

На правах рукописи

САГЕНДЫКОВА АЙНУРА ТЕМИРБУЛАТОВНА

**СОЗДАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ
ПШЕНИЦЫ УСТОЙЧИВОГО К БОЛЕЗНЯМ И АБИОТИЧЕСКИМ
ФАКТОРАМ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ *AGROPYRON ELONGATUM***

06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Тюмень, 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
Плотникова Людмила Яковлевна

Официальные оппоненты: **Лихенко Иван Евгеньевич**
доктор сельскохозяйственных наук, руководитель Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции – филиала Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук»

Казак Анастасия Афонасьевна
кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой Биотехнологии и селекции в растениеводстве ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»

Защита диссертации состоится «21» декабря 2021 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 999.114.02 при ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» по адресу: 625003, г. Тюмень, ул. Республики 7. Телефон/факс 8(3452)-29-01-52, e-mail: disscausz@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного аграрного университета Северного Зауралья и на сайте <http://www.tsaa.ru>

Автореферат разослан «19» октября 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор с.-х. наук

Турсумбекова Галина Шалкаровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Мягкая пшеница – важнейшая зерновая культура, обеспечивающая продовольственную безопасность России. Западносибирский регион вносит важный вклад в зерновое производство страны, при этом основные посевы размещены в степи и лесостепи, которые относятся к зонам рискованного земледелия (Рутц, 2005; Goncharov, 2021).

Одним из подходов для повышения сборов зерна мягкой пшеницы является сокращение потерь в результате воздействия абиотических и биотических факторов среды. Для этого необходимо использование в производстве экологически пластичных и устойчивых к болезням сортов. Увеличение доли резистентных сортов в агроценозах позволяет повышать урожайность пшеницы, а также улучшать экологическую обстановку за счет отказа от химических средств защиты (Зыкин и др., 2000; Санин, 2019). В Западной Сибири на посевах пшеницы регулярно развиваются бурая ржавчина и мучнистая роса, а в последнее десятилетие усилилось поражение стеблевой ржавчиной и септориозом (Плотникова, 2016; Shamanin et al., 2016). В связи с этим актуально использование для защиты пшеницы генов родственных видов злаков (Лапочкина, 2005).

Вид пырей удлиненный *Agropyron elongatum* (Host) Beauv. считается ценным источником генов устойчивости к абиотическим и биотическим факторам, но по доступности для селекции отнесен к третичному генофонду (Friebe et al., 1996; Lammer et al., 2005). В мировой практике *Ag. elongatum* в основном использован в качестве источника генов устойчивости к грибным болезням (Мартынов и др., 2016).

Степень разработанности темы. Впервые работы по созданию межродовых пшенично-пырейных гибридов (ППГ) были осуществлены академиком Н.В. Цициным. Позже на основе ППГ были созданы зимостойкие сорта озимой пшеницы (Цицин и др., 1979, Чекуров, Козлов, 2003). Работы по переносу генов устойчивости к болезням от *Ag. elongatum* в геном пшеницы были проведены в США (Sharma et al., 1966; Knott et al., 1978; Lammer et al., 2005). В российских сортах пшеницы преимущественно использована транслокация *Lr19/Sr25* (Гультяева, 2018). В ведущих селекционных учреждениях РФ (НИИСХ Юго-Востока, г. Саратов; Самарский НИИСХ им. Н.М. Тулайкова, г. Самара; Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко, г. Краснодар) проведена работа по трансгрессии генов родственного вида *Ag. intermedium* (Salina et al., 2015; Давоян и др., 2019). В Омском аграрном университете имени П.А. Столыпина (г. Омск) в 1990-х гг. была начата работа по созданию ППГ на основе *Ag. elongatum* (Плотникова и др., 2014). В настоящее время получены продуктивные линии яровой мягкой пшеницы устойчивые к болезням. Для дальнейшей селекции необходимо изучение хозяйствственно-ценных свойств интrogрессивных линий в зоне рискованного земледелия, а также мониторинг их устойчивости к грибным болезням.

Целью исследования было создание селекционного материала яровой мягкой пшеницы с генами *Ag. elongatum* и изучение его свойств в Западной Сибири.

Задачи исследований:

1. Изучить тенденции изменения морфологических и агрономических свойств пшенично-пырейных гибридов в ходе возвратных скрещиваний с сортами мягкой пшеницы.
2. Создать интродуктивные линии пшеницы с сокращенным вегетационным периодом и продуктивностью на уровне или выше стандартов.
3. Получить интродуктивные линии резистентные к грибным болезням на юге Западной Сибири.
4. Провести генетический анализ признака устойчивости к бурой ржавчине интродуктивных линий и определить присутствие известных *Lr*-генов на основе молекулярно-генетического анализа.
5. Изучить экологическую пластичность линий в контрастных погодных условиях в лесостепи Западной Сибири. Определить вклад в формирование продуктивности факторов «среда», «генотип», взаимодействие «среда-генотип», а также элементов структуры урожая.
6. Провести анализ качества зерна лучших линий.
7. Рассчитать экономическую эффективность использования интродуктивных линий в производственных условиях.

Научная новизна исследований

Созданы новые линии мягкой пшеницы с генами *Ag. elongatum*, адаптированные к условиям южной лесостепи Западной Сибири. Выявлены общие тенденции изменчивости при создании интродуктивных линий: снижение общей и продуктивной кустистости при одновременном росте массы зерна главного колоса и массы 1000 зерен. Сокращение вегетационного периода лучших линий происходило преимущественно за счет сокращения периода «колошение – восковая спелость». Получены перспективные линии с сокращенным вегетационным периодом, высокой урожайностью, устойчивые к комплексу болезней (мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине, септориозу листьев и колоса), высоким качеством зерна. Установлено, что устойчивость линий к листовой ржавчине контролировалась неизвестными генами с разными типами взаимодействия. Выявлены линии, сочетающие экологическую пластичность и стабильность в контрастных погодных условиях 2012-2017 гг.

Теоретическая значимость работы

Выявлено влияние генотипа родительских сортов на изменение свойств пшенично-пырейных гибридов в ходе беккроссов: формы колоса, числа и массы 1000 зерен, вегетационного периода. Показано присутствие в интродуктивных линиях одного-трех генов устойчивости к бурой ржавчине, отличающихся от известных *Lr19*, *Lr24*, *Lr29*. Установлено, что продуктивность созданных новых линий мягкой пшеницы с генами *Ag. elongatum* в зоне рискованного

земледелия преимущественно обеспечивали признаки: количество продуктивных стеблей, число зерен главного колоса и масса зерна главного колоса.

Практическая значимость работы

Создан набор перспективных линий с генами *Ag. elongatum* с сокращенным вегетационным периодом, высокой урожайностью, устойчивых к комплексу болезней. Лучшие линии №№ 376/2015, 359/2015, 17/2015, 11/2015, 20/2015, 10/2015, 37/2015, 19/2015, 5/2015 отличались высокой экологической пластичностью и стабильностью, а также хорошим качеством зерна. Выделившиеся линии переданы в селекционные питомники учебно-научной лаборатории селекции и семеноводства полевых культур им. С.И. Леонтьева Омского ГАУ, а также в Омский аграрный научный центр. Результаты исследований внедрены в учебный процесс по направлениям 35.03.04 и 35.04.04 – Агрономия.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Особенности морфогенеза пшенично-пырейных гибридов и линий пшеницы при скрещивании с сортами пшеницы.

2. Создание перспективных линий яровой мягкой пшеницы с генами *Ag. elongatum*, отличающихся сокращенным вегетационным периодом, высокой урожайностью и качеством зерна, устойчивых к комплексу болезней, адаптивностью к условиям южной лесостепи Западной Сибири.

3. Генетический контроль устойчивости к бурой ржавчине определяется одним-тремя неизвестными генами, отличающимися от *Lr19, Lr24, Lr29*.

4. Вклад элементов структуры урожая интrogрессивных линий в экологическую пластичность и засухоустойчивость в зоне рискованного земледелия.

Степень достоверности и апробация результатов работы

Достоверность результатов исследований подтверждается достаточным объемом результатов, комплексным подходом к исследованиям, статистической обработкой полученных данных, широким обсуждением на научных мероприятиях и в печатных работах.

Основные результаты работы представлены на научных конференциях различного уровня: XVII Международной экологической научной конференции «Экология России и сопредельных территорий» (г. Новосибирск, 2012); Национальной научно-практической конференции «Материально-техническое обеспечение АПК России: импортозамещение, перспективы и опыт корпорации «Енисей» (г. Омск, 2014); Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции «Агрометеорология и сельское хозяйство: история, значение и перспективы» (г. Омск, 2016); Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата» (г. Саратов, 2021); IV-я Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микробиоты» (г. Минск, 2021).

Личный вклад автора. Диссертационная работа является результатом исследований, выполненных лично автором. Автор принимала участие во всех этапах работы: формулирование проблемы, постановка цели и задач, планиро-

вание и проведение экспериментов и интерпретация полученных данных, подготовка публикаций и написание диссертационной работы.

Публикации по теме диссертации. По материалам диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и включенных в международные базы данных.

Структура и объем диссертации. Работа изложена на 243 стр., содержит 40 рисунков и 39 таблиц, состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы, приложений. Список цитированной литературы включает 228 источников, в том числе 51 иностранных работ.

Благодарности. Выражаю искреннюю благодарность моему научному руководителю д-ру биол. наук, профессору Л.Я. Плотниковой за помощь на всех этапах выполнения и написания диссертации. Глубокую признательность выражаю всему коллективу кафедры агрономии, селекции и семеноводства, а также учебно-научной лаборатории селекции и семеноводства полевых культур им. С.И. Леонтьева Омского ГАУ. Благодарю за консультирование и помошь канд. с.-х. наук, доцента С.П. Кузьмину, д-ра с.-х. наук, доцента И.В. Потоцкую, старшего преподавателя, канд. биол. наук В.Е. Пожерукову. Выражаю глубокую благодарность заведующей лабораторией иммунитета растений Омского Аграрного научного центра, канд. биол. наук Л.В. Мешковой и ведущему сотруднику Всероссийского института защиты растений, д-ру биол. наук Е.И. Гульяевой за проведение молекулярно-генетического анализа линий.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Обзор литературы

В литературе обсуждаются особенности селекции яровой мягкой пшеницы в Западной Сибири и перспективы генетической защиты пшеницы от действия стрессовых факторов с участием видов рода *Agropyron*.

Глава 2 Материалы, методы и условия экспериментов

Материалами для исследований служили: образцы пырея удлиненного *Agropyron elongatum* (Host) Beauv.; яровые пшенично-пырейные гибриды (ППГ) разных поколений – 380 обр.; набор интrogессивных линий, созданных на основе ППГ – 490 шт. В качестве стандартов были использованы сорта: Памяти Азиева (среднеранний), Дуэт (среднеспелый), Эритроспермум 59, Серебристая (среднепоздние).

Полевые эксперименты проведены на опытном стационаре Омского ГАУ в 2012-2017 гг. Стационар расположен в южной лесостепи Западной Сибири (г. Омск). Почва поля относится к лугово-черноземному типу. Посев проводили в оптимальные сроки по методике питомников СП-1, СП-2, КП.

Фенологические наблюдения и анализ элементов структуры урожая проводили по стандартным методикам. Развитие буровой и стеблевой ржавчины, мучнистой росы и септориоза оценивали на естественном инфекционном фоне по общепринятым методикам (Методика оценки, 2007; Койшыбаев и др., 2014).

Генетический анализ устойчивости линий к бурой ржавчине проводили в поколении F₂. Фитопатологический тест и молекулярно-генетический анализ линий по маркерам, сцепленным с известными генами Lr19, Lr24, Lr29 (маркеры SCS253, SCS265, SCS73, SCS1326, SCS1326) был проведен ведущим сотрудником ВИЗРа Е.И. Гульяевой. Показатели качества зерна (содержание белка и сырой клейковины) определяли на приборе ИнфраЛЮМ ФТ-10, стекловидность – на фаринотоме.

В ходе статистической обработки данных проводили корреляционный, вариационный, дисперсионный одно- и двухфакторный анализ (Доспехов, 2012) с использованием стандартной программы Excel 2010. Параметры экологической пластиности интродуктивных линий и сортов по признаку продуктивности и элементам структуры урожая рассчитывали по методике Эберхарта и Рассела (Зыкин и др., 2008).

В 2012-2017 гг. наблюдалось сильное колебание по температуре, количеству осадков, длительным периодам засухи в 2012, 2014, 2017 гг. (рис. 1).

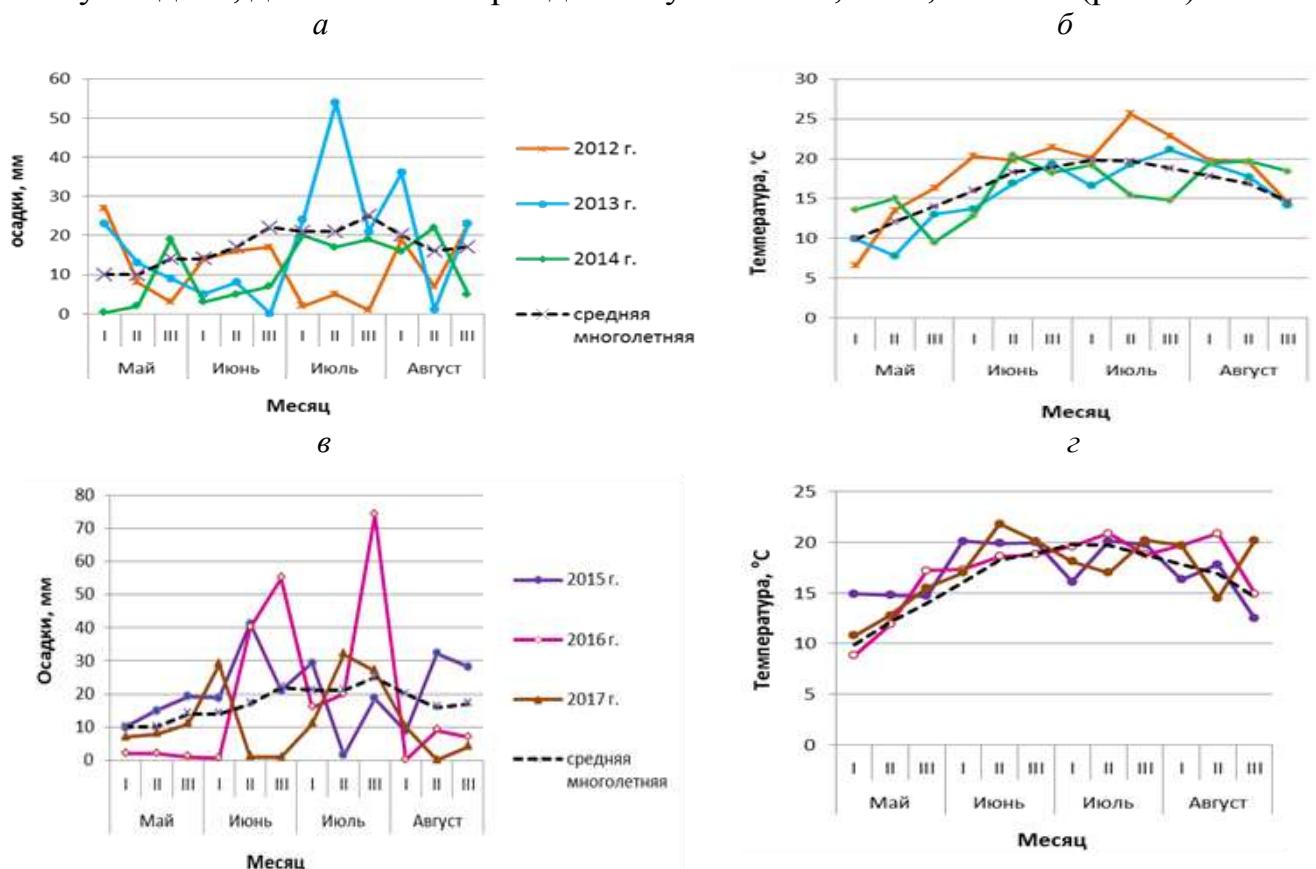


Рис. 1 – Метеорологические условия в 2012-2017 гг.: а, в – количество осадков, б, г – температура

Глава 3 Первичные этапы создания интродуктивных линий с генами пырея удлиненного

На первых этапах работы пшенично-пырейные гибриды имели пырейный или пырейно-промежуточный типы колоса с мелким зерном. В ходе воз-

вратных скрещиваний (B_1 - B_3) пшенично-пырейных гибридов с сортами мягкой пшеницы выявлено влияние генотипов на изменчивость морфологических и агрономических свойств растений. При использовании в качестве родительской формы сорта Соната быстрее изменялась форма колоса и происходило увеличение массы главного колоса за счет числа и массы 1000 зерен (рис. 2 *a, б*). В потомстве сорта Чернява 13 быстрее сокращался вегетационный период. Общей тенденцией изменчивости при беккросах с местными сортами было снижение количества общих и продуктивных стеблей при одновременном росте массы зерна главного колоса и массы 1000 зерен.

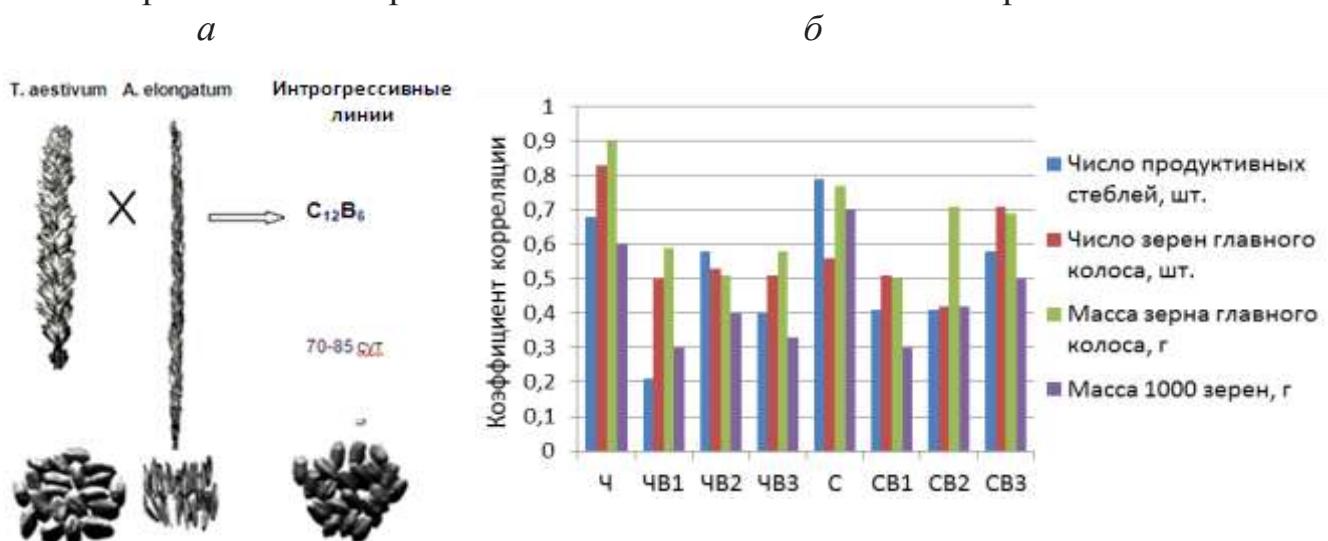


Рис. 2 – Свойства *Agropyron elongatum*, *Triticum aestivum*, пшенично-пырейных гибридов и интрагрессивных линий: *а* – морфологические особенности растений; *б* – коэффициенты корреляции продуктивности ППГ с элементами структуры урожая. Ч – сорт Чернява 13; С – сорт Соната; ЧВ₁-ЧВ₃ СВ₁-СВ₃ – образцы, полученные путем беккроссов с сортами Чернява 13 и Соната соответственно.

В ходе работы был сокращен вегетационный период образцов (с 130 до 76-97 сут.) и созданы линии, соответствующим потребностям производства (рис. 3). Сокращение вегетационного периода лучших линий преимущественно происходило за счет периода «колошение – восковая спелость».

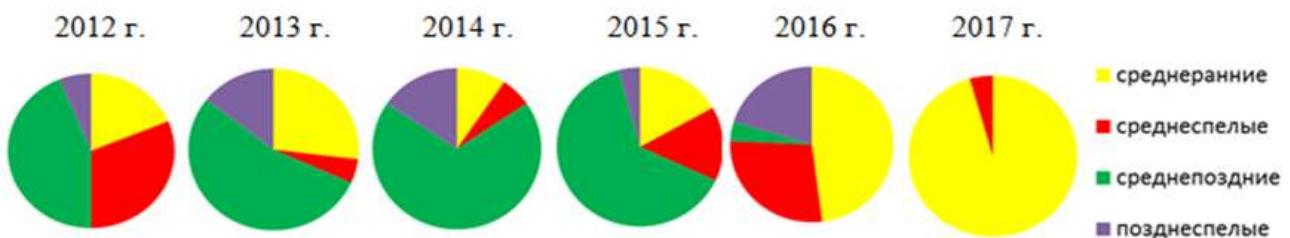


Рис. 3 – Распределение образцов пшенично-пырейных гибридов и линий по группам спелости

В процессе работы был проведен индивидуальный отбор растений и созданы линии с продуктивностью, превышающей показатели стандартов (рис. 4). Если в 2012 г. большая часть ППГ уступала стандартам, то в 2017 г. лучшие линии превосходили их в 1,5-2 раза. Лучшую продуктивность показали линии №№ 364/2015, 375/2015, 31/2015, 6/2015, 2/2015.

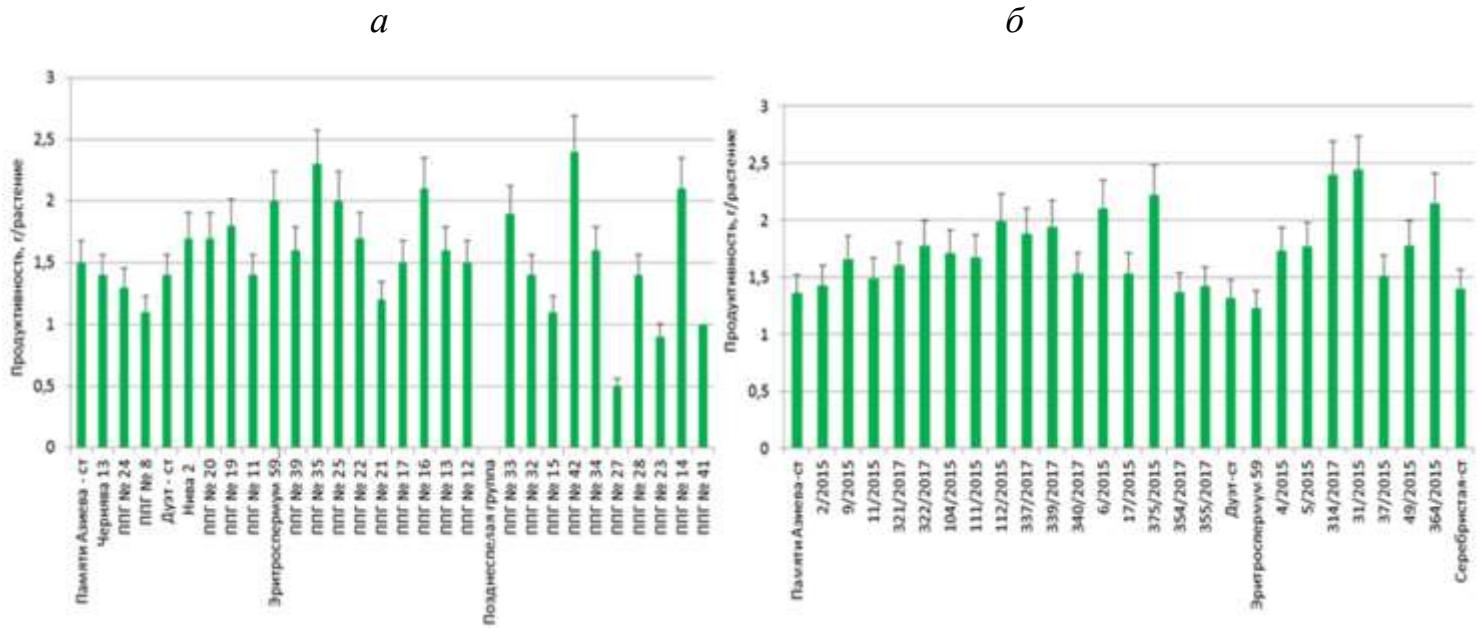


Рис.4–Продуктивность лучших ППГ (а, 2012 г.) и линий (б, 2017 г.)

Глава 4 Создание интроверсивных линий устойчивых к болезням в Западной Сибири

В период 2012-2017 гг. отмечено усиление агрессивности основных болезней пшеницы (мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчины, различных видов септориоза). Доля устойчивых и восприимчивых линий менялась в зависимости от погодных условий и интенсивности инфекционного фона (рис. 5).

В 2017 г. доля устойчивых к бурой ржавчине линий составила 12 %, к стеблевой ржавчине – 18 %, к септориозу листьев – 14 %, к септориозу колоса – 41 %. Корреляционный анализ показал усиление взаимосвязи продуктивности растений с устойчивостью на фоне ужесточения развития болезней.

По результатам гибридологического анализа линий в поколении F₂ был выявлен моно- или олигогенный (2-3 гена) контроль устойчивости к бурой ржавчине с различными вариантами взаимодействия генов. Разные результаты, вероятно, связаны с разным распределением Lr-генов в линиях. По данным ПЦР-анализа с использованием набора SSR-маркеров, а также фитопатологического теста, в линиях отсутствуют известные гены устойчивости к бурой ржавчине Lr19, Lr24, Lr29. Вероятно, защита линий обеспечивается не идентифицированными генами устойчивости.

Мучнистая роса Бурая ржавчина Стеблевая ржавчина Септориоз листьев Септориоз колоса

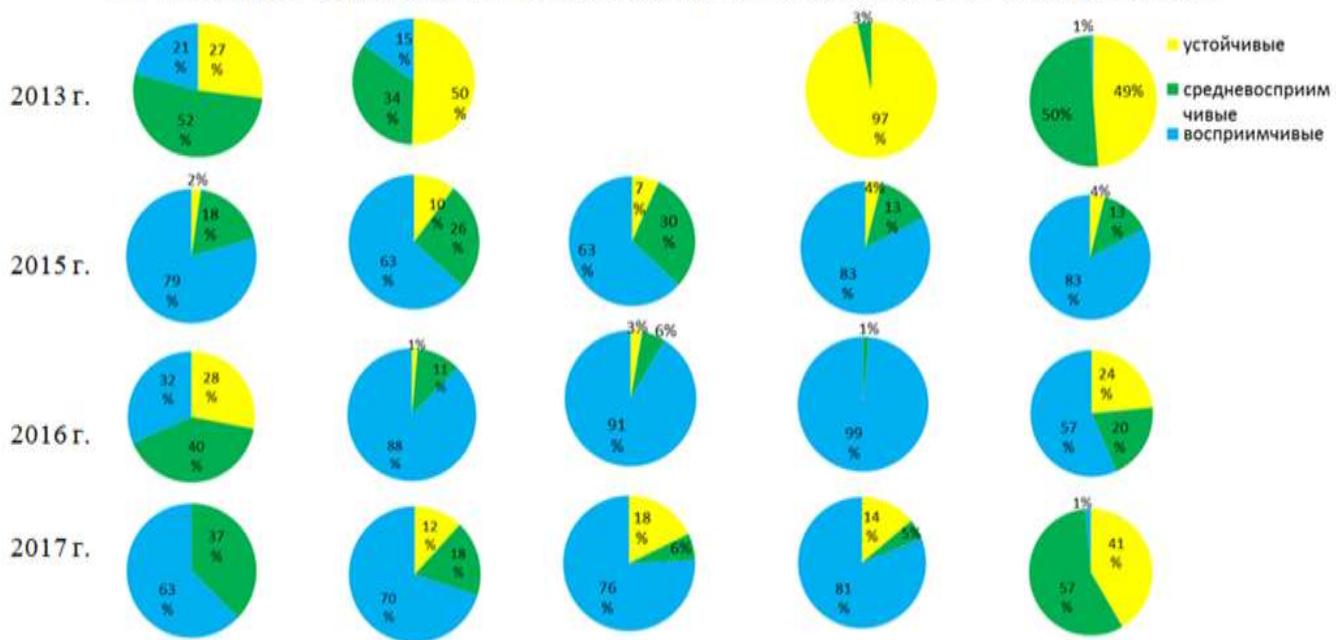


Рис. 5 – Распределение интrogрессивных линий по устойчивости к болезням

Глава 5 Экологическая пластиность интrogрессивных линий в южной лесостепи Западной Сибири

Оценка экологической пластиности лучших 18 линий по продуктивности и элементам структуры урожая была проведена в 2012-2017 гг. Основное влияние на продуктивность оказывали факторы среды (79,3 %). Из элементов структуры урожая среда оказывала наибольшее влияние на показатель «число продуктивных стеблей» (92,9 %), наименьшее – на массу 1000 зерен (82,5 %). Фактор «генотип» оказывал влияние на число продуктивных стеблей (3,4 %), число зерен (5,4 %) и массу зерна главного колоса (5,2 %) и на массу 1000 зерен (7,4 %). Взаимодействие «генотип-среда» влияло на число продуктивных стеблей (2,9 %), число зерен (4,4 %) и массу зерна главного колоса (7,1 %), массу 1000 зерен (8,9 %). В контрастных погодных условиях 2012-2017 гг. выделены девять линий, сочетающих экологическую пластиность и стабильность с высокой средней продуктивностью (№№ 376/2015, 359/2015, 17/2015, 11/2015, 20/2015, 10/2015, 37/2015, 19/2015, 5/2015).

С учетом усиления вредоносности засух был сделан анализ экологической пластиности 14 линий с высокой средней продуктивностью в годы с жесткими засухами в критические периоды развития растений (всходов, кущения, цветения и формирования зерна) (2012-2014 и 2017 гг.). Высокие показатели линий обеспечивались преимущественно числом продуктивных стеблей, числом зерен и массой зерна главного колоса (рис. 6). Наиболее благоприятным для продуктивности растений был 2013 г. (индекс условий среды $I_j = +0,56$), худшие условия сложились в 2014 г. ($I_j = -0,38$) (табл. 1). Продуктивность линий в 2013 г. в

среднем по опыту составила 1,92 г, в неблагоприятном 2014 г.– 0,98 г. По результатам исследований выделены линии, сочетающие экологическую пластичность и стабильность, что характерно для сортов интенсивного типа (№№ 5/2015 и 11/2015) (рис. 7, табл. 1). Набор линий (№№ 15/2015, 31/2015, 364/2015, 374/2015, 376/2015) имел высокую стабильную продуктивность в засушливые годы. Анализ экологической пластичности по элементам структуры урожая показал, что стабильная продуктивность линий обеспечивалась разными признаками: числом продуктивных стеблей (№ 31/2015), числа зерен главного колоса (№ 374/2015), а также сочетанием этих двух признаков (15/2015, 376/2015) и массы 1000 зерен (№364/2015). Это объясняется стабильностью морфогенеза линий на стадиях кущения, цветения и налива зерна. Данные линии представляют интерес для создания сортов для степной зоны, а также в качестве источников генов засухоустойчивости для Западной Сибири.

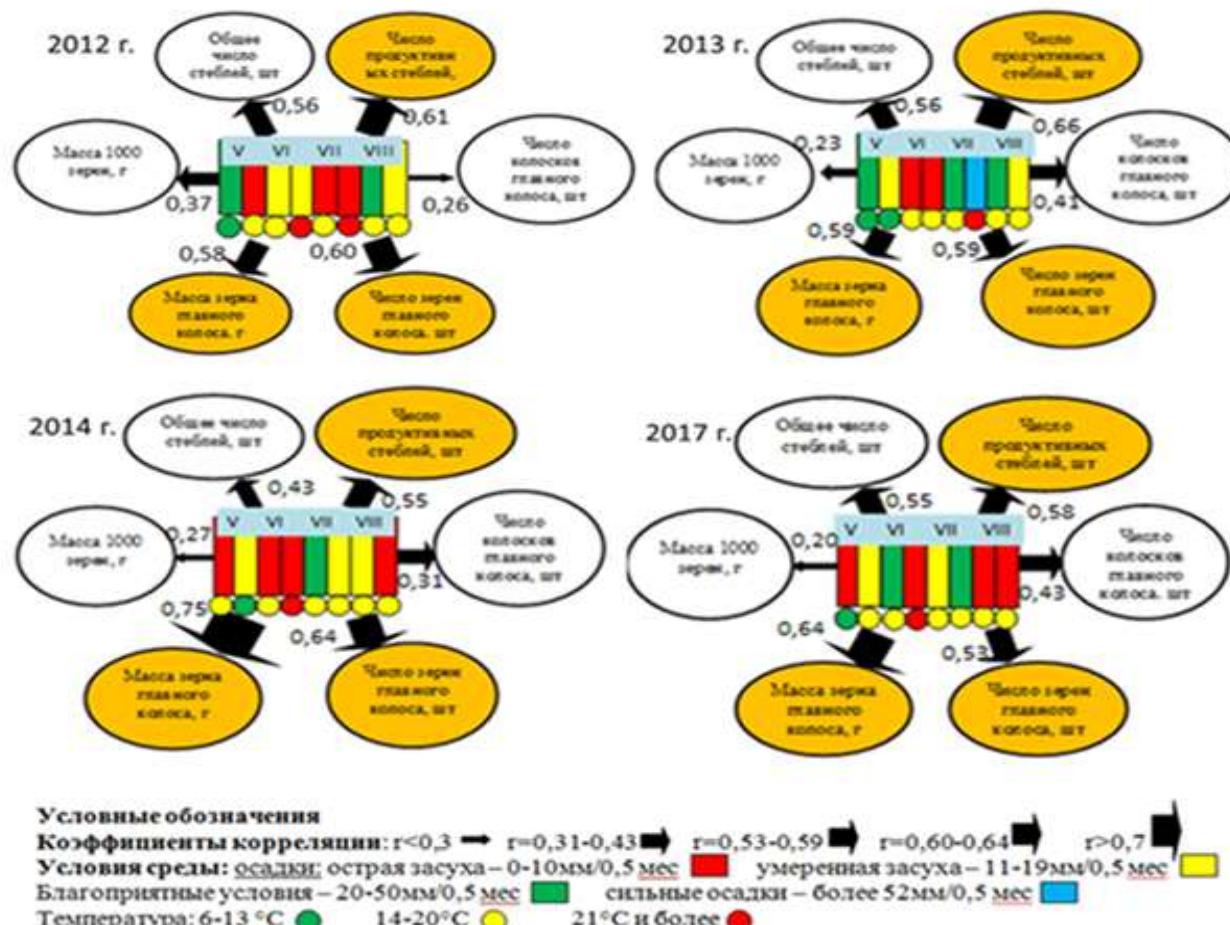


Рис.6– Взаимосвязь продуктивности линий с элементами структуры урожая в засушливые 2012-2014 и 2017 гг.

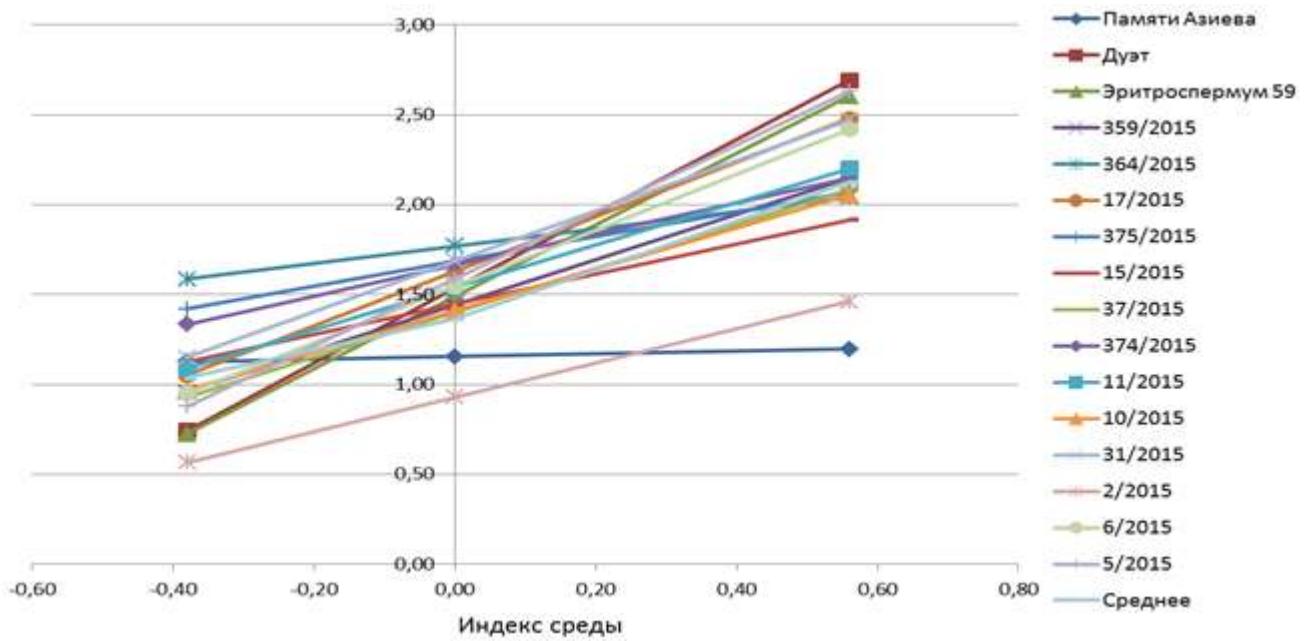


Рис.7 – Линии регрессии продуктивности интровергессивных линий в засушливые 2012-2014 и 2017 гг.

Глава 6 Характеристика лучших интровергессивных линий

Характеристика лучших линий по продуктивности и устойчивости к болезням была сделана в 2015-2017 гг. (табл. 2). Продуктивность сортов-стандартов в эти годы в среднем варьировала от 0,97 до 1,05 г/растение. Выделенные линии превышали по продуктивности стандарты, самый высокий показатель имела линия № 364/2015 (2,03 г). В 2015-2017 гг. устойчивость к стеблевой ржавчине проявила № 21/2015, к листовой форме септориоза – № 376/2015. Групповую устойчивость показали линии: №№ 364/2015, 375/2015, 6/2015 – к стеблевой ржавчине и септориозу листа и колоса; №№ 9/2015, 31/2015 – к бурой и стеблевой ржавчине и двум видам септориоза.

В питомниках СП-2 (2016 г.) и КП (2017 г.) девять выделенных линий превышали по продуктивности сорта-стандарты. Самую высокую урожайность за 2 года (2016-2017 гг.) показали линии №№ 9/2015, 37/2015, 364/2015 и 375/2015.

В условиях 2015-2017 гг. по качеству зерна сорт сильной пшеницы Памяти Азиева и ценный сорт Дуэт соответствовали показателям сильной пшеницы 2-го класса, а Серебристая – к ценной пшенице 3-го класса. Интровергессивные линии №№ 7/2015, 9/2015, 10/2015, 11/2015, 374/2015, 375/2015, 376/2015 по содержанию белка, сырой клейковины, натуре зерна относились к сильной пшенице 1 или 2 класса, а линия № 6/2015 – к 1-му классу. Все линии по стекловидности превосходили сорта-стандарты. По показателю «выход белка с гектара» линии №№ 6/2015, 374/2015, 375/2015 превышали результаты лучшего сорта-стандарта Дуэт (548 кг/га). Данные линии представляют интерес как основа сортов продовольственного и фуражного назначения.

Таблица 1 – Показатели экологической пластиности интровергессивных линий по продуктивности в засушливые сезоны 2012, 2013, 2014 и 2017 гг.

Сорт, линия	Вегетационный период, сут. за 6 лет (2012-2017 гг.)	Продуктивность растений, г.					Пластиность, b_i	Стабильность, σ_d^2
		2012	2013	2014	2017	Среднее*		
Среднеранняя группа								
Памяти Азиева	83	1,48	1,01	0,77	1,36	1,16	0,07	0,16
374/2015	81	1,87	1,75	1,53	1,66	1,70	0,87	0,03
364/2015	82	1,80	1,17	1,16	2,15	1,57	0,49	0,22
HCP ₀₅	-	0,20	0,11	0,09	0,27	0,29	-	-
Среднеспелая группа								
Дуэт	86	1,08	2,96	1,06	1,02	1,53	2,08	0,25
375/2015	84	1,51	1,40	0,61	2,22	1,44	0,70	0,71
359/2015	85	1,50	2,14	0,88	1,24	1,44	1,27	0,01
17/2015	86	1,45	2,57	0,97	1,53	1,63	1,52	0,08
HCP ₀₅	-	0,21	0,15	0,11	0,36	0,34	-	-
Среднепоздняя группа								
Эритроспермум 59	88	1,04	2,84	0,84	1,23	1,49	2,00	0,22
15/2015	87	1,47	1,94	1,26	1,09	1,44	0,84	0,02
11/2015	88	1,10	2,15	0,88	1,49	1,41	1,19	0,05
HCP ₀₅	-	0,19	0,17	0,13	0,26	0,31	-	-
Позднеспелая группа								
10/2015	89	1,51	2,03	0,90	1,20	1,41	1,16	0,01
12/2015	89	2,14	1,53	0,77	1,20	1,41	0,55	0,11
37/2015	90	1,96	1,80	0,33	1,51	1,40	1,24	0,42
31/2015	91	1,95	1,18	1,48	2,44	1,76	1,41	1,48
2/2015	93	0,53	0,93	0,83	1,43	0,93	0,96	0,54
5/2015	96	1,04	1,73	0,79	1,77	1,33	1,87	0,59
6/2015	97	1,10	1,53	1,45	2,10	1,55	1,57	1,08
HCP ₀₅	-	0,22	0,16	0,12	0,37	0,39	-	-
Среднее		1,42	1,92	0,98	1,13	1,36	-	-
I_j		0,06	0,56	-0,38	-0,24	-	-	-

Примечание: среднее за 2012-2014 и 2017 гг.; I_j – индекс условий; b_i – коэффициент регрессии; σ_d^2 – степень дисперсии; $p \leq 0,05$

Таблица 2 –Характеристика лучших линий по устойчивости к болезням и продуктивности, 2015-2017 гг.

Сорт, линия	Продуктивность, г/раст, среднее за 3 года	Устойчивость к мучнистой росе, балл			Поражение									
					Бурая ржавчина, балл/%			Стеблевая ржавчина, балл/%			Септориоз, лист/колос, %			
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015
Среднеранняя группа														
Памяти Азиева	0,99	1	2	4	4/65	4/100	4/60	40 S	100 S	70 S	50/25	75/25	75/50	
364/2015	2,03	5	3	5	4/25	4/10	4/20	25 S	20 S	10 S	25/25	25/10	10/0	
21/2015	1,06	5	7	4	4/65	4/80	4/30	40 S	10 S	5 S	50/25	25/25	10/10	
Среднеспелая группа														
Дүэт	1,05	3	6	4	4/25	4/50	4/90	60 S	100 S	65 S	25/25	75/25	50/25	
375/2015	1,84	1	5	4	4/30	4/20	4/10	20 S	20 S	10 S	25/25	25/10	10/0	
376/2015	1,54	2	5	4	4/20	4/40	4/30	30 S	40 S	40 S	10/25	25/10	10/10	
17/2015	1,54	3	4	4	4/40	4/30	4/40	40 S	20 S	40 S	50/25	25/25	25/25	
Среднепоздняя группа														
Серебристая	0,97	3	6	2	4/65	4/70	4/100	60 S	40 S	25 S	50/25	75/25	50/10	
9/2015	1,43	1	5	3	4/10	4/20	4/1	5 S	10 S	0 R	25/10	25/10	10/10	
11/2015	1,28	1	4	2	4/40	4/60	4/80	40 S	25 S	25 S	25/25	50/25	75/25	
38/2015	1,05	3	4	3	4/10	4/10	4/20	5 S	10 S	30 S	25/25	25/25	50/25	
Позднеспелая группа														
37/2015	1,25	3	5	2	4/25	4/30	4/80	20 S	20 S	0 R	50/10	50/5	50/0	
31/2015	1,90	5	5	3	4/10	4/20	4/5	5 S	5 S	0 R	25/10	10/10	5/0	
6/2015	1,60	2	5	4	4/40	4/80	4/60	20 S	10 S	0 R	10/5	25/10	10/0	
5/2015	1,24	3	6	4	4/65	4/40	4/30	10 S	10 S	1 S	25/25	25/10	10/10	
2/2015	1,67	1	6	4	4/65	4/10	4/1	10 S	10 S	0 R	25/25	25/10	10/10	

Глава 7 Расчет экономической эффективности использования интровергессивных линий в производстве

Расчет экономической эффективности показал, что экономически выгоднее внедрять в производство линию № 9/2015, так как она отличается высокой урожайностью, устойчивостью к болезням, качеством зерна. Уровень рентабельности составил 127,1 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение 2012-2017 гг. была проведена работа по созданию и изучению селекционного материала яровой мягкой пшеницы с генами пырея удлиненного, сделана оценка и отбор линий, отличающихся экологической пластичностью и устойчивостью к грибным болезням.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Выявлено влияние родительских сортов на изменения свойств ППГ в ходе скрещиваний: при использовании сорта Соната значительно изменялась форма колоса и увеличивались число зерен главного колоса и масса 1000 зерен; при скрещивании с сортом Чернява 13 сокращался вегетационный период. Общими тенденциями изменчивости были снижение количества общих и продуктивных стеблей при одновременном росте массы зерна главного колоса и массы 1000 зерен.

2. Сокращение вегетационного периода образцов (от 130 до 76-97 сут.), преимущественно происходило за счет периода «колошение-восковая спелость». После проведения серии скрещиваний и индивидуального отбора получены линии разных групп спелости с урожайностью на уровне или выше стандартов.

3. На фоне усиления развития грибных болезней пшеницы в 2012-2017 гг. выделены устойчивые линии:

- к мучнистой росе – №№ 364/2015, 21/2015, 31/2015, 5/2015;
- к бурой ржавчине – №№ 364/2015, 38/2015, 31/2015, 375/2015, 9/2015, 2/2015;
- к стеблевой ржавчине – №№ 21/2015, 37/2015, 6/2015, 5/2015;
- к листовой форме септориоза – №№ 376/2015, 31/2015, 6/2015; к колосовой – №№ 364/2015, 375/2015, 9/2015, 37/2015, 5/2015, 2/2015.
- с групповой устойчивостью к ржавчина – №№ 2/2015, 364/2015, 375/2015; к листовой и колосовой форме септориоза – №№ 376/2015, 31/2015, 6/2015; к ржавчина и септориозным болезням – №№ 364/2015, 375/2015, 9/2015, 31/2015, 2/2015.

4. Генетический анализ показал присутствие в интровергессивных линиях от одного до трех генов устойчивости к бурой ржавчине, отличных от известных *Lr19*, *Lr24*, *Lr29*.

5. Основное влияние на продуктивность оказывали факторы среды (79,3 %). Из элементов структуры урожая среда оказывала наибольшее влияние на число продуктивных стеблей (92,9 %), наименьшее – на массу 1000 зерен

(82,5 %).

6. В контрастных погодных условиях 2012-2017 гг. выделены линии, сочетающие экологическую пластичность и стабильность с высокой средней продуктивностью (№№ 376/2015, 359/2015, 17/2015, 11/2015, 20/2015, 10/2015, 37/2015, 19/2015, 5/2015). Высокие показатели линий обеспечивались преимущественно числом продуктивных стеблей, числом зерен и массой зерна главного колоса.

7. Впервые была изучена устойчивость к засухе лучших интроверсивных линий в Западной Сибири. Основная часть линий в годы с жесткими засухами превзошла сорта-стандарты по продуктивности (в 1,1-2,2 раза). Линии №№ 12/2015, 15/2015, 17/2015, 20/2015, 31/2015, 37/2015, 359/2015, 364/2015, 374/2015, 375/2015 представляют интерес для создания засухоустойчивых сортов для степной и лесостепной зоны Западной Сибири.

8. Линии разных групп спелости (№ 374/2015, 17/2015, 12/2015) показали высокую продуктивность при стабильности элементов структуры урожая. У остальных линий высокая продуктивность определялась пластичностью по одному-трем элементам в разных сочетаниях.

9. Лучшие интроверсивные линии имели вегетационный период 81 до 89 сут. и превышали по урожайности сорта-стандарты разных групп спелости в 1,5-2 раза.

Линии №№ 6/2015, 9/2015, 375/2015, 376/2015 проявили групповую устойчивость к грибным болезням.

Линии №№ 7/2015, 9/2015, 10/2015, 11/2015, 374/2015, 375/2015, 376/2015 по содержанию белка, сырой клейковины, натуре зерна относились к сильной пшенице 1 или 2 класса, а линия № 6/2015 – к сильной пшеницы 1-го класса. По стекловидности все линии превосходили сорта-стандарты. Перечисленные линии представляют интерес для создания сортов продовольственного и фуражного назначения.

10. Расчет экономической эффективности использования линии № 9/2015(с высокой урожайностью, устойчивостью к болезням, качеством зерна) в производстве, показал уровень рентабельности 127,1 %.

Рекомендации по использованию результатов исследований в селекционном процессе

1. В качестве источников групповой устойчивости к грибным болезням рекомендуется использовать линии:
 - к ржавчинным болезням – №№ 2/2015, 364/2015, 375/2015;
 - к листовой и колосовой форме септориоза – №№ 376/2015, 31/2015, 6/2015;
 - к ржавчинным и септориозным болезням – №№ 364/2015, 375/2015, 9/2015, 31/2015, 2/2015.

Линии №№ 12/2015, 15/2015, 17/2015, 20/2015, 31/2015, 37/2015, 359/2015, 364/2015, 374/2015, 375/2015 рекомендуются использовать в качестве источников генов засухоустойчивости в Западной Сибири.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК и международных базах данных

1. Плотникова Л.Я. и др. Интrogессивные линии мягкой пшеницы с генами пырея удлиненного *Agropyron elongatum* устойчивые к листовым болезням на юге Западной Сибири / Л.Я. Плотникова, А.Т. Айдосова, А.Н. Рыспекова, А.Ю. Мясников // Вестник Омского государственного аграрного университета, 2014. – №4 (16). – С. 3-7.
2. Плотникова Л.Я. и др. Оценка устойчивости к бурой ржавчине и экологической пластичности интrogессивных линий мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum* / Л.Я. Плотникова, А.Т. Сагендыкова, С.П. Кузьмина // Аграрная Россия, 2016. – № 9. – С. 5-13.
3. Плотникова Л.Я. и др. Перспективные интrogессивные линии яровой мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum* устойчивые к септориозу в Западной Сибири / Л.Я. Плотникова, А.Т. Сагендыкова, Г.А. Бережкова // Вестник Казанского ГАУ, 2017. – № 3(45). – С. 39-45.
4. Плотникова Л.Я. и др. Изменение агрономических свойств пшенично-пырейных гибридов при создании доноров для селекции пшеницы, адаптированных к условиям лесостепной зоны Западной Сибири / Л.Я. Плотникова, С.П. Кузьмина, А.Т. Айдосова, А.И. Дегтярев // Омский научный вестник, 2014. – №2 (134). – С. 155-159.

Публикации в других научных изданиях

5. Семеренко М.В. и др. Перспективы использования ресурсов генофонда пырея удлиненного для создания адаптивных форм мягкой пшеницы / М.В. Семеренко, А.Т. Айдосова, А.И. Дегтярев, В.Е. Пожерукова // XVII Международная экологическая научная конференция «Экология России и сопредельные территории». НГУ, 2012. – С. 138-139.
6. Айдосова А.Т., Рыспекова А.Н. Создание пшенично-пырейных гибридов, перспективных для селекции пшеницы / А.Т. Айдосова, А.Н. Рыспекова // Материалы десятого университетского конкурса на лучшую научно-исследовательскую работу обучающихся. - Омск: Омск: Изд-во Омск. Гос. Аграрн. Ун-та им. П.А. Столыпина, 2014. – С. 7-9.
7. Плотникова Л.Я. и др. Перспективные интrogессивные линии мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum* устойчивые к септориозу // Л.Я. Плотникова, А.Т. Айдосова, А.И. Дегтярев // Материально-техническое обеспечение

АПК России: Импортозамещение, перспективы и опыт корпорации «Енисей»: Материалы национальной научно-практической конференции – Омск, 2014. – С.48-52.

8. Плотникова Л.Я. и др. Перспективные интrogессивные линии мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum* устойчивые к ржавчинным болезням в Западной Сибири / Л.Я. Плотникова, А.Т. Сагендыкова, А.Ю. Мясников // Агрометеорология и сельское хозяйство: история, значение и перспективы: сборник материалов Национальной (Всероссийской) научн.-практ. конференции (г. Омск), 2016. – С. 37-41.

9. Сагендыкова А.Т. и др. Экологическая пластичность интrogессивных линий мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum* в засушливых условиях южной лесостепи Западной Сибири / А.Т. Сагендыкова, Л.Я. Плотникова, С.П. Кузьмина // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: Сборник материалов международной научн.-практ. конф., посвященной 35-летию ФГБНУ РосНИИСК «Россортсго». – Саратов: ООО «Амирит», 2021. – С. 239-245.

10. Сагендыкова А.Т. и др. Устойчивость к стеблевой ржавчине новых линий яровой мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum* в Западной Сибири / А.Т. Сагендыкова, Л.Я. Плотникова, М.В. Урман // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микробиоты: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 100-летию каф. ботаники БГУ, Респ. Беларусь, Минск, 31 мая 2021 г.– Минск: БГУ, 2021. – С. 163-167.