

ИЗ ФОНДОВ РОССИЙСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ

На правах рукописи

Полонский Вадим Игоревич


**Физиологические методы диагностики селекционно-
ценных признаков растений**

Специальность 06.01.05

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени д.б.н.

Санкт-Петербург - 2004



На правах рукописи

ПОЛОНСКИЙ Вадим Игоревич

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ
СЕЛЕКЦИОННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ РАСТЕНИЙ**

06.01.05 - селекция и семеноводство

03.00.12 - физиология и биохимия растений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Санкт-Петербург - 2004

Работа выполнена в Институте биофизики СО РАН

Научный консультант: доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
академик РАСХН **Николай Александрович Сурин**

Официальные оппоненты:

Доктор биологических наук, профессор

Владимир Ильич Пыженков

Доктор биологических наук, старший научный сотрудник

Владимир Александрович Кошкин

Доктор биологических наук, старший научный сотрудник

Владислав Федорович Николенко

Ведущая организация:

Сибирский НИИ растениеводства и селекции СО РАСХН

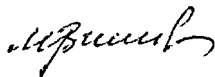
Защита состоится **21 октября 2004 г.** в **10** часов на заседании диссертационного совета Д 006.041.02 при ГНЦ РФ Всероссийском научно-исследовательском институте растениеводства имени Н.И. Вавилова по адресу: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 44.

Факс: (812)318-47-70.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института

Автореферат разослан « 7 » сентября 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



д.б.н. М.А. Вишнякова

Актуальность проблемы. Задача получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур всегда была и является сегодня одной из самых важных. Для того, чтобы производство растениеводческой продукции было устойчивым и экологически безопасным, кроме совершенствования полевых технологий необходимо использование продуктивных и устойчивых (адаптивных) сортов сельскохозяйственных культур. Для создания таких сортов требуется проведение диагностики селекционно-ценных признаков растений.

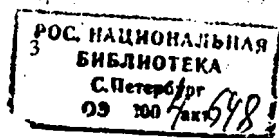
В светокультуре и, особенно, в полевых условиях выполнение такой оценки растений является довольно трудоемким и продолжительным этапом. Несмотря на значительный прогресс в создании нового гибридного материала с использованием современных методов селекции и оригинальных биотехнологических подходов, узким местом является ранняя диагностика растений [Лисовский, Долгушев, 1986; Драгавцев и др., 1995]. Поэтому существует необходимость теоретического и экспериментального обоснования нетрадиционных физиологических подходов к диагностике растений, способных, не нарушая их целостности, выявлять ценные для селекции количественные признаки.

В этой связи представляет несомненный интерес изучение в контролируемых условиях интегральных показателей физиологического состояния растений, связанных с водообменом и ростом, поскольку ведущая роль в реагировании организма на изменение окружающей среды принадлежит именно этим процессам [Емельянов, Анкуд, 1992; Пустовойтова и др., 2003].

Для проведения отбора зерновых злаков на максимальную крупность колоса необходимы условия, при которых в наибольшей мере может реализоваться потенциал продуктивности растений. По-видимому, такие условия могут быть созданы снятием лимитирования притока ассимилятов к колосу. Ведущую роль в этом может играть обеспеченность растений лучистой энергией. Анализ литературы показал, что светового насыщения фотосинтеза фитоценоза не происходит при уровне облученности, равном максимальному солнечному [Ничипорович, 1956; Hesketh, Baker, 1967]. К началу наших исследований не было данных об успешном применении высоких (выше максимального солнечного) интенсивностей ФАР для изучения продуктивности фитоценозов и отбора растений на потенциальную продуктивность.

Представляется, что использование подходящих режимов культивирования растений в сочетании с высокопроизводительными и неповреждающими методами их диагностики (скрининга) на продуктивность и устойчивость к действию стресс-факторов позволит существенно ускорить проведение оценки (отбора) растений - самое узкое звено в технологической цепи селекционного процесса - и повысить эффективность последнего.

Цель работы - физиологическое обоснование и разработка методов неповреждающей экспресс-диагностики ценных для селекции количественных признаков растений.



Основные задачи:

- изучить в контролируемых условиях параметры поглощения воды проростками и семенами зерновых злаков и овощных культур при действии ряда стресс-факторов;

- разработать на основе показателей способности проростков к гуттации и эффективности набухания зерновок физиологические методы неповреждающей и экспрессной диагностики растений на устойчивость к основным неблагоприятным экологическим факторам: почвенной засухе, засолению, повышенной кислотности почвы, холоду, возбудителям корневой гнили;

- разработать на основе показателей ростовых реакций листьев и зародышевых корней зерновых злаков методы неповреждающей и экспрессной диагностики растений на устойчивость к почвенной засухе и содержание белка в зерне;

- изучить влияние высокоинтенсивного фотосинтетически активного излучения на ростовые характеристики пшеницы, обосновать методологию отбора зерновых злаков на потенциальную продуктивность колоса при использовании высоких уровней ФАР;

- разработать в контролируемых условиях режимы, моделирующие весенне-летнюю почвенную засуху и позволяющие проводить диагностику засухоустойчивости растений зерновых злаков.

Научная новизна. Впервые показано, что способность проростков поддерживать на высоком уровне интенсивность гуттации в условиях действия стрессора может служить показателем общей устойчивости растений к действию различных неблагоприятных экологических факторов. Впервые зарегистрировано, что способность семян пшеницы к прорастанию в растворах осмотика связана с эффективностью их набухания в таких растворах.

На основе определения способности проростков к гуттации и семян к набуханию, а также измерения ростовых реакций листьев и зародышевых корней проростков впервые разработаны неповреждающие методы диагностики селекционно-ценных количественных признаков растений - содержания белка в зерне, устойчивости к почвенной засухе, засолению, повышенной кислотности почвы, холоду, возбудителям корневой гнили.

Впервые показано, что культивирование пшеницы при уровнях ФАР, превышающих максимальный солнечный, сопровождается появлением защитно-приспособительных реакций растений, значительным увеличением урожайности фитоценоза и позволяет выявлять высокопродуктивные формы (биотипы) внутри сортовой популяции.

Практическая значимость. Созданы экспрессные неповреждающие методы диагностики ценных для селекции признаков растений - содержания белка в зерне, устойчивости к почвенной засухе, засолению, повышенной кислотности почвы, холоду, возбудителям корневой гнили.

С помощью разработанных методов в Красноярском НИИ сельского хозяйства СО РАСХН были выделены перспективные линии ярового ячменя, а образец № У-20-706 успешно прошел конкурсное сортоиспытание и готовится к передаче в Государственное сортоиспытание. Комплексная оценка на

устойчивость к действию стрессовых факторов позволила выделить из гибридного материала ячменя сорт Кедр, который в течение последних 10 лет занимает основные площади в Красноярском крае и возделывается в Казахстане на территории свыше 1 млн. га.

Разработана методология отбора из сортовых популяций высокопродуктивных форм зерновых злаков, выделены линии пшеницы и ячменя, превосходящие в светокультуре по урожайности исходные сорта на 40-65%.

Методы оценки ячменя и пшеницы на содержание белка в зерне и засухоустойчивость отмечены Серебряной медалью ВДЫХ СССР. Результаты диссертационной работы вошли в книгу «Методические рекомендации по оценке селекционного материала на устойчивость к стрессовым факторам внешней среды» (Москва: ВАСХНИЛ, 1990).

Результаты научных исследований используются в учебном процессе биологического факультета Красноярского государственного университета в большом экологическом практикуме, при выполнении курсовых и дипломных работ.

Защищаемые положения.

Способность проростков поддерживать на высоком уровне интенсивность гуттации в условиях действия стрессора может служить показателем общей устойчивости растений к различным неблагоприятным - биотическим и абиотическим факторам. Определение интенсивности гуттации проростков является неспецифическим, экспрессным, неповреждающим методом диагностики растений на устойчивость к действию: почвенной засухи, засоления, повышенной кислотности почвы, холода, возбудителей корневой гнили.

Физиологическая разнокачественность семян пшеницы по способности к прорастанию в растворах осмотика связана с эффективностью их набухания в таких растворах. Сравнение удельной плотности семян до и после набухания является неповреждающим, экспрессным методом индивидуального отбора пшеницы на засухоустойчивость.

Более совершенная адаптивная реакция у засухоустойчивых образцов зерновых злаков к нарастающему водному дефициту, заключающаяся в активизации скорости роста корней, является основой физиологического метода оценки сортов на устойчивость к почвенной засухе.

Степень проявления некротической реакции па листьях ячменя в условиях избыточного уровня минерального питания зависит от содержания белка в зерне. Измерение длины некротического участка листа является неповреждающим методом диагностики растений ячменя на высоко- и низкobelковость.

Культивирование пшеницы при уровнях ФАР, превышающих максимальный солнечный, приводит к формированию защитно-приспособительных реакций растений, сопровождается значительным увеличением урожайности ценоза и создает условия для выявления высокопродуктивных форм (биотипов) внутри сортовой популяции.

Разработанные режимы, моделирующие весенне-летнюю почвенную засуху, позволяют проводить отбор зерновых злаков на засухоустойчивость.

Достоверность обеспечена сопоставлением полученных результатов с данными, базирующимися на других, независимых методах; проверкой результатов диагностики, полученных лабораторными методами, в реальных полевых условиях.

Работа выполнена в рамках комплексных исследований, проводимых в лаборатории управления биосинтезом фототрофов Института биофизики СО РАН по следующим научным программам:

«Параметрическое управление биосинтезом высших растений в светокультуре» (1981-1985 гг, номер госрегистрации 81007907);

«Фотобиологические основы управления продукционным процессом в светокультуре растений» (1986-1990 гг, номер госрегистрации 01860048044);

«Пути повышения энергетической эффективности фитоценозов в условиях высокоинтенсивного искусственного облучения» (1991-1995 гг., номер госрегистрации 01910012048);

«Устойчивость фотосинтезирующих систем различной степени сложности к воздействию экстремальных факторов внешней среды в искусственных условиях» (1996-2000 гг, номер госрегистрации 01960004915);

«Разработать поточную линию и технологию исследований продуктивности и устойчивости к абиотическим факторам среды растений зерновых культур на раннем этапе онтогенеза» (проект № 3-954 в рамках Государственного научно-технического задания, 1990-1991 гг);

«Разработать способ автоматического полива растений» (договор с НПК «БЭЛТ», 1992-1993; контракт с британской фирмой Нельсон дизайн, 1993-1994 гг.);

«Анализ и обобщение данных по устойчивости высших растений к уровням факторов среды, отклоняющихся от нормальных» (контракт с американской компанией Боинг, 1994-1995 гг);

«Исследование взаимодействий в упрощенной замкнутой системе: растения-почва-атмосфера; влияние микроорганизмов на процессы усиления фотосинтетической продуктивности» (проект INTAS, 1995-1997 гг.);

«Сравнительное изучение физиологических особенностей контрастных по продуктивности генотипов ярового ячменя»; «Разработка и испытание метода оценки ячменя в светокультуре на устойчивость к кислым почвам»; «Сравнительное изучение эффективности методов оценки ячменя на кислотоустойчивость» (договоры с Красноярским НИИСХ СО РАСХН, 1989-1990; 1993-1994; 1997-1998 гг.);

«Разработка и испытание метода индивидуального отбора пшеницы на засухоустойчивость по семенам» (договор с Красноярским сельскохозяйственным институтом, 1990 с);

«Оценка разнокачественности семян пшеницы и ячменя в светокультуре» (договор с НПК «Агро», 1991 г.).

Кроме того, работа выполнялась в творческом содружестве с учеными Института цитологии и генетики СО РАН, Красноярского госуниверситета,

Красноярского сельскохозяйственного института, Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур РАСХН, НИИ овощного хозяйства НПО по овощеводству «Россия» Госагропрома РСФСР, Московского отделения ГНЦ РФ ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова.

Апробация работы. Материалы диссертации представлены более чем в 50 публикациях, включая монографию, 5 авторских свидетельств СССР на изобретения и 1 патент России на промышленный образец, а также доложены и обсуждены на: Всесоюзной конференции «Физиолого-биохимические процессы, определяющие величину и качество урожая у пшеницы и других колосовых злаков» (Казань, 1972); Всесоюзных конференциях «Управление скоростью и направленностью биосинтеза у растений» (Красноярск, 1973; 1977); I Всесоюзном - научно-техническом совещании «Оснащение селекционных центров светотехническим оборудованием» (Шортанды, 1975); X Чтениях, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 1975); Всесоюзном симпозиуме «Пластинный аппарат и устойчивость растений» (Ленинград, 1975); IV Всесоюзной конференции по фотоэнергетике растений (Киев, 1975); II координационном совещании «Системы надежности клеток» (Канев, 1977); Всесоюзной конференции «Кинетика и термодинамика переходных процессов в биологических системах» (Москва, 1977); Всесоюзной конференции «Фотоэнергетика растений» (Алма-Ата, 1978); Всесоюзной конференции «Светокультура растений» (Одесса, 1979); Всесоюзной конференции «Проблемы светокультуры растений» (Симферополь, 1980); Всесоюзной конференции «Проблемы и пути повышения устойчивости растений к болезням и экстремальным условиям среды в связи с задачами селекции» (Ленинград, 1981); XXII Международном Астронавтическом конгрессе (Италия, Рим, 1981); Всесоюзном симпозиуме «Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и водного режима растений» (Иркутск, 1982); Всесоюзной конференции «Физиолого-биохимические механизмы регуляции адаптивных реакций растений и агрофитоценозов» (Кишинев, 1984); VIII Всесоюзном симпозиуме по водному режиму растений (Ташкент, 1984); Всесоюзной конференции «Устойчивость к неблагоприятным факторам среды и продуктивность растений» (Улан-Удэ, 1984); Всесоюзной конференции «Проблемы и перспективы селекции зерновых культур» (Жодино, 1985); Семинаре ВДНХ СССР «Селекция овощных культур» (Москва, 1985); Всесоюзном симпозиуме «Физиологические и биохимические основы солеустойчивости растений» (Ташкент, 1986); Всесоюзной выставке «Биологическая наука - продовольственной программе СССР» (Москва, 1986); 6-м Европейском Конгрессе Общества физиологов растений (Югославия, Сплит, 1988); Международной конференции «Рост и продуктивность овощных культур в контролируемых условиях» (ГДР, Берлин, 1989); II съезде Всесоюзного общества физиологов растений (Минск, 1990); 4-м Международном микологическом конгрессе (ФРГ, Регенсбург, 1990); Ежегодных научных чтениях памяти Д.А. Сабинина «Минеральное питание растений» (Москва, 1988; 1989; 1990); Всесоюзных симпозиумах «Биофизика мембран» (Звенигород, 1987; Пушкино-на-Оке, 1988; Ялта, 1990); Советско-

американских симпозиумах «Замкнутые экологические системы жизнеобеспечения» (Шушенское, 1989; Красноярск, 1990); Советско-японском симпозиуме «Замкнутые экологические системы» (Красноярск, 1991); 6-м Международном конгрессе по генетике ячменя (Швеция, Хельсинборг, 1991); Международном симпозиуме «Экология корней и ее прикладное значение» (Австрия, Вена, 1991); 31-й Научной Ассамблее КОСПАР (Англия, Бирмингем, 1996); 32-й Научной Ассамблее КОСПАР (Япония, Нагоя, 1998); II Международном симпозиуме «Контроль и реабилитация окружающей среды» (Томск, 2000); Международной научно-практической конференции «Высокоэффективные биотехнологии нового поколения в производстве экологически безопасных продуктов питания и биопрепаратов для населения» (Новосибирск, 2002); Тематическом семинаре «Биофизика фотосинтеза и замкнутые экологические системы» Института биофизики СО РАН (Красноярск, 2003).

Личный вклад автора. Идея исследования принадлежит автору. Представленные в диссертации результаты, оригинальные методы и устройства получены и разработаны лично автором либо при его непосредственном участии и опубликованы в соавторстве с сотрудниками, работавшими под его руководством или в процессе творческих контактов.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, практических рекомендаций, заключения, выводов, списка литературы; изложена на 305 страницах в печатном виде с использованием компьютерного набора и оформления материалов: шрифт машинопись, редактор Word for Windows. Работа включает 62 таблицы и 41 рисунок. Список литературы содержит 345 отечественных и 219 иностранных источников.

Благодарности. Автор безгранично благодарен своим учителям: д.б.н., профессору Г.М. Лисовскому и д.б.н., профессору В.М. Гольду, а также научному консультанту и соавтору академику Россельхозакадемии д.с.-х.н., профессору Н.А. Сурину. Автор считает своим приятным долгом выразить глубокую признательность всем сотрудникам лаборатории управления биосинтезом фототрофов и аналитической лаборатории Института биофизики СО РАН за практическую помощь, оказанную на разных этапах проведенного исследования.

Глава 1

Физиолого-биохимические показатели, используемые в экспресс-диагностике растений в контролируемых условиях среды (состояние изученности проблемы)

Показано, что растения реагируют практически на любой стресс однотипно, т.е. качественный характер изменений большинства физиолого-биохимических показателей одинаков [Удовенко 1979]. Поэтому объективно существуют способы диагностики растений на устойчивость к различным неблагоприятным экологическим факторам, основанные на измерении одних и тех же физиологических показателей.

С эффективным поглощением и использованием воды растительным организмом связана активность его метаболических процессов [McIntyre, 1987] и, следовательно, продуктивность и устойчивость к действию неблагоприятных экологических факторов. Поэтому параметры водообмена широко используются для диагностики физиологического состояния растений и наличия у них ряда селекционно-ценных признаков [Шматько, Шведова, 1977; Генкель, 1982; Удовенко, Гончарова, 1982; Winter, Musick, Potteg, 1988; Ермаков, Мелешенко, Радченко, 2002]. Показатели водообмена и связанные с ним ростовые характеристики растений являются интегральными, как правило, неспецифическими к действию разных стрессоров, и для их измерения можно найти подходы, не требующие повреждения растений [Реппо, 1977].

Глава 2

Объекты и методы исследования

В экспериментах с пшеницей, ячменем, томатом, огурцом применяли вегетационные шкафы, разработанные в Институте биофизики СО РАН, с посевной площадью 0,25 и 2,2 м², а также открытые 3-х модульные установки УВР с посевной площадью 15 м² [Лисовский, 1973; Лисовский, Бульков, 1973; Полонский 1976]. Источником облучения служили ксенонные лампы ДКсТВ-6000, спектр излучения которых близок к солнечному. При использовании высоких (более 450 Вт/м² ФАР) уровней облученности шкафы герметизировали, и к ним подключали инфракрасный СО₂-газоанализатор, на основании показаний которого поддерживали концентрацию углекислоты на насыщающем фотосинтез ценоза уровне от 0,4 до 0,9% [Ниловская, 1973].

Растения выращивали методом гидропоники (керамзит, гранулированный полиэтилен, водные или воздушные культуры) с применением раствора Кнопа с комплексом микроэлементов. В экспериментах создавали условия пониженной температуры, засоления или закисления корнеобитаемой среды, модельной засухи, а также использовали искусственный инфекционный фон. Последний обеспечивали внесением в керамзит при посеве семян инокулюма по методике ВИЗР [Методика оценки., 1972].

После появления всходов зерновых злаков или овощных культур ежедневно определяли интенсивность гуттации (ИГ) проростков соответственно на первом листе и на семядолях. Для этого создавали относительную влажность воздуха в вегетационном шкафу близкую к 100%. На фильтровальную бумагу собирали капли гуттата, и по размерам влажного пятна определяли их массу и ИГ проростков.

Для формирования различающихся по физиологическому состоянию модельных растений огурца их выращивали при 9 разных световых режимах, используя красную, синюю и белую спектральные области излучения.

При культивировании пшеницы сорта 232 (селекции Г.М. Лисовского) с целью выявления потенциальной величины продуктивности применяли интенсивности ФАР, превышающие максимальные солнечные на Земле. Отобранную в условиях высокого уровня облученности по максимальному

значению признака «озерненность колоса» линию из пшеницы сорта 232 изучали (отбор, размножение, испытание) в течение 9 поколений.

При исследовании физиологической разноразнокачественности семян пшеницы их разделяли в растворах азотнокислого кальция на группы по удельной плотности, затем выдерживали в растворах сахарозы с осмотическим давлением 1,6 МПа в течение 24 ч и разделяли на фракции по измененной во время набухания- удельной плотности. Термохимический анализ семян выполняли на дериватографе Q-100 (Венгрия). Биохимические анализы листьев и зерна (содержание водорастворимых Сахаров, общего азота, клетчатки, крахмала) выполняли по общепринятым методикам (Методы ..., 1972) в среднем в 4-кратной биологической повторности.

В работе приведены стандартные ошибки. Статистическую обработку различий средних величин и коэффициентов корреляции определяли по t-критерию Стьюдента (Плохинский, 1970).

Глава 3

Диагностика устойчивости растений к действию неблагоприятных биотических и абиотических факторов по способности проростков к гуттации.

3.1. Интенсивность гуттации и «плача» - неспецифические показатели физиологического состояния растений

Показано, что скорость выделения пасоки у растений огурца зависела от абсолютного содержания водорастворимых Сахаров в листьях. Коэффициенты корреляции между интенсивностью «плача» с одной стороны и содержанием Сахаров в листьях, общей биомассой, надземной ее частью и массой корней с другой составили существенные величины: 0,87-0,94. Существует связь между интенсивностью образования ассимилятов в листьях (и, по-видимому, скоростью их притока в корень) и темпами поглощения воды корнем.

С увеличением уровня напряженности стрессора скорость гуттации проростков падала (рис. 1). Этот физиологический показатель однотипно (неспецифически) реагирует на действие различных неблагоприятных экологических факторов [Polonsky, Polonskaya, 1990].

3.2. Методы диагностики устойчивости зерновых злаков к разнообразным стрессорам

Найдено, что физиологическое приспособление к условиям дефицита влаги в корнеобитаемой среде у засухоустойчивого сорта пшеницы Саратовская 29 более совершенно по сравнению с чувствительным к засухе сортом Диамант. Одним из типичных проявлений адаптации к стрессору является осмотическая регуляция водопоглотительной деятельности корней, состоящая в уменьшении водного потенциала тканей (табл. 1).

При нарастании модельной засухи интенсивность гуттации (ИГ) снижалась в большей мере у чувствительных к засухе образцов. Значение бисериального коэффициента корреляции по отношению интенсивности гуттации, измеренной в условиях засухи, к таковой в контроле между засухоустойчивыми и чувствительными к засухе группами сортов пшеницы и ячменя было существенным, $r_{bs} = 0,94$.

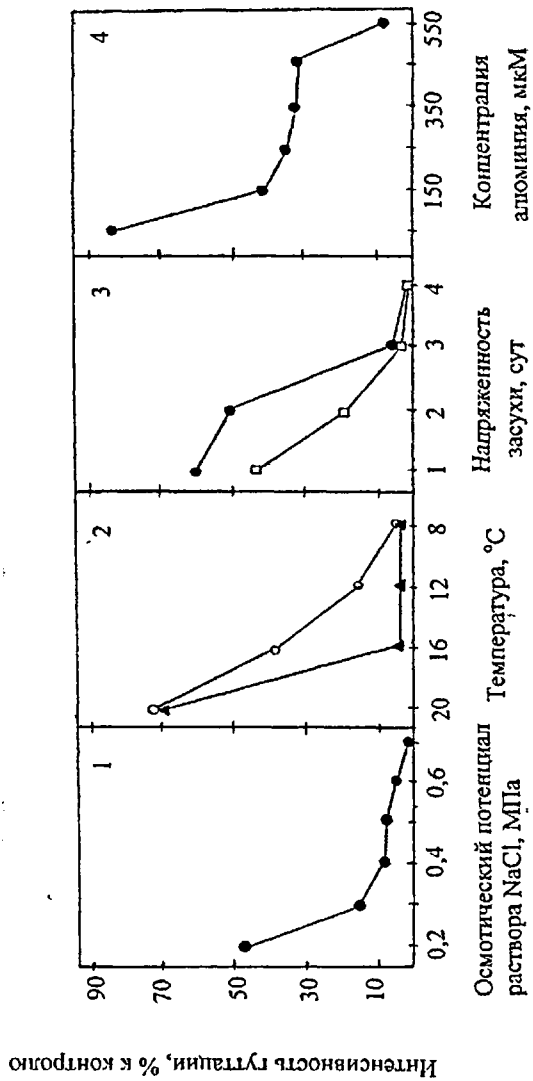


Рис. 1. Влияние стрессовых факторов на относительную интенсивность глутатиона проростков растений томаты (○), огурец (▲), пшеница (□), ячмень (●)
 1 – засоление, 2 – холод, 3 – засуха, 4 – содержание ионов алюминия

Таблица 1

Характеристика поглотительной активности зародышевых корней контрастных по засухоустойчивости сортов пшеницы в условиях модельной засухи

| Сорт | Вариант опыта | Интенсивность выделения пасоки, мг/25 растений в ч | Водный потенциал корней, кПа |
|----------------|---------------|--|------------------------------|
| Саратовская 29 | Контроль | 1153±213 а | -240±25 а |
| | Засуха | 251±28 б | -630±46 б |
| Диамант | Контроль | 1149±198 а | -210±23 а |
| | Засуха | 27±9 в | -410±39 в |

Значения с различными буквами различаются существенно при $P \leq 0,05$

Известно, что устойчивость к засолению может быть связана с эффективностью использования воды сортом [Flowers et al., 1988]. Нами [Полонский, 2002] предложен способ диагностики ячменя на устойчивость к засолению по способности проростков к гуттации. Результаты представлены в табл. 2. Корреляция между контрастными по устойчивости к засолению почвы группами сортов по доле гуттирующих проростков в лабораторном опыте оказалась высокой; $r_{bs}=0,98$.

Установлено, что в условиях снижения рН корнеобитаемой среды у устойчивых к повышенной кислотности почвы сортов ячменя по сравнению с чувствительными величина ИГ поддерживалась на более высоком уровне. Корреляция между контрастными по устойчивости группами сортов (всего 12 образцов) по доле гуттирующих проростков при действии стрессора была значимой, $r_{bs}=0,90$. Аналогичные результаты получены при введении в корнеобитаемую среду 150 мкМ Al-ионов: для контрастных по алюмотолерантности сортов ячменя (всего 16 образцов) $r_{bs}=0,88$, а для пшеницы (всего 11 образцов) $r_{bs}=0,87$.

На 40 сортообразцах ячменя проведено сопоставление результатов лабораторной диагностики растений с их прямой полевой оценкой на реальных кислых почвах. Показано, что образцы с повышенной долей гуттирующих растений в варианте опыта с рН 4,0 достоверно характеризовались более высокой полевой урожайностью (за счет массы зерна с 1 растения и массы 1000 зерен). Чтобы оценить разрешающую способность лабораторного метода отобрали по пять сортообразцов с самыми высокими показателями: доли гуттирующих растений, массы зерна с 1 растения в поле, массы 1000 зерен. Среди выделенных по максимальной способности проростков к гуттации сортообразцов два вошли в число лучших по массе зерна с 1 растения, три - по массе 1000 зерен.

В экспериментах с чистыми культурами возбудителей корневой гнили проростки были разделены на две группы: гуттирующие на искусственном инфекционном фоне на 4-е сутки и переставшие гуттировать на 3–4 сутки от всходов. Корни гуттирующих растений были меньше поражены болезнью, по

ростовым характеристикам группы растений также между собой достоверно различались (табл. 3).

Таблица 2

Интенсивность гуттации контрастных по солеустойчивости сортообразцов ячменя, культивируемых на растворах хлористого натрия (-400 кПа)

| Сорт, образец | Солеустойчивость сортообразца | Интенсивность гуттации | |
|---|-------------------------------|------------------------|----------------|
| | | мг/25 растений в час | % к контролю |
| Почин Северный Ducks Riso Ф-24-1483 У-20-706 | Высокая | 58,3 \pm 9,2 | 20,4 |
| | | 82,3 \pm 11,2 | 25,9 |
| | | 65,0 \pm 6,3 | 20,2 |
| | | 57,9 \pm 4,9 | 16,0 |
| | | 44,2 \pm 5,1 | 15,2 |
| | | 73,1 \pm 8,2 | 28,4 |
| Среднее значение: | | 63,5 \pm 13,2 | 21,0 \pm 5,3 |
| Агул Новосибирский 80 Красноярский 80 Кедр Енисей Баджей | Низкая | 8,9 \pm 2,8 | 3,4 |
| | | 9,2 \pm 2,1 | 2,4 |
| | | 12,1 \pm 2,0 | 3,7 |
| | | 14,3 \pm 3,1 | 4,9 |
| | | 6,2 \pm 1,5 | 1,7 |
| | | 5,3 \pm 1,8 | 1,8 |
| Среднее значение: | | 9,3 \pm 3,4 | 3,0 \pm 1,2 |

Таблица 3

Характеристика выделенных из сортовых популяций группы растений ячменя по способности к гуттации на инфекционном фоне (среднее для 10 сортообразцов в пересчете на одно растение)

| Вариант опыта | Группа растений | Биомасса надземной части растения, мг | Длина непо-раженной части корней, мм | Отношение длины пораженной части корней к общей, % |
|---------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | Г | 265,1 \pm 13,2 | 380,2 \pm 14,5 | 6,7 \pm 0,9 |
| | П | 184,2 \pm 21,8 | 175,2 \pm 50,1 | 23,6 \pm 3,0 |
| 2 | Г | 163,1 \pm 13,0 | 303,9 \pm 25,6 | 11,9 \pm 2,0 |
| | П | 107,9 \pm 21,3 | 105,0 \pm 33,5 | 26,4 \pm 8,7 |
| 3 | Г | 182,2 \pm 13,2 | 169,1 \pm 7,5 | 13,8 \pm 1,6 |
| | П | 135,7 \pm 15,8 | 102,8 \pm 9,3 | 22,0 \pm 4,1 |

1 - *Drechslera graminea*, 2 - *Fusarium oxysporum*, 3 - *F.graminearum*. Г - растения, гуттирующие в возрасте 4 суток; П - растения, переставшие гуттировать с 3-4 суточного возраста; Различия не достоверны.

Чем в более раннем возрасте регистрировалось прекращение гуттации проростков, тем сильнее они оказывались впоследствии пораженными болезнью. При этом 1–2-суточные проростки, сохранившие способность к гуттации на инфекционном фоне, и растения, прекратившие гуттировать, по внешнему виду друг от друга еще практически не отличались.

33. Диагностика овощных культур на холодоустойчивость

При уменьшении температуры окружающей среды величина ИГ проростков овощных растений падала в большей степени у чувствительных к холоду сортов. У контрастных по холодоустойчивости образцов томата и огурца относительные значения интенсивности экссудации различались соответственно в 2 и 3 раза (табл. 4). Приблизительно те же соотношения отмечались и для относительной величины ИГ. Следовательно, основную роль в снижении ИГ в условиях пониженной температуры у чувствительных к холоду сортов по сравнению с холодоустойчивыми играет собственно процесс поглощения воды корнем.

Таблица 4

Интенсивность гуттации и экссудации контрастных по холодоустойчивости сортов огурца и томата при различных температурах

| Культура | Сорт | Известная оценка сорта | ИГ, мг/25 растений в час | | ИЭ, мг/25 растений в час | | ИГ, % к контролю | ИЭ, % к контролю |
|----------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|------------------|------------------|
| | | | К | О | К | О | | |
| Томат | Перемога 165 | X ^{***} | 111,5 ±12,4 | 62,2 ±6,4 | 300,0 ±23,5 | 175 ±9,7 | 55,8 | 58,3 |
| | Московский осенний | T | 227,1 ±24,1 | 59,5 ±3,6 | 441,5 ±24,7 | 125,0 ±14,2 | 26,2 | 28,3 |
| Огурец | Алтайский ранний 166 | X | 432,5 ±23,8 | 239,4 ±24,8 | 629,1 ±54,3 | 242,7 ±15,3 | 55,4 | 38,6 |
| | Московский тепличный | T | 766,2 ±45,9 | 188,7 ±9,9 | 803,1 ±45,7 | 93,6 ±7,4 | 24,6 | 11,6 |

К^{*} - контроль при 22-24^oC; О - опыт при 10-12^oC для томата и при 14-16^oC для огурца; X^{***} - холодоустойчивый сорт; T - холодочувствительный сорт

Бисериальный коэффициент корреляции по отношению ИГ, измеренной при пониженной температуре, к таковой в контроле между холодоустойчивыми и холодочувствительными группами сортообразцов был равен соответственно для огурца 0,98, а для томата 0,90.

3.4. Диагностика засухоустойчивости пшеницы по эффективности набухания семян в высокоосмотических растворах.

Показано, что после суточного нахождения - семян пшеницы в растворе сахарозы разность между фактическим объемом одного семени и расчетным суммарным объемом сухого семени вместе с поглощенной им водой у самой засухоустойчивой фракции по сравнению с неустойчивой отличалась в четыре раза (табл. 5).

Таблица 5

Характеристика различных фракций семян пшеницы Диамант до и после суточного набухания на растворах сахарозы 1,6 МПа и их способность к дальнейшему прорастанию.

| Конечная удельная плотность фракций, г/см ³ | Значение коэффициента набухания по фракциям семян, % | Разность между суммарным объемом сухого семени с поглощенной водой и реальным объемом набухшего семени, мм ³ | Доля проросших семян на 7-е сутки в растворе сахарозы, % |
|--|--|---|--|
| 1,30 | 79,2±1,5 а | 3,50±0,87 в | 0 а |
| 1,29 | 82,1±1,2 аб | 2,96±0,99 ав | 32,1±8,5 б |
| 1,28 | 84,2±1,4 бв | 2,22±0,30 ав | 45,3±7,9 бв |
| 1,27 | 86,3±1,2 в | 1,82±0,46 ав | 59,7±13,1 в |
| 1,26 | 88,8±2,6 вг | 1,41±0,32 аб | 68,3±15,8 в |
| 1,25 | 95,7±2,8 г | 0,87±0,20 б | 100 г |

Значения с различными буквами различаются существенно при $P \leq 0,05$

В дальнейшем преимущество в прорастании на высокоосмотических растворах имели семена, которые не поглощали воду в относительно большем количестве, но показывали повышенную эффективность набухания, т.е. большее относительное увеличение объема семени на единицу поглощенной им воды. Это преимущество пшеницы, связанное с признаком «засухоустойчивость», можно оценить индивидуально у любой зерновки по уменьшению ее удельной плотности за время набухания в растворе осмотика.

Различия в величине температуры выхода водяных паров из семян при их нагревании между фракциями, снизившими в наибольшей и наименьшей степени удельную плотность за время набухания в растворе осмотика, составили в среднем 11°C (анализ целых семян) или почти 9°C (анализ семян, лишенных оболочек). Полученные данные [Polonsky et al, 1990] дают основание предположить, что у устойчивых к засухе фракций семян пшеницы имеет место более высокая степень связанности (упорядоченности) воды в зерновке, что, по-видимому, обуславливает повышенное значение матричного потенциала. В семенах из засухоустойчивой фракции по сравнению с таковыми из неустойчивой содержание белка и клетчатки было соответственно выше на 18 и 30%. С отличием в биохимическом составе контрастных по

засухоустойчивости фракций семян может быть связана разная эффективность их набухания в высокоосмотических растворах.

Показано, что разнокачественность семян пшеницы по способности к набуханию в растворе сахарозы не была обусловлена их положением в колосе.

У устойчивых к засухе сортов по сравнению с неустойчивыми доля семян, максимально уменьшивших величину удельной плотности в растворе осмотика, была выше, а минимально снизивших этот показатель – ниже. На рис. 2 представлена характеристика фракций семян двух контрастных по устойчивости к засухе сортов пшеницы. Видно, что различия в смещении удельной плотности у семян вполне достаточны для разделения сортовых популяций и проведения индивидуального отбора.

Глава 4

Диагностика зерновых злаков на засухоустойчивость и содержание белка в зерне на основе определения ростовых реакций зародышевых корней и листьев растений

4.1. Диагностика на устойчивость к почвенной засухе

Для имитации почвенной засухи при культивировании растений применяли растворы сорбита возрастающей концентрации (рис. 3), замену растворов осуществляли дважды в сутки [Полонский, Лисовский, 1986]. Подход был апробирован на контрастных по засухоустойчивости сортах пшеницы и ячменя. К концу недельной засухи у проростков высокозасухоустойчивых сортообразцов происходила более совершенная адаптация к водному стрессу, они достоверно отличались от неустойчивых сортов по скорости роста листьев. По этому показателю в опытах была выделена засухоустойчивая форма ячменя из гибридной популяции Е-7-84 (будущий сорт Кедр). Испытание в условиях полевого засушника показало, что по урожаю зерна эта линия превзошла исходный материал на 59%.

Показано, что при ухудшении водообеспеченности растений по сравнению с условиями контроля у проростков более устойчивых к засухе сортов ответная реакция, выраженная в увеличении общей длины корней, проявлялась сильнее (табл. 6). На основе зарегистрированного эффекта был разработан метод диагностики засухоустойчивости зерновых злаков. Он состоит в том, что параллельно определяются количество и длина зародышевых корней у проростков, находящихся в бумажных увлажняемых рулонах и в постепенно высыхающих рулонах [Полонский, Малышевская, 1987]. Бисериальный коэффициент корреляции по отношению средней длины корешка у высокозасухоустойчивых и неустойчивых сортов пшеницы и ячменя был равен 0,90.

Нами предложен простой лабораторный метод диагностики зерновых злаков на устойчивость к засухе по скорости роста первичных корней, определяемой косвенно, на основании относительной длины 2-го листа молодых растений [Полонский, 1985]. Для этого в вегетационном поддоне наряду с вертикальным градиентом (в глубину) создавался горизонтальный градиент

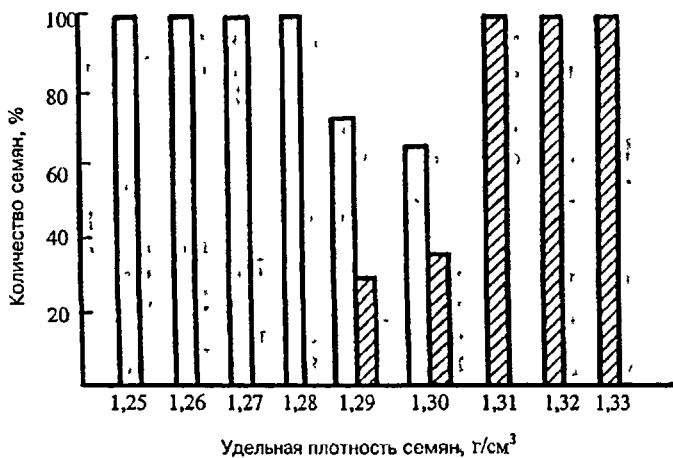


Рис. 2. Доля семян пшеницы, имеющих соответствующую удельную плотность после набухания в растворе сахарозы с осмотическим давлением 1,6 МПа в течение 24 ч. Исходная плотность семян 1,34 г/см³. Заштрихованные колонки – сорт Диамант, светлые – Саратовская 29

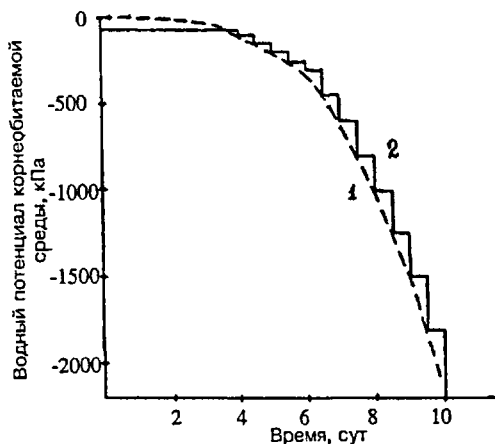


Рис. 3. Ход понижения водного потенциала почвы при ее высыхании после однократного полива (по Gardner, Nietman, 1964) (1) и изменение водного потенциала раствора в экспериментах с прогрессирующей засухой (2)

влажности керамзита вдоль рядов с растениями. В результате удалось четко разделить контрастные по засухоустойчивости сорта пшеницы и ячменя.

Таблица 6

Реакция первичной корневой системы пшеницы и ячменя на водный стресс

| Сорт, образец, | Известная оценка сорта | Отношение показателей у проростков из сухих рулонов к таковым из влажных, % | | |
|------------------|------------------------|---|----------------------|-----------------------|
| | | Общая длина корней | Максимальная глубина | Средняя длина корешка |
| Пшеница | | | | |
| Саратовская 29 | В | 1,58 а | 1,33 а | 1,62 а |
| Снаббе | Н | 1,20 б | 1,04 б | 1,22 б |
| Ячмень | | | | |
| СП-289 | В | 1,44 в | 1,32 в | 1,50 в |
| Новосибирский 80 | Н | 1,08 г | 1,16 в | 1,20 г |

4.2. Автоматическая диагностика растений на устойчивость к стрессорам по скорости роста надземной части биомассы

Интегральным показателем, характеризующим реакцию растений в тех или иных условиях среды, является наряду со скоростью линейного роста темп накопления биомассы. В этом плане нами разработан автоматизированный метод диагностики. Растения культивировали на плавающих ячейках, и при достижении проростками определенной массы ячейки погружались в раствор. При этом замыкались электрические контакты, и автоматически регистрировалось время, прошедшее от начала эксперимента. Предложенный подход позволил получить сравнительную характеристику сортообразцов, выращиваемых как в оптимальных условиях, так и при действии различных неблагоприятных факторов (табл. 7).

Таблица 7

Ростовая характеристика сортов пшеницы в оптимальных условиях культивирования и при действии стрессоров

| Сорт | Известная оценка сорта | Разность во времени погружения ячеек между опытом и контролем, час | |
|----------------|------------------------|--|---------------|
| | | засуха | жара + засуха |
| Саратовская 29 | В | 16,8 | 21,6 |
| Мильтурум 553 | В | 17,6 | 17,6 |
| Снаббе | Н | 64,2 | >80,0 |
| Диамант | Н | 67,2 | >83,2 |

43. Диагностика ячменя на содержание белка в зерне по ростовой некротической реакции листьев.

Одной из важных задач селекции ячменя является создание новых как высоко-, так и низкobelковых сортов. В работе зарегистрирован эффект, заключающийся в появлении некротической реакции на концах листьев растений ячменя при использовании для полива 3-х кратной питательной смеси и непрерывного режима облучения. Выраженность реакции была связана с содержанием белка в зерне. Значения коэффициента корреляции между содержанием белка в зерне и длиной некротизированного участка самого нижнего листа в фазе ячменя «третий лист» - начало выхода в трубку составили 0,83-0,85. Размеры некротизированных участков для каждого растения из крайних по содержанию белка в зерне групп сортов практически не перекрывались (табл. 8), что говорит о возможности разделения сортообразцов ячменя на высоко- и низкobelковые группы.

Таблица 8

Зависимость длины некротизированного участка 1-го листа ячменя от содержания белка в зерне среди контрастных групп образцов

| Группа | Сортообразец | Содержание белка, % | Средняя длина некротизированного участка, мм | Крайние значения размера участков на листе, мм |
|--------|------------------|---------------------|--|--|
| 1 | Л-40-4459 | 10,2 | 8,4 | 2-13 |
| | Новосибирский 80 | 10,5 | 9,6±1,15 | 5-16 |
| 2 | Л-56-4540 | 14,6 | 17,9±1,96 | 11-31 |
| | К-6-4039 | 15,1 | 34,8 | 27-45 |

Степень проявления обнаруженной некротической реакции на первом листе молодых растений ячменя не коррелировала достоверно с массой 1000 зерен, а также концентрацией азотистых веществ в этом листе. Последнее делает маловероятным идею об обусловленности некроза листовой пластинки поражением полупаразитными грибами, так как в литературе есть указания, что в большей степени этому подвержены органы с высоким содержанием азота [Матышевская, 1975].

Глава 5

Возможности) диагностики зерновых злаков на потенциальную продуктивность в контролируемых условиях

5.1. Влияние высоких уровней ФАР на физиолого-биохимические характеристики и продуктивность пшеницы

В экспериментах с пшеницей при высоких интенсивностях ФАР наблюдалось увеличение высоты клеток эпидермиса в листовых пластинках, числа слоев клеток мезофилла, количества устьиц на единице листовой поверхности, степени развития проводящих пучков в стебле. С одной стороны, все это могло способствовать защите растений от действия высоких уровней ФАР, с другой стороны, - интенсификации фотосинтетического газообмена и

повышению оттока органических веществ по проводящим пучкам из листьев к колосу [Полонский, Лисовский, 1978].

Несмотря на то, что разрушение хлорофилла при высоких уровнях облученности шла в 3-4 раза быстрее, чем в контроле, содержание зеленых пигментов в листьях пшеницы, выращенной в этих условиях, было только в 1,5-2 раза ниже контрольного значения. Можно предположить, что в условиях высокого уровня ФАР происходил более интенсивный процесс синтеза (обновления) молекул хлорофилла. Последнее, вероятно, имеет определенное значение в приспособительной реакции фотосинтетического аппарата к действию высокой интенсивности ФАР [Полонский, Лисовский, 1977].

Достигнутая в экспериментах величина хозяйственной, продуктивности ценоза пшеницы сорта 232 составила 50 г абсолютно сухого зерна с 1 м² в сутки, а урожай зерна был равен 3,26 кг/м² [Полонский, Лисовский, Трубачев, 1977; Polonsky, Lisovsky, 1980]. Близкая к этой величине урожайность пшеницы в условиях фитотрона позднее была получена у нас в стране [Ниловская, 1987] и за рубежом [Salisbury, Bugbee, 1988].

Возрастание продуктивности пшеницы при ее культивировании в условиях высоких уровней облученности явилось закономерным результатом: 1) сформировавшейся специфической геометрической структуры ценоза с растениями, архитектура которых позволяет создавать оптически плотные посевы; 2) интенсификации фотосинтеза единицы листовой поверхности за счет большего потока лучистой энергии, несмотря на снижение эффективности использования ФАР [Полонский, 1980]. Под действием высокого уровня облученности уменьшался «сброс» элементов продуктивности пшеницы, в результате чего у растений в опыте по сравнению с контролем существенно возрастала озерненность колоса и число продуктивных побегов.

В работе показано, что дополнительными резервами повышения продуктивности растений в контролируемых условиях могут служить учет изменения режимов свет-темнота, а также предпосевная инокуляция микроорганизмами из рода *Pseudomonas*.

При культивировании пшеницы в условиях высоких интенсивностей ФАР наблюдалось появление отдельных особей с величиной озерненности колоса почти вдвое превышающей среднюю величину для популяции. Доля таких выдающихся растений составляла около 0,5-1% (рис. 4). Одно растение с 52 зернами в колосе было взято как «исходное» для дальнейшего отбора в поколениях по указанному выше признаку. Эта микропопуляция семян одного колоса получила название «линия № 5». Растения этой линии пшеницы выращивали (проводя отбор по крупности колоса) параллельно в условиях высокого и низкого уровней облученности - соответственно в течение 7 и 9 поколений.

Испытание в условиях низкой облученности (80-100 и 120-130 Вт/м²) показало, что по величине зерновой продуктивности выявленная форма в среднем на 40% превзошла исходный сорт 232 (табл. 9). Это явилось следствием повышения озерненности колоса. Биологический урожай рассматриваемой линии также превысил аналогичный показатель для исходного сорта. Более высокая величина биомассы была сформирована ею благодаря более развитой листовой поверхности.

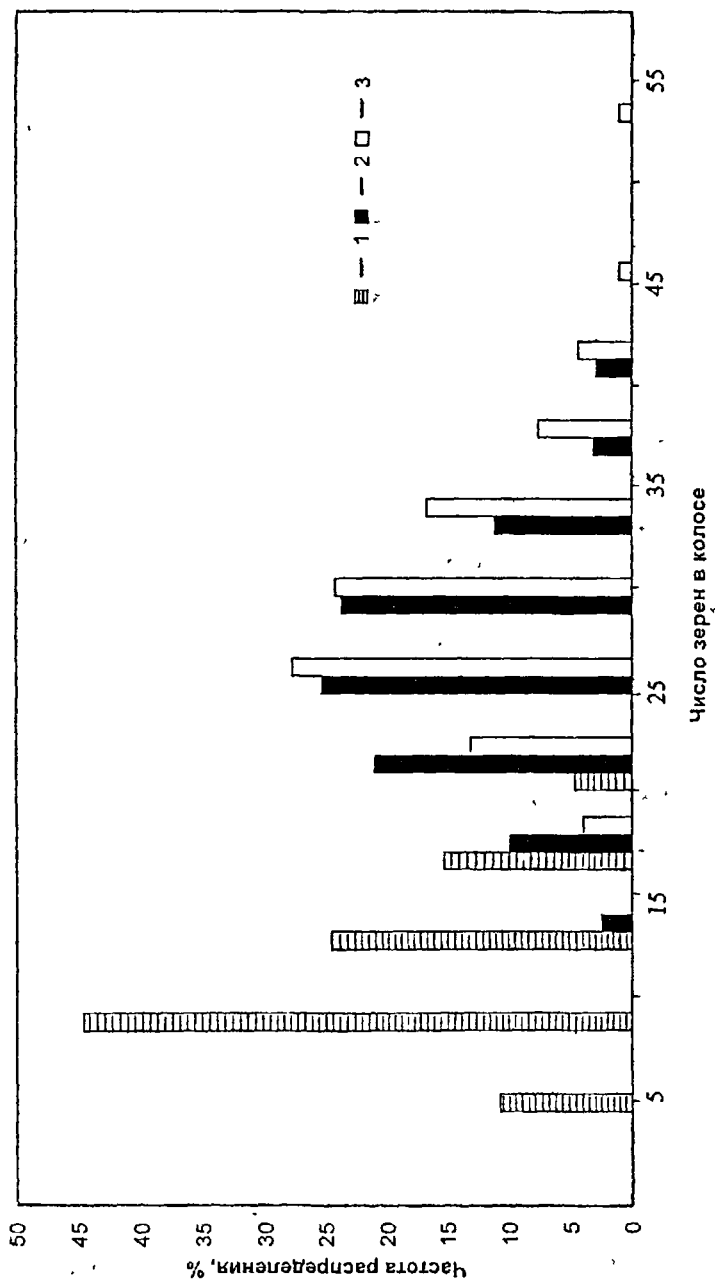


Рис. 4. Частота распределения пшеницы № 232 по озеренности колоса в зависимости от уровня облученности и густоты стояния растений. 1, 2 - интенсивность ФАР 80-100 Вт/м²; 3 - интенсивность ФАР 800-1300 Вт/м². Густота стояния растений: 1 - 0,5 тыс шт./м²; 2 - 2 тыс шт./м²; 3 - 2-4 тыс шт./м²

Таблица 9

Структура урожая пшеницы исходного сорта 232 и линии № 5

| Облученность, Вт/м ² ФАР | Образец | Озерненность колоса, пгт | Масса 1000 зерен, г | Урожай зерна, кг/м ² | Биологический урожай, кг/м ² |
|-------------------------------------|-----------|--------------------------|---------------------|---------------------------------|---|
| 800-1300 | Сорт 232 | 31,1 а | 26,7 а | 3,5 а | 10,9 а |
| | Линия № 5 | 40,7 б | 26,5 а | 5,0 б | 14,0 б |
| 120-130 | Сорт 232 | 24,4 а | 31,8 а | 0,9 а | 2,3 а |
| | Линия № 5 | 33,5 б | 30,5 а | 1,3 б | 3,3 б |
| 80-100 | Сорт 232 | 23,3 а | 37,0 а | 0,8 а | 2,0 а |
| | Линия № 5 | 28,8 а | 35,8 а | 1,1 б | 2,8 б |

Электрофоретический спектр запасных белков глиадинов семян линии № 5 отличался от такого сорта 232. Это свидетельствует о своеобразном биотипе, выделяющемся из основной массы полиморфного сорта 232.

С целью испытания работоспособности предложенной методологии отбора высокопродуктивных форм колосовых злаков, кроме пшеницы сорта 232 в дополнительных экспериментах использовали два сорта ячменя: Агул и Баджей. Из сортовой популяции ячменя Агул в условиях высокого уровня облученности (около 600 Вт/м² ФАР) удалось выделить линию № 19. При выращивании в обычных условиях облучения (около 80 Вт/м² ФАР) 5-е поколение этой линии показало более высокую величину урожая зерна (табл. 10). В среднем линия № 19 превышала исходный сорт по озерненности колоса почти на 55%, а по урожаю - на 66%. По-видимому, растения линии № 19 отличались от исходного сорта Агул генетически (на уровне биотипа), так как у них были зарегистрированы четкие морфологические отличия в виде имеющих зазубрин на осях колоса. Аналогичные результаты были получены для выделенной линии № Б 25 из сортовой популяции ячменя Баджей.

Новые линии пшеницы и ячменя оказались более позднеспелыми, фаза колошения у них наступала на 3-4 суток позже, чем у исходных сортов. Поэтому образование более высокого числа метамеров в колосе у линий, вероятно, связано с большим временем его формирования.

Описанный метод отбора форм пшеницы и ячменя по величине озерненности колоса может, по-видимому, найти применение в будущем, когда в контролируемых условиях лабораторий селекционных центров из существующих сортов будут выявляться высокопродуктивные линии, практическое использование которых может состоять как в кардинальном улучшении сортов, так и в вовлечении в дальнейшее скрещивание. То, что выделенные формы злаков оказываются более позднеспелыми, не является, по нашему мнению, существенным отрицательным моментом, по крайней мере, для условий центральных районов Красноярского края (хотя известно, что в этом регионе одним из направлений селекции является отбор на скороспелость). Здесь, по данным отдела агрометеопрогнозов Красноярского

центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, с начала 80-х годов регистрируется стойкое увеличение годовой суммы эффективных температур, значение рассчитанного нами коэффициента корреляции по этому показателю за последние 20 лет составило 0,83 ($P=0,001$).

Таблица 10

Структура урожая исходных сортов ячменя и выделенных из них продуктивных линий при испытании в условиях низкого уровня ФАР

| Образец | Озерненность колоса, шт | Масса 1000 зерен, г | Урожай зерна, кг/м ² | Отношение к исходному сорту по | |
|----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| | | | | озерненности, % | урожаю зерна, % |
| Линия № 19 | 24,1±1,5 б | 41,5 | 0,73 ±0,04 б | 154,8 | 165,9 |
| Исходный сорт Агул | 15,5±1,1 а | 40,0 | 0,44 ±0,02 а | - | - |
| Линия № Б 25 | 22,0±1,8 б | 39,8 | 0,62 ±0,03 б | 151,7 | 147,6 |
| Исходный сорт Баджей | 14,5±0,9 а | 41,9 | 0,42 ±0,03 а | - | - |

5.2. Конвейерный подход к селекции растений.

В работе сформулированы принципы построения «поточной линии» скрининга растений - системы последовательных оценок в онтогенезе на продуктивность и устойчивость к действию стресс-факторов [Полонский, 1991]. Последовательная оценка в рамках поточной линии скрининга - есть заключение о том, как переносит действие или последствие стресс-фактора конкретный организм в каждую фазу его развития.

Представляется логичным ввести чередование групп методов, связанных с оценкой устойчивости и продуктивности растений. Поэтому следует ожидать, что рассматриваемая поточная линия скрининга выдаст в качестве конечного результата среднепродуктивные и одновременно устойчивые (адаптивные) формы растений, которые смогут обеспечить получение стабильных по годам урожаев в конкретном регионе, для которого в линии смоделированы природные условия.

Поскольку в Восточной Сибири большинство сельскохозяйственных площадей занято под хлебными культурами, а наибольший ущерб зерновому хозяйству наносят весенне-летние засухи, то, как пример, в работе рассмотрена пятизвенная модель поточной линии скрининга яровой пшеницы на устойчивость к почвенной засухе такого типа. В первом звене осуществляется отбор в фазе набухания семян. Во втором звене у проростков определяется способность к гуттации в условиях модельной засухи. В третьем - измеряется скорость роста зародышевых корней в глубину. Четвертое звено оценивает скорость линейного роста второго и третьего листа пшеницы во время репарации после окончания засухи. В результате выделяются формы,

отличающиеся "взрывной" энергией роста, обладающие преимуществом в поле при весенне-летней засухе. В пятом звене линии у растений оценивается водный режим листьев верхнего яруса. На этом отбор заканчивается, и пшеницу выращивают до получения потомства. Таким образом, если на старте в оценку вовлекаются десятки тысяч индивидуумов какого-либо образца, то на выходе получается всего несколько растений.

Все звенья описываемой модели поточной линии в отдельности нами были апробированы на контрастных по устойчивости к засухе сортах пшеницы.

Практические рекомендации

На основании проведенных исследований можно рекомендовать селекционным научно-исследовательским учреждениям следующее:

1. Использование в диагностике растений на устойчивость к почвенной засухе, повышенной кислотности и засолению почвы, холоду, возбудителям корневой гнили простых не повреждающих растения методов, основанных на определении способности проростков к гуттации.

2. Индивидуальный отбор пшеницы на засухоустойчивость по способности семян к набуханию в растворах осмотика.

3. Использование в диагностике растений ячменя па высоко- и низкобелковость метода учета степени выраженности ростовой некротической реакции листьев.

4. Выявление высокопродуктивных генотипов в сортовой популяции пшеницы и ячменя при культивировании растений в условиях высокого уровня ФАР.

5. Применение режимов культивирования зерновых злаков, имитирующих весенне-летнюю почвенную засуху, и позволяющих выполнять отбор засухоустойчивых форм.

Материалы диссертации могут найти применение в учебных курсах. В частности, разработанная установка для культивирования растений и изучения их корневых систем «Миниризон-1» используется в большом экологическом практикуме, а также при выполнении курсовых и дипломных работ на биологическом факультете Красноярского госуниверситета.

Заключение

В основу разработанных нами методологии диагностики селекционно-ценных количественных признаков растений были положены следующие принципы. 1. Сохраняемость селекционного материала в процессе его оценки и возможность получения полноценного потомства. 2. Применение простых и экспрессных методов. 3. Использование косвенных показателей, тесно связанных с конкретными селектируемыми признаками и свойствами. При разработке методов диагностики растений использовались неспецифические физиологические показатели, связанные с водообменом в условиях действия стрессора — интенсивность гуттации (ИГ), эффективность набухания зерновок, а также зависимость от водного статуса растительного организма скорость роста корней, листьев, биомассы.

В работе показано, что корневое давление, регистрируемое по величине ИГ, является интегральным показателем «здоровья» корня, которое связано с физиологическим состоянием всего растения. Оценивая тот или иной сортообразец на устойчивость к стрессору, мы определяли насколько это «здоровье» сохраняется у проростков, находящихся в неблагоприятных условиях окружающей среды. Суть подхода состояла в измерении ИГ или даже в визуальной регистрации того факта, гуттирует растение или нет в условиях действия стрессора. Есть капля на кончике листа - «здоров», нет - «болен». ИГ может служить показателем реакции (устойчивости) растений и на повышенную кислотность почвы, и ее засоление, и почвенную засуху, и холод, и наличие возбудителей корневых гнилей, и вполне вероятно другие почвенные и атмосферные стрессоры - содержание пестицидов, тяжелых металлов, воздушных поллютантов в среде, гипоксию и т.п. Иными словами, ИГ можно использовать как простой и быстрый индикатор общей устойчивости генотипа к различным неблагоприятным экологическим факторам: биотическим и абиотическим.

При изучении ростовых реакций ячменя и пшеницы в ответ на действие стрессоров также удалось разработать достаточно простые, оперативные и даже автоматизированные способы диагностики растений. Кроме методов оценки на устойчивость к неблагоприятным факторам были предложены подходы к ростовой диагностике сортообразцов ячменя на содержание белка в зерне.

Использование высокоинтенсивных световых режимов для культивирования пшеницы выявило широкие адаптивные возможности растений, позволило значительно повысить в контролируемых условиях хозяйственную продуктивность пшеницы и приблизиться к потенциальной ее величине, выявить наиболее продуктивные растения (биотипы) внутри сортовых популяций по признаку «максимальная величина озерненности колоса».

Разработанные методы диагностики растений могут быть использованы в селекционной практике, как по отдельности, так и в комплексе, например, при реализации предложенной нами модели последовательного скрининга растений в онтогенезе в контролируемых условиях.

Выводы

1. Установлено, что при действии различных неблагоприятных экологических факторов у устойчивых к ним генотипов по сравнению с чувствительными интенсивность гуттации снижается в меньшей степени.

Разработан экспрессный, неповреждающий метод диагностики растений на устойчивость к почвенной засухе, засолению, повышенной кислотности почвы, холоду, возбудителям корневой гнили на основе определения интенсивности гуттации проростков в условиях действия стрессора.

2. Найдена положительная зависимость способности семян пшеницы к прорастанию в растворах осмотика от эффективности их набухания в таких растворах.

Разработан метод индивидуального отбора пшеницы на засухоустойчивость, основанный на сравнении удельной плотности семян до и после их набухания в

высокоосмотическом растворе сахарозы. Прошедшие процесс отбора семена могут храниться не менее полугода без снижения своих посевных качеств.

3 Показано, что в условиях нарастающего водного дефицита у устойчивых к засухе генотипов зерновых злаков по сравнению с чувствительными адаптивная реакция, заключающаяся в активизации скорости роста корней, проявляется сильнее. Зарегистрированный эффект является основой лабораторного метода оценки пшеницы и ячменя на устойчивость к почвенной засухе.

4. Установлена положительная зависимость между степенью проявления ростовой некротической реакции па листьях ячменя, выращиваемого в условиях избыточного уровня минерального питания, и содержанием белка в зерне.

Разработан неповреждающий метод диагностики сортообразцов ячменя на высоко- и низкobelковость по измерению длины некротической части листа.

5. В условиях высоких интенсивностей ФАР в листьях пшеницы регистрируются адаптивные изменения в содержании пигментов и воды, анатомо-морфологические перестройки в листьях и стебле.

Использование уровней облученности, превышающих максимальные солнечные, для культивирования зерновых злаков сопровождается значительным повышением урожайности за счет возрастания озерненности колоса и числа продуктивных побегов и позволяет выявлять высокопродуктивные формы растений (биотипы) внутри сортовой популяции.

В условиях высоких интенсивностей ФАР из сортовых популяций пшеницы и ячменя выделены линии, превышающие по продуктивности исходные сорта на 40-65%.

6. Смоделированы условия весенне-летней почвенной засухи с помощью растворов сорбита возрастающей концентрации либо насыщенного влагой воздуха в корнеобитаемой среде, которые позволяют проводить раннюю диагностику зерновых злаков на засухоустойчивость.

7. Предложена модель последовательного скрининга в контролируемых условиях растений пшеницы в онтогенезе на устойчивость к весенне-летней почвенной засухе.

Основные материалы диссертации опубликованы в работах:

1. Полонский В.И., Лисовский Г.М., Трубачев И.Н. Продуктивность и биохимический состав пшеницы при высоких интенсивностях ФАР в светокультуре // Физиология растений. - 1977. - Т. 24, - вып. 4. - С. 718-724.
2. Полонский В.И., Лисовский Г.М. Состояние пигментного аппарата пшеницы при высоких интенсивностях ФАР в светокультуре // Физиология растений. - 1977. - Т. 24. - вып. 6. - С. 1159-1164.
3. Полонский В.И. CO₂-газообмен ценоза пшеницы при высоких интенсивностях ФАР в светокультуре // Интенсивная' светокультура растений. - Красноярск: Изд-во ИФ СО АН СССР, 1977. - С. 39-47.
4. Полонский В.И., Лисовский Г.М. Анатомо-морфологическая характеристика растений пшеницы при высоких интенсивностях ФАР в светокультуре // Ботанический журнал. - 1978. - Т. 63.- вып. 2. - С. 263-269.
5. Полонский В.И., Лисовский Г.М. Динамика накопления биомассы и формирования фотосинтезирующей поверхности ценоза пшеницы при высоких уровнях ФАР в светокультуре // Анализ динамики роста биологических объектов. - М: Наука, 1978. - С. 55-64.
6. Полонский В.И., Лисовский Г.М. Критерий оптимизации продуктивности фитоценозов при искусственном освещении // Физиология растений. - 1980. - Т. 27. - вып. 2. - С. 432-436.
7. Полонский В.И. Анализ продукционной деятельности пшеницы при высоких интенсивностях ФАР // Физиология растений. - 1980. - Т. 27. - вып. 4. - С. 690-695.
8. ПОЛОНСКИЙ В.И., ЛИСОВСКИЙ Г.М. УСТОЙЧИВОСТЬ пшеницы к действию высоких интенсивностей ФАР в светокультуре // Надежность клеток и тканей. - Киев: Изд-во Наукова думка, 1980. - С. 173 -178.
9. Polonsky V.I., Lisovsky G.M. Net production of wheat crop under high PhAR irradiance with artificial light // Photosynthetica. - 1980. - v. 14. - № 2. - P. 177-181.
10. Чучалин А. И., Сидько Ф.Я., Полонский В.И. Исследование CO₂-газообмена ценоза пшеницы при изменении уровня облученности // Физиология и биохимия культурных растений. - 1981.-Т. 13.- вып. 3. - С. 239-243.
11. Полонский В.И. Простой метод оценки засухоустойчивости злаковых культур // Селекция и семеноводство. - 1985. - вып. 4. - С. 15-16.
12. Полонский В.И., Лисовский Г.М. Использование высокоосмотических растворов при оценке злаков на засухоустойчивость // Сельскохозяйственная биология. - 1986. - № 6. - С. 121-125.
13. Полонский В.И., Лисовский Г.М. Пути создания интенсивной линии пшеницы для системы жизнеобеспечения человека // Космическая биология и авиакосмическая медицина. - 1986. - Т. 20. - № 2. - С. 96.
14. Полопский В.И. Метод автоматической оценки растений по скорости роста на устойчивость к действию стрессовых факторов // Сельскохозяйственная биология. - 1987. - № 3. - С. 118-120.

15. Полонский В.И., Малышевская И.И. Методы определения засухоустойчивости сортов зерновых культур // Селекция и семеноводство. - 1987.-№3.-С. 10-11.
16. Полонский В.И., Коваль С.Ф., Сурин Н.А. Способ оценки ячменя на содержание белка//Авт. св. СССР № 1323049. - 1987. - Бюл. № 26.
17. Лисовский Г.М., Сидько Ф.Л., Полонский В.И., Тихомиров А.А., Золотухин И.Г. Интенсивность и качество света как факторы, определяющие формирование ценоза и урожай растений в светокультуре //Физиология растений. -1987. - Т. 34. - вып. 4. - С. 636 -644.
18. Полонский В.И., Коваль С.Ф., Сурин И.А., Волкова Э.К., Малышевская И.И. Новый метод оценки ячменя на содержание, белка в зерне // Доклады ВАСХНИЛ. - 1987. - № 6. - С. 3-5.
19. Полонский В.И. Неповреждающий метод определения засухоустойчивости пшеницы и ячменя// Доклады ВАСХНИЛ. - 1988. -№ 5.- С. 13—16.
20. Полонский В.И., Калинина Л.М. Определение холодоустойчивости овощных культур по интенсивности гуттации проростков // Сельскохозяйственная биология. - 1988. - № 3. - С. 93-96.
21. Полонский В.И., Калинина Л.М. Способ определения холодоустойчивости огурца//Авт. св. СССР № 1395210.- 1988.-Бюл. № 18.
22. Polonsky V.I Method of automatic evaluation of plants with respect to their resistance to stress factors by the growth rate // Acta Horticulture. - 1989. - N. 260.-P. 377-381.
23. Полонский В.И., Малышевская И.И. Усовершенствованный метод оценки засухоустойчивости сортов пшеницы и ячменя // Селекция и семеноводство. - 1989.-№3.-С. 15-17.
24. Цугленок Н.В., Багоян А.Е., Полонский В.И. Устройство для выращивания растений // Авт. св. СССР № 1507260. - 1989. - Бюл. № 34.
25. Полонский В.И., Сурин Н.А., Полонская Д.Е. Оценка ячменя на устойчивость к корневой гнили // Доклады ВАСХНИЛ. — 1989. - № 6. - С. 2—4.
26. Полонский В.И. (в коллективе авторов) Методические рекомендации по оценке селекционного материала на устойчивость к стрессовым факторам внешней среды. - М: ВАСХНИЛ, 1990. - 54 с.
27. Polonsky V.I, Polonskaya J.E. Growth and water relations in various cultivars of barley affected by root rot // Physiologia Plantarum. - 1990. - v. 79. - N. 2. - P. 102.
28. Полонский В.И., Алехина Е.Б.- Новый метод отбора пшеницы на засухоустойчивость по набуханию семян // Доклады ВАСХНИЛ. - 1990. - № 10.-С. 8-11.
29. Полонский В.И., Сурин Н.А., Полонская Д.Е., Чернов В.Е. Способ оценки ячменя на устойчивость к корневой гнили // Авт. св. СССР № 1544298. — 1990.-Бюл. № 6.
30. Полонский В.И., Калинина Л.М. Метод определения холодоустойчивости томатов //Вестник сельскохозяйственной науки. - 1990. - № 8. - С. 139-143.

31. Polonsky V.I., Malishevskaya I.I., Polonskaya J.E. Simple methods of barley evaluation for resistance to stress factors and protein contents // Proceedings of 6th International Congress on Barley Genetics Symposium. - Sweden, Helsingborg, 1991. - P. 542-544.
32. Polonsky V.I., Polonskaya J.E. Water uptake rate as a possible criterion to evaluate plants for resistance to stress factors // Root ecology and its practical application. - Austria, Vienna, 1991. - P. 763-766.
33. Полонский В.И., Алехина Е.Б. Способ отбора засухоустойчивых генотипов пшеницы // Авт. св. СССР № 1648296. — 1991. - Бюл. № 6.
34. Полонский В.И. Принципы создания линий скрининга растений на устойчивость к стрессовым факторам // Доклады ВАСХНИЛ. - 1991. - № 4. - С. 2-5.
35. Полонский В.И., Малышевская И.И. Лабораторный метод оценки пшеницы и ячменя на засухоустойчивость // Селекция и семеноводство. - 1995. - № 4. - С. 10-13.
36. Полонский В.И., Полонская Д. Е. Оценка устойчивости ячменя к возбудителям корневой гнили по интенсивности гуттации // Микология и фитопатология. - 1995. - Т. 29. - вып. 5-6. - С. 55-60.
37. Полонский В.И., Сурин Н.А. Метод оценки ячменя на устойчивость к кислотности почвы // Агрохимия. - 1995. - № 7. - С. 107-111.
38. Полонский В.И., Лукиных В.Ф., Мартыненко Л.Л., Дарьенко В.М., Огибалов В.И. Миниоранжерея // ~~Известия~~ № 41472, Россия. - 1995. - «Полезные модели, промышленные образцы» № 7.
39. Somova L.A., Pechurkin N.S., Polonsky V.I., Pisman T.I., Sarangova A.B., Andre M., Sadovskaya G.M. Plants-rhizospheric organisms interaction in a manmade system with and without biogenous element limitation. // Advance Space Research. - 1997. - v. 20. - N. 10. - P. 1939-1943.
40. Печуркин Н.С., Сомова Л.А., Полонский В.И., Письман Т.Н., Сарангова А.Б., Садовская Г.М., Полонская Д.Е. Влияние ризосферных бактерий на рост молодых растений пшеницы в условиях полного минерального питания и при дефиците азота // Микробиология. - 1997. - Т. 66. - № 4. - С. 553-557.
41. Полонский В.И. Метод оценки пшеницы на устойчивость к кислым почвам // Доклады РАСХН. - 2000. - № 5. - С. 9-10.
42. Полонский В.И. Способ оценки ячменя на устойчивость к засолению // Селекция и семеноводство. - 2002. - № 2. - С. 19-21.
43. Polonsky V.I. Patchiness of stomatal opening for cucumber: and tomato leaves under controlled environmental conditions // International Journal of Biotronics. - 2002. - v. 31. - P. 1-9.
44. Полонский В.И., Сурин Н.А. Метод оценки ячменя на устойчивость к токсичности алюминия // Доклады РАСХН. - 2003. - № 1. - С. 6-9.
45. Полонский В.И. Суточная динамика состояния устьиц огурца и томатов в контролируемых условиях выращивания // Физиология и биохимия культурных растений. — 2003. - Т. 35. - вып. 1. - С. 29-34.
46. Полонский В.И., Лисовский Г.М. Метод отбора высокопродуктивных форм яровой пшеницы // V съезд общества физиологов растений России (15-21

- сентября 2003, Пенза).-М : ИФР РАН, 2003. - С. 223.
47. Полонский В.И, Сурин Н.А. Оценка зерновых злаков на устойчивость к неблагоприятным экологическим факторам. - Новосибирск: Изд-во СО РАСХН, 2003. - 128с.
48. Полонский В И. Гетерогенность семян яровой пшеницы по способности к набуханию и прорастанию в растворах сахарозы // Физиология и биохимия культурных растений - 2004 - Т. 36 - вып. 3. - С- 270-274.
49. Полонский В И., Сурин Н.А. Полевое испытание метода оценки ячменя на устойчивость к кислотности почвы // Доклады РАСХН. - 2004. - № 4. - С. 6-7.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24 49 04 953 П 000381 09 03 от 25 09 2003 г.
Подписано в печать 24 06 2004 Формат 60x84/16 Бумага тип № 1
Офсетная печать Объем 2 пл. Тираж ПОэкз Заказ №1769

Издательский центр
Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117

#16181