), массе 1000 зерен (34,6%) и количеству зерен в колосе (37,5%).

16. Существенный вклад в дисперсию урожайности гибридов F_1 вносили общая (ОКС) и специфическая (СКС) комбинационные способности. Высокие эффекты ОКС имели линии Н-649 и Н-1179, а достоверно низкие оценки – линии Н-451 и Н-842. Высокий эффект гетерозиса по урожайности проявляли те гибриды, родители которых взаимно дополняли друг друга по структурным признакам. Высокая корреляции эффектов ОКС с массой 1000 зерен у линий

per se ($r=0,96\pm 16$) указывает на возможность прогнозировать ОКС инбредных линий по признаку крупности зерна. По урожайности и количеству зерен в колосе главный вклад в генетическую дисперсию вносили внутрилokusное доминирование и эпистаз. По массе 1000 зерен констатировано преобладание аддитивных эффектов генов.

17. Проведена оценка комбинационной способности инбредных линий в системе топкроссных скрещиваний. Достоверное влияние на дисперсию урожайности оказывали ОКС материнских форм и отцовских линий-тестеров, а также СКС отдельных сочетаний. Существенно высокую ОКС имели материнские линии Н-649, Н-577 и отцовская линия-тестер Н-1172. Высокие эффекты СКС можно получить не только при скрещивании линий с высокой ОКС, но и при сочетании линий с высокой и низкой ОКС. Надежным критерием при селекции таких линий может служить степень выраженности структурных признаков продуктивности.

18. Инбредные линии ржи существенно различаются по уровню экологической устойчивости и пластичности. На фенотипическое выражение признаков достоверное влияние оказывали генотип линий, погодные условия года и взаимодействие «генотип $\times$ среда». Наиболее сильно эффект генотипа линий проявлялся по массе 1000 зерен, числу падения и высоте растения, а эффект условий года – по высоте растений и содержанию белка в зерне. Следовательно, адаптивный потенциал инбредных линий необходимо селекционно улучшать, чтобы экологические стрессы не свели к минимуму тот эффект гетерозиса, который проявляется при скрещивании.

19. Коэффициенты наследуемости H^2 по всем изученным признакам были высоко достоверными ($F_{\text{факт.}}=6,8\dots 56,5$ при $F_{\text{табл.}}=2,18$), однако между ними имелись значительные различия. Наиболее высокая доля генетической дисперсии в общей фенотипической отмечена по содержанию белка, числу падения, массе 1000 зерен, содержанию крахмала, высоте растения и менее высокой она была по массе зерна с колоса и числу зерен в колосе. Корреляция

между инбредными линиями и их гибридами чаще всего проявлялась по признакам с высокой наследуемостью. Поэтому селекционную ценность инбредных линий лучше всего прогнозировать по признакам, которые не связаны с репродуктивными свойствами генотипа.

20. Выделены линии с низкой экологической зависимостью, способные сохранять стабильный фенотип в широком диапазоне внешних условий. Экологическое варьирование у них было в 1,5-4,5 раза ниже, чем в среднем по выборке. Линии Н-264 и Н-314 показали относительно высокую экологическую устойчивость по таким признакам как число зерен в колосе ($CV_{ecol}=5,0$ и $9,2\%$), масса 1000 зерен ($CV_{ecol}=12,3$ и $10,5\%$) и масса зерна с колоса ($CV_{ecol}=23,2$ и $26,9\%$). Ряд линий (Н-31, Н-451, Н-634, Н-841, Н-947) проявили низкую модификационную изменчивость даже по таким сильно варьирующим признакам как число падения и вязкость водного экстракта.

21. Выявлена значительная вариабельность инбредных линий по норме реакции на изменяющиеся погодные условия, что указывает на наличие среди них форм с разными адаптивными возможностями. Выделены линии, которые при благоприятно складывающихся погодных условиях очень сильно ($bi>1$) реагировали на увеличение содержания крахмала в зерне (Н-375, Н-650, Н-947), числа зерен в колосе (Н-576), вязкости водного экстракта (Н-576, Н-700, Н-947), массе 1000 зерен (Н-384), содержанию белка в зерне (Н-415, Н-576). Наоборот, по высоте растений интерес для селекции представляют линии с узкой ($bi<1$) нормой реакции на благоприятные условия. Среди короткостебельных линий таковыми оказались Н-264, Н-314, Н-375, Н-379, Н-700, Н-1039, Н-1079.

22. Экологически устойчивые линии ржи характеризуются как относительно длинностебельные, с высоким числом падения и содержащие повышенное количество белка и крахмала в зерне. Короткостебельные линии в большинстве своем являются экологически неустойчивыми, что создает трудности для селекции. Установлена отрицательная корреляция между фенотипической экспрессией и экологической стабильностью селектируемых

признаков. По этой причине стремиться к отбору экологически пластичных линий, ориентируясь по величине коэффициента bi , не следует, поскольку в этом случае отбираются линии чувствительные не только к благоприятным, но и к неблагоприятным условиям. Линии с высокой отзывчивостью на перепад средовых факторов являются экологически неустойчивыми и нестабильными. Наиболее ценными для селекции являются экологически устойчивые линии, способные обеспечить относительно высокую продуктивность в неблагоприятных погодных условиях. Для выявления таких линий особый приоритет должна получить селекция на специфическую адаптацию к стрессовым погодным условиям, особенно тех, которые наиболее часто выходят за пределы биологического оптимума.

23. На базе линейных синтетиков С-4115нв и С-4120вв, различающихся по вязкости водного экстракта (соответственно 3,2 сП и 8,5 сП), проведено сравнительное изучение кормовой ценности путем постановки прямых опытов по кормлению цыплят-бройлеров. На рационе с зерном С-4115нв без добавки фермента цыплята показали среднесуточные приросты на 14,6 % выше, а затраты корма на единицу прироста были на 13 % ниже, чем на рационе с высоковязкой рожью С-4120вв. По действию на рост цыплят рационы с низковязкой рожью С-4115нв не уступали рациону с пшеницей. Наоборот, высоковязкая рожь С-4120вв на этом фоне резко контрастировала и при отсутствии фермента снижала среднесуточный прирост цыплят по сравнению с пшеницей на 10,1%. Это указывает на возможность улучшения кормовой ценности зерна ржи методами селекции.

24. Совместно с Воронежским НИИСХ и немецкой фирмой КВС Лохов-Петкус создан гибрид F1 НВП-3. Основное его достоинство – высокая урожайность и хорошие хлебопекарные качества. За годы конкурсного сортоиспытания средняя урожайность составила 7,47 т/га, превысив стандарт Валдай на 1,28 т/га или на 21,0%. Гибрид имеет более высокую густоту продуктивного стеблестоя (на 51 стебель), крупное зерно (масса 1000 зерен 33,8

г. при 32,2 г. у стандарта), относительно короткий стебель (126 см при 141 см у стандарта) и более устойчив к полеганию (на 2,2 балла). В 2004 г. гибрид НВП-3 включен в Госреестр селекционных достижений РФ и рекомендован к возделыванию в Северо-Западном, Центральном и Центрально-Черноземном регионах. На гибрид НВП-3 получено авторское свидетельство.

Рекомендации для практической селекции и производства.

Селекционным учреждениям, ведущих селекцию озимой ржи, в целях повышения эффективности селекционного процесса рекомендуется:

1. При селекции сортов-популяций применять модифицированную схему селекционного процесса, в основу которой положен метод семейно-сортовых скрещиваний по схеме топкросса, а также схему селекции с использованием метода парных (полносибсовых) скрещиваний и клонирования.

2. При селекции озимой ржи на целевое использование применять интенсивный и многократный дивергентный отбор по признаку вязкости водного экстракта (ВВЭ).

3. При использовании доноров с доминантно-моногенным типом короткостебельности проводить интенсивную селекцию гибридных популяций с целью улучшения их по прочности стебля на излом, повышения натуры зерна и массы 1000 зерен.

4. При разработке сортовых агротехнологий учитывать специфические особенности адаптивного потенциала сортов, обусловленные типом их короткостебельности. Сорта с рецессивно-полигенным типом короткостебельности рационально выращивать в хозяйствах со средним по интенсивности агрофоном, а также в районах с частыми экстремальными погодными факторами. Сорта с доминантно-моногенным типом короткостебельности, как более отзывчивые на внешние факторы, целесообразно использовать в хозяйствах с более интенсивной технологией возделывания и районах с более благоприятными погодными условиями.

5. При селекции ржи на основе ЦМС использовать в качестве родительских компонентов простых межлинейных гибридов стерильные и фертильные аналоги инбредных линий Н-649, Н-577, Н-1179, Н-1172, Н-1185, Н-700, Н-842 и др., прошедших оценку на ОКС в системе диаллельных и топкроссных скрещиваний.

6. Использовать в рекуррентной селекции инбредные линии Н-577, Н-610, Н-1155, Н- 1172, Н-1173 (короткостебельные), Н-576, Н-826, Н-1011, Н-848 (крупнозерные), Н-610, Н- 1173, Н-1175 (высокое ЧП), Н-577, Н-720, Н-919, Н-506 (высокая ВВЭ), Н-48, Н-264, Н-312, Н-606 (низкая ВВЭ), Н-1029, Н-606, Н-641, Н-649, Н-451 (устойчивые к грибным болезням).

Сельскохозяйственным предприятиям и крестьянским фермерским хозяйствам рекомендуется внедрять сорта озимой ржи Татьяна, Роксана, Грань, Парча, Московская 12 и Московская 15, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ и допущенные к возделыванию по Центральному, Северо-Западному, Северо-Восточному, Центрально-Черноземному и Поволжскому регионам. Они отличаются высоким потенциалом урожайности (7-8 т/га), повышенной технологичностью и обеспечивают высокий экономический эффект.

Литература

1. Абрамова, И.М. Технологические требования к пшеничному и ржаному сырью, обеспечивающие высокое качество спирта и ликероводочных изделий / И.М. Абрамова // Хранение и переработка сельхозсырья. -2011. -№5. –С.62-67.
2. Арсенюк, Е. Селекция и производство ржи в Польше / Е. Арсенюк, Т. Олексиак // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Международной научно-практической конференции. –Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. –С.26-28.
3. Бамбышев, У.С. Селекция озимой ржи на засухоустойчивость в условиях степного Поволжья / У.С. Бамбышев, А.Н. Ковалева // Вопросы селекции, семеноводства и технологии возделывания озимой ржи в России: тез. докл. Всероссийского науч.-методич. совещания. –Самара, -2000. –С. 21-22.
4. Баталова Г.А. Селекция растений на Вятской земле. История, результаты, перспективы / Г.А. Баталова // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Международной научно-практической конференции. –Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. -204с.
5. Бебякин, В.М. Смесительная ценность сортов озимой ржи по объемному выходу подового и формового хлеба / В.М. Бебякин, Т.Б. Кулеватова, С.В. Осипова // Агро XXI. -2009. -№7-9. –С.14-16.
6. Бебякин, В.М. Экологическая пластичность и устойчивость сортов озимой ржи по качеству зерна в различных погодных условиях / В.М. Бебякин, У.С. Бамбышев, А.В. Прокофьева // С.-х. биология. -1995. - № 5. -С. 45-51.
7. Бебякин, В.М. Селекционная значимость критериев углеводного и амилазного комплексов зерна озимой ржи / В.М. Бебякин, Т.Е. Кулеватова, Н.М. Великанова // Основные итоги и приоритеты научного обеспечения АПК Евро-Северо-Востока. - Киров, 2005. - т.1. -С. 197-200.
8. Белугина, Н.О. Местные сорта озимой ржи – исходный материал для поиска хозяйственно-ценных признаков / Н.О. Белугина, И.В. Сафронова, В.И. Хорева // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка.

Материалы Всероссийской научно-практ. конференции. (г.Уфа, 1-3 июля 2009 г.) – Уфа, 2009. –С.110-111.

9. Беркутова, Н.С. Методы оценки и формирование качества зерна: Монография / Н.С. Беркутова. –М.: Росагропромиздат, 1991. -206с.
10. Бражников, П.Н. Исходный материал для селекции озимой ржи в условиях севера Томской области / П.Н. Бражников // Достижения науки и техники АПК. -2012. -№5. –С.
11. Брежнев, Д.Д. Значение гетерозиса как метода селекции / Д.Д. Брежнев // Бюлл. ВНИИ растениеводства. -1975. –Вып.48. –С.3-10.
12. Борович, С. Принципы и методы селекции растений / С. Борович. –М.: Колос, 1984. -344с.
13. Бржезицкий, А.П. Методы и результаты селекции озимой ржи / А.П. Бржезицкий // Тр. ВНИИЗ. – 1971. –Вып.72. –С. 65-66.
14. Бригс, Ф. Научные основы селекции растений / Ф Бригс, П. Ноулз. –М.: Колос, 1972. -399с.
15. Василенко, З.В. Влияние видовых особенностей зерновых культур на выход и качество пищевого этилового спирта / З.В. Василенко, Е.А. Цед, С.В. Волкова и др. // Производство спирта и ликероводочных изделий. -2010. -№1. – С.26-29.
16. Великовский В. Научно-исследовательская работа в области генетики и селекции ржи в ЧССР / В. Великовский // В кн. «Генетика и селекция ржи». Польша. Радзиков. -1979. –С.114-118.
17. Вольф, В.Г. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности / В.Г. Вольф, П.П. Литун, А.В. Хавелова, Р.И. Кузьменко // Харьков, 1980. -75с.
18. Галиев, Б.Х. Влияние комбикормов на мясную продуктивность бычков казахской белоголовой породы / Г.Х. Галиев, И.А. Рахимжанова и др. // Кормопроизводство. -2011. -№7. –С.41-43,

19. Гешеле Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений: Монография / Э.Э. Гешеле. –М.: Колос, 1978. -206с.
20. Глухих, К.А. Реакция сортов ржи на взаимное переопыление / К.А. Глухих // Селекция и семеноводство. -1956. -№5. -С.35-36.
21. Гончаренко, А.А. Некоторые вопросы селекции синтетических сортов озимой ржи / А.А. Гончаренко // Тр. Моск. с.-х. академии им. К.А. Тимирязева. -1977а. – Вып.234. –С.103-107.
22. Гончаренко, А.А. Сорт ржи Восход 1 / А.А. Гончаренко // Земледелие. - 1977б. -№7. –С.57-59.
23. Гончаренко, А.А. Некоторые особенности генетической системы короткостебельности у мутанта ржи ЕМ-1 / А.А. Гончаренко // С.-х. биология. - 1977в. –Т.ХII. -№6. –С.875-882.
24. Гончаренко, А.А. Повышение эффективности семейственного отбора в селекции озимой ржи / А.А. Гончаренко, В.М. Фокина // Сб. научн. трудов НИИСХ ЦРНЗ. -1977. -№41. –С.31-37.
25. Гончаренко, А.А. Эффективность семейственного отбора ржи по методу поликросса / А.А. Гончаренко // Селекция и семеноводство. -1979. -№1. –С.9-11.
26. Гончаренко, А.А. Интенсификация селекционной работы с озимой рожью // А.А. Гончаренко, В.М. Фокина // Зерновые культуры интенсивного типа Нечерноземной зоны РСФСР. –Л., 1979. –С.15-27.
27. Гончаренко, А.А. Некоторые особенности семейного отбора на основе поликросс-теста в селекции ржи (*Secale cereale* L.) / А.А. Гончаренко // Генетика. -1980. –Т.16. -№1. –С.123-135.
28. Гончаренко, А.А. Определение коэффициента инбридинга в популяциях ржи, полученных при семейном отборе / А.А. Гончаренко // Сельскохозяйственная биология. -1981. –Т.ХVI. -№2. –С.552-566.

29. Гончаренко, А.А. Новый сорт ржи для Нечерноземной зоны / А.А. Гончаренко, Ф.Т. Кондратенко // Селекция и семеноводство. -1981. -№4. –С.26-28.
30. Гончаренко, А.А. Пути повышения эффективности селекции озимой ржи в Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А.А. Гончаренко. –Немчиновка, Московская обл., 1984,а. -38с.
31. Гончаренко, А.А. Об использовании метода топкросса при семейном отборе у ржи / А.А. Гончаренко // Вестник с.-х. науки. -1984,б. -№11 (338) – С.68-73.
32. Гончаренко, А.А. Реакция популяций ржи на низкий уровень инбридинга / А.А. Гончаренко // Генетика. -1985. –Т.XXI. -№2. –С.274-282.
33. Гончаренко, А.А. Селекция озимой ржи с использованием метода семейно-сортовых скрещиваний / А.А. Гончаренко, Т.В. Семенова, С.А. Ермаков, С.И. Шадуро, С.И. Филиппов // Вестник с.-х. науки. -1991. -№11(422). –С.154-157.
34. Гончаренко, А.А. Дивергентный отбор по прочности стебля на излом у озимой ржи / А.А. Гончаренко, В.Н. Точилин // Вестник РАСХН. -1992. -№4. – С.24-27.
35. Гончаренко, А.А. Оценка пластичности и стабильности сортов озимой ржи / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, С.И. Шадуро, Т.В. Семенова // Вестник РАСХН. -1995. -№2. –С.38-41.
36. Гончаренко, А. А. Селекция озимой ржи на качество зерна / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, Т.В. Семенова, Н.С. Беркутова, Л.Ф. Ампилогова // Доклады РАСХН. -1995. -№ 5. -С. 9-11.
37. Гончаренко, А.А. Интегральная оценка адаптивного потенциала сортов озимой ржи / А.А. Гончаренко, А.В. Макаров, С.А. Ермаков, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин // Доклады РАСХН. -1996. -№4. –С.12-14.
38. Гончаренко, А.А. Современное состояние, проблемы и направления исследований по селекции озимой ржи в РФ / А.А. Гончаренко // Вопросы

селекции, семеноводства и технологии возделывания озимой ржи в России: тез. докл. Всероссийского науч.-методич. совещания. –Самара, -2000. –С. 1-4.

39. Гончаренко, А.А. Сравнительная оценка экологической адаптивности различных сортов озимой ржи / А.А. Гончаренко, А.В. Макаров // Вестник РАСХН. -2001. -№1. –С.64-67.

40. Гончаренко, А.А. Новые сорта озимой ржи / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин, А.В. Макаров, А.А. Шарахов. // Вестник семеноводства в СНГ. – 2001. -№3. –С.16-17.

41. Гончаренко, А.А. Сравнительная оценка сортов озимой ржи по различным показателям качества зерна / А.А. Гончаренко, Н.С. Беркутова, А.С. Тимощенко // Доклады РАСХН. -2002. -№5. –С.3-5.

42. Гончаренко, А.А. Селекция инбредных линий озимой ржи / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин, А.В. Макаров, А.А. Шарахов // Вестник РАСХН. -2002. -№2. –С.30-35.

43. Гончаренко, А.А. Селекционная оценка инбредных линий озимой ржи / А.А. Гончаренко, В.А. Трикозюк // Селекция и семеноводство. -2004. -№1. – С.13-17.

44. Гончаренко, А.А. Оценка хлебопекарных качеств зерна озимой ржи по вязкости водного экстракта / А.А. Гончаренко, Р.Р. Исмагилов, Н.С. Беркутова, Т.Н. Ванюшина, Д.С. Аюпов // Доклады РАСХН. -2005. -№1. - С.6 -9.

45. Гончаренко, А.А. Связь структуры крахмального комплекса озимой ржи с вязкостью водного экстракта / А.А. Гончаренко, А.С. Тимощенко // Доклады РАСХН. -2006,а. -№6. –С.6-10.

46. Гончаренко, А.А. Размер крахмальных зерен озимой ржи и его связь с вязкостью водного экстракта / А.А. Гончаренко, А.С. Тимощенко // Достижения и перспективы селекции и технологического обеспечения АПК в Нечерноземной зоне РФ. –Немчиновка, 2006,б. –С.187-197.

47. Гончаренко, А.А. Сравнительная оценка хлебопекарных качеств зерна у сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности / А.А. Гончаренко,

Н.С. Беркутова, А.С. Тимощенко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин // Доклады РАСХН. -2007. -№6. –С.3-7.

48. Гончаренко, А.А. Новый сорт озимой ржи Московская 12 / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин // проблемы селекции и технологии возделывания зерновых культур: материалы науч. конф. 18-19 марта 2008а. –Новоивановское (Немчиновка) –С.46-52.

49. Гончаренко А.А., Ермаков С.А., Макаров А.В., Точилин В.Н. Семенова Т.В., Цыганкова Н.В. Селекционная оценка инбредных линий озимой ржи по вязкости водного экстракта // Сельскохозяйственная биология.- 2008,б.- №1.- С. 33-39.

50. Гончаренко, А.А. Селекционная оценка инбредных линий ржи по признакам качества зерна / А.А. Гончаренко, Н.С. Беркутова, Е.Н. Лазарева, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин, А.С. Тимощенко // Вестник РАСХН. -2009. -№1. –С.42-46.

51. Гончаренко А.А. Использование метода парных скрещиваний в селекции озимой ржи / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин // Роль генетических ресурсов и селекционных достижений в обеспечении динамичного развития сельскохозяйственного производства. Научный сборник материалов Международной научно-практической конференции, дня поля и Ярмарки сортов. –Орел, 2009а. –С.37-47.

52. Гончаренко А.А. Использование метода парных скрещиваний в селекции озимой ржи / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин // Вестник Орел ГАУ / Орловский гос. аграрный ун-т. -2009в. - №3(18). –С.15-19.

53. Гончаренко, А.А. Селекция озимой ржи по методу парных скрещиваний / А.А. Гончаренко // Сельскохозяйственная биология. -2010. -№1. –С.110-116.

54. Гончаренко, А.А. Дивергентный отбор по вязкости водного экстракта у озимой ржи / А.А. Гончаренко, А.С. Тимощенко, Н.С. Беркутова, С.А. Ермаков, А.В. Макаров и др. // Доклады РАСХН. -2011. -№4. –С.3-8.

55. Гончаренко, А.А. Оценка хлебопекарных качеств зерна популяций озимой ржи с контрастной вязкостью водного экстракта / А. А. Гончаренко, Н.С. Беркутова, С.А. Ермаков, А.В. Макаров и др. // Вестник РАСХН. -2011. - №6. –С.30-33.
56. Гончаренко, А.А. Перспективы улучшения кормовой ценности зерна ржи методами селекции / А.А. Гончаренко // Достижения науки и техники АПК. - 2012. -№11.- С.7-10.
57. Гончаренко, А.А. Диаллельный анализ признаков качества зерна у инбредных линий озимой ржи / А.А. Гончаренко, С.В. Крахмалев, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин // Доклады РАСХН. – 2012. - № 6. - С. 14-19.
58. Гончаренко, А.А. Оценка питательной ценности зерна озимой ржи с различным уровнем ВВЭ / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, В.Г. Рядчиков и др. // Вестник РАСХН. -2012. -№2. – С.28-32.
59. Гончаренко, А.А. Генетический анализ признаков продуктивности озимой ржи в диаллельных скрещиваниях / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, С.В. Крахмалев, А.В. Макаров и др. // Вестник Саратовского ГАУ. -2012а. - №10. –С.25-29.
60. Гончаренко, А.А. Диаллельный анализ инбредных линий озимой ржи по признакам продуктивности / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, С.В. Крахмалев, А.В. Макаров и др. // Зерновые и крупяные культуры. -2012б. –№2. –С.99-107.
61. Гончаренко А.А. Состояние производства и селекция озимой ржи в Российской Федерации / А.А. Гончаренко // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 28-29 июня 2012 г). –Екатеринбург, 2012. –С.5-11.
62. Гончаренко, А.А. Пути повышения эффективности селекции озимой ржи в условиях Нечерноземной зоны РФ / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров и др. // Селекция зерновых культур и технология их возделывания в

Центральном федеративном округе РФ (Материалы науч.-практ. конференции) –Москва, 2013. –С.143-150.

63. Гончаренко, А.А. Селекция озимой ржи с применением метода клонирования / А.А. Гончаренко // Зерновое хозяйство России. -2013. - №3. – С.22-28.

64. Гончаренко, А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи: монография / А.А. Гончаренко // -М.: 2014. -372 с.

65. Гончаренко, А.А. Оценка экологической стабильности и пластичности инбредных линий озимой ржи /А.А. Гончаренко, А.В. Макаров, С.А Ермаков и др. // Российская сельскохозяйственная наука (Доклады РАСХН). -2015. - №1-2. – С.3-9.

66. Гордей, С.И. Селекция гибридных сортов озимой диплоидной ржи в Беларуси / С.И. Гордей, Э.П. Урбан // Стратегия и тактика экономически целесообразной адаптивной интенсификации земледелия. –Минск. -2004. - Т.2:Селекция и защита растений. -С.11-17.

67. Гордей, И.А. Генетические основы селекции гибридных сортов ржи (*Secale Cereale L.*) / И.А. Гордей, С.И. Гордей, Э.П. Урбан // Молекулярная и прикладная генетика. -2008. –Т.8. –С.41-51.

68. Гуляев, Г.В. Генетика / Г.В. Гуляев. -2-е изд. – М., «Колос», 1977. -360с.

69. Деревянко, В.П. Актуальные вопросы гетерозисной селекции озимой ржи / В.П. Деревянко, Д.К. Егоров // -Харьков: 2008. -150с.

70. Дименштейн, Ф.И. Биохимия ржи / Ф.И. Дименштейн, А.И. Ермаков, М.И. Княгиничев и др. // Биохимия культурных растений. -М.: Сельхозгиз. 2 изд. -1958. –Т.1. –С.165-232.

71. Дидовик, Т.И. Изучение гетерозиса у озимой ржи с использованием мужскистерильных форм / Т.И. Дидовик // Научн. техн. Бюлл. Всес.селек.-генет. ин-та. -1974. – Вып.23. – С. 11-14.

72. Ермолаева, Т.Я. Озимая рожь, как продовольственная культура / Т.Я. Ермолаева, Н.Н. Нуждина // Озимая рожь: селекция, семеноводство,

технологии и переработка. Материалы Всероссийской научно-практ. конф.- Екатеринбург, 28-29 июня 2012г. –Екатеринбург. -2012.- С.125-128.

73. Жученко, А.А. Адаптивный потенциал культурных растений: монография / А.А. Жученко // -Кишинев.: Штиинца, 1988. -767 с.

74. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России: Монография / А.А. Жученко. –М.: Агрорус, 2004. -1111с.

75. Жученко, А.А. Рожь – важнейшая продовольственная и кормовая культура России / А.А. Жученко // Агропродовольственная политика. -2012. - №3. –С.14-21.

76. Здрилько А.Ф. Цитоплазматическая мужская стерильность у ржи / А.Ф. Здрилько // сб. Селекция и семеноводство, Киев. -1966. –Вып.5. –С.68-69.

77. Зимин, С. Рожь в комбикормовой продукции / С. Зимин // Комбикормовая промышленность.- 1993. - № 5-6. –С. 30-31.

78. Иванов, А.П. Рожь: Монография / А.П. Иванов. -Л.: -Сельхозиздат, 1961. - 304с.

79. Ильичёв, Г.А. Эффект гетерозиса у межсортовых гибридов озимой ржи / Г.А. Ильичёв // Селекция и семеноводство. -1980. -№2. - С.14-16.

80. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова. – Москва.- 2003. - 456 с.

81. Кветный, Ф. М. Слово из печи... Отчего черствеет хлеб и как замедлить его черствение / Ф.М. Кветный, В.В. Щербатенко // Химия и Жизнь. -1982. - №11. –С.12-17.

82. Кедрова, Л.И. Изучение комбинационной ценности сортов озимой ржи в условиях Северо-Востока / Л.И. Кедрова, В.М. Бебякин // Первая науч.-методич. конф. по селекции и семеноводству с.х. культур зоны Северо-Востока. –Киров, 1972. –С.36-38.

83. Кедрова, Л.И. селекция озимой ржи на толерантность к кислым почвам / Л.И. Кедрова, Ю.П. Савельев, Т.К. Шешегова, И.Г. Широких // Вопросы

- селекции, семеноводства и технологии возделывания озимой ржи в России: тез. докл. Всероссийского научно-методич. совещания. – Самара. -2000. –С.30-31.
84. Кедрова, Л. Экструдированная рожь в рационах телят / Л. Кедрова, В. Косолапов, В. Косолапова // Животноводство России. -2003. -№10. -20-21.
85. Кедрова, Л.И. Итоги и перспективы научных исследований по озимой ржи на евро-северо-востоке России / Л.И. Кедрова, Ю.П. Савельев, Т.К. Шешегова, Н.К. Лаптева // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Международной научно-практической конференции. –Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. –С.35-42.
86. Кедрова, Л.И. Методологические аспекты адаптивной селекции озимой ржи на Северо-Востоке Европейской части России / Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина и др. // Озимая рожь: селекция, семеноводство, переработка: Сб. науч. труд. По материалам научно-практ. конференции, г.Саратов, 5-6 июля 2006 г. –Саратов, 2008. –С.33-38.
87. Кедрова, Л.И. Биологические основы производства озимой ржи на Северо-Востоке РФ / Л.И. Кедрова, Е.И. Уткина, Е.А. Шляхтина и др. // Достижения науки и техники АПК. -2012. -№6. –С.21-23.
88. Кедров-Зихман, О.О. Формирование популяций на основе оценки компонентов по второму поколению поликроссных гибридов / О.О. Кедров-Зихман // Теоретические и экспериментальные исследования по математической генетике. –Минск: Наука и техника, 1973. –С.96-113.
89. Кедров-Зихман, О.О. Поликросс-тест в селекции растений: Монография / О.О. Кедров-Зихман. –Минск: Наука и техника, 1974. -127с.
90. Кедров-Зихман, О.О. Плейотропный эффект гена короткостебельности на самофертильность и массу зерен у диплоидной озимой ржи. / О.О. Кедров-Зихман, Л.Н. Понятовская, В.В. Ермоленков // Доклады АН БССР. – 1988. - Т. 39. -№ 1. –С.75-77.

91. Кехлинг, И. Селекция по стабилизации на высоком уровне урожайности озимой ржи / И. Кехлинг // Генетика и селекция ржи. –ПНР, Радзиков, 1979. – С.48-55.
92. Кириллова, Н.П. Механохимическая обработка зерна в спиртовом производстве с использованием мельницы кавитационного измельчения / Н.П. Кириллова, М.Г. Кузнецов и др. // Материалы II Всероссийской конференции “Химия и технология растительных веществ” –Казань. -2002. –С.82-83.
93. Ключко, П.Ф. Пути использования гетерозиса у озимой ржи // П.Ф. Ключко, А.А. Белоусов // Научн.-техн. бюлл. Всес. селек.-генет. ин-та. -1974. – Вып.23. –С.8-10.
94. Ключко, П.Ф. Изучение гетерозиса и мужской стерильности у озимой ржи / П.Ф. Ключко, А.А. Белоусов // Бюлл. ВИР. -1975. –Вып. 48. –С.44-45.
95. Кобылянский, В.Д. Явление мужской стерильности у ржи / В.Д. Кобылянский // Селекция и семеноводство. -1962. -№3. –С.71.
96. Кобылянский, В.Д. Новый источник короткостебельности для селекции неполегающей ржи / В.Д. Кобылянский // Вестник с.-х. науки. М: Колос. -1971, №9.-С. 58-63.
97. Кобылянский, В.Д. Изучение гетерозиса у межсортовых гибридов озимой ржи / В.Д. Кобылянский, Ю.А. Косов // Селекция и семеноводство. -1971. -№1. –С.43-44.
98. Кобылянский, В.Д. Некоторые итоги изучения гетерозиса и возможности использования ЦМС у озимой ржи / В.Д. Кобылянский // Бюлл. ВИР. 1974. - Вып. 40. - С. 28-33.
99. Кобылянский, В.Д. Эффект гетерозиса у диплоидной ржи / В.Д. Кобылянский // Бюлл. ВИР. 1975. - Вып. 48. - С. 26-30.
100. Кобылянский, В.Д. Перспективы использования гетерозиса в селекции гибридной ржи / В.Д. Кобылянский, Н.С. Лапиков // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. ВНИИ растениеводства. -1976. –Вып.2. –Т.58. – С.128-154.

101. Кобылянский, В.Д. Получение короткостебельных гибридов озимой ржи на стерильной основе / В.Д. Кобылянский, А.Г. Катерова, Н.С. Лапиков // Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции. ВИР. -1978. –Т.63. –Вып.2. –С.94-100.
102. Кобылянский, В.Д. Перспективы создания гибридной короткостебельной ржи на стерильной основе / В.Д. Кобылянский, Н.С. Лапиков, А.Г. Катерова // Цитоплазматическая мужская стерильность растений. Сб.научных трудов. Киев: Наукова думка. -1979. –С.36-39.
103. Кобылянский, В.Д. Основные проблемы селекции озимой ржи в СССР и перспективы их решения / В.Д. Кобылянский //Tagungsber Akad. Landwirtschaftswiss DDR. -1982a. -№198. –S.31-46.
104. Кобылянский, В.Д. Рожь. Генетические основы селекции: Монография / В.Д. Кобылянский. –М.:Колос, 1982б. -272с.
105. Кобылянский, В.Д. Рожь: Культурная флора СССР: в 2 т. / В.Д. Кобылянский, А.Е. Корзун и др.; под ред. В.Д. Кобылянского. –Л.: Агропромиздат, 1989. –т.2, 368с.
106. Кобылянский, В.Д. Результаты и перспективы селекции гибридов озимой ржи с использованием ЦМС / В.Д. Кобылянский, Н.С. Лапиков, А.Г. Катерова, Т.Т. Ерошенко // Селекция ржи: материалы симпозиума ЕУКАРПИЯ. –Л., ВИР, 1990. –С.28-32.
107. Кобылянский, В.Д. Создание сортов ржи, устойчивых к бурой, стеблевой ржавчине и мучнистой росе / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина // Озимая рожь. Селекция, семеноводство, технологии и переработка. Материалы научно-практической конференции. Киров. -2003. –С.90-92.
108. Кобылянский, В.Д. Селекция зернофуражной озимой ржи / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина // Достижения науки и техники АПК. -2012,а. - №6. –С.31-34.
109. Кобылянский, В.Д. Элементы технологии селекции сортов озимой ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и

переработка. Материалы Всероссийской научно-практ. конф.-Екатеринбург, 28-29 июня 2012г. –Екатеринбург. -2012,б.- С.20-24.

110. Кобылянский, В.Д. Теоретические основы селекции зернофуражной ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина // Сельскохозяйственная биология. -2013. -№2. –С.31-39.

111. Ковалева, А.Н. Перспективы селекции озимой ржи на светлозерность / А.Н. Ковалева, Т.Я. Ермолаева, Н.Н. Нуждина и др. // Аграрный вестник Юго-Востока. -2010. -№2(5). –С.4-6.

112. Колясинска, И. Предварительная оценка родительских компонентов в программе селекции гибридов ржи / И. Колясинска // Селекция ржи. (Материалы симпозиума ЕУКАРПИА). -1990. –С.32-36.

113. Кондратенко, Ф.Т. Селекция озимой ржи на неполегаемость / Ф.Т. Кондратенко // Селекция и семеноводство. -1967. -№2. –С.38-42.

114. Кондратенко, Ф.Т. Результаты изучения гибридов озимой ржи, полученных с участием мутанта ЕМ-1 / Ф.Т. Кондратенко, А.А. Гончаренко // Селекция и семеноводство. -1974. -№6. –С.15-18.

115. Кондратенко, Ф.Т. Озимая рожь Восход 1 / Ф.Т. Кондратенко, А.А. Гончаренко, А.А. Морозов // Земля родная. -1975. -№10. –С. 15-16.

116. Кондратенко, Ф.Т. Изучение гетерозиса у межсортовых гибридов озимой ржи / Ф.Т. Кондратенко, А.А. Морозов // Бюлл. ВНИИ растениеводства. -1975. –Вып.48. –С.31-37.

117. Коростелов, А.В. Исследование процесса получения солодов для приготовления виски / А.В. Коростелов, И.В. Новикова, Д.А. Палашкин, С.В. Востряков // Производство спирта и ликероводочных изделий. -2011. -№1. – С.21-24.

118. Краснюк, А.А. Узкородственное разведение у ржи / А.А. Краснюк // XXV лет Саратовской опытной станции. –М.: -1935. –С.230-242.

119. Краснюк, А.А. Селекция и семеноводство ржи на Юго-Востоке СССР / А.А. Краснюк // -М.: Огиз-Сельхозгиз, 1948. -174с.

120. Кубара, Л. Анатомические свойства флагового листа инбредных линий ржи как показатель отбора на урожай / Л. Кубара // В кн. «Генетика и селекция ржи». Польша. Радзиков. -1979. –С.59-78.
121. Кунакбаев, А. О создании короткостебельных сортов озимой ржи. / А. Кунакбаев, Н.И. Лещенко // - Селекция и семеноводство, 1976. -№ 4 -С. 23-27.
122. Купцов, А.И. Элементы общей селекции растений / А.И. Купцов. – Новосибирск: Наука, 1971. -375с.
123. Лапиков, Н.С. Гетерозисные гибриды озимой ржи / Н.С. Лапиков // Бюлл. ВИР. -1973. –Вып.29. –С.41-45.
124. Лапиков, Н.С. Комбинационная способность некоторых сортов озимой ржи / Н.С. Лапиков // Бюлл. ВИР. -1974. –Вып.41. –С.14-17.
125. Лапиков, Н.С. Соматический гетерозис у гибридов озимой ржи / Н.С. Лапиков // Бюлл. ВИР. -1975. –Вып.48. –С.72-78.
126. Лаптева, Н.К. Пищевая ценность и энергетический потенциал мучных кондитерских изделий с использованием ржаного сырья / Н.К. Лаптева, Л.В. Митькиных // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка. Материалы Всероссийской научно-практ. конф.-Екатеринбург, 28-29 июня 2012г. –Екатеринбург. -2012.- С.141-146.
127. Левахин, В.И. Эффективность использования комбикормов различного состава в рационах молодняка крупного рогатого скота / В.И. Левахин, Б.Х. Галиев, и др. // Доклады РАСХН. -2013,а. -№1. –С.42-44.
128. Левахин, В.И. Влияние комбикормов с включением озимой ржи на азотистый, энергетический обмен и продуктивность подопытных бычков / В.И. Левахин, Б.Х. Галиев, и др. // Зоотехния. -2013,б. -№8. –С.3-5.
129. Лещенко, Н.И. Роль генофонда в создании высокоадаптивных сортов ржи Башкортостана / Н.И. Лещенко, А.Х. Шакирзянов и др. // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка. Материалы Всероссийской научно-практ. конф.-Екатеринбург, 28-29 июня 2012г. –Екатеринбург. -2012.- С.71-76.

130. Литун, П.П. Пластичность генотипов по продуктивности на ранних этапах селекции / П.П. Литун, М.В.Шевченко, Г.М. Субота // Селекция и семеноводство, Укр. НИИ раст-ва, селекции и генетики., ВСГИ. -1982. –Вып.50. –С.11-15.
131. Любименко, В.Н. Курс общей ботаники: Монография / В.Н. Любименко. –Берлин: Госиздат, 1923. -1023с.
132. Мадей, Л. Изучение мужской стерильности у ржи / Л. Мадей // Бюлл. ВИР. -1975. –Вып.48. –С.16-18.
133. Мадей, Л. Изменчивость содержания неусвояемых некрахмальных полисахаридов у инбредных линий ржи / Л. Мадей, К. Рачиньска-Бояновска, Й. Ситарски, К. Рыска // Селекция ржи (Материалы симпозиума ЕУКАРПИА). - 1990. –С.126-132.
134. Макаров, А.В. Оценка адаптивного потенциала сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности: автореф. дис. канд. с.х. наук: 06.01.05 / А.В. Макаров. –Немчиновка, Моск. обл., 1998. -20с.
135. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур). –М., 1988. -120с.
136. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй (зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры). –М., 1989. -195с.
137. Михайлов, Н.В. Состояние и перспективы селекции озимой ржи в Самарском НИИСХ / Н.В. Михайлов, Г.А. Сюкова, А.А. Бишарев // Вопросы селекции, семеноводства и технологии возделывания озимой ржи в России: Тез. докл. Всероссийского научно-методического совещания. –Самара, 2000. –С.14-17.
138. Михайлова, Е.И. Основные итоги селекционных работ с озимой рожью / Е.И. Михайлова // Повышение производительности песчаных почв. Тр. Новозыбковской опытной станции. -1969. –Вып.3. –С.32-63.

139. Михайлова, Е.И. Сорты озимой ржи Новозыбковской с.-х. опытной станции и методы их выведения / Е.И. Михайлова // Селекция, семеноводство и агротехника озимой ржи. Тр. ВАСХНИЛ. –М.: Колос, 1971. –С.110-117.
140. Мухин, Н.Д. Влияние межсортового переопыления на урожай, зимостойкость и другие свойства озимой ржи / Н.Д. Мухин // Рефераты международной конференции по ржи (Познань). –Варшава, 1965. –Т.3. –С.1-17.
141. Никулина, Т.Н. Целебная сила ржи / Т.Н. Никулина // Достижения науки и техники АПК. -2012. -№6. –С.5-7.
142. Овсянкина, А.В. Основы отбора исходного материала зерновых культур, обладающих устойчивостью к фузариозным заболеваниям, на примере озимой ржи / А.В. Овсянкина // Агро XXI. -2011. -№4-6. –С.12-14.
143. Околелова, Т. Новые возможности использования ржи в комбикормах для бройлеров / Т. Околелова, Л. Криворучко, Д. Бадаева, С. Молоскин // Комбикорма. – 2001. – № 1. – С. 51–52.
144. Околелова, Т. Рожь вместо пшеницы в комбикормах для птицы / Т. Околелова //Животноводство России. -2001.- №5. -С.16-18.
145. Пакудин, В.З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В.З. Пакудин, Л.М. Лопатина // Сельскохозяйственная биология. -1984. -№ 4. –С.109-113.
146. Панченко И.А. Проявление эффекта гетерозиса при межсортовой гибридизации озимой ржи / И.А. Панченко // Селекция и семеноводство. Респ. науч. сборник. -1972. –Вып.21. –С.56-61.
147. Пахомова, В.П. Пути повышения эффективности отбора в пределах сорта озимой ржи / В.П. Пахомова // Бюл. Украинского НИИ растениеводства, селекции и генетики. Харьков. -1958. -№4. –С.10-14.
148. Пахомова, В.П. Селекция ржи на зимостойкость / В.П. Пахомова // Селекция и семеноводство. -1962. -№4. –С.68-70.
149. Пахомова, В.П. Селекция на зимостойкость / В.П. Пахомова // Научн. тр. Украинского НИИ раст-ва, селекции и генетики. Харьков. -1964. –Т.8. –С.19-26.

150. Пахомова, В.П. Селекция озимой ржи / В.П. Пахомова // Селекция и семеноводство. Киев: Урожай. -1965. –Вып 3. –С.49-58.
151. Пахомова, В.П. Озимая рожь – важная продовольственная культура / В.П. Пахомова, Д.М. Щербина // -Киев: Урожай, 1967. -124с.
152. Пономарева, М.Л. Пути повышения эффективности селекционной работы с озимой рожью в республике Татарстан / М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев // Озимая рожь. Селекция, семеноводство и переработка: Материалы Международной науч.-практ. конф. 7-9 июля 2003г. –Киров, 2003. –С. 43-45.
153. Пономарева, М.Л. Грибные болезни озимой ржи и их вредоносность / М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев // Культурные растения для устойчивого сельского хозяйства в XXI веке (иммунитет, селекция, интродукция). -2011. –Том IV. –С.158-164.
154. Пономарева, М.Л. Ведущие направления селекции озимой ржи в Республике Татарстан / М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. (28-29 июня 2012г. –Екатеринбург, 2012. –С. 59-62.
155. Попов, Г.И. Значение закона полезности переопыления растений для селекции / Г.И. Попов // Тр. ин-та / Литовский НИИ земледелия. -1970. –Вып.4. –С.23-30.
156. Попов, Г.И. Селекция и семеноводство озимой ржи / Г.И. Попов, В.Т. Васько. –Л.: Колос. Ленингр. отд., 1979.-224с.
157. Потапова, Г.Н. Результаты и перспективы селекции озимой ржи в Свердловской области / Г.Н. Потапова, К.А. Галимов, П.Н. Худорожкова // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. (28-29 июня 2012г. –Екатеринбург, 2012. –С. 24-28.
158. Пугач, Н.Г. Селекция сортов озимой ржи, адаптированных для Северо-Запада России / Н.Г. Пугач, В.Д. Кобылянский и др. // Вопросы селекции,

- семеноводства и технологии возделывания озимой ржи в России: тез докл. Всероссийского науч.-метод. совещания. –Самара, 2000. –С.22-24.
159. Рудницкий Н.В. Новый сорт ржи / Н.В. Рудницкий // Селекция и семеноводство. -1938. №2. -С. 18—20.
160. Русаков, Р.В. Эффективность разных способов подготовки зерна озимой ржи в кормлении высокопродуктивных коров / Р.В. Русаков, В.М. Косолапов // Достижения науки и техники АПК. -2012. -№6. –С.61-64.
161. Санин С.С. Болезни зерновых колосовых культур (рекомендации по проведению фитосанитарного мониторинга) / С.С. Санин, Е.А. Соколова, В.И. Черкашин и др. -М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. -140с.
162. Серебровский, А.С. Генетический анализ: Монография / А.С. Серебровский. –М.: Наука, 1970.-344с.
163. Соболев, А.М., Жданова Л.П. Отложение веществ в запас / К.Н. Данович, А.М. Соболев, Л.П. Жданова и др. // Физиология семян. –М.: Наука, 1982. – С.48-101.
164. Спрэг, Дж. Ф. Селекция кукурузы / Дж. Ф. Спрэг // Кукуруза и ее улучшение. –Москва, Иностранная литература, 1957. –С.163-222.
165. Сысуев, В.А. Комплексные научные исследования по озимой ржи – важнейшей национальной и стратегической зерновой культуре РФ / В.А. Сысуев // Достижения науки и техники АПК. -2012. -№6. –С.8-11.
166. Тахтаджян, А.Л. Вопросы эволюционной морфологии растений: Монография / А.Л. Тахтаджян. –Ленинград: изд. ЛГУ, 1954. -214с.
167. Тимощенко, А.С. Весовой метод определения содержания пентозанов в зерне озимой ржи / А.С. Тимощенко, А.А. Гончаренко // Доклады Россельхозакадемии. -2004. -№4. –С.8-11.
168. Тимощенко, А.С. Адаптация роторного вискозиметра VT5L/R к определению относительной вязкости водного экстракта зернового шрота озимой ржи / А.С. Тимощенко, А.А. Гончаренко, Е.Н. Лазарева // Сельскохозяйственная биология -2008.- №5. –С.110-115.

169. Турбин, Н.В. Метод реципрокной селекции межлинейных гибридов на основе межсортовых скрещиваний / Н.В. Турбин, Л.Н. Каминская // Методика генетико-селекционных и генетических экспериментов. –Минск: Наука и техника, 1973. –С.3-10.
170. Турбин, Н.В. Периодический отбор в селекции растений / Н.В. Турбин, Л.Н. Хотылева, Л.Н. Каминская –Минск: Наука и техника, -1976. -144с.
171. Урбан, Э.П. Итоги и перспективы селекции озимой ржи в Беларуси / Э.П. Урбан, Т.В. Бирюкович, Д.Ю. Артюх // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка. Материалы Всероссийской научно-практ. конф.-Екатеринбург, 28-29 июня 2012г. –Екатеринбург. -2012.- С.67-71.
172. Фолконер, Д.С. Введение в генетику количественных признаков: Монография / Д.С. Фолконер. -М.: Агропромиздат, 1985. -485с.
173. Хавкин, Э.Е. Молекулярная селекция растений: ДНК-технология создания новых сортов сельскохозяйственных культур / Э.Е. Хавкин // Сельскохозяйственная биология. -2003. -№4. –С.26-29.
174. Хаджинов М.И. Селекция перекрестноопыляющихся растений / М.И. Хаджинов, Б.А. Паншин // Теоретические основы селекции растений. — М., 1935.-Т.1.-С. 569-595.
175. Харченко, П.Н. ДНК-технологии в развитии агробиологии в развитии агробиологии / П.Н. Харченко, В.И. Глазко. –М.: Воскресенье, 2006. -473с.
176. Худоерко, В.И. Проявление гетерозиса у озимой ржи / В.И. Худоерко, И.А. Панченко // Бюлл. ВНИИ растениеводства. -1975. –Вып.48. –С.38-43.
177. Чайкин, В.В. Перспективные морфотипы озимой ржи / В.В. Чайкин, Е.А. Тороп, А.А. Тороп // Зерновое хозяйство России. -2010. -№4 (10). –С.46-50.
178. Чайкин, В.В. Результаты и направления селекции озимой ржи в центрально-черноземном селекцентре / В.В. Чайкин, А.А. Тороп, С.А. Кузьменко и др. // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка. Материалы Всероссийской научно-практ. конф.-Екатеринбург, 28-29 июня 2012г. –Екатеринбург. -2012а.- С.39-43.

179. Чайкин, В.В. Результаты селекции озимой ржи в центрально-черноземном селекцентре / В.В. Чайкин, А.А. Тороп, С.А. Кузьменко и др. // Достижения науки и техники АПК. -2012г. -№5. –С.8-10.
180. Чеховская, Э.С. Стерильные формы озимой ржи / Э.С. Чеховская // Селекция и семеноводство. -1965. -№5. –С.53-54.
181. Шагиев, Х.Х. Комбикорма с повышенным содержанием ржи в кормлении молодняка свиней / Х.Х. Шагиев, А.Р. Абдрафиков, А.Я. Яхин // Свиноферма. - 2009. -№3. –С.20-25.
182. Шакирзянов, А.Х. Устойчивый рост величины и качества урожая – важная задача селекции / А.Х. Шакирзянов, Н.И. Лещенко, А.И. Юсупова и др. // Озимая рожь. Селекция, семеноводство, технологии и переработка. Материалы научно-практической конференции. Киров. -2003. –С.52-56.
183. Шешегова, Т.К. Проблема устойчивости озимой ржи к фузариозной инфекции и пути ее решения в Северо-Восточном селекцентре / Т.К. Шешегова, Л.И. Кедрова и др. // Озимая рожь. Селекция, семеноводство, технологии и переработка. Материалы научно-практической конференции. Киров. -2003. –С.94-96.
184. Шмальц, Х. Селекция растений: Монография / Х. Шмальц. –М.: Колос, 1973. -296с.
185. Щеклеина, Л.М. Новый исходный материал для селекции озимой ржи на устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине на Северо-Востоке НЗ России /Л.М. Щеклеина, В.Д. Кобылянский // Озимая рожь. Селекция, семеноводство, технологии и переработка. Материалы научно-практической конференции. Киров. -2003. –С.112-113.
186. Юрьев, В.Я. Изоляция озимой ржи и влияние переопыления на разные сорта / В.Я. Юрьев // Селекция и семеноводство. -1938. -№11. –С.19-21.
187. Юрьева, О.Л. Исходный материал для гибридной селекции озимой ржи в условиях ЦЧЗ / О.Л. Юрьева, С.П. Еременко, Р.З. Мамедов // Озимая рожь,

Селекция, семеноводство, технология и переработка: Материалы Международной науч.-прак. конф. 7-9 июля 2003г. –Киров, 2003. –С.67-69.

188. Adolf, K. A new source of spontaneous sterility in winter rye / K. Adolf, A. Winkel // Eucarpia meeting of the cereal section on rye. 11-13 June 1985. –Svalov, Sweden, 1985. –P.293-306.

189. Becker, H. C. Performance and Phenotypic Stability of Different Hybrid Types in Winter Rye / H. C. Becker, H. H. Geiger, K. Morgenstern // Crop Science. -1982. – Vol.22. –Iss.2. –P.340-344.

190. Becker, H. Pflanzenzüchtung: Monographie / H. Becker. –Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 2010. -368s.

191. Bengtsson S., Isolation and chemical characterization of water-soluble arabinoxylans in rye grain / S. Bengtsson, P. Aman // Carbohydrate Polymers.-1990.- V.12. –Iss.3. –P.267-277.

192. Bengtsson, S. Content, structure and viscosity of soluble arabinoxylans in rye grain from several countries / S. Bengtsson, R. Andersson, E. Westerlund, P. Aman // J.of the Science of Food and Agriculture. – 1992.-V.58(3). -P.331-337.

193. Blumtritt, T. Roggenmarkt / T. Blumtritt // Roggen: Getreide mit Zukunft! – DLG-Verlag GmbH, 2007. –S.7-13.

194. Boros, D. Extract Viscosity as an Indirect Assay for Water-Soluble Pentosan Content in Rye / D. Boros, R. R. Marquardt, B. A. Slominski, W. Guenter // Cereal Chemistry. -1993. –V.70. -№ 5. –P.575-580.

195. Boros, D. The nutritional approach in rye hybrid breeding / D. Boros, L. Madej // International Symposium on Rye Breeding Genetics University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. 27-29 June. 1996. Eucarpia. –H.35. - S. 140-141.

196. Boros, D. Perspectives of selection for better nutritive quality of rye / D. Boros, L. Madej, J. Jagodzinski // Plant Breed. Seed. Sci. -1997. –V.41. –P.81-89.

197. Boros, D. Influence of water extract viscosity and exogenous enzymes on nutritive value of rye hybrids in broiler diets / D. Boros, M.R. Bedford //J. Animal and Feed Sciences. -1999.- V.8. -P.579-587.

198. Boros, D. Quality aspects of winter rye for feed purposes / D. Boros // International Symposium on Rye Breeding and Genetics / Federal Centre for Breeding Research on Cultivated Plants, Groß Lüsewitz, Germany. Vortr. Pflanzenzuechtung. -2007. –V.71. –S.80-85.
199. Bujak, H. Diallel analysis of agronomic traits in winter rye / H. Bujak // Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting. Juli 4-7. -2001. Radzikow. Poland. – P.59-67.
200. Campbell, G.L., Genotypic and environmental differences in rye fed to broiler chicks with dietary pentosanase supplementation / G.L. Campbell, D.A. Teitge, H.L. Classen // Can. J. Anim. Sci.- 1991.-V.71. –P. 1241-1247.
201. Cyran, M.R. Depolymerization Degree of Water-Extractable Arabinixylans in Rye Breed: Characteristics of Inbred Lines Used for Breeding of Bread Cultivars / M.R. Cyran, A. Ceglinska, I Kolasinska. // J. Agric.Food Chem.- 2012. -V. 60 (35). - P.8720-8730.
202. Darvey, N.L. Rye developments in Australia / N.L. Darvey, et.al. // International Symposium on Rye Breeding Genetics University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. 27-29 June. 1996. Eucarpia. –H.35. - S. 62-63.
203. Eberhart, S.A. Stability Parameters for Comparing Varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russel // Crop Science. -1966. –Vol.6. –P.36-40.
204. Eshed, Y. A genome-wide search for wild-species alleles that increase horticultural yield of processing tomatoes / Y. Eshed, M. Abu-Abied., Y. Suranga, D. Zamir // Theor. Appl. Genet. -1992. –V.93. –P..877-886.
205. Flamme, W. Developing rye germplasm for alternative uses: Quality assessment methods and progress from selection / W. Flamme, P. Dill, G. Jansen, S. Roux // Beiträge zur Züchtungsforschung. -1997. –B.3. –H.1. –S.26-40.
206. Flehinghaus, T. Anther-culture ability in *Secale cereal L.* / T. Flehinghaus, S. Deimiling, H.H. Geiger // Plant Breeding. -1995. –V.114. –P.259-261.

207. Friesen, O.D. The effect of enzyme supplementation on the nutritive value of rye grain (*Secale cereale*) for the young broiler chick/ O.D. Friesen, W. Guenter, B.A. Rotter, R.R. Marquardt. // Poultry Science.-1991.-V.70. –Iss.12. –P.2501-2508..
208. Fruwirth, C. Geschlechtliche Mischung von Roggenformenkreisen / C. Fruwirth // Zeitschr. Pflanzenzüchtung. -1913. -Bd.1. -S. 504-507.
209. Gallias, A. Prediction of the Line Value of a Genotype from a Top Cross with a Single Cross Hybrid / A. Gallias // Plant Breeding. -1989. –V.103. –Is.4. –P.265-269.
210. Gama, E.E.G. Relation between inbred and hybrid traits in maize / E.E.G. Gama, A.R. Hallauer // Crop Sci., -1977. –V.17. –P.703-706.
211. Geiger, H. H. Cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereale* L.) / H. H. Geiger, F.W. Schnell // Crop Science -1970. –Vol.10. –P.590 –593.
212. Geiger, H.H. Wiederherstellung der Pollenfertilität in cytoplasmisch männlich sterilem Roggen / H.H. Geiger // Theor. And Appl. Genet. -1972. –V.42. –Iss.1. –P.32-33.
213. Geiger, H.H. Hybridzüchtung, ein Weg zu höheren Leistungen des Roggens / H.H. Geiger, F.W. Schnell // Getreide, Mehl und Brot. -1973. –V.27. –S.245-249.
214. Geiger, H.H. Alternativen der heutigen Roggen Züchtung. / H.H. Geiger //Getreide Mehl und Brot.- 1975.- Vol.8(29).-P.197-202.
215. Geiger, H. H. Angewandte-genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen / H.H. Geiger, K. Morgenstern // Theoretical and Applied Genetics. -1975. –Vol.46 (6). –P. 269-276.
216. Geiger, H.H. Struktur der Heterosis von Komplexmerkmalen bei Winterroggen – Einfachhybriden / H.H. Geiger, G. Wahle // Z. Pflanzenzüchtung. -1978, -V.80 - №3. –P.198-210.
217. Geiger, H.H. Stand der Hybridzüchtung bei Roggen / H.H.Geiger, K. Morgenstern // Getreide Mehl und Brot. -1979. - V.33, -№9. - S.225-231.
218. Geiger, H.H. Breeding methods in diploid rye (*Secale cereale* L.) / H.H. Geiger // Tag.-Ber.Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin. -1982. –B.198, -S.305-332.

219. Geiger, H.H. Hybrid breeding in rye / H.H. Geiger // Proceedings of the EUCARPIA Rye Meeting, Svalov, Sweden. -1985. –P. 237-265.
220. Geiger H.H. Epistasis and heterosis / H.H. Geiger // In: B.S. Weir (Ed.). Proceeding of Second International International Conference on Quantitative Genetics. 31 May - 5 June 1987. Raleigh. NC.Sinauer Assoc. Inc.. Sunderland. MA. USA. -1987. –P.395-399.
221. Geiger H.H. Zuchtung / H.H. Geiger // In: Seibel, W. und W.Steller. Roggen - Anbau, Verarbeitung, Markt. Behr's Verlag, Hamburg, - 1988. -S.25-43.
222. Geiger, H.H. Wege, Fortschritte und Aussichten der Hybridzüchtung / H.H. Geiger // In G. Haug, G. Schuhmann und G. Fischbeck (Hrsg.) Pflanzenproduktion im Wandel. VCH Verlagsges., Weinheim -1990. –S. 41-72.
223. Geiger, H.H. Environmental sensitivity of cytoplasmic genic male sterility (CMS) in *Secale cereale* L. / H.H. Geiger, Y. Yuan, T. Miedaner, P. Wilde // Genetic Mechanisms for Hybrid Breeding. –Berlin, 1995. –P.7–17.
224. Geiger, H. H. Genetic basis and phenotypic stability of male-fertility restoration in rye / H. H. Geiger, T. Miedaner // Vortr. Pflanzenzuechtg. -1996. – V.35. –P.27-38.
225. Geiger, H.H. Hybrid rye and Heterosis. / H.H. Geiger, T. Miedaner // Genetics and exploitation of Heterosis in crops. Edited by Coors JG, Pandey S. Madison, Wisconsin: Crop Sci. Soc. America, -1999. –P.439-450.
226. Geiger, H.H., Heterosis of factorial interpool single crosses among elite winter rye inbred lines / H.H. Geiger, P. Wilde, M. Erfurt, I. Pakas // Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting , Juli 4-7, 2001, Radzikow, Poland, p.19.
227. Geiger, H.H. Strategies of hybrid rye breeding/ H.H. Geiger //Vortr. Pflanzenzucht. 2007. –V.41, -P.1-5.
228. Geiger, H.H. Rye Breeding / H.H. Geiger, T. Miedaner.// Handbook Cereals. By Editor Marcelo J. Carena, Springer Science + Business Media;LLC, -2009. - Vol.3, –P.157-181.

229. Griffing, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems/ B. Griffing //Austral. J. Biol. Sci, -1956. –V.9. –P.463-493.
230. Griffing B., Zsiros E. Heterosis associated with genotype-environment interaction/ B. Griffing, E. Zsiros // Genetics, -1971. –V.68. –P.443-455.
231. Hagberg, A. Heterosis in some crosses between populations of rye and red clover / A. Hagberg // Hereditas. -1952. –V.38. –P.506-510.
232. Hayes, H.K. Synthetic production of high protein corn in relation to breeding / H.K. Hayes, R.J. Garber // Journ. Amer. Soc. Agron. -1919. –V.11. –P.309-318.
233. Hayman B.I. The theory and analysis of diallel crosses / B.I. Hayman // Genetics. -1954. –V.39. –P.789-809.
234. Henry R.J. A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains / R.J. Henry // J. Sci. Food and Agric. -1985.-V. 36. -№ 12.- P.1243-1253.
235. Hepting, L. Analyse eines 7×7-Sortendallels zur Ermittlung geeignet Ausgangsmaterials für die Hybridzuchtung bei Roggen / L. Hepting // Z. Pflanzenzucht. -1978. –V.80. –S.188-197.
236. Hoffmann, W. Die Grundlagen der Heterosiszuchtung zur Erzeugung “synthetischer Sorten” / W. Hoffmann // Klny. az Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae-ből. - Budapest : Akad. Ny, 1956. –P.181-188.
237. Jenkins, M.T. Methods of Testing Inbred Lines of Maize in Crossbred Combinations / M.T. Jenkins, A.M. Brunson // J. Amer. Soc. Agron. -1932. –V.24. –P.523-530.
238. Jestin, L. L’amélioration du seigle / L. Jestin, A. Berbigier // In: Bull Tech. Inf. Minist. Agric., 1978 –P.93-96.
239. Jurgens, H.-U. Characterization of Several Rye Cultivars with Respect to Arabinoxylans and Extract Viscosity / H.-U. Jurgens, G. Jansen, C.B. Wegener // J. of Agricultural Science. - 2012. - V.4. - №5. - P.1-12.
240. Karpenstein-Machan, M. Progress in rye breeding / M. Karpenstein-Machan, R. Maschka // International Symposium on Rye Breeding & Genetics / University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. -1996. –Heft 35. -S.7-14.

241. Kast, W. Studies on the inheritance of mildew resistance in rye. I. Results from inbred lines and F1 crosses / W. Kast, H. Geiger // Tag. Ber. Acad. Landwirtschaft. – Wiss. DDR, 1982. – Bd.198. – H2. – P.497-508.
242. Kolasińska, I. Zmienność cech związanych z wartościążywieniową w liniach wsobnych żyta / I. Kolasińska, R. Osiński, A. Osińska. // Biul. IHAR -1998 – V.205/206. – P. 59-69.
243. Kolasinska, I. Combining ability for selected characters in winter rye / I. Kolasinska, S. Wegrzyn // Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting, Juli 4-7. 2001. Radzikow. Poland. – P.91-96.
244. Kolasinska, I. Quantitative characteristic of rye inbred lines / I. Kolasinska, D. Boros, L. Madej, A. Cygankiewicz // Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting, Juli 4-7. 2001. Radzikow. Poland. – P. 315-318.
245. Korzun, V. Application of microsatellite markers to distinguish inter-varietal chromosome substitution lines of wheat (*Triticum aestivum* L.) / V. Korzun, A. Börner, A. J. Worland, C. N. Law, M. S. Röder // Euphytica. -1997. -Vol. 95. -Iss.2. - P.149-155.
246. Kucerova, J. Effects of Lokation and Year on Technological Quality and Pentosan Content in Rye / J. Kucerova // Czech J. Food Science. -2009. -V.27.- P.418-424.
247. Kyriakou, D.T. Effects of competition and selection pressure on yield response in winter rye (*Secale cereale* L.) / D.T. Kyriakou, A.C. Fasoulas // Euphytica. -1985. –V.34. -№3. –P.883-895.
248. Lapinski, M. Estimates of heterosis effects and combining ability of seven inbred lines of rye (*Secale cereale* L.) in diallel crosses / M. Lapinski // Genet. Pol. - 1976. –V.17. -№3. –P.293-308.
249. Laube W. Getreide Zuchtung. Roggen (*Secale cereal* L) / W. Laube, F. Quadtt // Handbuch der Pflanzenzuchtung. –Berlin. -1955. –Bd.2. –S.35-160.

250. Lewis, D. Gene-environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability / D. Lewis // *Heredity*. -1954. –V.8. -P. 333-356.
251. Madej L. Variability of the Content of Soluble Non-Digestible Polysaccharides in Rye Inbred Lines / L. Madej, K. Raczynska-Bojanowska, K. Rybka. // *Plant Breeding*. -1990. –V.104. –Is.4. –P.334-339.
252. Madej, L. Breeding approach to the improvement of feeding quality of rye grain / L. Madej // *Hodowla Roslin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo* -1994. –V.38 (5). –P.91-94.
253. Madej, L.J. Worldwide trends in rye growing and breeding / L.J. Madej // *International Symposium on Rye Breeding & Genetics / University of Hohenheim, Stuttgart, Germany*. -1996. –Heft 35. -S.1-6.
254. McDaniel R.G. The physiology of temperature effect on plants / R.G. McDaniel // *Breeding Plants for Less Favorable Environments* // -Wiley, New York, 1982. –P. 13-47.
255. McLeod, J.G. Extract viscosity and feeding quality of rye / J.G. McLeod, Y. Gan, G.J. Scoles, G.X. Campbell // *International Symposium on Rye Breeding Genetics University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. 27-29 June. 1996. Eucarpia*. –H.35. - S. 97-108.
256. Mengersen, F. G. Untersuchungen uber die Ausnutzung von Inzucht und Heterosis in der Roggenzuchtung / F. G. Mengersen // *DLG-Nachr. Pflanzenz*, 1950. –S.115-133.
257. Miedaner, T. Components of variation for quantitative adult-plant resistance to powdery mildew in winter rye /, T. Miedaner, H.K. Schmidt, H.H. Geiger // *Phytopathology*, -1993. –Iss.10. –Vol.83. –P.1071-1075.
258. Miedaner, T. Mapping of genes for male-fertility restoration in ' Pampa ' CMS winter rye (*Secale cereale* L.) / T. Miedaner, C. Glass, F. Dreyer, P. Wilde, H. Wortmann, H.H. Geiger // *Theor. Appl. Genet.* -2000. –V.101. –P.1226-1233.

259. Miedaner T. Zuchtung / T. Miedaner // Roggen: Getreide mit Zukunft! –DLG-Verlag GmbH, 2007. –S.27-51.
260. Miedaner, T. Genetic architecture of plant height in winter rye introgression libraries / T. Miedaner, B.U. Muller, H.-P. Piepho, K.C. Falke // Plant Breeding. - 2011. –Vol.130 –Iss.2. –P.209-216.
261. Miedaner, T. Association between line per se and testcross performance for eight agronomic and quality traits in winter rye / T. Miedaner, D.D. Schwegler, P. Wilde, J.C. Reif //Theor. and Applied Genetics. -2014. –V.127. (1). –P. 33-41.
262. Misir, R. Factor affecting rye (*Secale cereale* L.) utilization in growing chicks. III. Influence of milling fraction/ R. Misir, R.R. Marquardt //Canadian Journal Animals Science. - 1978. -Vol.58. –P.703-717.
263. Muntzing, A. Genetical effects of duplicated fragment chromosomes in rye / A. Muntzing // Hereditas. -1943,a. –Vol.29. –Iss.1-2. –P.91-112.
264. Muntzing, A. Double crosses of inbred rye / A. Muntzig // Botanica Notiser. - 1943,b. –P.333-345.
265. Muszynski, S. High protein content in induced mutants of winter rye (*Secale cereale* L.). / S. Muszynski, M. Darlewska, H. Gozliniski // Bull. Acad. Pol. Sci.; Ser. Sci. Biol. Pol. -1979. -Vol. 27 (11) -P. 907-909.
266. Nilsson, H. Eine Prufung der Wege und Theorien des Inzucht / H. Nilsson // Hereditas. -1937. –Vol.23. –Iss.1-2. –P.236-256.
267. Nilsson, M. Heterogeneity in a water-extractable rye arabinoxylan with a low degree of disubstitution / Nilsson M., Andersson R., Andersson R.E., Auotik K., Aman P. // Carbohydrate Polymers. -2000. V. 41(4). - P.397-405.
268. Paterniani, E. Reciprocal recurrent selection based on half sib progenies and prolific plants in maize (*Zea mays* L.) / E. Paterniani; R. Vencovsky // Maydica - V.23. №4. -1978. -P. 209-219.
269. Peterson, R.F. Improvement of rye through inbreeding / R.F. Peterson // Sci. Agric. -1934. –V.14. -P.651-668.

270. Peterson R.F. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stem of cereals / R.F. Peterson, A.B. Campbell, A.E. Hannah // Canadian Journal of Research. Section C. Botanical Sciences. -1948. - V. 26. - № 5. - P. 496 - 500.
271. Putt, E.D. Cytogenetic studies of sterility in rye / E.D. Putt // Can. J. Agricultural Sci. –V.34. -1954. –P.81-119.
272. Rakowska, M. The nutritive quality of rye / M. Rakowska //Vortr. Pflanzenzucht. -1996. -V.35. –P.85-95.
273. Rachynska-Bojanowska K., The soluble non-digestible compounds as an index in rye breeding for better protein digestibility / K. Rachynska-Bojanowska, M. Rakowska, J. Sitarski, K. Rybka, M. Zebalska, M. Cyran // J.Cereal Scie.-1989.-V.9 (1). –P. 71-76.
274. Reif, J.C. Genetic basis of heterosis and prediction of hybrid performance / J.C. Reif, V. Hahn, A.E. Melchinger // Helia, -2012, -V.35, -№.57, -P.1-8.
275. Rumker, K. Ein Beitrag zur Frage der Inzucht bei Roggen. / K. Rumker, R. Leidner // Zeitschr. Pflanzenzenchtung. -1914. -Bd.2. -S. 427-444.
276. Rybka, K. Viscosity of rye grain components / K. Rybka, D. Boros, K. Rachynska-Bojanowska, M. Rakowska, R. Sawicka-Zukowska, B. Jedrychowska // Molecular Nutrition and Food Research. -1988. -V.32(8) - P.723-804.
277. Saastomoinen, M., Pentosan and β -glucan content of finnisch winter rye varieties as compared with rye of six other countries / M. Saastomoinen, S. Plaami, J. Kumpulainen // Journal of Cereal Science, 1989.- V.10. - N3. - P.199-207.
278. Scoles, G. J. Hybrid vigor obtained by crossing inbred lines of spring rye / G. J. Scoles, L. E. Evans // Canadian Journal of Plant Science. -1978. –V.58. -№3. –P.745-751.
279. Schmiechen, U. Ergebnisse zur Ermittlung von Hybrideffekten bei Roggen und Moglichkeiten der Anwendung fur die Zuchtung von synthetischen Sorten / U. Schmiechen // Tag.-Ber.Akad.Landwirtsch.-Wiss. DDR. Berlin. 1979. –B.175. – S.183-189.

280. Sengbusch, R.V. Parchenzuchtung unter Ausschaltung von Inzuchtschaden / R.V. Sengbusch // Forschungsdienst. -1940. –Bd.10. –S.545-549.
281. Smialowski, T. The influence of environments on the epistatic effects of genes controlling some traits in winter rye / T. Smialowski, S. Wegrzyn // Proceeding of the EUCARPIA Rye Meeting, Juli 4-7, 2001, Radzikow, Poland, 105-117.
282. Smialowski, T. The genetic and statistical analysis of the heritability of important traits in winter rye (*Secale cereale* L.) / T. Smialowski, S Wegrzyn. //Biuletyn IHAR. -2003. –V.230. –P.205-214.
283. Snappe, J.W. Mapping vernalization loci in wheat and comparative mapping with other cereals / J.W. Snappe, A. Semikhodskii, R.Sarma et al. // Proc.9th Inter Wheat Genet. Symp., 1998. –V.3. –P.156-158.
284. Stojalowski, S. RAPD markers linked with restorer genes for the C-course of cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereal* L.) / S. Stojalowski, M. Lapinski, P. Masojc // Plant Breeding. -2004. –V.123.(5). –P.428-433.
285. Tai, G.C.C. Genotypic Stability Analysis and Its Application to Potato Regional Trails / George C.C. Tai // Crop Science. -1971. –Vol.11. –P.184-190.
286. Tanksley, S.D. Mapping Polygenes / S.D. Tanksley // Annual Rev. Genet. - 1993. –V.27. –P.205-233.
287. Tarkowski, Cz. Genetyka, hodowla roślin, nasiennictwo: Монография / Cz. Tarkowski.- Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1974. -411s.
288. Tenhola-Roininen, T. Rye doubled haploids as a research and breeding tool – a practical point of view / T. Tenhola-Roininen, S. Immonen, P.Tanhuanpaal // Plant Breeding. -2006. –V.125. –Iss.6. –P.584-590.
289. Tysdal, H. M. The Polycross Progeny Performance as an Index of the Combining Ability of Alfalfa Clones / H. M. Tysdal, Bliss H. Crandall // Agronomy Journal. -1948. –Vol.40. -№4. –P.293-306.
290. Voth, W.D. Development of a low viscosity rye / W.D. Voth, G.J. Scoles, Z.G. Niu, G.L. Campbell // Crop Dev.Center Res.Rep 1992-1994. Saskatoon, -1994. - p.62..

291. Wehling, P. Least-rust resistance in rye (*Secale cereale* L.) 1. Genetic analysis of resistance genes *Pr1* and *Pr2* / P.Wehling, A. Linz, B. Haskauf, S. Roux, B. Ruge, B. Klocke // Theor. Appl. Genet. -2003. –V.106. –P.432-438.
292. Wehmann, F. Quantitative-Genetic Basis of Sprouting Resistance in Rye / F. Wehmann, H.H. Geiger, A. Looock // Plant Breeding. -1991. –Vol.106 –Iss.3. –P.196-203.
293. Weipert, D. Pentosans as selection traits in rye breeding / D. Weipert // International Symposium on Rye Breeding & Genetics / University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. -1996. –Heft 35. –S.109-119.
294. Wellensiek S.J. Nieuwe methoden voor roggeselectie, met behulp van vegetative vermeerdering / S.J. Wellensiek // Zaaizaad en Pootgoed. -1940. –№7 (2). –S.9-11.
295. Wellensiek, S.J. Rational methods for breeding cross-fertilizers / S.J. Wellensiek // Meded. Landbouwhogeschool. Wageningen. -1947. –V.48. –P.229-262.
296. Wieringa, G.W. On the occurrence of grows inhibiting substances in rye / G.W. Wieringa // Publ. Inst.for Storage and Processing of Agriculture Produce.-Wageningen.- 1967.- V. 156. –P.1-68.
297. Wilde, P. Estimation of general and specific combining ability variances and their implications on hybrid rye breeding / P. Wilde, J. Menzel, B. Schmiedchen //Plant Breeding and Seed Science. -2003. –V.47 (1/2). –P.89-98.
298. Winkel, A., Uber die gegenwartigen Moglichkeiten zur Schaffung von Hybridsorten und zur Nutzung von Sterilitatssystemen in der Roggenzuchtung. / A. Winkel, H.W. Muller, G. Grabow // Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, Berlin. -1979. -№168. –S. 171–177.
299. Wolski, T. Studies on the inbreeding of rye / T. Wolski // Genetica Polonica. -1971. –V.11. -1. –S.1-26.
300. Wolski, T. Metody hodovli zyta / Pod red. Cz. Tarcowskiego // Biologia Zyta. –Warsawa, 1983. –S.186-247.

301. Wortmann, H. Ergebnisse aus der praktischen Hybridroggenzüchtung / H. Wortmann // Getreide Mehl und Brot. – 1987. -V.41. -№9. -P.264-267.
302. Wricke, G. Inzuchtdepression und Genwirkung beim Roggen (*Secale cereal L.*) / G. Wricke // Theor. and Appl. genet. -1973. –V.43 (2). –P.83-87.
303. Wricke, G. Number of lines for synthetic varieties in rye / G. Wricke, W. E. Weber // Ann. Amelior Plantae. -1978. –V.28, -№6. -P. 667-674.
304. Wricke, G. Two major genes for kernel weight in rye / G. Wricke // Plant Breeding. -2002. –V.121 (1). –P.26-28.
305. Zamir, D. Improving plant breeding with exotic genetic libraries / D. Zamir // Nat. Rev. Genet. -2001. –V. 48 (6). –P.2008-2016.

Ссылки на электронный ресурс

306. АБ центр, 2014. Аналитика. Статистика. Отчеты. Российский рынок ржи в 1990-2013гг. / АБ-Centre.ru – Режим доступа: <http://ab-centre.ru/articles/rossiyskiy-rynok-rzhi-posevnye-ploschadi-rzhi-proizvodstvo-rzhi-eksport-rzhi-import-rzhi-ceny-na-rozh-1990-2013-gg-yanvar-2014-g> (дата обращения: 16.12.14), свободный. –Загл. с экрана.
307. Росстат, 2014. Официальная статистика. Сельское хозяйство. Баланс продовольственных ресурсов. Растениеводство / Федеральная служба государственной статистики. –Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/# (дата обращения 23.12.14), свободный. –Заглавие с экрана.
308. Dach, J. Roggen-GPS und Mais: die ertragssfähige Mischung für die Biogasproduktion - Laborergebnisse / J. Dach // RYE BELT Kongress 23.-24.05.2012 in Poznań/Polen. Режим доступа: http://www.ryebelt.com/fileadmin/Redakteure/RYE_BELT/RYE_BELT_Kongress/Roggen-GPS_und_Mais_die_ertragssfähige_Mischung_für_die_Biogasproduktion_-_Laborergebnisse.pdf (дата обращения 18.12.14), свободный. –Загл. с экрана.

309. FAOSTAT, 2014. Production. Crops. / Food and Agriculture Organization of the United Nations. -Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (дата обращения 18.12.14), свободный. –Загл. с экрана.
310. RYE BELT, 2014. Специализированная информация. Рынок. / KWS Lochow GMBH, 2014. – Режим доступа: http://www.ryebelt.com/rb_start.html?&L=2&L=3 (дата обращения 18.12.14), свободный. –Загл. с экрана.
311. Rye and health, 2013. Statistics and Usage / Rye and health, 2013. -Режим доступа: <http://www.ryeandhealth.org/statistics-a-usage> (дата обращения 18.12.14), свободный. –Загл. с экрана.

Приложение 1.

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований.

Осенний период 1999 года характеризовался повышенным температурным режимом в октябре с недобором осадков. Устойчивый снежный покров установился на 10 дней позже среднемноголетних сроков. Перезимовка составила 97%. Весна 2000 года отличалась неустойчивой погодой. Переход среднесуточной температуры воздуха через 0° к положительным значениям (начало весны) на 7-10 дней раньше многолетних сроков. Озимые после схода снега были в хорошем состоянии, перезимовка по трем сортам-стандартам (Восход 1, Валдай, Татьяна) составила 97,0%. Преобладание во второй декаде апреля теплой погоды и достаточные запасы влаги благоприятствовали росту и развитию озимых. Конец июня и июль отличались дождливой теплой погодой, что положительно сказалось на росте и развитии растений, но было отмечено частичное полегание растений, устойчивость к полеганию оценена на 4,6 балла. Средняя урожайность в опытах составила 6,24 т/га.

Осень 2000 года была умеренно тёплой, с недобором осадков. Погодные условия конца августа и первой декады сентября способствовали дружному прорастанию семян, а последующее постепенное понижение температуры воздуха в сентябре-октябре способствовало хорошей закалке растений. Прекращение вегетации по температурным условиям отмечено 6 ноября. Сформировавшийся снежный покров зимой 2000/01 года значительно превысил среднемноголетнее значение, что привело к интенсивному расходу запасных питательных веществ и ослаблению растений. Но в целом посевы вышли из под снега в удовлетворительном состоянии (95,8%). Преобладание теплой погоды и остаточные влагозапасы способствовали быстрому росту и развитию растений и интенсивному отрастанию поврежденной надземной массы. В целом вегетационный период характеризовался неустойчивым температурным режимом. Сумма эффективных температур за вегетационный период составила 1184,2°С при среднем многолетнем значении 976,7°С. Количество выпавших

осадков с 23 апреля по 31 июля равнялось 260 мм (норма 210 мм). На этом фоне устойчивость к полеганию составила в среднем 7,0 баллов. Урожайность в опытах была 6,35 т/га.

Осенний период 2001 года прошел на фоне умеренно тёплой погоды с количеством осадков незначительно превышавших среднемноголетнее значение. Зима 2001/02 года отличалась необычно теплой погодой (январь и февраль), что вызвало уплотнение и таяние снега - сход снега с полей отмечен 6 марта. Возобновление вегетации отмечено 10 апреля. Перезимовка, как показало весеннее обследование посевов, составила 97,3%, что на 7,2% выше среднего показателя за ряд лет. Развитие озимых весной 2002 года опережало средние многолетние сроки на 6-7 дней. В начале третьей декады июня озимая рожь достигла молочной спелости, что раньше средних многолетних сроков на 10-12 дней. В середине третьей декады июня прошли интенсивные ливневые дожди, которые вызвали полегание растений. Устойчивость к полеганию составила в среднем 3,1 балла. Ввиду последующей засушливой погоды молочная спелость растений наступила на 10-12 дней раньше средних многолетних сроков. В целом вегетационный период характеризовался повышенным температурным режимом. Сумма эффективных температур за вегетационный период составила 1071,5⁰С, что на 342⁰ выше средних многолетних значений, но при этом с недобором осадков, что отразилось на продуктивности растений. Средний урожай по опытам составил 5,65 т/га, что на 0,39 т/га ниже среднего за 15 лет.

Сентябрь 2002 г был теплым и сухим. Это позволило провести посев в оптимальные сроки. Зимний период отмечен холодной погодой, глубина промерзания почвы составила 64 см при снежном покрове 34-35 см. После схода снежного покрова в первой декаде апреля растения находились в удовлетворительном состоянии (перезимовка 98,5%). Возобновление вегетации отмечено во второй половине апреля. Выпавшие в течение летних месяцев обильные дожди (на 93% выше нормы) привели к значительному полеганию

растений перед уборкой. В среднем, устойчивость к полеганию оценивалась на 3,7 балла. Вегетационный период 2003 г. характеризовался умеренным температурным режимом на фоне большого количества выпавших осадков (344 мм при норме 291 мм). Сумма эффективных температур (выше 5°C) за вегетационный период составила 1591°(на 130°) выше среднеемноголетних значений. В целом 2003 год можно отметить, как благоприятный для роста и развития растений озимой ржи. Несмотря на то, что полегание растений отчасти снизило урожай, в среднем по опыту он составил 6,47 т/га.

Осень 2003 г была теплой, с незначительным превышением среднесуточных температур. Выпадение осадков также превысило среднеемноголетние значения. Вегетация растений закончилась в третьей декаде октября. Перезимовка озимой ржи 2003/04 гг проходила при минимальной температуре на глубине узла кущения -2°C. (изредка до -5°C). В целом зимние месяцы прошли на фоне повышенной температуры (2,1-4°C выше среднеемноголетней нормы) и большим количеством выпавших осадков (в 1,3-1,9 раза выше нормы). Весной 2004 г посеvy ржи сильно поразились снежной плесенью, что привело к частичной гибели растений, перезимовка составила 81,3%. Это явилось следствием того, что в зимние месяцы глубина промерзания почвы составила 1-3 см при норме 69 см. В целом вегетационный период 2003-2004 гг отмечен повышенным температурным режимом с большим количеством выпавших осадков, особенно в мае (148% к норме) и июле, в период созревания (133% к норме), что привело к частичному полеганию посевов (устойчивость растений к полеганию оценивалась на 4 балла). Это обстоятельство привело к частичной потере урожая и средняя урожайность по опытам составила 5,25 т/га.

Относительно теплая погода сентября и октября 2004 года способствовала хорошему росту и развитию растений перед уходом в зиму. В первой половине января 2005 г ухудшились условия зимовки. Теплая погода (на 9°выше среднеемноголетней) вызвала частичный сход снега и образование

проталин с ледяной коркой. Тем не менее, перезимовка растений была отмечена на уровне среднего показателя за ряд лет -90,4%. При этом поражение снежной плесенью после перезимовки составило 52,2%. Но благодаря влажной и затяжной весне растения хорошо отросли и ко времени колошения посевы набрали нормальную густоту стеблестоя. Однако сильные ливневые дожди в июле вызвали раннее полегание посевов ржи. Устойчивость к полеганию составила в основном 4 балла по девятибалльной шкале. Это обстоятельство отрицательно сказалось на урожайности, она составила 4,13 т/га, что ниже средней за ряд лет на 1,91 т/га. Особенно сильно полегли сорта с доминантным типом короткостебельности из-за сильного поражения стебля фузариозом.

Осень 2005 года выделялась повышенным температурным режимом с недобором осадков. Озимая рожь ушла под снег в хорошем состоянии при густоте растений от 266 до 372 растений на 1 м², при этом было отмечено перерастание посевов. Зима 2005/06 года отличалась морозной погодой, температура на поверхности снега опускалась до -37°C. От снега поля полностью освободились 7 апреля, возобновление вегетации отмечено 16 апреля. Весенняя оценка опытов показала, что перезимовка растений прошла не совсем благополучно и составила 69,2%. При этом степень поражения снежной плесенью составила 57,3%. В июне на фоне жаркой погоды прошли ливни, однако полегания посевов не было. Избыток влаги выпавшей в июне компенсировал ее недостаток в июле (выпало 1/3 от нормы). Неблагополучная перезимовка и поражение снежной плесенью растений после схода снега снизили урожайность по сравнению со средней на 2,12 т/га и она составила 4,93 т/га. Вегетационный период 2005/2006 г отмечен повышенным температурным режимом с большим количеством осадков, выпадавших неравномерно. Сумма эффективных температур за вегетационный период (апрель-июль) составила 1653°C, что на 192°C выше средних многолетних значений. Количество выпавших осадков с 9 апреля по 1 августа равнялось 388 мм при норме 224 мм.

Осенний период 2006 года характеризовался повышенным температурным режимом с обильными осадками. Из-за переувлажнения почвы посев проведен позже оптимальных сроков. Тем не менее, озимые ушли в зиму в удовлетворительном состоянии. Весеннее обследование посевов 2007 года показало, что перезимовка прошла хорошо (в среднем по сортам-стандартам 94,8%). Прошедшие обильные дожди во второй декаде мая и наступившее тепло вызвали интенсивное развитие озимой ржи. Последняя декада мая, июнь и июль отличались жаркой и сухой погодой, в результате чего уборка опытов началась 18 июля. Сумма эффективных температур воздуха за вегетационный период озимых составила 943⁰С, что на уровне средних многолетних значений. Осадков выпало 86,3 мм, что меньше нормы более чем в 2 раза (среднее многолетнее – 196 мм), тем не менее, было отмечено незначительное полегание посевов (7,7 балла). В целом 2007 год оказался весьма благоприятным для формирования высокого урожая ржи, который составил в среднем по опыту 7,51 т/га.

Посев озимых культур осенью 2007 г был проведен в оптимальные сроки. Погодные условия в этот период были близкие к климатической норме. Прекращение вегетации озимых культур осенью 2007 года было отмечено 26 октября, что на 10 дней позже средних многолетних сроков. Зима 2007/08 отличалась частыми оттепелями, и растения к началу вегетации были ослаблены, но в целом перезимовка прошла успешно (96,3%). Возобновление вегетации озимых зерновых культур наступило раньше средних многолетних значений на одну декаду. В конце июня - начале июля 2008 г из-за переувлажнения почвы сложились неблагоприятные условия для развития зерновых культур, налива колоса и уборки урожая. Прошедшие обильные дожди в конце июня месяца вызвали стеблевое полегание озимой ржи, которое к концу первой декады июля частично уменьшилось. В начале второй декады вновь прошли очаговые ливневые осадки, сопровождающиеся сильным ветром. Обильные ливни вызвали небольшое размывание верхнего слоя, что

способствовало корневому полеганию растений. К концу июля из-за продолжительных дождей сильное полегание наблюдалось практически на всех посевах ржи и по оценкам составило 4,5 балла. Тем не менее урожайность по опыту была выше средней за ряд лет и составила 7,02 т/га. Но из-за сильного полегания и поражения болезнями всхожесть семян оказалась на 15-20% ниже.

Посев озимой ржи под урожай 2009 г был произведен в оптимальные сроки. Запасы влаги и температурный режим осеннего периода для всходов и развития растений были благоприятными. Растения в зиму ушли хорошо раскустившимися. В течение зимы преобладала теплая погода с частыми оттепелями. По данным весеннего обследования гибель растений составила 4 - 13%. Основной причиной гибели озимых явилась снежная плесень. В течение весенне - летнего периода вегетации 2009 г погодные условия были благоприятными для роста и развития растений. По температурному режиму весенне - летний период был выше средне многолетних значений на 0,9 - 4,5 С°. Выпавшие осадки были в пределах нормы. Ливневые осадки со шквалистым ветром (до 27 м/с) в июне и июле месяце способствовали частичному полеганию озимой ржи (6 баллов). При уборке сложились неблагоприятные погодные условия, которые затруднили и продлили уборочные работы. Осадков выпало 192 мм, что было в пределах нормы (среднее многолетнее – 196 мм). За рассматриваемый ряд лет (2000-2015гг.) в этом году была отмечена наибольшая средняя урожайность в опытах – 7,85 т/га в среднем по сортам-стандартам.

Осенью 2009 г. погода обусловила хорошее кущение растений, а отсутствие частых оттепелей зимой способствовало хорошей перезимовке, по весенней оценке 89,3%. Сравнительно глубокое промерзание почвы (до 40 см) способствовало тому, что поражение растений снежной плесенью было небольшим. Хорошему развитию растений весной особенно благоприятствовала прохладная и дождливая погода в мае. Благодаря этому все испытываемые сорта удовлетворительно перенесли небывало жаркую и сухую погоду в июне-июле

2010 г, когда температура воздуха многие дни удерживалась на уровне 32-38°C. Развитие болезней и полегание посевов было незначительным. Вегетационный период прошел на фоне повышенной температуры, особенно в июле (+8,9°C), при этом количество выпавших осадков было вдвое меньше средне многолетнего показателя. В результате величина сформировавшегося урожая составила 5,55 т/га с средним по опыту.

Теплая продолжительная осень 2010 г обусловила хорошее кущение и закалку растений. Промерзание почвы зимой составило 25 см, отсутствие сильных оттепелей зимой и достаточный снеговой покров (35-45 см в январе-феврале) благоприятствовали хорошей перезимовке растений. Гибель растений при весенней оценке в конкурсном сортоиспытании не превышала 5%, также было отмечено слабое поражение снежной плесенью (в среднем по опыту 11,6%). Хорошему развитию растений способствовала влажная и затяжная весна 2011 года. Благодаря этому все сорта в опыте хорошо перенесли необычно жаркую и сухую погоду в июне-июле месяце, когда максимальная температура достигала 30-35 °C и держалась длительное время. При этом полегание было 5,7 балла. Также отмечалось незначительное поражение растений мучнистой росой и бурой ржавчиной (5-15%). Уровень урожайности при таких благоприятных условиях составил 7,1 т/га.

Осень 2011 г благоприятствовала проведению посева в оптимальные сроки и хорошему развитию растений перед уходом в зиму, хотя устойчивый снеговой покров установился достаточно поздно – 22 декабря, при этом морозы наступили лишь во второй декаде января. Тем не менее, перезимовка растений прошла успешно, перезимовало 95,5% растений при поражении снежной плесенью 12,9%. Возобновление вегетации началось 25 апреля, что на неделю позже средне многолетних сроков. В мае преобладала дождливая (выпало 58 мм. при норме 51 мм.) но теплая погода (среднесуточная температура была на 2,1°C выше нормы. Это способствовало хорошему развитию растений и формированию густого стеблестоя. В период массового цветения растений ржи

прошли частые дожди в виде ливней и града (в течение июня осадков выпало 168% к норме). Это вызвало раннее полегание посевов (3,8 балла), что в конечном итоге привело к сильной череззернице (43% против 14% в обычные годы). Также повышенная влажность в агроценозе привела к развитию мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчины. Все это в конечном итоге отрицательно сказалось на урожайности, которая по трем сортам-стандартам составила 5,39 т/га.

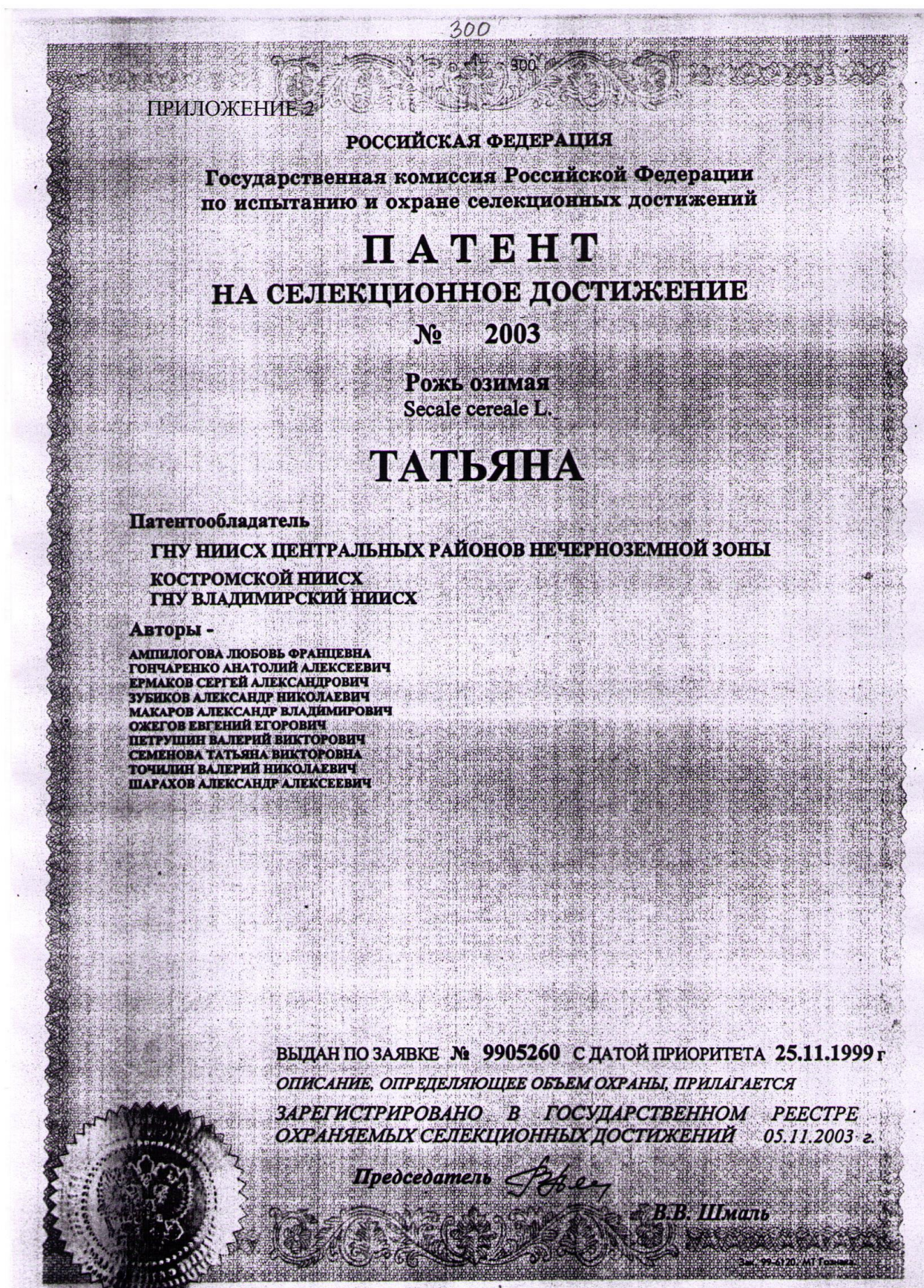
Осенью 2012 г преобладала теплая и влажная погода, что обусловило хорошее кущение растений, но в то же время это явилось причиной сильного израстания посевов. Снеговой покров установился лишь во второй декаде декабря. Недостаточное промерзание почвы при максимальном снеговом покрове 85 см в марте привело к выпреванию растений и способствовало сильному развитию снежной плесени в апреле. В результате поражение снежной плесенью составило 85,2 %, а перезимовка растений 57,5 % (наиболее низкий показатель с 2000 года). В мае преобладала дождливая и прохладная погода, что привело к развитию мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчины. Очень влажной выдалась вторая половина июля, осадков выпало 202 % от среднемноголетней нормы. Это обстоятельство вызвало раннее полегание посевов (устойчивость к полеганию составила 3,8 балла) и прорастание зерна в колосе, что в свою очередь, отрицательно сказалось на хлебопекарных качествах зерна. Полная спелость ржи наступила 1 августа, уборка опытов проходила в сухую погоду, но урожайность была наименьшая за рассматриваемый период – 3,54 т/га (58,6% от средней за 15 лет по сортам-стандартам).

Погодные условия в период посева озимой ржи, осенью 2013 г сложились крайне неблагоприятно. Фактически каждый день шли дожди. В результате за месяц выпало 217,1 мм осадков при норме 62,3 мм, что составило 3,5 среднемноголетней нормы для сентября. Ввиду сильного переувлажнения почвы большую часть опытных участков посеять не удалось. В октябре и ноябре преобладала теплая и влажная погода, что способствовало хорошему кущению

растений. Зима 2013/14 года выдалась теплой, сход снега с полей был необычно ранним – 10 марта, из-за чего растения вышли из перезимовки без поражения снежной плесенью. В течение вегетационного периода был отмечен значительный недобор осадков на фоне повышенной температуры воздуха. Всего за период с апреля по июль выпало 125,1 мм. осадков, что составляет всего 50,1 % от нормы. Ввиду сильной засухи на посевах отсутствовало полегание, а поражение мучнистой росой, стеблевой ржавчиной и спорыньей было очень слабым.

Сентябрь 2014 г также был несколько засушливым, всего за месяц выпало 41,4 мм осадков, что составляет 66 % от нормы. Теплая и сухая погода продолжилась и в октябре, что позволило растениям хорошо раскуститься и пройти закалку. Перезимовка растений прошла благополучно, температура на глубине узла кущения не опускалась ниже -1 °С. Сход снега с полей наступил 15 марта, процент перезимовки составил 99,5%, при этом поражение снежной плесенью было незначительным. Аномально высокое количество осадков выпало в конце мая – 188,2 мм, что выше нормы в 3,6 раза. Продолжительные ливни вызвали значительное полегание растений. Сильные июньские дожди усугубили ситуацию, и многие сорта ржи полегли, устойчивость к полеганию оценивалась на 4 балла. Но при этом, поражение мучнистой росой, бурой и стеблевой ржавчиной было почти нулевым. Это способствовало реализации высокого потенциала урожайности, которая составила 7,58 т/га.

Приложение 2.



Приложение 3.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 39763

Рожь озимая

ТАТЬЯНА

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 05.11.2003

ПО ЗАЯВКЕ № 9905260 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 25.11.1999

Патентообладатель(и)

ГНУ МОСКОВСКИЙ НИИСХ 'НЕМЧИНОВКА' РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ
ГНУ КОСТРОМСКОЙ НИИСХ
ГНУ ВЛАДИМИРСКИЙ НИИСХ РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ

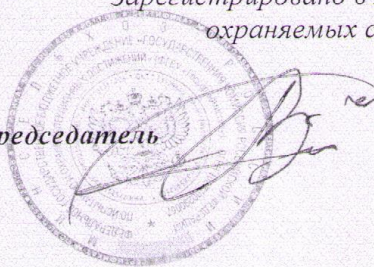
Автор(ы) :

МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

АМПИЛГОВА Л.Ф., ГОНЧАРЕНКО А.А., ЕРМАКОВ С.А., ЗУБИКОВ А.П., ОЖЕГОВ Е.Е.,
ПЕТРУШИН В.В., СЕМЕНОВА Т.В., ТОЧИЛИН В.Н., ШАРАХОВ А.А.

Зарегистрировано в Государственном реестре
охраняемых селекционных достижений

Председатель



В.С. Волощенко

Приложение 4.

ОТ : ГНУ САМАРСКИЙ НИИСХ ФАКС NO. : 8467622666 НОЯ. 14 2011 12:13 СТР1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 4191

Рожь озимая
Secale cereale L.

РОКСАНА

Патентообладатель
ГНУ САМАРСКИЙ НИИСХ ИМ. И.М. ТУЛАЙКОВА
ГНУ НИИСХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Авторы
ВИНАРЕВ АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
СОНЧАРЕНКО АНАТОЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ
СРМАКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ
МУХАЙЛОВ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ
СЕМЕНОВА ТАТЬЯНА НИКОЛОРОВНА
ГОРШЕНИН ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

Выдано Запись № 9553809 в дату приоритета 28.12.2004
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМОМ АНИ ЦИТИ АНИ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ

Председатель *В.В. Шумин*

Приложение 5.

Федеральное государственное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

**АВТОРСКОЕ
СВИДЕТЕЛЬСТВО**

№ 42433

Рожь озимая

РОКСАНА

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской
Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от **25.01.2008**

ПО ЗАЯВКЕ № 9553809 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 20.12.2004

Заявитель(и)

ГНУ САМАРСКИЙ НИИСХ ИМ. Н.М. ТУЛАЙКОВА

ГНУ НИИСХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Автор(ы) :

МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧБИШАРЕВ А.А., ГОНЧАРЕНКО А.А., ЕРМАКОВ С.А., МИХАЙЛОВ Н.В., СЕМЕНОВА Т.В.,
ТОЧИЛИН В.Н.

Зарегистрировано в Государственном реестре
селекционных достижений, допущенных к использованию



Председатель

В.В. Шмаль

Приложение 6.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
 Федеральное государственное учреждение
 «Государственная комиссия Российской Федерации
 по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 6187

Рожь озимая
 Secale cereale L.

ГРАНЬ

Патентообладатель

ГНУ ВЛАДИМИРСКИЙ НИИСХ
 ГНУ МОСКОВСКИЙ НИИСХ 'НЕМЧИНОВКА'

Авторы -

ВАСИЛЬЕВ ВАСИЛИЙ ВИКТОРОВИЧ
 ГОНЧАРЕНКО АНАТОЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ
 ЕРМАКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
 МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ
 СЕМЕНОВА ТАТЬЯНА ВИКТОРОВНА
 СКАТОВА СВЕТЛАНА ЕВГЕНЬЕВНА
 ТОЧИЛИН ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 9252154 с ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 12.01.2007 г.
 ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
 ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
 ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 22.11.2011 г.

Председатель

В.В. Шмаль

Приложение 7.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 56311

Рожь озимая

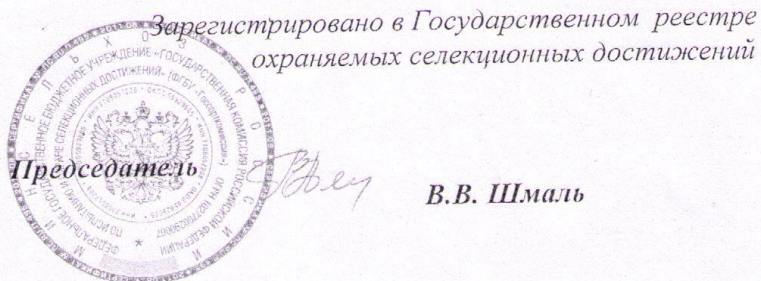
ГРАНЬ

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 22.11.2011

ПО ЗАЯВКЕ № 9252154 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 12.01.2007

Патентообладатель(и)
ГНУ ВЛАДИМИРСКИЙ НИИСХ
ГНУ МОСКОВСКИЙ НИИСХ 'НЕМЧИНОВКА'

Автор(ы) : **МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ**
ВАСИЛЬЕВ В.В., ГОНЧАРЕНКО А.А., ЕРМАКОВ С.А., СЕМЕНОВА Т.В., СКАТОВА С.Е.,
ТОЧИЛИН В.Н.



В.В. Шмаль

Приложение 8

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 8322

Рожь озимая
Secale cereale L.

ПАРЧА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ВЛАДИМИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА'

ФГБНУ 'МОСКОВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА 'НЕМЧИНОВКА'

Авторы -

ВАСИЛЬЕВ ВАСИЛИЙ ВИКТОРОВИЧ
ГОНЧАРЕНКО АНАТОЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ
ЕРМАКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ
СЕМЕНОВА ТАТЬЯНА ВИКТОРОВНА
СКАТОВА СВЕТЛАНА ЕВГЕНЬЕВНА
ТОЧИЛИН ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8756090 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 06.11.2012 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 21.03.2016 г.

Председатель

В.С. Волощенко

Приложение 9

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 5497

Рожь озимая
Secale cereale L.

МОСКОВСКАЯ 12

Патентообладатель:
ГНУ МОСКОВСКИХ НИИХ ТЕМНИЦОВКА
ГНУ ВЛАДИМИРСКИХ НИИХ

Авторы:
БЕРКУТОВА НАДЕЖДА ПЕТРОВНА
ГОЛТАРЕВИЧ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ
ЕРМАКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ
СЕНЧЕНОВА ТАТЬЯНА ВИКТОРОВНА
СКАТОВА СВЕДЛАНА ГЕОРГИЕВНА
ТОПИЛИН ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

Выдано по заявке № 9253845 с датой приоритета 26.12.2007 г.

Описание, определяющее охраняемые признаки,
зарегистрировано в Государственном реестре
селекционных достижений 03.09.2010

Председатель  **В.В. Шмалов**



Приложение 10.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 49682

Рожь озимая

МОСКОВСКАЯ 12

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 03.09.2010

ПО ЗАЯВКЕ № 9253845 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 26.12.2007

Патентообладатель(и)
ГНУ МОСКОВСКИЙ НИИСХ 'НЕМЧИНОВКА'
ГНУ ВЛАДИМИРСКИЙ НИИСХ

Автор(ы) : **МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ**
БЕРКУТОВА Н.С., ГОНЧАРЕНКО А.А., ЕРМАКОВ С.А., СЕМЕНОВА Т.В., СКАТОВА С.Е.,
ТОЧИЛИН В.Н.

Зарегистрировано в Государственном реестре
охраняемых селекционных достижений

Председатель



В.В. Шмаль

Приложение 11.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 8018
Рожь озимая
Secale cereale L.

МОСКОВСКАЯ 15

Патентообладатель
ФГБНУ 'МОСКОВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА 'НЕМЧИНОВКА'

Авторы -
БЕРКУТОВА НАЗИЯ СУЛТАНОВНА
ГОНЧАРЕНКО АНАТОЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ
ЕРМАКОВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ
СЕМЕНОВА ТАТЬЯНА ВИКТОРОВНА
ТОЧИЛИН ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8853462 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 09.11.2011 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 10.11.2015 г.

Председатель  В.С. Волощенко



Приложение 12.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

**АВТОРСКОЕ
СВИДЕТЕЛЬСТВО**
№ 56884

Рожь озимая

МОСКОВСКАЯ 15

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 10.11.2015

ПО ЗАЯВКЕ № 8853462 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 09.11.2011

Патентообладатель(и)

ФГБНУ 'МОСКОВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА 'НЕМЧИНОВКА'

Автор(ы) : **МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ**
БЕРКУТОВА Н.С., ГОНЧАРЕНКО А.А., ЕРМАКОВ С.А., СЕМЕНОВА Т.В., ТОЧИЛИН В.И.

*Зарегистрировано в Государственном реестре
охраняемых селекционных достижений*

Председатель

В.С. Волощенко

Приложение 13.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
Федеральное государственное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

**АВТОРСКОЕ
СВИДЕТЕЛЬСТВО**

№ 37934

Рожь озимая

НВП 3

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 20.01.2004

ПО ЗАЯВКЕ № 9704975 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 14.01.2002

Заявитель(и)

ГНУ НИИСХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ
ГНУ НИИСХ ЦЧП ИМ.В.В.ДОКУЧАЕВА
LOCHOV-PETKUS GMBH

Автор(ы) :

МАКАРОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ
MENZEL J., SCHMIDCHEN B., WILDE P., ГОНЧАРЕНКО А.А., ДЕДЯЕВ
В.Г., ЕРМАКОВ С.А., СЕМЕНОВА Т.В., ТОРОП А.А., ТОЧИЛИН В.Н.,
ЧАЙКИН В.В., ЧЕВЕРДИНА Г.В., ШАРОХОВ А.А.

*Зарегистрировано в Государственном реестре
селекционных достижений, допущенных к использованию*

Председатель



В.В. Шмаль