

На правах рукописи

БУЛЬДЯЕВА ОЛЬГА АНАТОЛЬЕВНА

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ РЖИ К ПОРАЖЕНИЮ
ФИТОПАТОГЕНАМИ (НА ПРИМЕРЕ ГРИБОВ РОДА *PUCCINIA* PERS.)

Специальность 03.00.16 – экология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Тюмень - 2007

Работа выполнена на кафедре ботаники и биотехнологии растений
ГОУ ВПО «Тюменский государственный университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор *Боме Нина Анатольевна*

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Дмитриев Андрей Петрович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Сапега Валерий Антонович

Ведущая организация: ГНУ НИИСХ Северного Зауралья

Защита состоится «18» мая 2007 г. в 13 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.274.08 в Тюменском государственном
университете по адресу: 625043, г. Тюмень, ул. Пирогова, 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тюменского
государственного университета и на сайте <http://utmn.ru>

Автореферат разослан «17» апреля 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

С.Н. Гашев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Рожь – одна из важнейших зерновых культур, обладающая ценными пищевыми и кормовыми качествами. Ценность ржи, особенно при выращивании в сложных почвенно-климатических условиях, определяется ее высокой зимостойкостью и способностью давать рентабельные урожаи на почвах с недостаточно высоким плодородием.

Различные заболевания, вызываемые грибными патогенами, в том числе бурая ржавчина (возбудитель - *Puccinia dispersa* Erikss. et E. Henn.) и стеблевая ржавчина (возбудитель - *Puccinia graminis* Pers.), приводят к значительным потерям урожая (30-40%) (Гроховски, 1990; Левитин, Тютюрев, 2003; Тихонов, Кондрашова, Митрофанов, 2005).

К настоящему времени разработаны агротехнические, химические и биологические методы борьбы с болезнями, однако максимальной эффективности каждый из методов может достичь в том случае, если учитываются особенности биологии возбудителя и норма реакции растений на воздействие патогена в различных условиях среды. В связи с этим, важным является изучение взаимоотношений гриба и растения в онтогенезе и определение параметров вредоносности ржавчины. Выявление сортов, способных противостоять патогенам и обладающих потенциями высокой урожайности, изучение особенностей их биологии, являются задачами первостепенной важности.

Цель исследования – изучение параметров вредоносности грибов рода *Puccinia* Pers. и устойчивости к ним растений озимой ржи на разных этапах онтогенеза.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие **задачи**:

- изучить динамику развития бурой листовой ржавчины на растениях озимой ржи в фазах колошения, цветения и молочной спелости зерна;
- определить влияние ржавчины на формирование листовой поверхности озимой ржи;

- провести сравнительную оценку биологических свойств проростков, выращенных из семян здоровых и пораженных растений;
- оценить влияние ржавчинных грибов на морфологические признаки растений озимой ржи в онтогенезе на естественном инфекционном фоне;
- выделить образцы озимой ржи с высокой экологической пластичностью и устойчивостью к грибам рода *Puccinia* Pers. на основе анализа внутривидовой изменчивости селекционно-ценных признаков.

Научная новизна. На основе комплексного исследования получены новые данные о биологии возбудителя *Puccinia dispersa* Erikss. et E. Henn. и сортоспецифической реакции озимой ржи на воздействие патогена в северной лесостепи Тюменской области.

Изучена внутривидовая изменчивость морфологических признаков озимой ржи в меняющихся условиях среды на разных этапах онтогенеза.

Впервые установлена общая закономерность проявления депрессии хозяйственно-ценных признаков озимой ржи в течение вегетационного периода под воздействием *Puccinia dispersa* Erikss. et E. Henn.

Показано, что по уровню восприимчивости и/или компенсаторных возможностей образцы озимой ржи характеризовались значительными различиями.

Выявлена корреляционная зависимость между урожайностью и степенью развития болезни.

Показано, что качество посевного материала определяется не только способностью семян к прорастанию, но и способностью формировать хорошо развитые проростки, способные противостоять целому комплексу неблагоприятных факторов.

При определении чувствительности озимой ржи к ржавчине использована изменчивость ряда морфометрических характеристик на стадии проростков и взрослого растения.

Положения, выносимые на защиту:

1. Вредоносность и распространение грибов рода *Puccinia* Pers., динамика и относительная скорость развития ржавчины определяются уровнем восприимчивости образцов озимой ржи и факторами окружающей среды.

2. Комплексное изучение морфометрических характеристик растений озимой ржи в онтогенезе и элементов вредоносности позволяет выявить формы, сочетающие максимальное количество полезных признаков, устойчивость к ржавчине и экологическую пластичность.

Практическая значимость. Выделены образцы озимой ржи, обладающие высокой экологической пластичностью и стабильной устойчивостью к ржавчине, рекомендуемые для использования в селекционных программах в качестве исходного материала.

Полученные данные по динамике развития ржавчины в течение вегетационного периода и уровню устойчивости образцов озимой ржи могут быть использованы в работе ФГУ «Тюменская областная станция защиты растений» для прогноза распространения грибов рода *Puccinia* Pers. и разработки агроэкологических методов профилактики и борьбы.

Материалы работы вносят определенный вклад в создание теоретической основы подбора и конструирования модели сортов озимой ржи для сложных почвенно-климатических условий.

Результаты исследования внедрены в учебный процесс биологического факультета Тюменского государственного университета при чтении спецкурсов «Болезни растений», «Адаптивный потенциал культурных растений» и проведении практических занятий, а также в лаборатории защиты растений УралНИИсх при создании новых селекционных форм озимой ржи.

Апробация работы. Наиболее полно результаты исследования изложены в научных отчетах (2004-2006 гг.) и представлены на заседаниях, научно-методических семинарах кафедры ботаники и биотехнологии растений Тюменского государственного университета. Материалы диссертации апробированы на VI международной школе-конференции

«Экология южной Сибири и сопредельных территорий» (Абакан, 2002), региональной конференции молодых ученых «Молодые ученые в решении проблем АПК» (Тюмень, 2003). Основные положения по теме диссертации опубликованы в 9 научных работах, одна статья находится в печати в Вестнике Тюменского государственного университета.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания условий, материалов и методов исследования, результатов, выводов, списка литературы, включающего 193 наименования, в том числе 5 на иностранных языках. Работа изложена на 138 страницах машинописного текста, содержит 18 таблиц, 18 рисунков и 40 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Дано обоснование актуальности, новизны и практической значимости работы. Поставлены цель и задачи, сформулированы положения, выносимые на защиту.

1. Обзор литературы

Приведен анализ литературных источников, посвященных изучению устойчивости культурных растений к воздействию патогенов. Дана биологическая и ботаническая характеристика рода *Secale* L., вида *Secale cereale* (Жуковский, 1971; Кобылянский, 1972; Куперман, 1972; Вавилов и др., 1979; Зиганшин, 1981; Культурная флора..., 1989; Боме, Логинов, 2002). Рассмотрены биологические особенности и вредоносность патогена ржавчины (Морко, 1984; Солодухина, 1985; Чумаков, Захарова, 1990; Войлоков, Гагкаева, Дмитриев, 1998; Назарова, Жемчужина, 2002). Описана норма реакции растений на воздействие патогена (Черемисинов, 1965; Рубин, Арциховская, Аксенова, 1968, 1975; Дьков, 1980; Прокофьев, 1983; Санин, 1985; Метлицкий, 1987; Лесовой, Парфенюк, 1990; Гусева, Зарубина, 1990; Сидорова, 2002; Танский, Наумова, 2002). Описаны механизмы устойчивости растений, в том числе озимой ржи к поражению патогенами (Ван дер Планк, 1966; Вавилов, 1986; Жученко, 1988; Солодухина, 1982, 1990; Resistance of

стор ..., 1997; Озерецковская, 2002). Рассмотрены методы защиты растений (Поляков, Здрожевская, 1975; Hans, 1984; Горшков, 1998; Исмагилов, 1992; Защита растений..., 2003; Технология производства..., 2003).

2. Почвенно-климатическая характеристика Тюменской области

Исследования проведены в северной лесостепи Тюменской области в 2000-2006 гг. Климат лесостепной зоны характеризуется, в целом, как типично-континентальный с суммой эффективных температур (выше 10⁰С) 1900-1950⁰С. Продолжительность безморозного периода составляет 100-125 дней.

В целом, территория характеризуется умеренным увлажнением (310-470 мм), но осадки выпадают крайне неравномерно по годам и в течение вегетационного периода (70-80% из них приходится на теплое время года). Гидротермический коэффициент (ГТК) равен 1,2-1,1 с понижением в отдельные годы до 0,7-0,6.

Высота снежного покрова достигает 35-45 см, продолжительность залегания 175-185 дней.

Тюменская область отличается большим разнообразием почв. В лесостепной зоне широко распространен чернозем выщелоченный, характеризующийся высоким плодородием и наличием доступных элементов питания, а также серые лесные почвы. Почва экспериментального участка биологического факультета ТюмГУ - темно-серая лесная, суглинистая по гранулометрическому составу. Содержание гумуса 3-5%, в составе поглощенных оснований преобладает кальций (Каретин, 1974). Во всех полевых опытах посев озимой ржи проводили по чистому пару.

3. Условия, материалы и методы исследования

3.1. Особенности гидротермического режима 2000-2006 гг.

Метеорологические условия вегетации в годы проведения опытов были разнообразны и довольно полно отражали климатические особенности северной лесостепи Тюменской области.

Жаркая погода при достаточных почвенных запасах влаги в майско-июньский период отмечена в 2000 г. Переувлажнением и недобором тепла в первой половине вегетации и в период созревания зерна характеризовались 2001-2002 гг. В 2003 - 2004 гг. складывались засушливые условия в течение вегетационного периода. Развитие растений в 2005-2006 гг. проходило на фоне избыточного увлажнения в первой половине вегетационного периода при повышенной температуре по сравнению со средними многолетними значениями.

Анализ природно-климатических ресурсов выявил, что, в целом, они по продолжительности вегетационного и безморозного периодов соответствуют агроэкологическим требованиям озимой ржи.

3.2. Материалы и методы. В качестве объекта исследования взяты 18 сортов и гибридов озимой ржи различного эколого-географического происхождения: Восход 1, Исеть, Гетера, Гетера 2 HLPdEr, Ильмень, Волна, Гибридная 7, Пышма, Чулпан, Супермальш 2, Имериг 1HL, Фаленская 4, 8S-191 Россиянка×Гетера, Деснянка×Имериг1HL, Сибирь, Тетра, Otello 3H1, Гетера×(Campegner×Иммунная 1)×Россиянка, полученные из коллекции УралНИИСХ (г. Екатеринбург) и из хозяйств Тюменской области.

Оценка исходного материала проводилась в коллекционном питомнике на делянках площадью 1м² в 2-кратной повторности в соответствии с методиками Б.А. Доспехова (1979), ВНИИР им. Н.И. Вавилова (Кобылянский, 1981) и Международным классификатором СЭВ рода *Secale* L. (1984).

Для определения динамики развития бурой листовой ржавчины в течение вегетационного периода проводился подсчет здоровых и пораженных растений каждого образца озимой ржи с интервалом в трое суток. Интенсивность поражения листьев учитывалась по шкале Эриксона (Вавилов, 1986).

Индекс развития болезни рассчитывали по формуле (Дементьева, 1977):

$$R = \frac{\sum (axb) \times 100}{N \times K},$$

R – индекс развития болезни (%);

$\Sigma(axb)$ - сумма произведений количества больных растений (a) на соответствующий им балл поражения (b);

N – общее количество учтенных растений (здоровых и пораженных);

K – высший балл шкалы учета.

Распространенность болезни вычисляется по формуле (Дементьева, 1977):

$$P = \frac{n \times 100}{N},$$

P – распространенность болезни (%),

N – общее количество растений в пробах;

n – количество больных растений в пробах.

Для изучения влияния бурой ржавчины на развитие ассимиляционной поверхности у 10 здоровых и 10 пораженных листьев, взятых с 20 растений каждого образца, учитывали длину, ширину, сырую и абсолютно сухую массу в фазе молочной спелости зерна (проанализировано 880 листьев).

Площадь листовой пластинки определяли по формуле (Miralles Daniel J., Slafer Gustavo A., 1991): $A=LWb_i$, L – длина, W – максимальная ширина, b_i – 0,835.

Относительную скорость развития бурой ржавчины определяли по уравнению: $r=0,21k \exp(-0,74j)$, j – индекс благоприятности метеоусловий за месяц до начала колошения; k – коэффициент с учетом восприимчивости образцов к бурой ржавчине (Стрижекозин, Пыжикова, 2001).

В фазе полной спелости определены урожайность образцов ржи и элементы структуры урожая (оценено 17 признаков).

Изучение влияния ржавчины на биологические свойства семян, а также формирование проростков проводилось на ранних этапах онтогенеза. Проростки выращивались из семян, собранных со здоровых и пораженных ржавчиной растений (контроль – средний образец с делянки). В

вегетационные сосуды на прокаленный и увлажненный до 60% от полной влагоемкости песок высевалось по 50 семян в 3-кратной повторности. Учет морфометрических параметров (всхожесть семян; длина побегов, колеоптиля, зародышевых корней; длина и ширина первого листа, масса побегов и зародышевых корней) производился на седьмой день эксперимента. Всего проанализировано около 7650 проростков.

Изучение посевных качеств семян (всхожесть, интенсивность начального роста и др.) проведено в соответствии с ГОСТами в лабораторных условиях (Семена и посадочный материал..., 1973; Методы определения качества семян..., 1996).

Статистическая обработка данных осуществлялась по методикам Г.Ф. Лакина (1990) и Б.А. Доспехова (1979). Рассчитаны средние значения, ошибки средних значений, достоверность различий на уровне $P < 0,05$, коэффициенты корреляции и вариации.

4. Результаты исследования

4.1. Динамика развития бурой листовой ржавчины. О взаимодействии вредоносного организма, растения и окружающей среды можно судить по степени поражения растений (Тихонов, Кондрашова, Митрофанов, 2005).

На основе многолетних исследований изученные образцы озимой ржи по устойчивости к бурой листовой ржавчине разделены на 4 группы:

I – высокоустойчивые (амплитуда баллов 0-4, со средним баллом поражения до 1: единичные следы поражения, менее 2-3 пустул на листе);

II – среднеустойчивые (амплитуда баллов 0-4, со средним баллом поражения до 2: отдельные, но более значительное число пустул рассеяно на листьях);

III – слабоустойчивые (амплитуда баллов 0-4, со средним баллом поражения до 3: многочисленное число пустул, особенно, на средних листьях);

IV – неустойчивые (амплитуда баллов 0-4, со средним баллом поражения до 4: верхние листья сплошь покрыты крупными скоплениями спор).

Количество образцов озимой ржи в каждой группе менялось в зависимости от тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода в годы исследования, что указывает на неравномерность развития болезни и зависимость от условий внешней среды.

Вместе с тем, выделены образцы озимой ржи, незначительно различающиеся по уровню восприимчивости к воздействию патогена бурой листовой ржавчины в меняющихся условиях окружающей среды (табл.1).

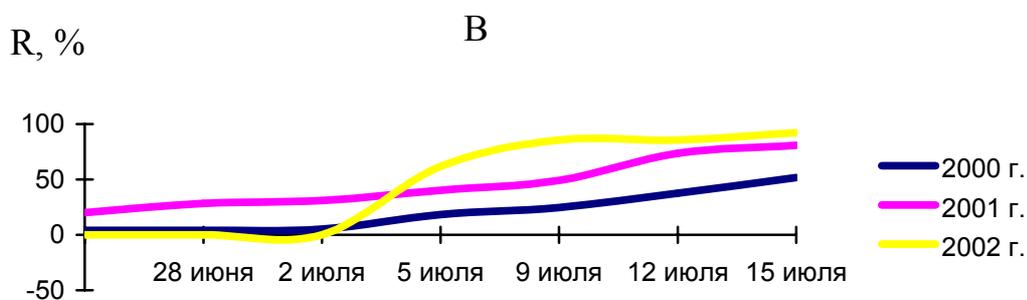
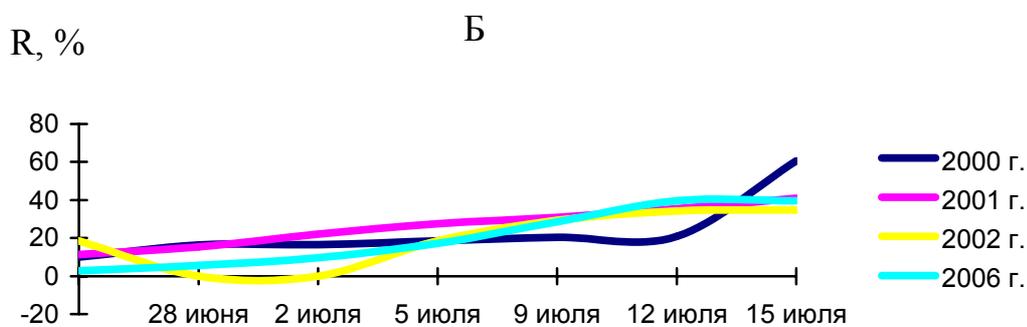
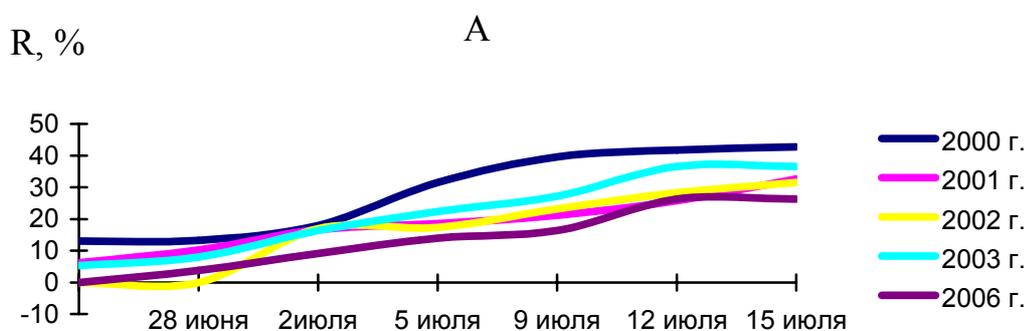
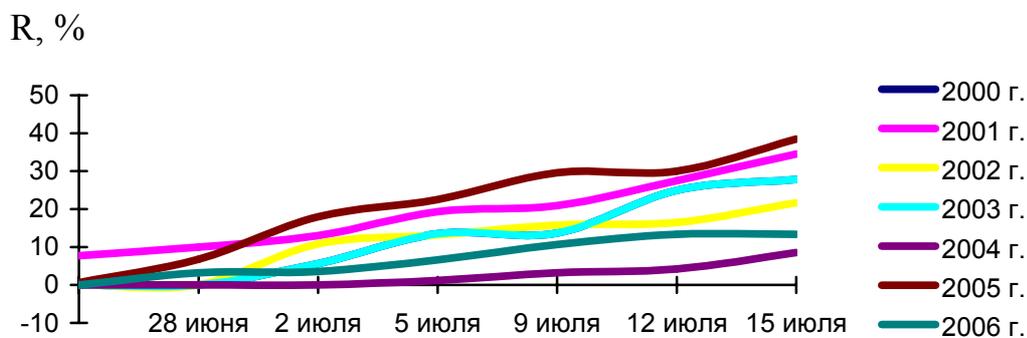
Таблица 1

Устойчивость некоторых образцов озимой ржи к бурой ржавчине
(2000-2006 гг.)

Индекс развития, $\bar{x} \pm sp, \%$	Образцы	Группа устойчивости
$8,6 \pm 0,026 - 38,5 \pm 0,032$ (2000-2006 гг.)	Волна	I Высокоустойчивые
$32,6 \pm 0,028 - 42,8 \pm 0,031$ (2000-2003 гг., 2006 г.)	Супермалыш 2	II Среднеустойчивые
$40,9 \pm 0,036 - 60,9 \pm 0,032$ (2000-2001 гг., 2006 г.)	Имериг 1НЛ	III Слабоустойчивые
$80,7 \pm 0,048 - 92,3 \pm 0,027$ (2000-2002 гг.)	Гибридная 7	IV Неустойчивые

Так, сорт Волна характеризовался высокой устойчивостью к ржавчине на протяжении семи лет изучения (индекс развития болезни – 8,6-38,6%, I группа устойчивости). К числу среднеустойчивых в течение 2000-2003 гг. и в 2006 г. отнесен сорт Супермалыш 2 (индекс развития болезни – 32,6-42,8%, II группа). Низкой устойчивостью к патогену на протяжении 2000-2001 гг. и в 2006 г. обладал образец Имериг 1НЛ (индекс развития болезни – 32,6-42,8%, III группа). Неустойчивым к возбудителю ржавчины оказался образец Гибридная 7 (индекс развития болезни – 80,7-92,3%, IV группа).

У всех образцов ржи начало проявления бурой листовой ржавчины на растениях отмечено в фазе колошения, максимальное развитие болезни – в фазе молочной спелости зерна. Выявлены различия между образцами по степени развития болезни на разных этапах онтогенеза (рис.1).



Г

Рис.1. Динамика развития бурой ржавчины (на примере образцов различных групп устойчивости).

Примечание: Образцы: А – высокоустойчивые (Волна), Б – среднеустойчивые (Супермалыш 2), В – слабоустойчивые (Имериг 1НЛ), неустойчивые - (Гибридная 7), R – индекс развития болезни.

В фазе колошения растений максимальные значения индекса поражения составили: у устойчивых образцов – 7,7% (2001 г.), среднеустойчивых – 13% (2000 г.), слабоустойчивых – 18,5% (2002 г.), неустойчивых – 20,0% (2001 г.).

К фазе молочной спелости зерна по индексу развития болезни образцы разных групп расположились следующим образом: устойчивые – 38,5% (2000 г.), среднеустойчивые – 42,8% (2000 г.), слабоустойчивые – 60,9% (2000 г.), неустойчивые – 92,3% (2002 г.).

4.2. Развитие листовой поверхности при поражении растений бурой ржавчиной.

К.А. Тимирязев (1878) указывал, что главную, в количественном и качественном отношении, пищу доставляет растению лист. Рядом авторов выявлена корреляционная зависимость между продуктивностью культурных растений и размерами листовой поверхности (Унтила, Руссу, 1984; Семенова, Зинченко, 1987; Понаморева, Понаморев, 2004).

В нашем исследовании (2001-2002 гг.) наблюдалось достоверное снижение линейных размеров и массы листьев у растений, пораженных бурой листовой ржавчиной в фазе молочной спелости зерна. В среднем по образцам максимальное снижение отмечено по абсолютно сухой (до 63%) и сырой (до 43%) массе листьев (табл. 2.).

Таблица 2

Изменчивость количественных признаков листьев озимой ржи
(средние значения по 12 образцам)

Признак	Здоровые растения	Пораженные растения
---------	-------------------	---------------------

	2001 г.	2002 г.	2001 г.	2002 г.
Сырая масса, мг	291,0±0,30	250,0±0,30■	204,0±0,20*	143,0±0,40*□
CV, %	39,23	38,46	27,30	43,69
Сухая масса, мг	86,0±0,30	78,0±0,50■	36,0±0,40*	29,0±0,40*□
CV, %	31,97	51,96	33,09	52,22
Длина, мм	165,1±0,06	159,8±1,03■	158,1±0,07*	123,5±1,01*□
CV, %	14,68	18,86	21,23	24,55
Ширина, мм	12,2±0,05	12,4±0,05	10,3±0,08*	9,2±0,01*□
CV, %	17,36	21,92	12,33	9,20
Площадь, см ²	18,3	16,7	13,8	8,9

Примечание: статистически достоверные различия: * - с контролем (здоровые растения), □ – по годам (пораженные растения), ■ – по годам (здоровые растения) при P<0,05.

Среди образцов наибольшую чувствительность к воздействию ржавчины проявили Пышма и Гетера 2НРdEr, у которых пораженные листья по сырой массе уступали здоровым на 75% и 50%, соответственно.

На пораженных растениях зарегистрированы в среднем по образцам достоверно меньшие значения, как по длине, так и ширине листа.

Следует отметить, что уменьшение линейных размеров листьев более значительным было в условиях 2002 г. и составило по длине 22,7% (2001 г. – 4,2%), ширине 25,8% (2001 г. – 15,6%).

Однако, при выявленной общей закономерности депрессии ассимиляционного аппарата, у сортов Восход 1, Исеть, Пышма, Гибридная 7 по линейным размерам листовой пластинки здоровых и пораженных растений существенных различий не обнаружено.

Определенное представление об адаптивной реакции вида дает коэффициент вариации, который также довольно полно отражает наследственный потенциал индивидуальной изменчивости (Жученко, 1988).

Изменчивость количественных признаков листьев (сырой массы в 2002 г., ширины листа в 2001-2002 гг.) пораженных растений увеличивалась, о чем свидетельствуют более высокие значения коэффициента вариации.

В среднем по изученным образцам площадь ассимиляционной поверхности листьев при поражении их ржавчиной была меньше по сравнению со здоровыми листьями в 2001 г. на 24,6%, в 2002 г. - на 46,7%.

В целом, по комплексу признаков, наибольшее угнетение листовой поверхности характерно для влажного, теплого и благоприятного для развития бурой ржавчины 2002 г.

4.3. Влияние ржавчины на формирование растений в раннем онтогенезе.

Качество семян определяется комплексом различных параметров: всхожесть, развитие проростков, крупность семян и находится в тесной зависимости от особенностей генотипа и условий формирования зерна (Реймерс, Илли, 1974; Методы определения качества..., 1996).

В лабораторном эксперименте были изучены способность семян к прорастанию, а также морфометрические параметры растений в раннем онтогенезе, полученных из семян со здоровых и пораженных ржавчиной растений (были проанализированы семена из урожая 2003 г.).

Основным показателем качества посевного материала является лабораторная всхожесть, которая, в целом, была высокой и изменялась по вариантам от 92,2% до 95,7%. Из семян с пораженных растений количество нормально проросших было на 3,5% ниже по сравнению с семенами здоровых растений.

Выявлены существенные различия по проявлению признаков, характеризующих корневую систему и надземные органы проростков. Проростки, выращенные из семян здоровых растений, превосходили другие варианты (контроль и больные растения) по всем изученным признакам (количество, длина, масса зародышевых корней и побегов, длина coleoptilya, длина и ширина 1-го листа).

Проростки из семян с пораженных растений имели слабо развитую корневую систему. В сравнении с лучшим вариантом (здоровые растения) отмечено снижение ряда показателей: количества зародышевых корней – на 10,1%, длины – 7,6%, массы – 23,0%. Побеги отставали в развитии по длине на 6,4%, длине и ширине листа - 6,2% и 9,5% соответственно (табл.3).

Морфометрические параметры проростков озимой ржи, выращенных из семян здоровых и пораженных растений (средние значения по 18 образцам)

Вариант	Зародышевые корни			Первый лист на побеге		Длина побега, см	Длина колептиля, см
	кол-во, шт.	длина, см	масса, г	длина, см	ширина, мм		
Контроль	5,4±0,26	12,8±0,30	5,7±0,28	11,0±0,20	4,0±0,10	15,1±0,33	3,5±0,07
CV, %	41,84	24,80	10,82	20,35	28,85	21,68	13,08
Здоровые растения	5,7±0,16*	13,1±0,27*	6,1±0,37*	11,3±0,24*	4,2±0,14*	15,6±0,23*	3,8±0,03□
CV, %	31,34	25,29	12,52	23,46	34,46	16,56	11,20
Пораженные растения	5,0±0,09	12,1±0,31	4,7±0,29■	10,6±0,26	3,8±0,14	14,6±0,24	3,7±0,05■
CV, %	24,61	28,46	10,44	25,16	36,50	18,02	15,46

Примечание: контроль - средний образец семян с учетной делянки.

различия статистически достоверны между вариантами:

* - здоровые и пораженные; ■ – пораженные и контроль; □ – здоровые и контроль при $P < 0,05$.

По результатам оценки растений в раннем онтогенезе по 10 признакам образцы озимой ржи были распределены на основе статистически достоверных различий на 3 группы: высоко-, средне-, слабоустойчивые. К числу наиболее устойчивых отнесены Супермалыш 2, Исеть, Ильмень, Чулпан, Имериг1НЛ, Otello 3НЛ, Сибирь и Гетера. Средней устойчивостью обладали Волна, Пышма, 8S-191 Россиянка×Гетера, Тетра, Фаленская 4, Гетера (С×И)×Р, Гетера 2НlPdEr, слабой – Восход1 и Деснянка× Имериг1НЛ.

Признаки проростков, выращенных из семян пораженных растений, характеризовались большой изменчивостью по сравнению с признаками здоровых семян и контроля. Изменчивость признака проростков по вариантам опыта изменялась от средней (CV=10,82% - 15,46%) до высокой (CV=36,50% - 41,81%).

Полученные данные позволяют предположить, что семена с пораженных растений в полевых условиях не всегда могут обеспечить

полноценные всходы, даже при высоких показателях лабораторной всхожести. Наличие неблагоприятных факторов, характерных для северной лесостепи Тюменской области (пониженные температуры, недостаток влаги в почве и др.) могут способствовать еще большему угнетению ростовых процессов.

4.4. Оценка вредоносности ржавчины по комплексу хозяйственно-ценных признаков озимой ржи.

Для развития ржавчины на естественном инфекционном фоне условия наиболее благоприятно складывались в теплые и влажные 2002, 2003 и 2006 гг. В этот период для более полной оценки параметров вредоносности болезни и выявления устойчивых образцов, изучение признаков продуктивности проводилось на пораженных растениях и взятых, в качестве контроля, растениях без признаков поражения.

Количество пораженных растений на момент уборки изменялось по образцам ржи от 14,5 шт./м (Гибридная 7) до 41,3 шт./м (Волна). При этом доля пораженных растений максимальной была в 2006 г. (20,1%). В годы исследования отмечено отрицательное влияние ржавчины на признаки продуктивности (табл.4).

Так, в среднем по изученным образцам по длине колоса с остями и без остей в 2003 г. и в 2006 г. наблюдались достоверные различия между здоровыми и пораженными растениями.

По количеству колосков в колосе в 2003 г. здоровые растения также достоверно превышали таковое значение у пораженных.

В главном колосе растений, не имеющих признаков поражения, количество зерен составило 37,0 шт. в 2002 г., 34,2 шт. – в 2003 г. и 33,6 шт. – в 2006 г.; у растений с проявлением болезни – 33,2; 26,4; 26,2 шт., соответственно. Более значительные различия наблюдались по озерненности всего растения. Значения этого признака равны 67,3 шт. – в первый год исследования; 75,6 шт. – во второй и 73,9 шт. - в последний год наблюдений у здоровых растений, у пораженных - 60,9; 46,2; 48,0 шт., соответственно.

Отмечено значительное снижение по сравнению с контролем массы зерна как с колоса (20,0-30,8%), так и с растения (16,0-37,5%).

Таблица 4

Продуктивность растений озимой ржи при поражении ржавчиной
(средние значения по 18 образцам)

Признак	2002 г.	2003 г.	2006 г.
Длина колоса с остями, см	10,9±0,52	9,6±0,53	9,9±0,49
± % к контролю	-2,7	-13,6*	-11,0
Длина колоса без остей, см	8,6±0,55	6,7±0,54	7,3±0,51
± % к контролю	0	-21,2*	-14,1*
Кол-во колосков в колосе, шт.	24,6±1,69	22,6±1,88	22,5±1,72
± % к контролю	-7,9	-18,4*	-16,7
Кол-во зерен с колоса, шт.	33,2±2,22	26,4±1,76	26,2±1,79
± % к контролю	-10,3	-23,0*	-22,0*
Плотность колоса	2,9±0,24	2,9±0,24	2,9±0,23
± % к контролю	-9,4	-12,1	-12,1
Кол-во зерен с растения, шт.	60,9±2,97	46,2±3,20	48,0±8,46
± % к контролю	-9,5	-38,9*	-35,0*
Масса зерна с колоса, г	1,2±0,15	0,9±0,15	0,9±0,14
± % к контролю	-20,0	-25,0	-30,8*
Масса зерна с растения, г	2,1±0,51	1,6±0,33	1,5±0,29
± % к контролю	-16,0	-36,0	-37,5

Примечание: различия с контролем (здоровые растения) статистически достоверны при $P < 0,05$.

Одной из задач нашего исследования было выявление зависимости между степенью развития ржавчины на растениях и урожайностью (табл.5).

Распространенность ржавчины варьировала в широких пределах от 7,8% в 2004 г. до 59,7% в 2003 г. Наибольший индекс развития болезни отмечен в 2002-2003 гг. в период колошение – молочная спелость зерна. Теплые и влажные погодные условия в эти годы более благоприятно складывались для развития болезни, что привело к значительным потерям урожая, составившим около 14%. Урожайность зерна за этот период варьировала от 321 г/м² (2003 г.) до 347 г/м² (2002 г.) при потерях урожая 2,4% - 14,6%.

Таблица 5

Урожайность озимой ржи в зависимости от поражения растений ржавчиной в различные по метеоусловиям годы

Год	Распространенность, (%)	Урожайность, г/м ²	Потери урожая, %	Относительная скорость развития болезни	Коэффициент корреляции
2002	58,7	347	14,6	0,0252 (I)* 0,1155 (II) 0,1890 (III)	0,73±0,013
2003	59,7	321	14,4	0,0252 (I)* 0,1155 (II) 0,1890 (III)	0,65±0,013
2004	7,8	341	2,4	0,0120 (I)* 0,0550 (II) 0,0900 (III)	0,10±0,021
2005	16,9	340	5,1	0,0120 (I)* 0,0550 (II) 0,0900 (III)	0,20±0,020
2006	24,6	330	6,9	0,0252 (I)* 0,1155 (II) 0,1890 (III)	0,26±0,020

Установлена зависимость между урожайностью и степенью развития болезни. Сила связи изменялась от высокой в 2002 г. ($r=0,73$) до средней в 2003 г. ($r=0,65$) и низкой в 2004, 2005, 2006 гг. ($r=0,10$; $r=0,20$; $r=0,26$, соответственно), что мы объясняем особенностями гидротермического режима в период исследования (среднесуточная температура воздуха, сумма эффективных температур, количество осадков).

Относительная скорость развития болезни изменялась по годам исследования и по группам устойчивости, которая у слабоустойчивых образцов была выше по сравнению с высокоустойчивыми.

Примечание: * - I- высокоустойчивые; II- среднеустойчивые; III- слабоустойчивые образцы.

Для выявления форм озимой ржи с высокой экологической пластичностью к воздействию патогенов р. *Puccinia* Pers. проведено полевое испытание 18 образцов на естественном инфекционном фоне по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Критериями устойчивости растений по отношению к факторам среды, в том числе и к патогенам, являются количество всходов и растений, достигающих плодоношения и полного созревания, т.е. полевая всхожесть семян и биологическая устойчивость растений.

По показателям всхожести семян выделялись образцы Чулпан (67,1% – 2002 г. и 68,8% - 2005 г.), Волна (74,4% - 2003 г.), Гетера 2Н1РdЕг (79,6% 2004 г.) и Восход 1 (71,6% - 2006 г.).

Высокой биологической устойчивостью характеризовались Сложный гибрид (72,4% - 2002 г.) и Ильмень (87,2% - 2005 г.) при варьировании признака по изученным образцам от 24,4% до 87,2%.

Важная слагаемая фотосинтетической активности – площадь листовой поверхности, от которой зависит продуктивность растений (Семенова, Зинченко, 1987).

На протяжении четырех лет исследования (2003-2006 г..) Тетра и Сибирь имели преимущество над другими образцами по площади листа – 13,8 см² и 14,1 см², соответственно, при среднем значении по образцам 9,7 см².

Фотосинтезирующая поверхность на 1м² зависела от количества растений, продуктивных стеблей, листьев на стебле и растении. Максимальная площадь листьев отмечена в 2005 г. (18943 см²/м²), минимальная – в 2002 г. (10419 см²/м²).

Лучшие результаты по данному признаку за период исследования получены у сортов Волна (18577 см²/м²) и Пышма (19274 см²/м²).

По результатам комплексной оценки выделены пять сортов озимой ржи, сочетающих хозяйственно-ценные признаки с устойчивостью к ржавчине и экологической пластичностью (табл.6).

Сорт Чулпан районирован в Тюменской области с 1981 г.

Наибольшая урожайность получена у сортов Волна и Гетера 2НІРdEr (420,8 и 439,9 г/м²). Гетера 2НІРdEr превосходила другие сорта по количеству зерен и массе зерна, как в главном колосе, так и на растении.

По длине колоса с остями и без остей Волна и Гетера 2НІРdEr также показали наилучший результат.

Сорта Волна, Ильмень, Гетера 2НІРdEr, Чулпан за годы исследования, были устойчивы к полеганию (4-5 баллов); высота растений у них варьировала от 115,2 см до 121,8 см.

Сорт Пышма был отнесен к числу длинностебельных и превосходил другие сорта по этому признаку на всех этапах онтогенеза. В среднем за 2002-2006 гг. высота растений в фазе кущения составила 20,7 см (среднее по образцам 18,4 см), в фазе выхода в трубку – 52,7 см (среднее 18,4 см), в фазе полной спелости зерна – 163,4 см (среднее 138,2 см).

Во влажный 2002 г. у этого сорта наблюдалось снижение устойчивости к полеганию (до 2-3 балла). Однако, сорт выделяется по развитию листовой поверхности, формирует хорошую вегетативную массу, что позволяет использовать его на кормовые цели.

Таблица 6

Характеристика высокоустойчивых к ржавчине сортов озимой ржи по ряду признаков (средние значения 2002-2006 гг.)

Сорт	Волна	Ильмень	Пышма	Гетера 2НІРdEr	Чулпан
Происхождение	Красноуфимская селекционная станция	Ленинградская область	Свердловская область	Ленинградская область	Башкирия
Признак					

Высота растения, см	121,8±4,48	115,2±4,35	163,4±4,40	120,9±3,94	118,7±4,22
Листовая поверхность, см ² /м ²	18576,6	10935,4	19273,9	15651,1	12958,6
Длина колоса с осями, см	10,8±0,50	10,0±0,45	9,8±0,38	11,3±0,40	10,1±0,44
Длина колоса без остей, см	8,6±0,50	7,8±0,46	7,7±0,51	8,8±0,49	7,6±0,47
Количество зерен с колоса, шт.	33,7±2,06	31,6±1,66	22,9±1,54	36,7±1,71	30,8±2,10
Количество зерен с растения, шт.	56,9±2,82	60,9±2,93	55,6±2,91	72,6±3,07	53,0±2,94
Масса зерна с колоса, г	1,1±0,15	1,1±0,19	1,0±0,13	1,4±0,15	1,1±0,13
Масса зерна с растения, г	2,1±0,33	2,0±0,31	1,9±0,31	2,8±0,47	1,9±0,34
Урожайность, г/м ²	420,8	348,6	274,0	439,9	251,3

Таким образом, по результатам комплексной оценки выделены сорта озимой ржи, сочетающие высокую устойчивость к ржавчине с хорошими продуктивными и адаптивными свойствами, рекомендуемые для практической селекции на иммунитет к ржавчинным грибам, а также для экологического и производственного испытания.

Все вышеизложенное позволяет заключить, что более ценными являются образцы с низкой нормой реакции на изменяющиеся условия среды, т.е. экологически устойчивые, способные обеспечить высокую продуктивность в неблагоприятных условиях. Образцы с высокой отзывчивостью на перепады средовых факторов являются экологически более зависимыми и менее стабильными.

ВЫВОДЫ

1. В условиях северной лесостепи Тюменской области образцы озимой ржи различались по уровню восприимчивости к воздействию фитопатогенных грибов рода *Puccinia* Pers. и были распределены на 4 группы: высокоустойчивые, среднеустойчивые, слабоустойчивые и неустойчивые. В группу высокоустойчивых отнесены Волна (2000-2006 гг.),

Ильмень и Чулпан (2000-2002 гг. 2004 г. и 2006 г.), Пышма (2000-2003 гг. и 2006 г.), Гетера 1Н1РdЕг (2000-2001 гг., 2003 г.).

2. Динамика развития ржавчины на растениях озимой ржи в онтогенезе зависела от метеорологических факторов и особенностей генотипа. Начало проявления болезни отмечено в фазу колошения растений, максимального значения индекс развития болезни достигал к фазе молочной спелости зерна.

3. Результаты исследования показали значительные различия между образцами озимой ржи по количественным признакам, отражающим формообразовательный процесс. Установлена общая закономерность проявления депрессии хозяйственно-ценных признаков под воздействием биотических и абиотических факторов среды.

4. Наблюдалось отрицательное воздействие патогенов на развитие листовой поверхности растений. На листьях пораженных растений отмечено снижение длины (на 3-42%), ширины (на 2-37%), сырой и абсолютно сухой массы (на 30-43% и 58-63%, соответственно).

5. Семена с пораженных растений характеризовались пониженной интенсивностью начального роста, что проявилось в снижении ряда количественных признаков, характеризующих первичную корневую систему (количество, длина и масса корней) и надземные органы проростков (длина побега, размеры листьев). Несмотря на высокую лабораторную всхожесть семян, полученных от здоровых (95,7%) и пораженных растений (92,2%), проростки последних значительно отставали в росте и развитии.

6. Выявлена корреляция между продуктивностью озимых форм ржи и степенью развития болезни. Сила связи определялась как сортовыми особенностями, так и метеорологическими условиями и изменялась от высокой (2002 г., $r = 0,73$) до средней (2003 г., $r = 0,65$) и низкой (2004, 2005, 2006 гг. $r = 0,10-0,26$).

7. Вредоносность стеблевой ржавчины возрастала во влажные и теплые годы (2002, 2003, 2006) и проявлялась в увеличении относительной скорости

развития болезни (особенно у сортов со слабой устойчивостью); при этом потери урожая зерна достигали 6,9-14,6%.

8. Выделены сорта озимой ржи (Волна, Ильмень, Гетера 2НРdЕг, Чулпан, Пышма), сочетающие высокую устойчивость к ржавчине с другими селекционно-ценными признаками (количество зерен и их масса с колоса, растения, плотность колоса, продуктивная кустистость, площадь листовой листовой поверхности и др.).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Шаптала О.А. Влияние грибов рода *Puccinia* на продуктивность растений озимой ржи / О.А. Шаптала, Н.А. Боме // Экология южной Сибири и сопредельных территорий: Материалы конф. международной научной школы-конференции студентов и молодых ученых. – Т. II, Абакан, 2002. - С. 138-139.

2. Боме Н.А. Особенности устойчивости озимых форм ржи и пшеницы к поражению грибов рода *Puccinia* / Н.А. Боме, О.А. Шаптала // Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий: Материалы II международной конф. - Оренбург, 2002. - С. 120-122.

3. Бульдяева О.А. Результаты оценки влияния грибов рода *Puccinia* на морфобиологические признаки озимых форм ржи и пшеницы / О.А. Бульдяева, Н.А. Боме // Молодые ученые в решении проблем АПК: Материалы конф. молодых ученых. - Тюмень, 2003. - С. 3-8.

4. Шаптала О.А. Влияние грибов рода *Puccinia* на морфобиологические признаки озимых форм ржи и пшеницы / О.А. Шаптала, Н.А. Боме // Лучшие квалификационные работы 2003 г. Сборник статей на основе лучших квалификационных работ. Ч.1. Изд-во: ТюмГУ. – 2003. - С. 79-85.

5. Бульдяева О.А. Параметры листьев озимой ржи при поражении ржавчиной (в условиях Северной лесостепи Тюменской области) / О.А. Бульдяева // Современные наукоемкие технологии. – 2004. - №1. - С. 48.

6. Шаптала О.А. Устойчивость растений озимых форм пшеницы и ржи к поражению грибами рода *Puccinia* / О.А. Шаптала, Н.А. Боме // Сборник

рефератов работ лауреатов регионального конкурса студенческих работ 2002 г. Тюмень. Изд-во: Министерство внутренних дел РФ Тюменский юридический институт - 2003. - С. 82-83.

7. Бульдяева О.А. Устойчивость растений озимой ржи к поражению фитопатогенными грибами в раннем онтогенезе (на примере грибов рода *Puccinia*) / О.А. Бульдяева // Александр фон Гумбольдт и проблемы устойчивого развития Урало-Сибирского региона: Материалы российско-германской конф., 20-22 сентября 2004 г. – Тобольск, Тюмень: ИПЦ «Экспресс», 2004. - С. 341-342.

8. Боме Н.А. Влияние бурой ржавчины на изменчивость количественных признаков листьев озимых форм ржи и пшеницы / Н.А. Боме, О.А. Шаптала // Успехи современного естествознания. – 2003. - №3. - С. 59-60.

9. Бульдяева О.А. Устойчивость озимой ржи к ржавчинным заболеваниям / О.А. Бульдяева // Актуальные проблемы биологии и экологии: Тезисы докладов XII молодежной научной конференции Института биологии Коми НЦ УрО РАН – Сыктывкар, 2005. – С. 39-40.

10. Бульдяева О.А. Сортоспецифическая реакция растений озимой ржи на поражение листостебельными инфекциями (на примере бурой листовой ржавчины) / О.А. Бульдяева, Н.А. Боме // Вестник Тюменского государственного университета (в печати декабрь, 2006 г.).