

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»
(ФГБНУ ВИЗР)

V МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ К ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ»

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ–ПУШКИН
22–24 октября 2025 года

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ



АО «Щелково Агрохим»

[HTTP://BETAREN.RU/](http://betaren.ru/)



АО Фирма «Август»

[HTTP://WWW.AVGUST.COM/](http://www.avgust.com/)

УДК 631.52:581.167

**V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ К
ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ».** Санкт-Петербург–Пушкин, 22-24 октября 2025 г.
Тезисы докладов: научное электронное издание / под общей редакцией О.С. Афанасенко,
Н.В. Мироненко, М.М. Левитина, Н.М. Лашиной; СПб: ФГБНУ ВИЗР, 2025.–107 с: табл., ил.

**Тезисы публикуются в авторской редакции. За объективность и достоверность
представленных данных ответственность несут авторы (соавторы) публикуемых
тезисов.**

ИЛЛЮСТРАЦИЯ НА ОБЛОЖКЕ

Анастасия Нестерова. На празднике жатвы. 2022.

**© ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ» (ФГБНУ ВИЗР), 2025**

ISBN 978-5-6053552-1-2



СОДЕРЖАНИЕ

СТР.

СЕКЦИЯ 1. ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕНОМНЫХ И ПОСТГЕНОМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ БОЛЕЗНЕЙ	4
СЕКЦИЯ 2. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ	20
СЕКЦИЯ 3. ЭКОЛОГО-БИОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ К ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ	57
СЕКЦИЯ 4. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ	92
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ	105

СЕКЦИЯ 1.
ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕНОМНЫХ
И ПОСТГЕНОМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ
К ВОЗБУДИТЕЛЯМ БОЛЕЗНЕЙ

**ВАЛИДАЦИЯ МАРКЕРОВ ЛОКУСОВ УСТОЙЧИВОСТИ
К *PYRENOPHORA TERES* F. *TERES* НА ХРОМОСОМАХ ЯЧМЕНЯ 3Н, 4Н и 6Н
ПРИ ПОЛИГЕННОМ НАСЛЕДОВАНИИ ПРИЗНАКА**

**О. С. Афанасенко^{1*}, Н. В. Мироненко¹, Н. М. Лашина¹, И. В. Розанова², Е. И. Кырова¹,
Ю. С. Никольская¹, А. А. Зубкович³**

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: olga.s.afan@gmail.com

²Научно-технологический университет «Сириус», Центр генетики и наук о жизни, Сочи, Россия

³РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Жодино, Беларусь

Возбудитель сетчатой пятнистости листьев ячменя *Pyrenophora teres* Drechs. f. *teres* (*Ptt*) относится к эпифитотийно опасным патогенам ячменя. Для селекции ячменя на устойчивость к *Ptt* необходимы эффективные маркеры QTL, контролирующие как качественную, так и количественную устойчивость. В результате GWAS (Novakazi et al, 2019) нами были выявлены образцы ячменя различного происхождения, SNP-гаплотипы которых ассоциировались с локусами устойчивости одновременно на разных хромосомах ячменя (номера по каталогу ВИР: к-5900, к-8829, к-8877, к-14936, к-30341 и к-18552).

Целью исследований была валидация SNP-маркеров локусов устойчивости к *Ptt* на хромосомах 3Н, 4Н и 6Н в F₂ от скрещивания этих образцов с восприимчивым сортом Tatum. Расщепление по устойчивости во всех комбинациях скрещиваний подтвердило результаты GWAS о наличии нескольких генетических детерминант устойчивости у изучаемых образцов. Для изучения полиморфизма родительских компонентов скрещиваний использовали праймеры со специфичным 3'- концом, CAPS-маркеры, и конкурентную аллель-специфичную ПЦР (KASP-маркеры). Значимая связь ($p < 0,05$) наличия CAPS-маркера JHI-Hv50k-2016-391380 HindIII на хромосоме 6Н и фенотипа устойчивости к *Ptt* у растений F₂ выявлена в комбинациях скрещиваний с участием образцов к-5900 (Туркменистан), к-8829 (Италия), к-8877 (Испания) и к-18552 (Австралия), на хромосоме 4Н при фрагментном анализе маркера 4Н-924 с образцом к-8877 и маркера 4Н-886 (Fout × Rin1) с образцом к-5900. Наличие QTL на хромосоме 6Н, контролирующего качественную устойчивость у четырех образцов ячменя маскирует проявление других генов с меньшим фенотипическим эффектом. Однако если определять соответствие фенотипа устойчивости и наличия/отсутствия маркера только в классе восприимчивых растений F₂, то CAPS-маркер 4Н- 924 (эндонуклеаза RsaI), маркер 4Н-684 при фрагментном анализе, а также все четыре изученных KASP-маркеров на хромосоме 4Н в комбинации Tatum × к-8877 коррелировали с восприимчивостью. В то время как при использовании всей выборки растений достоверной корреляции фенотипов устойчивости и генотипов этих маркеров не выявлено.

Таким образом, при сложном наследовании признака устойчивости к *Ptt* возможными причинами несоответствия фенотипа устойчивости и наличия молекулярного маркера в расщепляющихся популяциях являются наличие других QTL устойчивости, которые влияют на фенотип, в том числе наличие большого (major) гена устойчивости, который маскирует проявление малых генов. Возможны также рецессивный характер наследования и эпистатические взаимодействия генов устойчивости. Выявлены новые доноры устойчивости к *Ptt* и молекулярные маркеры с доказанной эффективностью, которые могут быть использованы в MAS (marker-assisted selection) для создания устойчивых к возбудителю сетчатой пятнистости сортов ячменя.

Работа поддержана грантом РФФИ № 24-26-00072.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ФИТОФТОРЕ И СОЗДАНИЕ НОВОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ТОМАТА С КОМПЛЕКСНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К БОЛЕЗНЯМ

О. Г. Бабак¹, Е. В. Дрозд¹, Н. А. Мартиновская¹, Н. В. Анисимова¹, К. К. Яцевич¹,
И. Г. Пугачева², М. М. Добродькин², А. В. Кильчевский¹

¹ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», Минск, Беларусь

e-mail: O.babak@igc.by

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Горки, Беларусь

Резистентность растений томата к болезням, вызываемым возбудителями различной природы, является как отдельным направлением селекции, так и обязательным условием при создании новых высокопродуктивных сортов и гибридов с улучшенным качеством плодов. Целью данного этапа исследований был поиск новых источников генов устойчивости к болезням на основе ранее разработанных маркеров на географически разнообразном материале белорусской и кубинской селекции, а также изучение полиморфизма генов, связанных с устойчивостью к фитофторе (как одному из наиболее вредоносных заболеваний), для разработки новых молекулярных маркеров.

Выполнено секвенирование гена *Ph2* (*Ch*) (LOC101246197) у образцов Дивиденд, Ирма, Pablo, Alty, Sile. Секвенирование последовательностей гена *Ph-2* выявило отличия по 32 SNP между R- и S-аллелями. У сорта Ирма выявлен аллель, который по мнению китайских исследователей (Zhi X, и др., 2021) обуславливает устойчивость к фитофторе. Полевые испытания образцов в климатических условиях Беларуси подтверждают максимальную устойчивость данного образца. На основе SNP G/A в позиции 2925 разработан и успешно апробирован CAPS маркер *Ph-2* (R)_HindIII CC-Ase для типирования R/S аллелей данного гена. На основании результатов ДНК-маркирования аллелей гена *Ph3* с помощью маркера NC-LB-9-6678 (Panthee D.R., 2015), выявляющего наличие/отсутствие фрагмента LTR ретротранспозона семейства *Ty1-soria* размером около 300 п.н., а также фенотипической оценки устойчивости к фитофторе выполнено секвенирование гена у сортов и образцов Ирма, Alty, Sile, LR-13. Сравнительный анализ полученных нами последовательностей показал, что у аллеля *ph-3* из *S. lycopersicum* (NC_090808.1) в начале гена присутствуют две делеции размерами по 11 п.н., которые ведут к сдвигу рамки считывания, появлению раннего стоп-кодона и синтезу короткой нефункциональной белковой последовательности. При этом у устойчивого образца LR-13 (согласно маркеру NC-LB-9-6678) выявлено наличие одной делеции (11 п.н.), которая также ведет к формированию нефункционального белка и восприимчивости к фитофторе. Разработан новый SCAR-маркер *ph3del22/11*, а также подтверждена эффективность ранее разработанного маркера (Kim H.J., 2015), позволяющих типировать наличие указанных делеций, связанных с восприимчивостью к фитофторе.

Поиск новых источников комплексной устойчивости осуществлен путем ДНК-типирования изучаемого материала томата на наличие маркеров устойчивости к мелойдогинозу (*Mi-1.2*, *Mi-9*), фитофторе (*Ph3*, *Ph2*, *Ph2(Ch)*), кладоспориозу (*Cf2*, *Cf4*, *Cf5*, *Cf9*), фузариозу (*I-2*, *I-2C*, *I-3*, *I-7*), вертициллезу (*Ve*), бактериальным пятнистостями (*Rx-4*, *Pto*) и крапчатости (*Pto*), к вирусным болезням: желтой курчавости листьев (*Ty2*, *Ty3*), мозаике томата (*Tm-1*, *Tm-2*) и бронзовости плодов (*Sw-5b*). По результатам ДНК-типирования выделены формы, сочетающие в себе 7-9 аллелей устойчивости к болезням: *Lyto* (7 R), *LRs-30* (7 R), *Pablo* (8 R), *Alty* (8 R), *Sile* (9 R), *LR-13* (9 R).

Исследования поддержаны договором БРФФИ № Б23КУБ-009 от 01.12.2023 «Изучение генетического полиморфизма генов устойчивости к болезням у форм томата кубинской и белорусской селекции для повышения эффективности селекционных программ».

ЭФФЕКТОРЫ ПАТОГЕНА *STAGONOSPORA NODORUM* (BERK.) МАНИПУЛИРУЮТ ГОРМОНАЛЬНЫМИ СИГНАЛЬНЫМИ ПУТЯМИ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИНФЕКЦИИ

С. В. Веселова, Г. Ф. Бурханова, Т. В. Нужная, С. Д. Румянцев, И. В. Максимов

Институт биохимии и генетики - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского Федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

e-mail: veselova75@rambler.ru

Аскомицет *Stagonospora nodorum* возбудитель септориоза листьев и колоса пшеницы продуцирует некротрофные эффекторы (НЭ), которые являются основными факторами вирулентности патогена. Они взаимодействуют с продуктами доминантных генов восприимчивости растения-хозяина (*Snn*), что ведет к развитию некрозов и хлорозов у восприимчивых генотипов пшеницы и соответствует типу взаимодействия ген-на-ген в зеркальном отражении. Кроме этого, у широко распространенных НЭ *S. nodorum* SnToxA, SnTox1 и SnTox3 обнаружены дополнительные функции, связанные с подавлением иммунных реакций растений при вмешательстве в гормональные сигнальные системы растения-хозяина. Фитогормоны, играющие ключевую регуляторную роль в защитных реакциях растений, обычно действуют через сложные антагонистические или синергические взаимодействия – гормональные сети, что приводит к повышению способности растений реагировать на различные типы стрессов. Антагонизм салициловой кислоты (СК) и жасмоновой кислоты (ЖК)/этилена, проявляющийся в развитии защитных реакций против биотрофных и некротрофных патогенов, и синергизм ЖК и этилена в отношении защиты от некротрофных патогенов и вредителей хорошо известны. Однако некоторые патогены способны манипулировать гормональными взаимодействиями для развития заболевания. Предполагается, что эффекторы патогенов влияют на биосинтез, метаболизм и/или сигнальный путь фитогормона через факторы транскрипции (ТФ) – модуляторы и регуляторы гормональных сигнальных путей.

В данной работе были изучены изоляты патогена *S. nodorum* SnB и Sn1SP, синтезирующие НЭ SnTox3/SnToxA и SnTox1, соответственно, и коллекция озимых и яровых сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) различных по чувствительности к НЭ патогена. Наши результаты показали, что SnTox3 захватывал влиял на сигнальный путь этилена и подавлял путь СК, а SnTox1 захватывал влиял на путь СК и подавлял сигнальный путь этилена. При этом НЭ перепрограммировали экспрессию генов *TaMRK3* и *TaMRK6*, *TaWRKY13*, *TaWRKY53b*, *TaEIN3* и *TaCKX1*, регулируя выработку активных форм кислорода (АФК) в растениях на ранней стадии заражения *S. nodorum*. Таким образом, нами выявлен возможный механизм эпистаза между двумя НЭ SnTox1 и SnTox3, который может быть связан с захватом и манипуляцией НЭ гормональных путей растений. SnToxA захватывал сигнальный путь АБК, регулируя экспрессию генов *TaERD15*, *TaABI5*, *TaNAC29* и *TaNAC21/22* для развития восприимчивости растений к патогену. Механизм влияния НЭ на экспрессию генов ТФ может быть связан с регуляцией экспрессии растительных микроРНК, играющих роль в развитии устойчивости пшеницы к *S. nodorum*. Нами показано, что SnTox3 и SnToxA подавляли экспрессию микроРНК159, микроРНК393, микроРНК408 и микроРНК166 и регулировали экспрессию микроРНК156 и микроРНК164, мишенями которых являются гены исследованных ТФ. Это исследование предоставляет новые данные о роли НЭ в управлении гормональными путями в патосистеме пшеница-*S. nodorum*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00266.

ИНТРОГРЕССИЯ В СЕЛЕКЦИОННЫЙ ГЕНОФОНД ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДИКИХ ДИПЛОИДНЫХ МЕКСИКАНСКИХ ВИДОВ ИЗ ТРЕТИЧНОГО ГЕНПУЛА КАРТОФЕЛЯ

Т. А. Гавриленко^{1*}, Г. И. Пендинен¹, Н. А. Бруснова¹, О. Ю. Антонова¹,
Т. О. Макарова¹, Р. Тиме²

¹ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: tatjana9972@yandex.ru

²Federal Research Centre for Cultivated Plants, Institute for Breeding Research on Agricultural
Crops, Julius Kuehn-Institute (JKI), 06484 Quedlinburg, Germany

Дикие диплоидные мексиканские виды картофеля являются источниками устойчивости к *Phytophthora infestans*, разным видам тли и ряду вирусов, а также устойчивости к разным видам галловых нематод, колорадскому жуку и к другим вредным организмам. Диплоидные мексиканские виды, несущие В геном (геномная формула ВВ), относят к третичному генному пулу (GP3) картофеля. Гибридизацию этих видов с возделываемым картофелем *Solanum tuberosum* (геномная формула АААА) осложняют барьеры пре- и постзиготической несовместимости, преодоление которых достигается с использованием методов слияния протопластов или с помощью видов-посредников (bridge species) с последующей эмбриокультурой. Синтезированные межвидовые гибриды между *S. tuberosum* и 'GP3-видами' в основном стерильны, фертильные формы получены в небольшом числе работ.

В результате многолетнего российско-немецкого сотрудничества были отобраны фертильные гибриды в четырех межвидовых комбинациях слияния протопластов селекционных сортов *S. tuberosum* с образцами диплоидных мексиканских В-геномных видов (*S. bulbocastanum*, *S. cardiophyllum*, *S. pinnatisectum*, *S. tarnii*), устойчивых к фитофторозу, вирусу Y картофеля, к разным видам тли или к колорадскому жуку; с их участием были получены интрогрессивные формы в поколениях возвратных скрещиваний с сортами картофеля (Thieme et al. 1997, 2008, 2010). В дальнейших исследованиях были получены приоритетные данные о потенциале мейотической межгеномной рекомбинации хромосом А- и В- геномов (Gavrilenko et al. 2023). Результаты молекулярно-цитогенетического анализа показали, что, несмотря на быструю элиминацию хромосом В-генома в поколениях BC₃ - BC₅ межвидовых соматических гибридов, потенциал спаривания гомеологичных хромосом и рекомбинации остается относительно высоким, что указывает на перспективы интрогрессии генов, контролирующих селекционно ценные признаки.

Родительские формы, соматические гибриды и более 80 интрогрессивных форм поколений BC₁ – BC₅ были вовлечены в молекулярный скрининг с CAPS и SCAR маркерами, ассоциированными с 8 генами, контролирующими устойчивость к различным вредным организмам: *Rpi-blb1*, *Rpi-blb2*, *Rpi-blb3*, *R3a*, *R3b*, *R8*, участвующими в контроле устойчивости к *Phytophthora infestans*; *RMc1_(blb)*, контролирующего устойчивость к колумбийской галловой нематоды, а также с маркерами гена *Ry_{sto}*, детерминирующего устойчивость к вирусу Y картофеля. В потомстве возвратных скрещиваний гибридов отобраны фертильные интрогрессивные формы культурного типа, несущие различные комбинации ДНК-маркеров. Перспективные интрогрессивные формы вовлекаются в дальнейший селекционный процесс.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ МАРКИРОВАНИЕ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА *HELIANTHUS ANNUUS* L. К ПАРАЗИТИЧЕСКИМ ОРГАНИЗМАМ

С. З. Гучетль, Е. В. Бадьянов, Д. Л. Савиченко

ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», Краснодар, Россия

e-mail: saida.guchetl@mail.ru

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) является одной из ключевых масличных культур в мировом сельском хозяйстве. Подсолнечное масло занимает четвертое место в глобальном производстве растительных масел. Однако продуктивность этой культуры существенно ограничивается паразитическими организмами, способными вызывать значительные потери урожайности. Одним из приоритетных направлений современной селекции подсолнечника является создание генотипов, обладающих устойчивостью к наиболее агрессивным патогенам. Для ускорения селекционного процесса критически важным становится разработка и валидация молекулярных маркеров, ассоциированных с генами устойчивости. В случае подсолнечника, значительные успехи достигнуты в идентификации маркеров для моногенных признаков, таких как резистентность к *Plasmopara halstedii* (ложная мучнистая роса), *Puccinia helianthi* (ржавчина) и *Orobanche cumana* (заразиха). Несмотря на успешное применение этих маркеров в маркер-ассоциированной селекции (МАС), их эффективность зачастую варьирует в зависимости от генетического фона и условий среды, что подчеркивает необходимость дальнейшей валидации и разработки новых, более надежных молекулярных инструментов.

В рамках исследований была проведена масштабная оценка более 70 молекулярных маркеров устойчивости к расам *P. halstedii*, описанных в зарубежных публикациях и ассоциированных с генами устойчивости *Pl₅*, *Pl₆*, *Pl₈*, *Pl₁₃* и *Pl_{arg}*. Результаты показали, что большинство из этих маркеров либо не демонстрировали четкой дифференциации между резистентными и восприимчивыми генотипами, либо обладали низкой воспроизводимостью в условиях ПЦР-анализа. Лишь ограниченное число маркеров было признано перспективным для дальнейшего использования в МАС. В настоящее время разработана система SSR и SNP маркеров гена *Pl_{arg}* и успешно применяется в селекционных программах для идентификации гетерозиготных генотипов в расщепляющихся популяциях. Особое внимание уделяется борьбе с заразихой (*O. cumana*), являющейся одним из наиболее опасных паразитов подсолнечника. Нами были разработаны аллель-специфичные маркеры (на восприимчивый и устойчивый аллели признака устойчивости), обеспечивающие надежную детекцию устойчивости к расе G этого патогена. Проведенная валидация на обширной панели образцов подтвердила высокую специфичность и воспроизводимость данных маркеров. В настоящее время ведется их адаптация для использования в формате TaqMan®-ПЦР в реальном времени, что позволит значительно повысить технологичность анализа, сократить время и стоимость генотипирования.

Применение этих маркеров уже продемонстрировало свою эффективность: значительно сократилось количество необходимых фитопатологических тестов, а также появилась возможность точного отбора гомозиготных генотипов в сегрегирующих популяциях, что затруднительно при использовании традиционных фенотипических методов. Таким образом, интеграция современных геномных и постгеномных технологий в селекционные программы позволяет значительно ускорить создание устойчивых к патогенам сортов и гибридов подсолнечника, обеспечивая тем самым стабильность и рентабельность его производства.

ЗАВИСИМОСТЬ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ЛИСТЬЕВ ГЕКСАПЛОИДНОЙ ПШЕНИЦЫ К *BOTRYTIS CINEREA* ОТ ГОРМОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Е. А. Дегтярёв¹, А. В. Пиголев¹, Д. Н. Мирошниченко^{1,2}, В. В. Алексеева², С. В. Долгов²,
Т. В. Савченко¹

¹ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук» (ФИЦ ПНЦБИ РАН)

Институт фундаментальных проблем биологии Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН (ИФПБ РАН), Пушкино, Россия

e-mail: evkras99@yandex.ru

²Филиал ФГБУН Государственный научный центр Российской Федерации

«Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук» (ГНИИ ИБХ РАН), Пушкино, Россия

Фитогормоны жасмонаты регулируют рост и развитие растений, а также механизмы, определяющие устойчивость к неблагоприятным условиям среды, в частности, к фитопатогенам. Потеря урожая пшеницы из-за некротрофных фитопатогенов составляет 15-20% в год, поэтому изучение механизмов устойчивости этой важной сельскохозяйственной культуры чрезвычайно необходимо. В связи с этим, понимание особенностей функционирования жасмонатов в растениях пшеницы весьма актуально. С этой целью нами созданы трансгенные линии гексаплоидной пшеницы на основе сорта Саратовская 60 со сверхэкспрессией генов двух ключевых ферментов пути биосинтеза жасмонатов: алленоксидсинтазы (ген *TaAOS2* из *Triticum aestivum*) и 12-оксофитодиеноатредуктазы (ген *AtOPR3* из *Arabidopsis thaliana*).

Ускоренную оценку восприимчивости трансгенных линий к некротрофным фитопатогенам проводили в лабораторных условиях с помощью *Botrytis cinerea*. Для анализа использовали 1-4 листья пшеницы, выращенной в теплице, на стадии роста четырёх листьев (примерно четыре недели). Инокулировали фрагменты срезанных листьев длиной 9 см конидиоспорами *B. cinerea* объёмом 4 мкл (2×10^6 спор/мл) в отфильтрованном органически чистом персиковым соком, смешанном с дистиллированной водой в соотношении 1:3. Срезанные листья располагали в чашках Петри с двойным слоем фильтровальной бумаги, смоченной раствором кинетина (10 мг/л), на рассеянном свете при комнатной температуре в течение пяти дней. На пятые сутки после заражения листья фотографировали и анализировали цифровые изображения с помощью программы Image J. Оценивали общую длину повреждения листьев, которая включала в себя чётко очерченный некротический участок возле капли инокулюма и хлоротический (жёлтый) участок с нечёткой границей. Содержание растительных гормонов (жасминовой кислоты, жасмонил-L-изолейцина, абсцизовой и салициловой кислот) определяли с помощью газового хроматографа с масс-спектрометром «Хроматэк-Кристалл 5000» в интактных листьях, через 30 минут после их поранения и через три дня после заражения патогеном.

Среди анализируемых трансгенных линий были выявлены линии как со сниженной, так и с повышенной восприимчивостью к *B. cinerea* относительно не трансгенных растений Саратовской 60. При этом с увеличением возраста листьев, они становятся более чувствительны к патогену.

Анализ гормонального профиля выявил взаимосвязь между уровнем содержания биологически активного жасмонил-L-изолейцина, его биосинтетического предшественника - жасминовой кислоты, а также салициловой кислоты и восприимчивостью листьев пшеницы к *B. cinerea*.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-16-0047-П.

АНАЛИЗ КОНСТИТУТИВНОЙ ЭКСПРЕССИИ И СОДЕРЖАНИЯ НЕКОТОРЫХ АНТИПАТОГЕННЫХ БЕЛКОВ В КОРНЯХ УСТОЙЧИВЫХ К КОРНЕВЫМ ГНИЛЯМ СОРТОВ ГОРОХА

А. М. Егорова

Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

e-mail: egorova@kibb.knc.ru

Патогены, поражающие корни растений и заболевания, вызываемые ими, приводят к значительным потерям урожаев сельскохозяйственных культур. Использование сортов, устойчивых к корневым гнилям может помочь в решении этой проблемы. Механизмы, лежащие в основе устойчивости растений гороха в листьях и корнях отличаются - индуцируются разные антипатогенные белки, что отражает разницу в реализации защитного ответа в этих органах. Использование протеомных и транскриптомных данных позволяет выявлять маркерные гены, связанные с нужными свойствами. При селекции устойчивых сортов, данные по влиянию факторов фитоиммунитета на изменение экспрессии генов и синтеза белков могут быть использованы при поиске маркеров для отбора устойчивых сортов. Ранее на нами было показано, что салициловая кислота, участвующая в защитных реакциях, главным образом против биотрофных патогенов, индуцирует в корнях гороха хитиназа-подобные белки. Метилжасмонат, участвующий в защите от некротрофных патогенов, вызывал в корнях гороха повышение содержания нескольких изоформ ингибиторов протеаз. Нами был проведен анализ конститутивной экспрессии и содержания некоторых антипатогенных салицилат- и метилжасмонат- зависимых белков в корнях гороха, отличающихся по устойчивости к корневым гнилям сортов. В работе использовали неустойчивый к патогенам сорт Тан, сорта Венец и Ватан – устойчивые к корневым гнилям, и среднеустойчивый сорт Кабан. Анализ конститутивной экспрессии хитиназа-подобных белков, кодируемых генами *Psat1g147600*, *Psat1g149040* и *Psat1g148600*, показал, что в устойчивых корневым гнилям сортах уровень экспрессии генов *Psat1g147600* и *Psat1g148600* выше, чем в неустойчивом сорте Тан. Анализ белкового спектра корней гороха показал, что содержание хитиназа-подобного белка, кодируемого геном *Psat1g148600*, выше в устойчивых сортах, по сравнению с неустойчивым. Проведенный ранее транскриптомный анализ неустойчивого сорта Тан показал, что гены *Psat1g147600* и *Psat1g149040* конститутивно не экспрессируются в корнях и, кодируемые ими белки не визуализируются на двумерных электрофореграммах. Это подтвердилось и отсутствием экспрессии этих генов в неустойчивом сорте Тан. Белок, кодируемый геном *Psat1g147600*, визуализируется на двумерных электрофореграммах устойчивых сортов Венец и Ватан и среднеустойчивого Кабан. В корнях гороха наиболее конститутивно экспрессирующаяся хитиназа относится к GH19 семейству и кодируется геном *Psat5g000800*. Анализ экспрессии этого гена показал, что она значительно не отличается в исследованных сортах вне зависимости от их устойчивости. Была проанализирована экспрессия трех генов ингибиторов протеаз, кодируемых генами *Psat1g116360*, *Psat1g112520*, *Psat0s2953g0040* и значительно индуцируемых в корнях гороха при действии метилжасмоната. Анализ конститутивной экспрессии этих генов в разных по устойчивости сортах показал, что она существенно не отличается. Полученные в данной работе результаты показывают, что в изученных сортах устойчивость к корневым гнилям может быть связана с салицилат-зависимым защитным путем, поскольку именно экспрессия и содержание салицилат-индуцируемых хитиназа-подобных белков в них выше.

Исследование выполнено при поддержке гранта Академии наук Республики Татарстан и РФФИ по проекту № 24-26-20123.

РОЛЬ ТРАНСПОЗАБЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

Н. В. Мироненко

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: nina2601mir@mail.ru

В результате эволюционной «гонки вооружений» между патогеном и растением-хозяином образуются новые патогенные виды, высоковирулентные агрессивные расы патогенов, преодолевающие устойчивость растений. Высокая адаптивность возбудителей болезней растений и огромный генетический потенциал изменчивости объясняются пластичностью генома грибов. К известным факторам пластичности генома относятся транспозабельные элементы (ТЭ), полиморфизм по числу и размерам хромосом, высокая доля повторяющейся ДНК в геноме. В последние несколько лет добавились дополнительные факторы изменчивости: недавно открытый новый класс гигантских транспозонов, объединенных в семейство Starship (Gluck-Thalet et al., 2022), которые наряду с явлениями транспозонного взрыва или повышения активности ТЭ и как следствие этого расширения геномов грибов, относят к основным движущим силам эволюции (Oggenfuss, Croll, 2023).

Особую роль отводят гигантским ТЭ в горизонтальном переносе генов (ГПГ) между видами грибов. Распространенность этого явления и его роль в эволюции видов грибов также позволяет отнести ГПГ к основным движущим силам эволюции (Bucknell, McDonald, 2023). Примеры ГПГ между видами – возбудителями листовых пятнистостей пшеницы демонстрируют участие ТЭ Starships в качестве переносчиков других ТЭ с включенными в них генами эффекторов *ToxA* и *ToxB*.

Концепция «двухскоростного генома» грибов (Raffaele, Kamoun, 2012; Dong et al., 2015) во многом объясняет большую скорость изменчивости генов, ассоциированных с признаками вирулентности и патогенности, т.е. эффекторами. В докладе на примере грибов сем. *Pleosporaceae* и, в частности, возбудителя желтой пятнистости пшеницы *Pyrenophora tritici-repentis* (*Ptr*) рассматривается механизм влияния ТЭ на экспрессию эффекторов (Fouche et al., 2021). Приводятся собственные экспериментальные данные по обнаружению инсерции в гене *ToxA* *Ptr*, контролирующем синтез белкового токсина, индуцирующего некроз листьев на восприимчивых сортах пшеницы. Показано, что инсерция размером 170 п.н. в форме «шпильки» имеет транспозонную природу и нарушает экспрессию гена (Мироненко и др., 2024). Второй по значимости эффектор *Ptr* – хлороз индуцирующий токсин, кодируется геном *ToxB*. В российских изолятах *Ptr* ген *ToxB* отсутствует, но встречаются его гомологи. Нами обнаружен ген *toxb2*, согласно предложенной номенклатуре (Hafez et al., 2024), который встроен в ТЭ, часть которого идентифицирована нами в районе 5' нетранслируемой области гена (Мироненко и др., 2025).

Особый интерес представляет тот факт, что мутантные гены *ToxA* обнаружены в изолятах *Ptr* совсем недавно, несмотря на многочисленные данные о высокой консервативности гена *ToxA*. Данный факт может свидетельствовать о наличии транспозонной активности и нарушении системы защиты против ТЭ – системы RIP (repeat-induced point mutation – точечная мутация, индуцированная повторами).

РАЗРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ТЕСТ-СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕТЛЕВОЙ АМПЛИФИКАЦИИ (LAMP) ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВИРУСНЫХ ФИТОПАТОГЕНОВ

К. О. Плотников¹, В. А. Рябинина²

¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия

e-mail: kirill.plotnikov5@yandex.ru

²ООО «Фитодиагностика»

Томат является одной из наиболее распространенных овощных культур не только в мире, но и в России. В нашей стране совокупная посевная площадь, занимаемая томатом, составляет 80 тыс. га. Самообеспеченность Российского рынка по томату составляет 78%. Однако, на производство томатов оказывают постоянное давление различные фитопатогены. Наиболее вредоносными являются вирусные болезни, поскольку, в отличие от грибов и бактерий, перечень способов борьбы с ними ограничен карантинными мероприятиями и своевременной выбраковкой больных растений или зараженных семян. Большую угрозу производству томатов представляют следующие три вируса- ToBRFV, PerMV и TYLCV. Данные вирусы являются карантинными объектами во всем мире, но несмотря на предпринимаемые ограничительные меры, эпифитотии этих вирусов фиксируются во многих регионах мира, где выращивают томат.

Наиболее перспективным решением проблемы широкого распространения карантинных вирусов является своевременное их выявление. Для этого необходимо иметь комплекты реагентов способные обнаруживать фитопатогены на ранних стадиях заболевания, либо в латентной форме, а также анализ должен проводиться в кратчайшие сроки и с применением минимального количества оборудования. Подобным критериям отвечает метод LAMP, который также, как и ПЦР, обнаруживает генетический материал фитопатогена. К достоинствам LAMP стоит отнести высокую чувствительность и специфичность, за счёт большего числа праймеров, возможность проводить реакции без термоциклера и регистрировать результаты без специального оборудования.

В ходе проделанной работы были подобраны комплекты олигонуклеотидных праймеров и оптимизирован состав реакционных смесей для обнаружения PerMV, ToBRFV и TYLCV методом LAMP с колориметрической детекцией результатов. Аналитическая чувствительность варьировала от 10^3 до 10^2 копий/мл. Кроме олигонуклеотидов были созданы синтетические конструкции для контроля всех этапов реакции. Для ДНК-содержащих фитопатогенов это плазмидный вектор со встройкой целевого фрагмента, а для РНК-содержащих - РНК-копия фрагмента гена-мишени с IRES элементами на 5'- и 3'-концах для повышения стабильности РНК.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГАМЕТОФИТНОГО И МАРКЕР-СОПУТСТВУЮЩЕГО ОТБОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТА К ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ И АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ

И. Г. Пугачева¹, И. Е. Баева¹, А. В. Кильчевский²

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь

e-mail: puhachova.irina@gmail.com

²Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Урожайность томата в условиях Республики Беларусь ограничивается негативным влиянием биотических и абиотических стрессовых факторов. Вред могут наносить патогенные грибы: *Verticillium dahlia*, *Fusarium oxysporum*, *Cladosporium fulvum*, *Phytophthora infestans*; вирусы: *Tomato mosaic virus* и *Tomato spotted wilt virus*; галловые нематоды (*Meloidogyne* spp.) и др. Потери от развития заболеваний достигают от 15 до 100%. В открытом грунте дополнительную опасность представляют поздневесенние и раннеосенние заморозки, засуха или переувлажнение, высокие дневные температуры в середине вегетационного периода. При этом преимущество имеют сорта с комплексной стрессоустойчивостью, которая реализуется в повышении урожайности. В наших исследованиях при создании исходного материала для селекции наряду с традиционным используются гаметофитный и маркер-сопутствующий отборы.

Установлено положительное влияние микрогаметофитного отбора по холодостойкости (3 часа при +1°C) на повышение устойчивости проростков к низким положительным температурам (проявляется в увеличении всхожести семян на 17%, длины корня на 9,3 мм, длины гипокотыля на 3,5 мм, массы проростков на 2,2–7,1 мг), к токсичному действию фильтрата культуральной жидкости *F. oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (проявляется в повышении индекса устойчивости по всхожести на 12,5%, по длине корня – на 145,5% и длине гипокотыля – на 22,4%); на увеличение частоты аллелей генов устойчивости к кладоспориозу на 2,0 % и фузариозу на 3,0–10,4 % в популяциях F₂ и F₃.

В результате применения микрогаметофитного отбора по холодостойкости (3 часа при +1°C) или в присутствии фузариевой (0,03 г/л), абиетиновой (0,00001%), пантотеновой (0,0001 моль/л), салициловой (0,001 моль/л), жасмоновой (0,0001 моль/л) кислоты дополнительно к питательной среде (0,006% борной кислоты и 15–20 % сахарозы), получены трансгрессивные растения, индивидуальная продуктивность которых в F₂ в 1,4–3,6 раза превышает значение гибрида F₁ и в 1,1–2,0 раза – значение признака в контроле; в F₃ – в 1,5–2,9 раза превышает значение гибрида F₁; в 1,1–2,5 раза – значение признака в контроле; в 1,1–1,9 раза – значение признака в варианте с применением маркер-сопутствующего отбора.

Маркер-сопутствующий отбор достоверно повышает частоту генотипов с ценными аллелями в F₃ (50,9–71,4%) относительно контроля (0–3,4%) в зависимости от числа целевых аллелей и комбинации скрещивания.

В результате применения комплекса селекционных методов выделены образцы F₄, сочетающие устойчивость к действию низкой положительной температуры на стадии прорастания проростков и высокую урожайность, достоверно на 7,8–81,9% превосходящую значение признака лучшей родительской формы.

Полученные данные подтверждают гипотезу о существовании у растений общих механизмов стрессоустойчивости независимо от природы стресса.

АНАЛИЗ ТРАНСКРИПЦИИ ГЕНА *CERK1* В ЛИНИИ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) С ТРАНСЛОКАЦИЕЙ 2NS/2AS В УСЛОВИЯХ ЗАРАЖЕНИЯ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНОЙ

А. В. Разуваева, Е. С. Сколотнева

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия

e-mail: razuvaevaav@bionet.nsc.ru

Основным структурным полимером клеточной стенки базидиальных грибов, к которым относится возбудитель стеблевой ржавчины (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, *Pgt*), является хитин. Соответственно, начальные этапы узнавания гриба растением обеспечиваются рецепторами хитина, активация которых способствует включению первых защитных реакций или базового иммунитета, запускаемого неспецифическими элиситорами или PAMPS (Pathogen Associated Molecular Patterns). Целью данной работы было проанализировать уровень экспрессии гена мембранного рецептора хитина *CERK1* в растениях мягкой пшеницы до и после заражения различными по вирулентности изолятами *Pgt*.

Анализ транскрипции гена *CERK1* проводился методом количественной ПЦР с обратной транскрипцией по стандартной методике в изогенной линии мягкой пшеницы с транслокацией 2NS/2AS (с геном *Sr38*) до и после заражения изолятами *Pgt* различными по вирулентности: авирулентным изолятом *Pgt* (Avr38) и вирулентным изолятом гриба (vr38). В качестве контроля использовалась линия Тэтчер, генотип которой не несет известных генов устойчивости к стеблевой ржавчине.

Относительный уровень транскрипции гена *CERK1* наблюдали до заражения и вплоть до 5 суток после заражения растений. Изменение транскрипции было обнаружено и в растениях, зараженных авирулентным изолятом *Pgt* (Avr38), и зараженных вирулентным изолятом гриба (vr38). Через 5–24 часов после заражения растений изолятом гриба vr38 уровень целевого гена возрастал в несколько раз по сравнению с уровнем до заражения. Однако при заражении авирулентным изолятом (Avr38) возрастание уровня экспрессии гена *CERK1* было в несколько раз выше, чем при заражении вирулентным изолятом гриба (vr38).

Таким образом, повышение экспрессии гена *CERK1* на ранних стадиях заражения *Pgt*, вероятно, является проявлением защитной реакции растений мягкой пшеницы, генотип которых несет специфический ген *Sr38*, контролирующий устойчивость сразу к нескольким биотическим факторам.

Работа выполнена при поддержке бюджетного проекта FWNR-2025-0020.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ дцРНК В ПОДАВЛЕНИИ ГЕНА *CHS5* В ЗАЩИТЕ ПЕРЦА *CAPSICUM ANNUUM* L. ОТ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM*

А. Е. Рекина^{1,2}, А. С. Шингалиев¹

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ВНИИСБ), Москва, Россия

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Москва, Россия

e-mail: rekinaalexandra@yandex.ru

Заболевания растений, вызываемые фитопатогенными грибами, представляют большую угрозу для сельскохозяйственного сектора. По оценкам исследователей до 30% урожая основных сельскохозяйственных культур теряется в связи с заражением патогенами, из которых до 65% вызваны патогенными грибами. Грибы рода *Fusarium* - одни из наиболее распространенных патогенов, вызывающих фузариозное увядание, гниль корней и плодов, а также накопление опасных для здоровья микотоксинов в продуктах питания.

В последнее время особое внимание уделяется использованию РНК-интерференции в защите растений. Метод РНК-интерференции основан на использовании молекул двуцепочечных РНК (дцРНК) для целенаправленного подавления экспрессии генов. В отличие от традиционных фунгицидов, дцРНК не вызывают развития резистентности и безопасны для растений и человека. На рынке уже представлены коммерческие препараты на основе дцРНК, например, *Calantha* – распыляемый продукт молекул РНК активного вещества *Ledporna*, используемый в качестве защиты растения от колорадских жуков. Ключевым этапом применения РНК-интерференции является выбор таргетных генов патогена для подавления их экспрессии с целью снижения вирулентности. Структурные элементы клеточной стенки (хитин, глюкан, актин) являются перспективными мишенями для создания биопрепаратов на основе дцРНК, поскольку нарушение их биосинтеза сильно сказывается на жизнеспособности гриба. В данной работе область интересов сосредоточена на исследовании хитиназ *CHS5* и *CHS7*, которые имеют химерные структуры и содержат миозин-моторный домен (MMD), наиболее важные для синтеза хитина.

Предметом исследования служит коллекция штаммов грибов рода *Fusarium*, вызывающая пятнистость листьев, собранная в южных регионах России. Растительный материал представлен перцем овощным *Capsicum annuum* L.. В работе использовался сорт «Сластена». Коллекция патогена и семена были предоставлены «ФГБНУ ФНЦО» (Россия, ВНИИССОК).

Абаксиальные стороны листьев живого растения были опрысканы раствором дцРНК. Через 16 часа абаксиальная сторона листа была подвержена заражению патогеном путем опрыскивания суспензией конидий. На протяжении эксперимента растения находились в условиях повышенной влажности (90-95%). Через 8 часов после заражения был проведен микроскопический анализ листьев. Повторный микроскопический анализ был проведен через 7 дней после заражения.

По результатам микроскопии установлено, что у образцов, обработанных дцРНК, площадь некротических участков клеток была значительно снижена. В образцах без обработки дцРНК наблюдалось увеличение количества повреждённых устьиц, вызванных проникновением патогена и площади некроза прилегающих клеток по сравнению с обработанными дцРНК.

Изучение эффективности РНК-интерференции для борьбы с патогенами растений важно для устойчивости аграрного производства. Работа представляет результаты применения дцРНК в подавлении генов *CHS* грибов рода *Fusarium*, потенциал которых оценивается на патогенность для перца *Capsicum annuum* L.

ИСПЫТАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КАРТОФЕЛЯ НА ИММУНИТЕТ К ВИРУСАМ

Н. В. Русецкий, В. А. Козлов, Д. В. Башко, А. В. Чашинский, Г. М. Головенчик

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Республика Беларусь

e-mail: nicrw@mail.ru

Иммунитет, как признак устойчивости растений картофеля к вирусам, является наиболее надежным защитным механизмом противостоять данному типу инфекции. В селекции картофеля на вирусоустойчивость реально доступны и чаще всего используются для вовлечения в гибридизацию формы с доминантными мономерно наследуемыми генами крайней устойчивости к YBK, ХВК и АВК. По отношению к вирусам SBK и MBK в основном в селекционной практике используется тип устойчивости, основанный на сверхчувствительной реакции растений и высокой полевой устойчивости. При создании исходного материала важно стремиться к получению форм с комплексной вирусоустойчивостью к наиболее распространенным и вредоносным вирусам.

В РУП «Научно-практическом центре НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» ведется работа по созданию нового исходного материала с иммунитетом к Y-, A-, X- вирусам, полевой устойчивостью к L-, M-, S- вирусам. Гибридизация осуществляется на основе диких видов и межвидовых гибридов картофеля, а также с использованием сортов мирового генофонда. Испытание на иммунитет проводится ежегодно, согласно схеме селекционного процесса параллельно питомнику предварительного испытания.

В результате проведенных исследований по созданию нового исходного материала картофеля за период с 2019 по 2023 гг. в условиях защищенного грунта селекционно-гибридного модуля на иммунитет к PVY, PVA и PVX было оценено 285 гибридов картофеля.

Схема испытания на иммунитет к исследуемым вирусам включает: искусственное заражение (механическая инокуляция инфекционным соком) и прививка на зараженный подвой.

С учетом развития внешних симптомов поражения вирусами и проведенного ИФА гибриды, оставшиеся свободными от вирусной инфекции, испытываются в тесте с прививкой на инфицированный подвой. Для испытания на Y-вирус картофеля – с помощью прививок на растения *Lycopersicon esculentum* Mill. (сорт Невский) и растения *Nicotiana tabacum* L. (сорт Самсун), на A-вирус – растения *Nicotiana tabacum* L. (сорт Самсун), на X-вирус – на растения *Datura stramonium* L. Иммунными считали образцы, у которых после их заражения отсутствовали какие-либо симптомы, и вирус в привитых растениях не выявлялся по результатам анализа иммуноферментным методом.

По данным выполненных тестов, за пять лет исследований, иммунитет отдельно к Y-вирусу установлен у 71 гибрида, к A-вирусу – у 3, к X-вирусу – у 13. Среди исследованного материала с иммунитетом к комплексу Y+A-вирусов выявлено 29 образцов, к комплексу Y+X-вирусов – 39, к комплексу Y+A+X-вирусов – 34. В результате всесторонней оценки по хозяйственно ценным признакам, на иммунитет к Y-, A-, X-вирусам и полевую устойчивость к L-, M-, S вирусам за исследуемый период было выделено 17 исходных форм картофеля, которые переданы в отдел селекции Центра, а также в другие НИУ стран СНГ, занимающиеся селекцией картофеля для создания вирусоустойчивых сортов.

ТРАНСКРИПТОМНЫЙ АНАЛИЗ *THINOPYRUM ELONGATUM*: ВЫЯВЛЕНИЕ ГЕНОВ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ

М. П. Слезина, Е. А. Истомина, Т. И. Одинцова

ФГБУН «Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН», Москва, Россия

e-mail: omey@list.ru

Антимикробные пептиды (АМП) – это чрезвычайно разнообразная по аминокислотной и пространственной структуре группа цистеин-богатых молекул, подавляющих рост широкого спектра патогенов, которая играет важную роль в иммунитете растений. Благодаря амфифильным свойствам АМП взаимодействуют с мембранами патогенов и нарушают их целостность, тем самым вызывая их гибель, некоторые же АМП имеют внутриклеточные мишени и ингибируют жизненно важные процессы микроорганизмов. Грибы родов *Fusarium* и *Bipolaris* вызывают корневые гнили зерновых культур, нанося значительный ущерб урожаю. Пырей удлиненный *Thinopyrum elongatum* – дикорастущий злак, распространенный повсеместно, обладает высокой устойчивостью к стрессовым факторам среды, включая грибные заболевания, однако роль АМП в механизмах устойчивости остается неизученной.

Цель работы состояла в изучении роли АМП в защитном ответе пырея на заражение грибными патогенами методом глубокого секвенирования транскриптомов. Путем анализа данных секвенирования были установлены нуклеотидные последовательности 530 генов АМП, участвующих в защитных реакциях *T. elongatum* в ответ на заражение грибами *Fusarium oxysporum* и *Bipolaris sorokiniana*. Обнаруженные транскрипты кодируют пептиды нескольких семейств: DEFL (93), снакины (21), гевеиноподобные пептиды (9), тионины (19), ЛТП (275), RALF (11), MEG (5), Ole e 1 (38), LEA (17), ингибиторы протеиназ II (8) и PER (1). Кроме того, были обнаружены гены, кодирующие пептиды с новыми цистеиновыми мотивами (33). Большинство последовательностей пептидов были новыми, при этом наибольшее сходство последовательностей наблюдалось с белками злаков. Исследование дифференциальной экспрессии позволило выявить 56 генов АМП, экспрессия которых изменялась при заражении патогенами. Эти гены кодируют АМП различных семейств: DEFL, снакины, ЛТП, ингибиторы протеиназ II, Ole e 1. Через 24 ч после заражения *B. sorokiniana* экспрессия 18 генов усилилась и 12 генов снизилась. Через 48 ч после заражения этим патогеном экспрессия 11 генов усилилась и 8 генов упала. При заражении *F. oxysporum* картина иная: через 24 ч экспрессия всех 39 дифференциально экспрессирующихся генов усилилась, а через 48 ч экспрессия 23 генов снизилась, а 16 генов усилилась. Усиление экспрессии генов АМП в ответ на грибную инфекцию позволяет предположить непосредственное участие этих пептидов в иммунном ответе пырея на заражение. Показано, что экспрессия ряда генов АМП активируется обоими патогенами: среди них 5 DEFL, 1 снакин, 10 ЛТП, 3 Ole e1, и 7 ингибитора протеиназ II, что свидетельствует в пользу того, что эти пептиды связаны с неспецифическим ответом растений пырея на грибную инфекцию. Выявлены различия в экспрессии генов отдельных представителей семейств АМП, что указывает на диверсификацию функций пептидов, принадлежащих одному семейству.

Роль отдельных АМП во взаимодействии растений пырея с грибными патогенами требует дальнейшего экспериментального подтверждения. После всесторонних функциональных исследований эти новые молекулы могут стать прототипами для разработки новых эффективных и безопасных средств борьбы с болезнями растений.

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ СИМБИОЗА С ГРИБОМ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ НА ИММУНИТЕТ РАСТЕНИЯ-ХОЗЯИНА

А. П. Юрков, А. А. Крюков, Т. Р. Кудряшова, А. И. Горенкова, А. И. Ковальчук,
А. И. Беяева

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
микробиологии, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: ap.yurkov@arriam.ru

Известно, грибы арбускулярной микоризы (АМ) класса *Glomeromycetes* играют важную роль не только в питании растений, но и в их адаптации к биотическим факторам среды бактериальной и грибной природы. Тем не менее, механизмы адаптации до сих пор не изучены детально. Для исследования этих механизмов нашим коллективом была специально разработана растительно-микробная система, включающая гриб АМ штамм RCAM00320 *Rhizophagus irregularis*, обладающий высокой симбиотической эффективностью на 40 видах культурных растений, а также высокоотзывчивую на микоризацию линию люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* L.) MIS-1 в условиях низкого уровня доступного фосфора (Рд) в почве [1]. Целью настоящего исследования было проанализировать экспрессию генов, задействованных в защитной реакции растения на бактерии и на грибы, а также оценить влияние микоризации в модельной тест-системе “*M. lupulina* + *R. irregularis*”. Исследование проведено в условиях низкого уровня Рд. Транскриптомный анализ проведен методом массового анализа концов кДНК MACE (Massive Analysis of cDNA Ends). Прочтения сопоставлены с эталонным геномом. Дифференциальный анализ экспрессии генов проводился с использованием пакета DESeq2 в среде R (версия 4.1.1), только гены со значением $p_{adj} < 0.01$ считались экспрессирующимися с существенной разницей. Для присвоения функциональных категорий генам использовался онлайн-инструмент MapMan4. Группы генов онтологии (GO) получены с помощью программы eggNOG-mapper. Анализ обогащения GO проведен с использованием теста Колмогорова-Смирнова. Результаты экспрессии в фазу начала развития АМ-симбиоза в фазу развития второго настоящего листа у люцерны хмелевидной показали, что гены групп GO:0042742 (защитная реакция на бактерии; гены-ортологи *Medtr7g020820*, *Medtr3g101290*, *Medtr7g113800*, *Medtr1g013790* и др.) и GO:0050832 (защитная реакция на грибы; гены-ортологи *Medtr7g046250*, *Medtr3g070880*, *Medtr7g090450*, *Medtr5g074400*) обладали выраженной негативной регуляцией в листьях при микоризации растения-хозяина в сравнении с контролем без инокуляции АМ-грибом в стерильных условиях вегетационного эксперимента. Отобраны ключевые гены, задействованные в развитии эффективного АМ-симбиоза. Обсуждается роль грибов АМ в формировании иммунитета к вредным микроорганизмам.

Исследование поддержано грантом РНФ 22-16-00064-П.

Литература:

Yurkov A.P., Puzanskiy R.K., Kryukov A.A., Gorbunova A.O., Kudriashova T.R., Jacobi L.M. et al. The role of *Medicago lupulina* interaction with *Rhizophagus irregularis* in the determination of root metabolome at early stages of AM symbiosis. // *Plants* (Basel), 2022. 7;11(18): 2338. doi: 10.3390/plants11182338. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36145739/>

**СЕКЦИЯ 2.
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ВРЕДНЫМ
ОРГАНИЗМАМ**

УСТОЙЧИВОСТЬ ПШЕНИЦЫ К ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫМ БОЛЕЗНЯМ В ПОВОЛЖЬЕ

О. А. Баранова¹, Н. М. Коваленко¹, Н. В. Мироненко¹, С. Н. Сибикеев²

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: baranova_oa@mail.ru

²ФГБНУ ФАНЦ Юго-Востока, Саратов, Россия

Значительному снижению урожая пшеницы (*Triticum aestivum* L.) способствуют заболевания, вызываемые грибными патогенами, такими как стеблевая и бурая ржавчины, пятнистости, в частности желтая пятнистость и мучнистая роса. В 2025 году стартовал наш проект РНФ № 25-16-00287, направленный на обеспечение генетической защиты пшеницы от этих патогенов, основанной на знании вирулентности популяций грибов, определения эффективных генов устойчивости к ним, анализе устойчивости селекционного материала и районированных сортов пшеницы, а также идентификации генов устойчивости к патогенам с использованием молекулярных маркеров. На первом этапе работы проведена оценка ювенильной устойчивости 158 интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы селекции ФАНЦ Юго-Востока и 90 сортов яровой мягкой пшеницы, рекомендованных к возделыванию на территории Поволжья, к челябинской популяции стеблевой ржавчины (возбудитель *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) и тамбовской популяции желтой пятнистости (возбудитель *Pyrenophora tritici-repentis*).

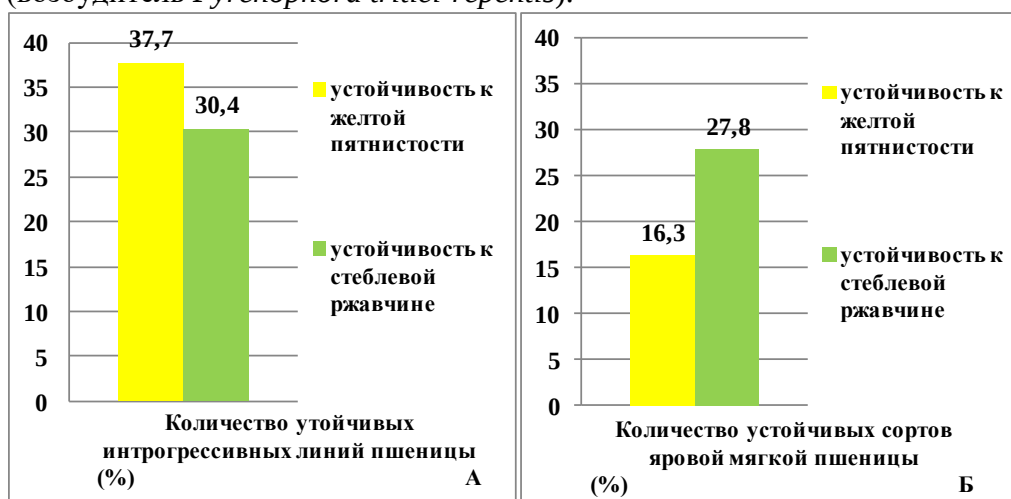


Рис. Устойчивость к желтой пятнистости и стеблевой ржавчине интрогрессивных линий (А) и сортов яровой мягкой пшеницы (Б).

В результате оценки в лабораторных условиях к стеблевой ржавчине были устойчивы 25 сортов (27,8%) из 90 оцененных и 48 линий (30,4%) из 158 оцененных; к желтой пятнистости – 15 сортов (16,3%) из 90 и 58 линий из 154 оцененных – 37,7%. Выделены перспективные сорта и линии с групповой устойчивостью к обоим патогенам. Это 20 интрогрессивных линий и шесть сортов: 100 лет ТАССР, Аль Варис, Амир, Канюк, Экада 253 и Экада 258. Работа по проекту продолжается.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-16-00287,
<https://rscf.ru/project/25-16-00287/>

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К КОРНЕВОЙ ГНИЛИ (*BIPOLARIS SOROKINIANA*) В УСЛОВИЯХ АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА

К. Бахытулы^{1,2*}, А. М. Кохметова², Е. Б. Дутбаев¹, М. Т. Кумарбаева^{1,2},
Ж. С. Кейшилов^{1,2}, А. А. Болатбекова^{1,2}, А. І. Харіпжанова^{1,2}, В. І. Цыганков³

¹Казахский Национальный Аграрный Исследовательский Университет, Алматы, Казахстан

e-mail*: kanat1499@gmail.com

²Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан

³ТОО "Казахский научно-исследовательский институт коневодства и кормопроизводства",
Актобе, Казахстан

Корневая гниль, вызываемая *Bipolaris sorokiniana*, является одним из наиболее распространённых и вредоносных заболеваний пшеницы в засушливых регионах, включая Актюбинскую область Казахстана. Болезнь поражает корневую систему растений, нарушая физиологические процессы и существенно снижая урожай. Целью настоящего исследования было изучение влияния корневой гнили на продуктивность сортов яровой мягкой и твёрдой пшеницы при различных агрофонах.

Полевые испытания проведены в Актюбинской области. Объектом исследования были 34 сорта яровой пшеницы, из которых 16 – мягкие, 18 – твёрдые. Растения выращивали в условиях трёх агрофонов: искусственно-инфекционный фон (с заражением патогеном *B. sorokiniana*), фунгицидный фон (с применением химической защиты), естественный фон (контроль без вмешательства). Структурный анализ продуктивности проводился в лаборатории генетики и селекции, Института биологии и биотехнологии растений (г. Алматы). Оценивались следующие компоненты урожайности: длина колоса, количество колосков в колосе, число зёрен, масса зерна с одного колоса и масса 1000 зерен.

Результаты показали, что корневая гниль значительно влияет на продуктивность большинства сортов, особенно в условиях инфекционного фона. В наибольшей степени пострадали мягкие сорта Оренбург 10, Линия Р-1409, а также №401/к-52304 W14753, у которых масса 1000 зерен снизилась до 22–26 г. В то же время, устойчивость к корневой гнили проявили как мягкие, так и твёрдые сорта. Среди них выделились: мягкий сорт №512/Л3599 – масса 1000 зерен на инфекционном фоне 44,62 г; твёрдые сорта №565/к-65743 Без. Золотистая (44,36 г), №545/Целинница (41,77 г), Янтарная 160 (42,26 г), Линия 247/257 (42,29 г). Эти сорта сохраняли высокую массу зерна во всех фоновых условиях, что указывает на потенциальную устойчивость к заболеванию.

По итогам полевых и лабораторных исследований установлено, что часть сортов яровой пшеницы обладает высокой степенью устойчивости к *Bipolaris sorokiniana*. Идентифицированы перспективные мягкие и твёрдые сорта с высокой урожайностью и минимальной потерей массы зерна в условиях патогенного стресса. Эти сорта могут быть рекомендованы для дальнейшего использования в селекционных программах, направленных на повышение устойчивости к корневым гнилям.

Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP19676202).

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ К ВОЗБУДИТЕЛЮ ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНИ

Н. П. Бехтольд, И. В. Тоцкий, Е. А. Орлова, О. Ю. Шоева

ФГБНУ ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

e-mail: Telichkinanina@mail.ru

Ячмень – одна из основных зернофуражных культур. Высокая пластичность и короткий вегетационный период, позволяют возделывать эту культуру в достаточно широких почвенно-климатических зонах. Современная селекция ячменя направлена на создание высокоурожайных сортов, обладающих устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессовым факторам. Получению высокого и стабильного урожая культуры препятствуют болезни, вызываемые фитопатогенными грибами, среди которых по распространению и вредоносности пыльная головня занимает лидирующее положение. Большинство сортов ярового ячменя, включенных в Государственный реестр сортов и гибридов, допущенных к использованию в РФ, в различной степени восприимчивы к пыльной головне, борьба с которой заключается в обязательном протравливании семян системными фунгицидами. Поэтому, с точки зрения экономических затрат, предпочтительнее возделывать устойчивые сорта. Ценность не поражаемых сортов состоит еще и в том, что использование их без дополнительных средств защиты позволяет применять их в органическом малозатратном земледелии для получения экологически безопасной продукции. Одним из эффективных методов создания устойчивых сортов является совместное применение классических приемов селекции, основанных на гибридизации доноров генов устойчивости с реципиентными сортами, и новейших методов отбора с помощью молекулярных маркеров. Цель нашей работы заключается в изучении устойчивости коллекционных образцов ярового ячменя к пыльной головне с помощью маркер ориентированной селекции. Для создания новых перспективных образцов ячменя, несущих гены устойчивости к пыльной головне *Run6* и *Run8*, было проведено генотипирование 24 образцов ячменя по генам устойчивости к пыльной головне с использованием двух SSR-маркеров для гена *Run6* и фрагментного анализа для гена *Run8*. Данные маркерного анализа образцов Jet, Banansa, Keystone, Conquest и Morex показали, что эти сорта несут оба устойчивых аллеля по ДНК-маркерам Ebmag0541 и Ebmag705. Образцы Effendi, Эльф, Вестник, Суздалец и Раушан по литературным данным имеют ген *Run8*, при этом проведенный нами анализ с использованием ДНК-маркеров показал наличие у них устойчивого аллеля гена *Run8*. Образцы Effendi и Раушан, которые по литературным данным имеют ген *Run8*, помимо наличия устойчивого аллеля к гену *Run8*, несут также оба устойчивых аллеля к гену *Run6* по маркерам Ebmag0541 и Ebmag705.

Проведенные исследования по оценке сортов ярового ячменя на устойчивость к возбудителю *Ustilago nuda* с помощью ДНК-маркеров позволяют сделать выводы о перспективности исследований для селекционной работы. Выделенные и используемые в дальнейшей работе сорта, несущие аллели генов устойчивости к пыльной головне обеспечат большую результативность и сокращение селекционного процесса по созданию новых устойчивых сортообразцов и гибридов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ № 25-26-20151 и Министерства науки и инновационной политики Новосибирской области (№ 30-2025-000964 от 21.05.2025).

УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К КОРНЕВОЙ ГНИЛИ В КАЗАХСТАНЕ

А. А. Болатбекова^{1,2}, Е. Б. Дутбаев¹, А. М. Кохметова², А. І. Харіпжанова^{1,2},
М. Т. Кумарбаева^{1,2}, В. И. Цыганков³

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

e-mail: ardashka1984@mail.ru

²Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан

³ТОО "Казахский научно-исследовательский институт коневодства и кормопроизводства",
Актобе, Казахстан

Продовольственная безопасность остается критически важной задачей в условиях роста мирового населения. Болезни пшеницы ежегодно приводят к потерям до 10% урожая в мире, а в Казахстане корневая гниль, вызываемая *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium* spp., может снижать продуктивность на 35–45%, сопровождаясь карликовостью растений, белоколосостью, некрозом основания стебля и снижением качества зерна. В 2024 г. исследованы 30 генотипов мягкой и твердой пшеницы в Алматинской и Актюбинской областях. Эксперимент включал три фона: (1) предпосевная обработка семян фунгицидом Раксил Ультра (0,4 л/т), (2) искусственная инокуляция суспензией *B. sorokiniana*, (3) естественный инфекционный фон. Устойчивость оценивалась фитопатологическими и молекулярно-генетическими методами. Результаты исследования выявили значительные региональные различия в развитии заболевания. В засушливых условиях Актюбинской области распространенность корневой гнили достигала 55,21%, а развитие - 18,85%, тогда как в условиях Алматинской области эти показатели были существенно ниже - 23,21% и 6,48%, соответственно. Наибольшая степень поражения наблюдалась в фазу уборки урожая (57,92% и 17,43%), что свидетельствует о кумулятивном характере инфекции. Обработка фунгицидами позволила снизить распространенность заболевания до 24,04%, а его развитие - до 7,24%. Однако на искусственном инфекционном фоне эти показатели оставались высокими (52,86% и 16,89%), что подчеркивает необходимость комплексного подхода к защите растений. Молекулярно-генетический анализ выявил 5 генотипов с геном устойчивости *Sb1* и 22 генотипа с геном *Sb2*. Особый интерес представляет линия №575 (Воронежская 9), несущая оба гена и характеризующаяся более низкой поражаемостью (36,96-48,26% и 11,63-15,54%). Корреляционный анализ установил связь между длиной стебля, длиной колоса и числом колосков ($r = 0,38-0,61$). Полученные данные подтверждают эффективность интеграции генетической устойчивости, агрономических практик и региональной адаптации для снижения потерь урожая от корневой гнили. Результаты исследования имеют важное практическое значение для селекционных программ и систем защиты растений в Казахстане. Они демонстрируют необходимость продолжения работ по внедрению генов устойчивости в селекционные программы, оптимизации агротехнических приемов с учетом региональных особенностей, разработки интегрированных систем защиты растений и проведения дальнейших исследований механизмов устойчивости. Эти меры позволят снизить экономические потери и повысить продовольственную безопасность страны в условиях изменения климата и усиления патогенного пресса.

Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP19676202).

АПРОБАЦИЯ МАРКЕРОВ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ПАРШЕ ГРУШИ НА МАТЕРИАЛЕ КОЛЛЕКЦИИ, ПОДДЕРЖИВАЕМОЙ НА МАЙКОПСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ ВИР

А. О. Гончаренко, Л. В. Багмет, М. Н. Петрова, О. Ю. Антонова

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: aogoncharenko97@gmail.com

Парша относится к одному из самых опасных заболеваний груши в коммерческих садах по всему миру. Возбудителем является гриб-аскомицет, принадлежащий к роду *Venturia* Sacc. Фунгициды против парши груши малоэффективны, поэтому для препятствия распространению гриба необходимо выращивать потенциально устойчивые сорта. На Майкопской опытной станции – филиале ВИР поддерживается коллекция груши, насчитывающая в настоящее время более 1000 образцов, в ней представлено 30 видов из основных центров произрастания, в том числе 27 образцов азиатских груш *P. pyrifolia* (груша японская), *P. bretschneideri* (груша Бретшнейдера или китайская белая груша) и *P. ussuriensis* (груша уссурийская). Особый интерес представляют стародавние сорта Кавказа и Крыма, в том числе так называемые черкесские груши. Черкесские груши – это результат народной селекции, при этом любимые сорта груши адыги прививали в кроны диких деревьев. Черкесские груши отличаются долговечностью, высоким ростом, устойчивостью к вредителям и заболеваниям, высокой урожайностью и вкусовыми качествами.

В нашей работе коллекция груши, поддерживаемая на МОС ВИР, была использована для апробации известных маркеров генов устойчивости к парше *Venturia nashicola* S.Tanaka & S.Yamam. На основе литературных данных были подобраны маркеры STS-OPAW13₇₁₄, STS-OP09/SalI тесно сцеплены с геном *Vnk (Rvn1)*, и маркеры PSC217/XhoI и PSC234/HaeIII, сцепленные с геном *Rvn2*. Было проанализировано 255 образцов груши, в том числе 246 из коллекции МОС ВИР и 9 образцов, собранных в рамках экспедиции ВИР по Северному Кавказу. Выборка была поделена на несколько групп: образцы кавказского происхождения (152), европейские сорта (61), сорта китайской селекции (6), местные и селекционные крымские образцы (17) и образцы иного происхождения (19).

Маркеры гена *Rvn2* были широко распространены среди изученных образцов – 89,4% для PSC217/XhoI и 30,9% для PSC234/HaeIII. Две основные группы (сорта кавказской и европейской селекции) по частоте распространения маркера статистически не различались. При сопоставлении результатов молекулярного скрининга с фенотипической оценкой устойчивости диагностическая ценность маркеров PSC217/Xho I и PSC234/HaeIII оказалась достаточно низкой – 47,2% и 51,4% соответственно. Маркеры гена *Vnk (Rvn1)* в изученной выборке встречались у единичных образцов, большинство из которых происходили из Китая. Поскольку данные маркеры разработаны на материале именно азиатских устойчивых сортов, можно предполагать, что их наличие у редких генотипов действительно свидетельствует об устойчивости. Интерес для селекции представляет устойчивый к парше груши сорт ‘Дан-шансу-ли’, имеющий оба маркера.

Работа выполнена в рамках Гос. заданий № FGEM-2022-0008 и № FGEM-2022-0006.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ К ВОЗБУДИТЕЛЮ СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ

К. Ю. Дудникова^{1,2}, О. А. Баранова^{1,3}, М. В. Дудников¹

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ), Москва, Россия

e-mail: saenkok1997@yandex.ru

²ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), Краснодар, Россия

³ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР), Санкт-Петербург, Россия

Новые патотипы стеблевой ржавчины все чаще поражают тритикале (х *Triticosecale* Wittmack) во всех мировых регионах возделывания. Актуальной задачей является изучение генетики устойчивости тритикале к возбудителю стеблевой ржавчины.

Была проведена оценка устойчивости коллекции тритикале к двум специализированным формам возбудителя стеблевой ржавчины – стеблевой ржавчины пшеницы *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (*Pgt*) и ржи *P. graminis* f. sp. *secalis* (*Pgs*). Растительный материал представлен яровыми формами тритикале (47 генотипов) коллекции Отдела отдаленной гибридизации ФГБУН Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН. В фитопатологическом анализе использованы поволжские популяции *Pgt* и *Pgs*, собранные в 2023 году. Оценка типа реакции осуществили по шкале Стекмана на 10-й день после заражения. Стандартом восприимчивости служили яровая сорт пшеницы Хакасская и ржи Селенга, поражение которых составляло 3-4 балла. Было проведено цитологическое исследование зараженных растительных тканей тритикале с использованием инвертированного микроскопа.

Фитопатологический скрининг коллекции *Triticosecale* по устойчивости к двум специализированным формам стеблевой ржавчины, позволил оценить устойчивость сортов и линий тритикале к патогену и выявить устойчивые образцы. Была проведена оптимизация методик заражения тритикале, включающая нарушение воскового налета и опушения стебля, для эффективного проникновения патогена в растительные ткани. Анализ фитопатологических данных позволил выявить сорта изучаемой коллекции, устойчивые к поволжским популяциям обеих специализированных форм гриба – *Pgt* и *Pgs*: Кармен, Кунак, Орден, Тимирязевская 42, Тимур, Укро, Легало, Ульяна, Ярик, Дублет и другие. Восприимчивые сорта чаще встречались при заражении ржаной формой стеблевой ржавчины — *P. graminis* f. sp. *secalis*. К ним относятся как сорта, так и селекционные линии: Ботаническая 4, Савва, Ровня, Хавр, П13-5-13, 131/7, С238 и другие. К возбудителю стеблевой ржавчины пшеницы оказались восприимчивы: Гребешок, К1200, Арта59, С259.

Проведение цитологического исследования позволило диагностировать развитие болезни на раннем этапе ее проявления (спустя 48 ч после заражения), заключавшееся в подсчете числа зараженных устьиц, оценке площади некроза вокруг них. При этом, на первом этапе наших исследований, нами не было замечены цитологические отличия при заражении тритикале разными формами гриба — *Pgt* и *Pgs*.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №: 25-26-00317.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В УСТОЙЧИВОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ К КОРНЕВОЙ ГНИЛИ В КАЗАХСТАНЕ

Е. Б. Дутбаев¹, А. М. Кохметова², А. А. Болатбекова^{1,2}, А. І. Харіпжанова^{1,2},
В. И. Цыганков³

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

e-mail: yerlan.dutbayev@kaznaru.edu.kz

²Институт биологии растений и биотехнологии, Алматы, Казахстан

³Актюбинская сельскохозяйственная опытная станция, Актобе, Казахстан

Продовольственная безопасность остается критически важной глобальной проблемой, особенно в условиях прогнозируемого роста мирового населения до 9,7 млрд. человек к 2050 году. По данным последних исследований, потери урожая пшеницы от болезней составляют до 10% от потенциальной продуктивности, а в условиях Казахстана корневая гниль, вызываемая патогенными грибами *Bipolaris sorokiniana* и *Fusarium* spp., может приводить к потерям урожая до 35-45%. Эти патогены вызывают комплекс симптомов, включая карликовость растений, белоколосость, некроз основания стебля и ухудшение качества зерна. В 2024 году нами было проведено комплексное исследование устойчивости 30 генотипов яровой мягкой и твердой пшеницы в двух основных зернопроизводящих регионах Казахстана - Алматинской и Актюбинской областях. Эксперимент включал три фона: (1) предпосевная обработка семян химическим препаратом Раксил ультра в дозе 0,4 л/т., (2) искусственная инокуляция суспензией гриба *B. sorokiniana* после посева, и (3) естественный инфекционный фон. Для оценки устойчивости использовались современные фитопатологические методы и молекулярно-генетический анализ.

Результаты исследования выявили значительные региональные различия в развитии заболевания. В засушливых условиях Актюбинской области распространенность корневой гнили достигала 55,21%, а развитие болезни - 18,85%, тогда как в более благоприятных условиях Алматинской области эти показатели были существенно ниже - 23,21% и 6,48% соответственно. Наибольшая степень поражения наблюдалась в фазу уборки урожая (57,92% распространенность и 17,43% развитие), что свидетельствует о кумулятивном характере инфекции в течение вегетационного периода. Обработка фунгицидами позволила снизить распространенность заболевания до 24,04%, а его развитие - до 7,24%. Однако на искусственном инфекционном фоне эти показатели оставались высокими (52,86% и 16,89% соответственно), что подчеркивает необходимость комплексного подхода к защите растений.

Молекулярно-генетический анализ выявил 9 генотипов, несущих ген устойчивости *Sb2*, и 5 генотипов с геном *Sb1*. Наибольший интерес представляет линия №575 (Воронежская 9), обладающая обоими генами устойчивости. Эти генотипы показали значимо более низкую поражаемость (36,96-48,26% распространенность и 11,63-15,54% развитие) и стабильные показатели продуктивности. Корреляционный анализ выявил тесную взаимосвязь между длиной стебля, длиной колоса и числом колосков ($r = 0,38-0,61$), что имеет важное значение для селекционных программ. Полученные данные подтверждают эффективность интеграции генетической устойчивости, агрономических практик и региональной адаптации для снижения потерь урожая от корневой гнили. Результаты исследования имеют важное практическое значение для селекционных программ и систем защиты растений в Казахстане. Они демонстрируют необходимость продолжения работ по внедрению генов устойчивости в селекционные программы, оптимизации агротехнических приемов с учетом региональных особенностей, разработки интегрированных систем защиты растений и проведения дальнейших исследований механизмов устойчивости. Эти меры позволят снизить экономические потери и повысить продовольственную безопасность страны в условиях изменения климата и усиления патогенного пресса.

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К *BEAN COMMON MOSAIC VIRUS*

И. А. Енгальчева, Е. Г. Козарь, А. А. Антошкин, А. С. Домблидес,
Е. С. Крупинская

ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства (ФНЦО), п. ВНИИССОК,
Московская область, Россия

e-mail: engirina1980@mail.ru

На фасоли овощной из возбудителей вирусной этиологии высокой вредоносностью обладает вирус обыкновенной мозаики фасоли (*Bean common mosaic potyvirus* - BCMV). Устойчивость контролируют семь генов - штамм-неспецифический доминантный ген *I* и шесть штамм-специфических рецессивных генов *bc-u*, *bc-1*, *bc-1²*, *bc-2*, *bc-2²* и *bc-3*. При создании исходного материала фасоли овощной для целевой селекции важно иметь генетически разнообразный линейный материал с необходимым набором других хозяйственно ценных признаков. Полигенный характер устойчивости фасоли к BCMV обуславливает необходимость наличия во всех родительских линиях эффективных генов устойчивости. Исследования проводили в 2019-2024 годах на 37 линиях фасоли овощной. Гены *I*, *bc-1²* и *bc-3* – идентифицировали с помощью маркеров SW13, SBD5, SG6 и ROC11 соответственно с последующим секвенированием по методу Сэнгера. Наличие антигенов вируса в листьях растений - методом DAS-ELISA. Степень устойчивости определяли по шестибалльной шкале; дифференциацию линий на три группы устойчивости - по показателям степени развития болезни (R). Стандарт устойчивости - сорт Хавская универсальная, восприимчивости – сорт Грибовская 92. В результате проведенных исследований установлено, что высокий уровень устойчивости к вирусу обеспечивал как совместное сочетание доминантного гена *I* с рецессивными *bc-1²* и *bc-3* (генотип *I/bc-1²/bc-3*), так и рецессивная устойчивость без доминантного гена (генотип *-/bc-1²/bc-3*). Причем анализ соответствия по критерию χ^2 выявил более значимое влияние гена *bc-1²* на уровень устойчивости к BCMV в условиях Московской области. Иммунологическая оценка линейного материала на устойчивость к BCMV позволила выделить образцы с различным сочетанием устойчивости в лабораторных и полевых условиях.

Практический интерес для селекции представляют шесть высокоустойчивых линий (1 группа) с разным сочетанием генов. У линий Ф-М-185/18, Ф-И-211/18, Ф-Сд-184/19 и Ф-П-188/19 с генотипами *I/bc-1²/bc-3* при искусственном заражении и на всем протяжении вегетации в поле во все исследуемые годы симптомы поражения не проявлялись. У линий Ф-Х-365/19 и Ф-СП-164/19 без доминантного гена с генотипом *-/bc-1²/bc-3* наблюдали морщинистость и некроз верхушечных листьев (R=2,7-11%, коэффициент экстинкции – 0-0,115). Во вторую группу с устойчивостью при искусственном заражении и средней степенью поражения в полевых условиях (R=22,8% и P=38,5%, коэффициент экстинкции – 0,352-0,481) вошли линии с аналогичными генотипами *I/bc-1²/bc-3* и *-/bc-1²/bc-3* (38% от общего числа изученных). Типичные симптомы поражения этих линий отмечали только на фоне эпифитотий в 2021 и 2024 годов. В третью группу вошли линии с генотипами *I/bc-1²/-* и *I/-/bc-3* со средней степенью устойчивости при искусственной инокуляции (R=30,5%) и нестабильным уровнем устойчивости в полевых условиях (от низкой до высокой). В селекционный процесс по созданию новых сортов фасоли овощной для разных направлений использования включены линии из первой группы. В результате ступенчатой межлинейной гибридизации с последующими насыщающими скрещиваниями и индивидуальным отбором создан перспективный исходный материал фасоли для свежего потребления и перерабатывающей промышленности.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ И ДРУГИХ КЛУБНЕОБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ РОДА *SOLANUM* L. К БОЛЕЗНЯМ И ВРЕДИТЕЛЯМ

Е. А. Иванова, Н. В. Алпатьева, А. А. Гурина, Н. А. Чалая, Е. В. Рогозина*

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: erogozina@vir.nw.ru

Картофель и родственные виды, имеющие подземные органы вегетативного размножения – столоны и клубни, относятся к секции *Petota* Dumort рода *Solanum* L. Картофель восприимчив к широкому кругу болезней и вредителей, и получение стабильного урожая хорошего качества клубней возможно лишь при возделывании устойчивых сортов, создание которых основано на межвидовой гибридизации и интрогрессии генетического материала различных видов рода *Solanum* L. – источников устойчивости к вредным организмам. В коллекции ВИР представлено более 8500 образцов, охватывающих разнообразие генофонда диких и культурных клубнеобразующих видов *Solanum*, сортов и селекционных клонов картофеля. Ранее в результате многолетнего изучения образцов коллекции картофеля установлен межвидовой и внутривидовой полиморфизм *Solanum* spp. по устойчивости к фитофторозу, вирусам, золотистой картофельной нематоде, стеблевой нематоде, колорадскому жуку, ризоктониозу, серебристой парше, черной ножке. Выделены источники устойчивости к вредным организмам и созданы доноры и родительские линии с комплексом положительных признаков, свойственных многим видам *Solanum*. Молекулярно-генетический анализ с использованием ПЦР маркеров *R*-генов, обеспечивающих устойчивость диких *Solanum* spp. к вредным организмам, ускоряет поиск целевых генов устойчивости к возбудителям экономически значимых болезней в коллекции. Процесс изучения генофонда картофеля и выделения образцов –источников селекционно-ценных аллелей *R*-генов состоит из нескольких этапов (рисунок).

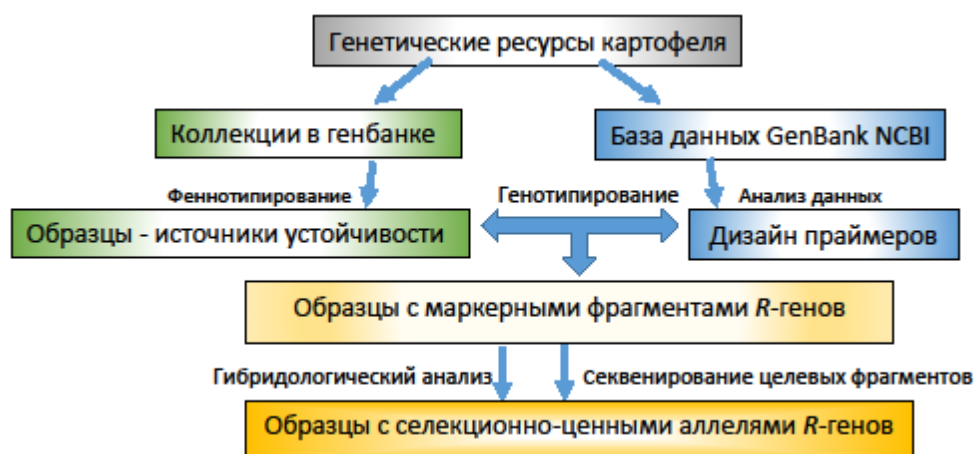


Рисунок. Схема выявления источников *R*- генов устойчивости к фитофторозу и Y вирусу картофеля

Скрининг образцов коллекции диких и культурных видов и межвидовых гибридов картофеля, выполненный по схеме (рисунок), позволил идентифицировать клоны межвидовых гибридов: 16/27-09 с генами *Rpi-R8* и *Rpi-blb1* (устойчивости к фитофторозу) и 8-1-2004 с геном *Ry_{chc}* (устойчивости к Y вирусу картофеля).

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СКРИНИНГ СОРТОВ МАЛИНЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ С МАРКЕРАМИ, АССОЦИИРОВАННЫМИ С ГЕНОМ *Bu*, КОНТРОЛИРУЮЩИМ УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИРУСУ КУСТИСТОЙ КАРЛИКОВОСТИ МАЛИНЫ

А. М. Камнев, О. Ю. Антонова, С. Е. Дунаева, Т. А. Гавриленко

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: antonkamen@mail.ru

Вирус кустистой карликовости малины, ВККМ (Raspberry Bushy dwarf virus, RBDV) является одним из наиболее распространённых (Martin et al., 2013, Упадышев и др., 2019; 2020) и наиболее вредоносных вирусов для культуры малины (Martin et al., 2013), способным снижать урожайность на 50 % даже при бессимптомном протекании болезни (Murant, 1976). Известен, по крайней мере, один ген *Bu*, доминантный аллель которого ассоциирован с устойчивостью к данному патогену (Jennings, 1988; Ward et al., 2012). Для данного аллеля разработано несколько маркеров: CAPS-маркер BC615_553_AluI и SCAR-маркер *rasp_N_gene_1202* (Ward et al., 2012), а также HRM-маркер RubRgeneP8 (Stephens et al., 2016). Маркеры BC615_553_AluI и *rasp_N_gene_1202* были апробированы на относительно небольшой выборке (8 устойчивых сортов, 8 поражаемых и 60 образцов расщепляющейся популяции), на которой показали диагностическую точность 96,7%.

Целью работы являлось выявление сортов малины отечественной селекции, обладающих маркерными фрагментами гена *Bu*. Ранее в скрининге с маркерами BC615_553_AluI и *rasp_N_gene_1202* участвовало 27 сортов малины, полученных из различных селекционных учреждений, где были созданы эти сорта: НИИСС садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, г. Барнаул, Свердловская ССС, г. Екатеринбург, Новосибирская ЗСС, г. Новосибирск (Камнев и др., 2022). Эта выборка была расширена за счёт сортов ‘Аврора’, ‘Вера’ (селекции НИИСС им. М.А. Лисавенко), ‘Бархатная’, ‘Ванда’ (Свердловская ССС), а также сортов селекции ФНЦ им. И.В. Мичурина, г. Мичуринск (‘Клеопатра’, ‘Суламифь’ и ‘Шахразада’) и НИИ садоводства и лекарственных растений «Жигулёвские сады», г. Самара (‘Надежда’, ‘Ранний сюрприз’, ‘Самарская плотная’ и ‘Студенческая’). Кроме того, в молекулярный скрининг были привлечены сорта, участвовавшие в родословной образцов вышеописанной выборки (‘Маросейка’, ‘Прогресс’, ‘Carnival’). В качестве положительного контроля использовался сорт ‘Malling Jewel’ из *in vitro* коллекции ВИР, описанный в литературе (Kempler et al., 2012) как устойчивый к ВККМ и у которого были выявлены маркерные фрагменты гена *Bu* (Камнев и др., 2022).

По результатам скрининга среди сортов малины отечественной селекции диагностические фрагменты обнаружены у сортов ‘За здравие’, ‘Огонёк’, ‘Рубиновая’ и ‘Фантазия’ (НИИСС им. М.А. Лисавенко), ‘Высокая’ и ‘Муза’ (Свердловская ССС), ‘Арочная’ (Новосибирская ЗСС). Сорта с маркерными фрагментами имеют различное происхождение, анализ родословных показывает, что источник таких фрагментов может быть не единственным. В настоящий момент скрининг отечественных сортов малины продолжается.

Сорта, имеющие диагностические фрагменты, могут быть рекомендованы для дальнейшей фенотипизации и, в случае успешного её прохождения, для использования в селекции.

Благодарности: работа выполнена в рамках Госзадания по проекту FGEM-2022-0008.

ИЗУЧЕНИЕ УРОВНЯ ЗАРАЖЕННОСТИ БОЛЕЗНЯМИ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ КУКУРУЗЫ В ЛЕНКОРАНСКО-АСТАРИНСКОМ РЕГИОНЕ

Касымов Джейхун Фаиг оглы

Лянкяранский региональный центр AGRO LESM, Министерство Сельского Хозяйства
Азербайджанской Республики, Лянкяран, Азербайджан

e-mail: ceyhun_qasimov_75@mail

Одним из наиболее эффективных методов защиты растений от болезней является селекционно-семеноводческий. В решении актуальной во всем мире проблемы экологически чистой продукции большое значение имеет создание устойчивых сортов и развитие семеноводства, что способствует снижению заболеваемости растений. В Азербайджанской Республике в результате селекционной работы были созданы различные устойчивые сорта сельскохозяйственных культур к различным заболеваниям. Как отмечается в литературных источниках, устойчивость высших растений к инфекционным болезням контролируется на генетическом уровне.

Так, в лаборатории полевых зернобобовых культур Азербайджанского государственного аграрного университета (АГАУ) были получены такие сорта кукурузы, как АДАУ-80 Гянджа, Мясулдар, а в отделе селекции растений Азербайджанского научно-исследовательского института земледелия — сорта Закатала-420, Гюрюр, Закатала-68, Умид и другие. Эти сорта кукурузы демонстрируют высокую устойчивость к гнилям стебля, пыльной и пузырчатой головне. В 2014–2015 годах в условиях Ленкоранско-Астаринского региона были проведены наблюдения за посевами кукурузы местных и зарубежных сортов. Изучалась степень поражения растений разными болезнями.

Установлено, что местные сорта поражаются болезнями меньше по сравнению с иностранными сортами. При сравнении местного сорта «Умид» с иностранным сортом «Краснодарская», процент заражения болезнями у сорта «Краснодарская» был выше, чем у сорта «Умид»: белой гнилью — на 6,1%, септориозом — на 3,8%, мучнистой росой — на 5,0%, ржавчиной — на 4,1%, фузариозом проростков — на 3,2%, фузариозом корней — на 4,0%. Сорт «Машук» по сравнению с сортом «Умид» поражался болезнями сильнее на 4,8%, 3,5%, 2,9%, 6,6%, 3,2% и 4,0%, соответственно. Как по сравнению с иностранными, так и с местными сортами, сорт «Закатала-420» поражался болезнями меньше. Так, по сравнению с сортом «Краснодарская», сорт «Закатала-420» имел меньший уровень заражения перечисленными болезнями соответственно на 6,8%, 6,4%, 5,8%, 5,4%, 6,0% и 5,3%, а по сравнению с сортом «Машук» — на 5,5%, 6,1%, 3,7%, 7,9%, 5,2% и 6,0%. При сравнении сорта «Закатала-420» с местными сортами было установлено, что уровень заражения перечисленными болезнями был ниже по сравнению с сортом «Умид» на 0,7%, 2,6%, 0,8%, 1,3%, 2,0% и 2,0%, сортом «Гюрюр» — на 1,0%, 2,1%, 1,7%, 3,0%, 1,8% и 1,9%, сортом «Закатала-68» — на 0,5%, 0,7%, 0,4%, 0,3%, 1,9% и 0,7%.

Таким образом, местные сорта кукурузы более устойчивы к болезням, и использование местных сортов в хозяйствах для посева целесообразно. Сорт кукурузы «Закатала-420» был выбран для дальнейших исследований, так как он более устойчив к болезням.

**ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗЦОВ
ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ БОЛЕЗНЕЙ
PUCCINIA RECONDITA И *BIPOLARIS SOROKINIANA*
В УСЛОВИЯХ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ж. С. Кеишилов^{1,2*}, А. М. Кохметова², Е. Б. Дутбаев¹, А. И. Харипжанова^{1,2},
М. Т. Кумарбаева^{1,2}, А. А. Болатбекова^{1,2}**

¹Казахский Национальный Аграрный Исследовательский Университет, Алматы, Казахстан

*e-mail: Jeka-Sayko@mail.ru

²Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан

Бурая ржавчина пшеницы и корневая гниль являются одними из наиболее распространённых болезней в северных и южных регионах Казахстана. Одним из вредоносных грибов, вызывающих ржавчину, является *Puccinia recondita*, а возбудителем корневой гнили является *Bipolaris sorokiniana*. В 2025 году в ООО «КазАгроИнновация» (ТОО «Научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства Казахстана», Карасайский район) была собрана коллекция из 30 образцов мягкой озимой пшеницы казахстанского и зарубежного происхождения. В полевых условиях проведены фитопатологические исследования данных образцов на устойчивость к бурой ржавчине (*Puccinia recondita*). Поражённые патогеном образцы оценивались трижды в период от молочной до полной спелости. По степени заражения образцы были разделены на четыре группы: высокоустойчивые (иммунные), устойчивые, среднеустойчивые и среднечувствительные. Выявлены семь образцов мягкой яровой пшеницы казахстанского и зарубежного происхождения иммунные к возбудителю *P. recondita*: Актюбе 39, Линия 1415м, Линия 201м, № 322 / к-30949 и №347/к-38532 Альбидум 24, №449/Оренбургская юбилейная и № 324/к-31833. Выявлено 17 образцов пшеницы с умеренной чувствительностью к болезни (MS), уровень поражения которых составил 20-30%: Экада 113, Линия 205м, №464/к-54045 Целинная 21, №352/к-40599 Саратовская 29, № 439/Силантй, №448/Оренбургская 23, Казахстанская 10, Степная 50, Степная 2, Линия Р-1413м, №317/к-28117 Блансар, № 318/к-28130 Смена, №353/к-41218 Саратовская 28, №418/к-64467 Баганская 93, № 450/Силач, №456/к-38531 Альбидум 43, № 324/к-31833. Семь восприимчивых (S) к болезни образцов были поражены на 40%: Династия, №410/к-57729 Целинная юбил, №392/к-46619 Шененская, №436/Линия 1616 ае 14, № 445/Челба 80, №459/к-43285 Саратовская 35 и №316/к-25761 ферругин.

В исследовании устойчивости к корневой гнили (*B. sorokiniana*) в качестве стандарта были взяты образцы яровой мягкой пшеницы Актюбе 39 и Династия. Распространённость болезни на сортах-стандартах составила 40-45%, а интенсивность развития — 15-20%. Выявлены образцы со средней устойчивостью к корневой гнили: Казахстанская 10, Степная 50, Степная 2, Линия 1415м, Линия 201м, №317/к-28117 Блансар, № 318/к-28130 Смена, №352/к-40599 Саратовская 29, №418/к-64467 Баганская 93, №449/Оренбургская юбилейная, № 450/Силач, №456/к-38531 Альбидум 43. У данных образцов уровень распространения болезни варьировал от 41% до 45%, а интенсивность развития — от 16% до 21%. Исследование показало разную устойчивость пшеницы к бурой ржавчине и корневой гнили. Семь образцов оказались высокоустойчивыми к бурой ржавчине, что ценно для селекции. Большинство образцов имеет среднюю или низкую устойчивость, что требует дальнейшей работы по улучшению сортов.

Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №АР19676202).

УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ СОИ К КОМПЛЕКСУ ЗАБОЛЕВАНИЙ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. С. Коробейников, Л. Ф. Ашмарина, М. Л. Алабугина

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Россия

e-mail: contra.boehm@gmail.com

Соя, как перспективная и хозяйственно-ценная культура получает все большее распространение на территории России за пределами ее естественного ареала. Вместе с тем, ежегодной проблемой для посевов сои является комплекс фитопатогенов, существенно снижающих качество семенного материала и накапливающихся в почве – что снижает ценность посевных площадей. В условиях Западно-Сибирского региона такими заболеваниями являются пероноспороз (возбудитель – *Peronospora manshurica* L.), а также сопутствующие бактериальные инфекции: пустульный бактериоз и черная бактериальная пятнистость. Таким образом, перспективным направлением для борьбы с ежегодными эпифитотиями является возделывание районированных устойчивых сортов сои.

Исследования проводились в 2020-2024 годах на базе опытных полей СФНЦА РАН. В качестве опытных образцов использовались сорта и сортобразцы сибирской селекции. Сортотипом был выбран хорошо известный районированный сорт СибНИИК-315. Опыт – мелкоделяночный, с равным числом повторностей и рендомизированным размещением делянок.

Основным заболеванием сои в Западной Сибири, вызывающим почти ежегодные эпифитотии, является пероноспороз. Возбудитель пероноспороза приурочен к условиям теплого влажного климата, который в условиях Западной Сибири чаще наблюдается во второй половине вегетационного периода. Вместе с тем, засушливые условия начала вегетационного периода могут существенно снизить инфекционную нагрузку на более поздних стадиях развития растений.

В условиях 2020-2024 годов погодные условия были преимущественно засушливыми до третьей декады июля, когда устанавливалась теплая влажная погода, способствующая развитию заболеваний. Средняя распространенность пероноспороза на сорте-стандарте СибНИИК-315 составила 25%. Из остальных 11 исследуемых сортов 3 показали статистически достоверную устойчивость к заболеваемости пероноспорозом: СНК-182, СНК-129 и СНК-611.

В 2024 году наблюдалось новое заболевание для сои в Западной Сибири: пурпурный церкоспороз. На всех сортах распространенность заболевания достигала значительных величин (до 92,5% на сорте СНК-182), однако индекс развития болезни составлял доли процента – что не позволяет сделать выводов об устойчивости сортов к данному заболеванию.

Бактериальные инфекции на сое во все годы исследований являются сопутствующими, и развиваются ближе к концу вегетации на растениях, близких к фазе полной спелости. Спорадическое (на уровне распространенности в 3-5%) проявление пустульного бактериоза отмечалось на всех сортах во все годы исследований; сорта СНК-182 и СНК-611 за все годы наблюдений не поражались – что позволяет говорить о тенденции к устойчивости к данному заболеванию.

Таким образом, по результатам исследований возможно сделать предварительные выводы о наличии тенденции к комплексной устойчивости к пероноспорозу и пустульному бактериозу у сортов СНК-182 и СНК-611. Вместе с тем, необходимы дальнейшие исследования заболеваемости сои бактериозами для повышения достоверности результатов.

ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ К РЖАВЧИНАМ СРЕДИ ДИКИХ ВИДОВ ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

О. А. Кудинова, В. Д. Руденко, Г. В. Волкова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), Краснодар, Россия

e-mail: alosa@list.ru

Бурая и желтая ржавчины пшеницы являются распространенными и вредоносными болезнями культуры в Северо-Кавказском регионе России. Бурая ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss.) фиксируется в регионе ежегодно, развитие болезни на производственных посевах озимой пшеницы в очагах может достигать 40 % и более. Желтая ржавчина (*Puccinia striiformis* West.) изначально была распространена в регионах с прохладным климатом, но в настоящее время наблюдается увеличение географического распространения и вредоносности патогена. Встречаемость болезни в Северо-Кавказском регионе за последние годы возросла, в ряде случаев отмечается эпифитотийное развитие желтой ржавчины. Традиционным методом контроля облигатных биотрофных фитопатогенов является использование фунгицидов. В связи с современными тенденциями к уменьшению фунгицидного пресса, все большее значение приобретают биобезопасные методы защиты пшеницы от болезней. Что касается ржавчин, то наиболее эффективным методом является использование устойчивых к болезням сортов. Успешная селекция на иммунитет невозможна без постоянного поиска новых источников устойчивости. Цель наших исследований - изучить устойчивость к бурой и желтой ржавчинам среди образцов редких видов пшеницы из коллекции ВИР в разные фазы онтогенеза.

Исследования проводили в условиях полевого стационара и тепличного комплекса ФГБНУ ФНЦБЗР с использованием УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (<https://fncbzi.ru/brk-i-unu/unique-installation-2/>) в 2023 г. В условиях искусственного инфекционного фона изучена устойчивость 31 образца диких видов пшеницы из коллекции ВИР, включающих *Triticum dicoccum*, *T. spelta*, *T. timopheevi*, *T. monoccum* и *T. turgidum*. Искусственное заражение растений проводили стандартными фитопатологическими методами. Тип поражения и степень развития болезней в полевых условиях определяли по шкале СИММУТ. В фазу проростков при учете типов реакции на поражение для желтой ржавчины использовали шкалу Гасснера и Штрайба, для бурой – Майнса и Джексона. Установлено, что в полевых условиях к бурой ржавчине устойчивость проявили 12 образцов, к желтой ржавчине - пять образцов редких видов пшеницы. В ювенильную фазу количество устойчивых к болезням образцов составило 25 и 12 соответственно. При этом четыре образца проявили групповую устойчивость к двум болезням в полевых условиях: *T. dicoccum* var. *Hausknechtianum* (кат. 34599), *T. dicoccum* var. *Aeruginosum* (кат. 37639), *T. dicoccum* var. *Aeruginosum* (кат. 38152), *T. monoccum* var. *Monoccum* (кат. 64765). Образцы *T. dicoccum* var. *Aeruginosum* (кат. 37639), *T. dicoccum* var. *Aeruginosum* (кат. 38152) являются устойчивыми к обеим болезням в онтогенезе. Редкие виды пшеницы из коллекции генетических ресурсов растений ВИР, обладающие групповой устойчивостью к болезням, являются ценными источниками устойчивости для селекции ржавчинноустойчивых сортов.

Исследования выполнены в соответствии с Государственным заданием Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках НИР по теме FGRN-2025-0002.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕРМОПЛАЗМЫ ПШЕНИЦЫ, УСТОЙЧИВЫХ К ПИРЕНОФОРОЗУ (*PYRENOPHORA TRITICI-REPENTIS*) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННЫХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕТОДОВ

М. Т. Кумарбаева¹, А. М. Кохметова¹, И. Ф. Лапочкина², Н. М. Коваленко³,
Ю. В. Зеленева³, Ж. Кейшилов¹, А. Болатбекова¹, К. Бахытулы¹, А. Харіпжанова¹

¹Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан

e-mail: madina_kumar90@mail.ru

²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Россия

³ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

Пиренофороз (возбудитель *Pyrenophora tritici-repentis*, *Ptr*), является наиболее агрессивной среди листовых болезней пшеницы как в мире, так и в Казахстане. При благоприятных условиях для развития болезни потери урожая достигают 50-65%. Создание сортов пшеницы, устойчивых к *Ptr*, является оптимальным решением проблемы. Проведено комплексное исследование, включающее современные селекционные и молекулярные методы исследования с целью идентификации перспективных линий пшеницы из Казахстана (генофонд лаборатории генетики и селекции, ИББР) и России (линии пшеницы из Федерального исследовательского центра «Немчиновка») устойчивых к *Ptr*. По результатам фитопатологической оценки устойчивости взрослых растений (APR) к пиренофорозу в полевых условиях выявили 17 казахстанских перспективных линий с иммунным (IT-0) и умеренно-устойчивым типом реакции (MR), и 12 российских линий с умеренно-устойчивым типом реакции. По результатам фитопатологического скрининга была оценена площадь под кривой развития болезни (AUDPC). В результате оценки индекса восприимчивости (ϕ) 25 генотипов (38,5%) отнесены к высокоустойчивым (ϕ – 0,1–0,4) и 36 линий (41,3%) к средневосприимчивым (ϕ – 0,4–0,7).

Молекулярный скрининг образцов пшеницы проводился с использованием маркера *Xfcp623* для диагностики гена *Tsn1*, контролирующего чувствительность к токсину *Ptr* ToxA. В результате ПЦР 9 казахстанских и 2 российских генотипов были идентифицированы как носители рецессивного гена *tsn1*, сцепленного с устойчивостью к расе 1 и токсину *Ptr* ToxA. Анализ главных компонент (PCA) был проведен на основе результатов AUDPC и результатов структурного анализа продуктивности. Установлено, что первые два главных компонента объясняют 52,41% дисперсии. Согласно анализу ANOVA ($p < 0,001$), степень развития пиренофороза значительно различалась между генотипами в разные вегетационные периоды (2023-2024 гг.). Выявлена значимая положительная корреляция между AUDPC и массой 1000 зерен ($r = 0,72$; $p < 0,001$). В результате комплексных исследований идентифицировано 9 казахстанских и 4 российских перспективных линий, сочетающих устойчивость к *Ptr* и высокую продуктивность. Выявленные перспективные линии, сочетающие гены устойчивости взрослых растений (APR) и ювенильной устойчивости к *Ptr*, будут использоваться в селекционных программах для повышения устойчивости к пиренофорозу.

Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP22787867).

ПЕРСПЕКТИВА СОЗДАНИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ЖЕЛТОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ (*PYRENOPHORA TRITICI REPENTIS*) В ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

И. Ф. Лапочкина¹, М. Д. Метт¹, И. Ю. Макарова¹, А. В. Нардид¹,
Н. М. Коваленко², А. М. Кохметова³

¹ФИЦ «Немчиновка, Москва, Россия

e-mail: inna-lapochkina@yandex.ru

²ФГБНУ ВИЗР, Пушкин, Россия

³Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения Институт
Биологии и биотехнологии, Алматы, Казахстан

Изменение климатических условий в Центральном регионе РФ привело к учащению поражения пшеницы желтой пятнистостью листьев, вызываемой патогеном *Pyrenophora tritici repentis* (*Ptr*). Основным фактором патогенности гриба являются специфичные токсины *Ptr* ТохА и *Ptr* ТохВ, которые вызывают некроз и хлороз у восприимчивых генотипов. В северо-западной популяции возбудителя частота изолятов с геном *ToxA* достигает 42% (Мироненко с соавт., 2015), вызывая некроз у генотипов с геном восприимчивости *Tsn1*. Появившиеся данные о случаях поражения сортов как с геном *Tsn1*, так и без него, т.е. случаи нарушения гипотезы ген-на-ген в зеркальном отражении (Мироненко и др., 2017), отклонения от классической схемы взаимодействия могут быть объяснены регуляцией транскрипции гена восприимчивости (Нужная с соавт., 2020). То есть, использование ПЦР-анализа с маркером *Xfcp623* (Faris et al., 2010) в сочетании с лабораторными и полевыми оценками к *Ptr* остаются пока единственными инструментами, которые дают возможность отобрать устойчивые генотипы к этому вредоносному заболеванию.

Проведен скрининг 87 образцов яровой пшеницы на наличие гена восприимчивости *Tsn1*. Список образцов включал 22 сорта различного происхождения, 39 интрогрессивных линий с чужеродным генетическим материалом видов *Ae. speltooides*, *Ae. triuncialis*, *T. kiharae* из коллекции Арсенал, а также 26 новых линий, полученных в результате скрещивания источников устойчивости к патогену. Ген восприимчивости *Tsn1* идентифицировали в образцах методом ПЦР с использованием маркера *Xfcp623*, который дает продукт амплификации 380 п.н. Ген *Tsn1* идентифицировали у половины сортов, в том числе последних лет районирования (Злата, Радмира, Богдана, Беяна) и сортов Павлоградка и Langdon, переданных из Омского ГАУ в качестве источников устойчивости.

Из 40 линий коллекции Арсенал только у одной обнаружен ген восприимчивости. Полевая оценка этой гермоплазмы в условиях Алматинской области Казахстана подтвердила устойчивость к пиренофорозу, то есть образцы коллекции Арсенал могут быть использованы в качестве доноров устойчивости к *Ptr*.

Из 26 новых линий, отобранных из гибридных популяций F₅ и BC₁F₄ от скрещивания источников устойчивости к патогену с линиями и сортами яровой пшеницы, 10 имели генотип *tsn1tsn1* и подтвердили свою устойчивость в лабораторных условиях при заражении изолятом самой распространенной расы 1 Kp10 (краснодарского происхождения). Изолят Kp10 образует токсины (ТохА+, ТохС+). Отобранные линии имели оценки 1/1 и 1/2, что совпадает с ожидаемым типом взаимодействия генов. Созданные линии высеяны в селекционном питомнике для оценки продуктивности и других хозяйственно-ценных признаков и возможности включения в конкурсное сортоиспытание.

УСТОЙЧИВОСТЬ ГОЛОЗЕРНЫХ ЯЧМЕНЕЙ К ВОЗБУДИТЕЛЮ ТЕМНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ

Н. М. Лашина¹, О. С. Афанасенко¹, К. А. Лукина²

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

²ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: nlashina@mail.ru

Высокие кормовые и пищевые качества голозерного ячменя обуславливают популярность данного злака. Комбикорма, произведенные на его основе, улучшают пищеварение скота. Продукты из голозерного ячменя несут пользу и человеку, поскольку содержат комплекс биологически активных веществ, имеющих эффективную протекторную функцию в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета (Лукина, Ковалева, Лоскутов, 2022).

Возбудитель темно-бурой пятнистости ячменя – *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker является крайне вредоносным видом в ареале возделывания культуры.

Цель данного исследования – поиск источников устойчивости к возбудителю темно-бурой пятнистости среди голозерных ячменей. Материалом для изучения послужила коллекция из 94 голозерных образцов ячменя, полученных из Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР).

Для оценки устойчивости к возбудителю темно-бурой пятнистости были подобраны два моноконидиальных изолята *B. sorokiniana*: Kr2(23) из Краснодарского края и Ch3(23) из Ленинградской области, выделенные из зараженных листьев ячменя, собранных на производственных полях в 2023 г.

Устойчивость проростков ячменя оценивали в контролируемых условиях климатической комнаты Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР). Инокуляцию растений проводили в фазу двух-трех листьев суспензией конидий гриба в концентрации 15 тыс. конидий в мл. Типы реакций проростков на заражение оценивали на втором листе на 7 сутки по международной 9-балльной шкале. Устойчивым контролем послужила селекционная линия NDB 112 (США), а контроль восприимчивости – сорт Harrington. Эксперименты проводили в трехкратной повторности.

По результатам проведенной оценки среди 94 образцов голозерного ячменя в качестве источников устойчивости к возбудителю темно-бурой пятнистости выделилось два образца: к-26277 (var. *himalayense* (Ritt.) Koern.) из Боливии и сорт Гранал 32 (var. *aethiops* Koern.) из России (Челябинская обл.). Тип реакции на заражение изолятами *B. sorokiniana* данных образцов не превышал 4-х баллов, что соответствовало устойчивости. Тип реакции устойчивого контроля линии NDB 112 соответствовал 3 баллам, восприимчивого контроля Harrington – 9 баллам.

Устойчивость взрослых растений этих образцов будет изучена в полевых условиях.

Работа поддержана грантом РНФ № 24-26-00072.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО К АНТРАКНОЗУ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

В. Н. Лебединец, Г. В. Волкова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), Краснодар, Россия

e-mail: mr.lebedinets@yandex.ru

Одним из наиболее опасных фитопатогенов в посевах льна масличного является антракноз (*Colletotrichum linicola* Pethybr. & Laff), который ежегодно поражает посевы льна масличного на территории Краснодарского края. Целью нашего исследования являлась оценка устойчивости 13 различных сортов льна масличного селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК и ФГБНУ РОСНИИСК к данной болезни.

Исследования выполняли по общепринятым в защите растений методам. Опыт проводили согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (под ред. Долженко В. И. – Санкт-Петербург: ВИЗР, 2009. – 378 с.)

Посев осуществляли 28.03.2024, норма высева – 6 млн. семян/га, размер делянки – 2 м², повторность трехкратная, учеты проводили начиная с фазы «елочка» культуры до полного созревания семян.

Оценку устойчивости проводили на территории полевого стационара ФГБНУ ФНЦБЗР в 2024 году. В исследование были включены 10 сортов селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК - ВНИИМК 620 ФН, Ы-220, Ы-117, Авангард, Небесный, Флиз, Даник, Бирюза, Нилин, Радуга; и 3 сорта селекции ФГБНУ РОСНИИСК - Рашель, Янтарь, Итиль (табл.).

Таблица. Распространенность и развитие антракноза в посевах льна масличного сортов различной селекции, опытное поле ФГБНУ ФНЦБЗР, 2024 г.

Сорт	Оригинатор	<i>Colletotrichum lini</i>	
		Распространенность, %	Развитие, %
ВНИИМК 620	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	8,2±0,4	1,4±0,1
Ы 220	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	10,7±1,2	1,1±0,1
Ы 117	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	5,7±0,8	0,5±0,1
Авангард	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	10,4±1,2	1,6±0,4
Небесный	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	6,0±0,6	1,7±0,2
Флиз	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	7,7±1,0	2,2±0,4
Даник	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	5,1±0,2	1,3±0,1
Бирюза	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	8,1±0,8	1,4±0,1
Нилин	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	7,7±0,8	1,1±0,2
Радуга	ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК	10,4±1,0	1,3±0,1
Рашель	ФГБНУ РосНИИСК	9,5±0,6	1,1±0,2
Янтарь	ФГБНУ РосНИИСК	6,2±0,6	1,8±0,2
Итиль	ФГБНУ РосНИИСК	11,0±1,4	1,7±0,2



Растения, пораженные антракнозом, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2024 г. (ориг.)

По результатам проведенного исследования, установлено, что в засушливых условиях 2024 года каждый из изучаемых сортов имел высокую степень устойчивости к антракнозу. Наиболее устойчивым среди них был сорт Ы-117 (0,5 %) селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК.

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2025–0003.

ВИДЫ ОВСА, КАК ИСТОЧНИКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БОЛЕЗНЯМ

И. Г. Лоскутов, Е. В. Блинова

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

Основным источником разнообразия для улучшения возделываемого овса *Avena sativa* L. являются дикие виды. Многие гены, обеспечивающие желаемые признаки, особенно гены устойчивости к болезням, были обнаружены у диких и сорных видов овса, а также у местных сортов и селекционных линий. С использованием генетических и молекулярно-генетических методов различные гены хозяйственно ценных признаков были идентифицированы и генотипированы у культурных и диких видов овса, включая гены устойчивости к болезням и вредителям, гены, обеспечивающие адаптацию к определенным или изменяющимся условиям окружающей среды, гены, обуславливающие высокое содержание и качество белка, жира или β -глюканов в зерновках, устойчивость к низким и высоким температурам, устойчивость к засухе, устойчивость к полеганию, раннее созревание, быстрый вегетативный рост, высокий потенциал урожайности или нечувствительность к длине дня.

Чем больше филогенетическое расстояние (разный уровень пloidности или отсутствие гомологии генома) между скрещиваемыми видами, тем сложнее получить плодовитое гибридное потомство. Кроме того, для расширения генофонда овса большим препятствием является наличие многочисленных транслокаций между субгеномами A, C и D. Наиболее перспективным источником новых генов для культурного овса является дикий гексаплоидный вид *A. sterilis*. Среди генотипов этого вида были идентифицированы гены толерантности к BYDV и устойчивости к мучнистой росе, корончатой ржавчине и нематодам. Из более чем 100 идентифицированных генов, придающих устойчивость к корончатой ржавчине, примерно 50 произошли от *A. sterilis*, 22 от *A. strigosa*, 1 от *A. abyssinica* и 1 от *A. magna*. При создании сортов устойчивых к корончатой ржавчине, в основном, используются эффективные гены *A. sterilis* (*Pc38*, *Pc39*, *Pc48*, *Pc58*, *Pc59*, *Pc60*, *Pc61* и *Pc68*). Исключением является ген *Pc91*, полученный из *A. magna*, который в настоящее время обеспечивает наиболее эффективную устойчивость к корончатой ржавчине у большинства американских и канадских сортов овса. Гены, придающие устойчивость к мучнистой росе (*Pm1*, *Pm3*, *Pm11*, *Pm12* и *QPm.18*) и стеблевой ржавчине (*Pg13*, *Pg15* и *Pg17*), были идентифицированы также у *A. sterilis*.

Попытки перенести гены от ди- и тетраплоидов в *A. sativa* были выполнены с использованием добавленных или замещенных линий. Так, гены *Pc23* и *Pc94* (*A. strigosa*), *Pc91* (*A. magna*) были включены из диплоидного и тетраплоидного видов соответственно в посевной овес. Устойчивость к *Blumeria graminis* была введена в гексаплоидный овес от диких *A. hirtula* (*Pm2*), *A. barbata* (*Pm4*), *A. macrostachya* Bal. (*Pm5*) и *A. pilosa* (*Pm7*). Ген *Pg16*, который обеспечивает устойчивость к *Puccinia graminis*, также получен из тетраплоидного вида *A. barbata*, в то время как гены *Pg6* и *Pg7* происходят от *A. strigosa*. Производные *A. macrostachya* использовались в качестве компонентов для получения селекционных линий с улучшенной зимостойкостью и устойчивостью к различным болезням и вредителям.

Весь этот разнообразный материал присутствует в коллекции ВИР и изучается в системе опытных станций нашего института. Большинство из этих выделенных источников показывают эффективную устойчивость в различных регионах нашей страны и используется селекционерами РФ для создания новых высокопродуктивных сортов овса.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-00005, <https://rscf.ru/project/23-76-00005/>

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ РОДА *AVENA* L. НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ОСНОВНЫМ БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

А. В. Любимова, Д. И. Ерёмин, А. А. Ахтямова, А. К. Таутекенова

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал
ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия

e-mail: ostapenkoav88@yandex.ru

Оценка коллекционных образцов на наличие комплексной устойчивости к возбудителям болезней в условиях определенного региона – важный этап в процессе подбора исходного материала для селекции. Целью исследования была оценка коллекции овса на устойчивость к основным болезням в условиях Северного Зауралья для поиска доноров комплексной устойчивости. На опытном поле НИИСХ Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН изучена коллекция культурных видов рода *Avena* L., включающая 561 образец различного эколого-географического происхождения. Погодные условия 2022-2024 гг. отличались друг от друга. В 2022 г. была теплая погода с периодически выпадающими осадками. Вегетация в 2023 г. проходила в засушливых и жарких условиях, а 2024 г. был благоприятным для развития большинства заболеваний благодаря пониженным температурам и обильным осадкам. На изучаемой коллекции обнаружены следующие болезни: полосчатый гельминтоспориоз, корончатая ржавчина, стеблевая ржавчина, пыльная и твердая головня, полосатая пятнистость, красно-бурая пятнистость и спорынья овса. Необходимо отметить, что во все года исследований спорынья овса отмечалась только на одном образце – Trelle dwarf (к-11501, *A. sativa* L., *A. byzantina* C.Koch) (рисунок).



Рисунок. Спорынья овса, сорт Trelle dwarf, 2022 год.

В 2022 и 2024 гг. наиболее распространен на растениях был гельминтоспориоз, которым было поражено 75,4 и 98,4% коллекции, соответственно. В 2023 г. гельминтоспориоз был выявлен у 41,0% образцов. Кроме того, в 2022 была отмечена высокая зараженность полосатой и красно-бурой пятнистостью и стеблевой ржавчиной – 38,5; 28,5 и 33,2% соответственно. Развитие корончатой ржавчины, пыльной головни зафиксировано на 4,5 и 3,9% коллекции. В 2023 г. выделено 95 генотипов, не имеющих признаков развития болезней. Этот год отличался значительно меньшим развитием заболеваний, что может быть связано с засушливыми условиями и периодом экстремально высоких температур в ходе вегетационного периода. Исключение составили только стеблевая и корончатая ржавчины – количество пораженных образцов возросло до 70,0 и 8,4%. Частота встречаемости полосатой и красно-бурой пятнистостей составила 6,9 и 1,2%, соответственно. В 2024 году распространенность болезней была максимальной за годы исследований. Наиболее часто встречались гельминтоспориоз (98,4%), стеблевая ржавчина (93,0%), красно-бурая и полосатая пятнистости (92,0 и 69,0%). Пораженность корончатой ржавчиной составила 16,2% от коллекции. В результате полевой оценки 2022-2024 годов, выявлены образцы, показавшие комплексную устойчивость к заболеваниям: С.І.8330 (*A. magna* Murph.et Terr.), Sala (*A. strigosa* Schreb.), Сельма (*A. sativa* L.).

Работа выполнена в рамках государственного задания 124022900011-6 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

ПОРАЖЕНИЕ ОЗИМОЙ РЖИ ВОЗБУДИТЕЛЯМИ СНЕЖНОЙ ПЛЕСЕНИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ РАЗВИТИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Г. С. Маннапова¹, М. Л. Пономарева¹, С. Н. Пономарев¹, В. Ю. Горшков², И. О. Иванова¹,
С. Ю. Павлова¹

¹Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение ФИЦ Казанский научный центр РАН (ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН),
Казань, Россия

e-mail: mgs1980@mail.ru

²Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ Казанский научный центр РАН (КИББ ФИЦ КазНЦ РАН), Казань, Россия

Снежная плесень – экономически значимое и прогрессирующее заболевание озимой ржи, вызываемое различными видами грибов (аскомицетами и базидиомицетами) и грибоподобными организмами (оомицетами), активно развивающимися при низких температурах. Потери урожая могут достигать 30–50%. В ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН для изучения устойчивости озимой ржи к снежной плесени были созданы специальные инфекционные фоны, где для искусственного заражения использовали наиболее агрессивные штаммы возбудителей розовой (*Microdochium nivale*), серой (*Typhula incarnata*) и крапчатой (*T. ishikariensis*) снежной плесени, собранные в Приволжском федеральном округе. В эксперимент включено 60 образцов озимой ржи, в том числе сорта собственной селекции. Для более точной оценки уровня поражения и идентификации генотипов с повышенной устойчивостью была разработана детализированная 9-балльная шкала, где 1 балл свидетельствует об отсутствии повреждений, а 9 баллов характеризует полное поражение растений. Проведен скрининг генетических ресурсов озимой ржи на устойчивость к отдельным возбудителям снежной плесени и выделены образцы, представляющие интерес для селекционной работы.

В естественных условиях средний балл поражения варьировал от 2,41 до 5,15, а при искусственном заражении был значительно выше – от 4,48 до 8,40. В 2024 г. на искусственном инфекционном фоне поражение составило в среднем 8,55 балла, что почти в 2 раза больше среднего поражения на естественном инфекционном фоне – 4,73 балла при размахе изменчивости 6,0–9,0 и 2,5–7,5 баллов, соответственно. Гибель растений после поражения снежной плесенью на искусственном фоне варьировала в пределах 30,0–90,0%, а у тех же сортов, оцененных на естественном фоне – 0–17,5%. Частота образцов с восприимчивой реакцией на искусственном инфекционном фоне в 2024 году достигла 96 %. Выявлена значительная положительная сопряженность между уровнем поражения снежной плесенью и гибелью растений ($r=0,672^{**}\pm 0,097$). В 2025 г. средний балл поражения на искусственном фоне составил 6,1 баллов с предельными значениями от 4 до 8 баллов, тогда как поражение на естественном фоне характеризовалось средним значением в 2,6 балла с диапазоном изменчивости от 2,0 до 6,0 баллов.

Результаты экспериментов, полученные при естественном заражении, отражают реальный сценарий распространения и развития снежной плесени в природных условиях. Использование искусственных инфекционных фонов, имитирующих эпифитотии, позволяет более надежно идентифицировать устойчивые генотипы независимо от погодных условий. Сочетание данных из естественных и искусственных условий ускоряет селекционный процесс.

Исследования поддержаны Российским научным фондом, проект №24-16-00183.

РОЛЬ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К ПИРЕНОФОРОЗУ

О. П. Митрофанова¹, А. Г. Хакимова¹, Н. М. Коваленко², Н. В. Мироненко²

¹ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: o.mitrofanova@vir.nw.ru

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР), Санкт-Петербург, Россия

Коллекция генетических ресурсов озимой мягкой пшеницы ВИР – неотъемлемая часть объекта научно-технологической инфраструктуры РФ УНУ №505851 «Коллекция генетических ресурсов растений ВИР» (<https://ckp-rf.ru/catalog/usu/505851/>), регулярно пополняемая и искусственно поддерживаемая, значимая по генетическому разнообразию для использования в селекции, проведения научных исследований и в образовательных целях. Задача данного сообщения – кратко охарактеризовать имеющийся в ней генофонд озимой мягкой пшеницы по устойчивости к пиренофорозу, вызываемому *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., (*Ptr*). С 2000 по 2024 гг. благодаря междисциплинарным связям ВИР с ФГБНУ ВИЗР оценено 1285 образцов озимой мягкой пшеницы по ювенильной устойчивости к отдельным агрессивным изолятам *Ptr* и географически различным популяциям этого патогена. Из них 411 (32% от числа изученных образцов) оказались высоко- и среднеустойчивыми на стадии проростков, при этом тип реакции 0/0 (по проявлению на сегментах листьев некроза/хлороза) имел один образец; 1/0 и 2/0 – 49; 0/1 и 0/2 – 4, а 1/1, 1/2, 2/1 и 2/2 – 357. Источники устойчивости обнаружены как среди образцов стародавней мягкой пшеницы и сортов, снятых с районирования, так и среди возделываемых сортов РФ и других стран мира. В качестве перспективного резерва для поиска источников устойчивости к *Ptr* нами также рассматривается искусственно созданный род *x Aegilotriticum* P. Fourq., или синтетическая гексаплоидная пшеница (СГП), привлеченная в ВИР для обогащения генофонда озимой мягкой пшеницы. По данным литературы на стадии взрослых растений образцы СГП проявляют устойчивость ко многим болезням и вредителям. Их генетический потенциал планируется использовать при создании нового исходного материала для селекции.

Важное направление работы – выделение в составе коллекции озимой мягкой пшеницы ВИР образцов-источников с уже идентифицированными аллелями генов устойчивости к пиренофорозу. Известно, что *Ptr* производит, по меньшей мере, токсины Ptr ToxA, Ptr ToxB и Ptr ToxC, селективные по отношению к растению-хозяину и напрямую или косвенно взаимодействующие с продуктами доминантных аллелей генов чувствительности к этим токсинам *Tsr1* (= *Tsn1*), *Tsr2-Tsr5*, *Tsr6* (= *Tsc2*), *TsrHar* и *TsrAri* (McIntosh et al., 2013; Ramon et al., 2023). Рецессивные аллели этих генов обуславливают устойчивость. Кроме того, обнаружен доминантный ген расовой неспецифической устойчивости *Tsr7* (Faris et al., 2019) и различные *QTLs*, локализованные почти во всех хромосомах мягкой пшеницы. В составе коллекции ВИР нами выявлены источники устойчивости – носители рецессивных аллелей некоторых из генов, а также с помощью маркера *Xfcp623* рецессивные аллели гена *tsn1* (хромосома 5BL) определены у 30 образцов стародавней мягкой пшеницы и 58 современных российских сортов. Однако ожидаемой связи между наличием доминантных аллелей *Tsn1* и восприимчивостью проростков на заражение инокулюмом *Ptr* не установлено. В целом, в составе коллекции ВИР имеются разнообразные образцы-источники устойчивости к *Ptr*, в том числе с идентифицированными аллелями генов. Они представляют интерес для углубленного генетического изучения и использования в селекции.

УСТОЙЧИВОСТЬ ИНТРОГРЕССИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К СЕПТОРИОЗУ В УСЛОВИЯХ ЭПИФИТОТИИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л. Я. Плотникова¹, В. В. Кнауб¹, Ю. В. Зеленева², С. Б. Сулейменова¹, Е. В. Зуев³

¹ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
(Омский ГАУ), Омск, Россия

e-mail: lya.plotnikova@omgau.org

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

³ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

На территории России наблюдается усиление вредоносности септориозных болезней пшеницы. Септориоз злаков вызывает комплекс гембиотрофных грибов подкласса *Dothideomycetes*, при этом на посевах пшеницы наиболее распространены виды *Zymoseptoria tritici* и *Parastagonospora nodorum*. *Z. tritici* поражает листовой аппарат, а *P. nodorum* – лист и колос. *P. nodorum* в ходе взаимодействия с растениями выделяет некротрофные эффекторы с токсическим действием (necrotrophic effectors, NEs), которые кодируют NE-гены.

В последнее десятилетие в Западной Сибири наблюдается усиление поражения посевов пшеницы листовой и колосовой формой септориоза. Для эффективной борьбы с заболеванием актуальны изучение видового состава патогенов, характеристика популяции *P. nodorum* по NE-генам и выявление перспективных источников устойчивости к болезни.

Исследования были проведены на юге Западной Сибири (г. Омск) в 2024-25 гг. на посевах яровой мягкой пшеницы. Сезоны отличались повышенной влажностью (ГТК = 1.5 и 1.4, соответственно), что способствовало интенсивному поражению листа/колоса восприимчивых образцов в 2024 г. (80/80%), а в 2025 гг. – преимущественно листа (80/30%). На растениях был обнаружен преимущественно вид *P. nodorum*. С помощью ПЦР-анализа моноконидиальных изолятов было установлено, что в Омской популяции *P. nodorum* наиболее распространен NE-ген *Tox3* (91%), реже встречается *Tox267* (26%), а *ToxA* представлен в единичных изолятах (3%). Эта популяция значительно отличается от существующих в европейских регионах России.

В условиях эпифитотии была изучена устойчивость к септориозу набора образцов с интрогрессиями от видов родов *Aegilops* L. и *Triticum* L. из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР), а также образцов с идентифицированными генами устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине (*Lr* и *Sr*). В полевых условиях были проведены оценки развития септориоза в динамике, на основании которых были построены кривые развития болезни на листе и колосе, а также вычислены показатели «Площадь под кривой развития болезни» (ПКРБ) и «Индекс устойчивости» (ИУ). В 2024 г. среднюю устойчивость (ИУ = 0.57-0.63) к поражению листьев показали сорта и линии, несущие интрогрессии от *A. umbellulata* (Дуэт, *Lr9*), *A. tauschii* (изогенная линия сорта Thatcher TcLr21), *A. geniculata* (Yekтай), *A. ventricosa* (TcLr37), *A. biuncialis* (АНК-40), *T. timopheevii* (W2691 SR36TT1, Allard), *T. araraticum* (RL6087, Sr40). Высокую устойчивость к поражению колоса (ИУ = 0.33-0.35) проявили образцы Дуэт, Yekтай, TcLr37, а также KS90WGRC10 (*Lr39*) и Гартус 598 (с интрогрессиями от *A. tauschii* и *T. timopheevii*, соответственно). Устойчивость образцов к поражению листа была подтверждена в 2025 г. Выделившиеся образцы представляют интерес для селекции сортов устойчивых к *P. nodorum*. Селекцию пшеницы на устойчивость к септориозу необходимо вести с учетом особенностей западносибирской популяции *P. nodorum*.

УСТОЙЧИВОСТЬ К СНЕЖНОЙ ПЛЕСЕНИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ЗИМОСТОЙКОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И. В. Потоцкая, С. С. Шепелев, А. С. Чурсин, А. М. Ковальчук, В. П. Шаманин

ФГБОУ «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»
(Омский ГАУ), Омск, Россия

e-mail: iv.pototskaya@omgau.org

На фоне потепления климата Западная Сибирь как регион, расположенный в более северных широтах в сравнении с южными регионами РФ, имеет большой агропотенциал для возделывания озимой пшеницы (Гончаров и др., 2023). Для создания высокоурожайных сортов озимой пшеницы решающее значение имеет наличие разнообразных генетических ресурсов, в том числе по устойчивости к грибным болезням. Устойчивость озимой пшеницы к снежной плесени является ценным селекционным признаком, контролируемым множеством QTLs при тесном взаимодействии с зимостойкостью (Ponomareva et al. 2021; Temirbekova et al. 2022). В Омском ГАУ в 2022–2024 гг. проведено изучение международной коллекции 96 образцов озимой мягкой пшеницы из России, Германии, Финляндии, Казахстана, Болгарии, Турции, США и селекционной программы TCI (Турция–СИММУТ–ICARDA). Площадь делянки 1 м², норма высева 500 зерен на 1 м². Делянки размещались рандомизировано в 3-х кратной повторности. В качестве стандарта использовали среднеспелый сорт озимой пшеницы Омская 4. Оценка восприимчивости к снежной плесени, зимостойкости и урожайности проведены по методическим указаниям по изучению коллекции пшеницы (1985). Коллекционные образцы генотипированы с использованием 50 KASP-маркеров в Институте биологии и биотехнологии растений (Казахстан). Значимость различий между средними значениями двух групп образцов оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. При изучении коллекции образцов озимой пшеницы в течение трех лет исследований отмечена средняя взаимосвязь устойчивости к снежной плесени и повышенной зимостойкости ($r = 0,41$; $p < 0,01$). Наиболее значимые ассоциации за три вегетационных сезона с устойчивостью к обоим признакам обнаружены для локусов Excalibur_c24303_1145 и RAC875_c40483_245 в хромосомах 1A и 5A с фенотипической изменчивостью 5–11%, которые могут быть использованы для выявления источников устойчивости среди селекционного материала озимой пшеницы. Наличие благоприятных аллелей данных локусов ассоциировано с повышением устойчивости к снежной плесени на 0,36–0,75 баллов и зимостойкости растений – на 3–5,5%. Благоприятные аллели SNP маркеров RAC875_c47427_75 (1B), RAC875_c38003_164 (2D), Excalibur_c14803_1119 (3B), Tdurum_contig44863_910 (4B), Kukri_c7579_367(7B), достоверно ассоциированных с устойчивостью к снежной плесени и зимостойкостью за один вегетационный период ($R^2 = 4–9\%$), достоверно увеличивали устойчивость к болезни на 0,31–0,79 баллов и зимостойкость – на 2–11%. Благоприятные аллели локусов RAC875_c40483_245, Tdurum_contig44863_910 и RAC875_c38003_164 содержатся в геноме у 4–10% образцов коллекции (MAF = 0,042–0,110). Источники благоприятных аллелей идентифицированных локусов, в том числе с низкой частотой встречаемости, рекомендуются в качестве исходного материала для программ гибридизации озимой пшеницы в условиях Западной Сибири: Донэко, Анка (Россия); Казахстанская раннеспелая (Казахстан); Pcelina (Болгария); NE 14434 (Германия); Warhorse, Whetstone, CO13D1299, KS13DH0030-29, KS13DH0030-32, KS020638~5 / Gallagher (США); Kupava /7/ AU /3/ MINN // НК / 38MA /4/ YMH / ERA /5/ (TCI).

Исследования проведены при поддержке Российского научного фонда (Соглашение № 23-16-20006 от 20.04.2023).

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ НОВЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Б. И. Сандухадзе¹, М. С. Крахмалёва¹, Р. З. Мамедов¹, Л. Г. Корнева²

¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Москва, Россия
e-mail: sanduchadze@mail.ru

²ВНИИ фитопатологии, МО, Одинцовский р-н, Большие Вяземы, Россия

Нечерноземная зона является одним из наиболее густонаселённых регионов нашей страны, поэтому потребность в собственном хлебопекарном зерне пшеницы считается актуальной. Основные площади производства озимой пшеницы в Нечерноземье заняты сортами лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка». Сотрудниками этой лаборатории было передано 8 перспективных высокоурожайных сортов на Государственное сортоиспытание: в 2022 году – Московская 31, Немчиновская 14, Искра 22, в 2023 году – Московская 42, Московская 28, Немчиновская 44 и Васильевна, в 2024 году – Московская 74. Устойчивость к болезням считается одним из приоритетных направлений в селекции озимой пшеницы.

Сорта Московская 31, Немчиновская 14, Искра 22, Московская 42, Московская 28, Немчиновская 44, Васильевна и Московская 74 оценивали специалистами ВНИИ фитопатологии по степени поражения мучнистой росой, бурой ржавчиной, септориозом листьев и колоса на делянках конкурсного сортоиспытания, площадь делянки 10 м², 4-кратная повторность в 2022, 2023, 2024 годах. Оценка развития бурой ржавчины, мучнистой росы и септориоза листьев проводили в фазу 75 (молочная спелость), септориоза колоса в фазу 85 (восковая спелость). Для оценки поражения сортов пшеницы к этим заболеваниям в полевых условиях использовали модифицированную и дополненную шкалу Саари-Прескотта. По данной методике все сорта, находящиеся в испытании, были разделены на 5 групп: RR – высоко устойчивые (поражаемость <11%); R – устойчивые (поражаемость 11-20 %); MS – умеренно восприимчивые (поражаемость 21-40 %); S – восприимчивые (поражаемость 41-70 %); HS – высоко восприимчивые (поражаемость 71-100 %).

Бурая ржавчина в 2022 и 2023 годах не имела сильного развития на посевах новых сортов, в 2024 года поражение было слабым, от 0 до 5% поражения. 0% поражения по трём годам оценки имел сорт Васильевна. По поражению мучнистой росой также было отмечено слабое развитие, в 2022 году от 0 до 0,12%, в 2023 году от 0 до 8,8%, в 2024 году от 0 до 5,5%. Наиболее устойчивым сортом была Московская 42 (0,94% поражения). Септориоз листьев имел большее развитие на новых сортах озимой пшеницы, в 2022 году поражение от 4,2 до 15,7%, в 2023 году от 13,4 до 30,2%, в 2024 году от 4,2 до 14,5%. По устойчивости к септориозу листьев выделялся сорт Васильевна, среднее поражение по годам исследования составило 6,9%. В 2022 и 2023 годах все изученные сорта были высокоустойчивыми к септориозу колоса, поражение было ниже 11%. В 2024 года вредоносность септориоза колоса была выше, от 6,0 до 28,5%. Наиболее устойчивым оказался сорт Московская 74, по трем годам испытания поражение составило 2,6%.

В целом, новые сорта были устойчивыми к основным заболеваниям, характерным для Нечерноземной зоны. По данным конкурсного сортоиспытания озимой пшеницы 2022-2024 гг. наименее вредоносным патогеном была бурая ржавчина, а септориоз листьев, напротив, имел наибольший процент развития. Новые сорта, проходящие ГСУ, были либо высокоустойчивыми (поражение <11%), либо устойчивыми (поражение 11-20%) к изученным заболеваниям, и их можно использовать в качестве исходного материала для создания новых линий и сортов, устойчивых к разнообразным патогенам.

НАСЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ NORDIC И БЕЛОГОРСКИЙ К ШВЕДСКОЙ МУХЕ

А. Г. Семенова¹, Е. Е. Радченко²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
Санкт-Петербург, Россия

a.g.semenova@rambler.ru

²ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт
генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

eugene_radchenko@rambler.ru

На Северо-Западе России экономически важный ущерб наносят личинки шведской мухи (*Oscinella frit* L.), которые питаются внутри стебля слабо дифференцированными эмбриональными тканями растений ячменя, что внешне проявляется в усыхании центрального листа. Отмечено, что в случае позднего срока сева поврежденность главных стеблей ячменя может достигать 60%, а всех стеблей – 50%. За последнее десятилетие вредоносность шведских мух существенно возросла, что связывают с глобальным изменением климата и повсеместным использованием поверхностных способов обработки почвы. Возделывание генетически защищенных сортов является основой интегрированной защиты растений, поскольку позволяет снизить химическую нагрузку на агроценоз и тем самым улучшить экологическую обстановку. Для успешной селекции на иммунитет необходимо идентифицировать надежные источники устойчивости к вредителю, изучить возможные механизмы слабой повреждаемости растений и характер наследования признака устойчивости. Цель работы – исследовать генетический контроль устойчивости к шведской мухе у двух сортов ярового ячменя, выделенных нами в предыдущих исследованиях.

В 2023 г. изучили наследование устойчивости к шведской мухе сортов к-22089 Белогорский (Ленинградская обл.) и к-22342 Nordic (США), которые в течение многих лет на Северо-Западе России стабильно слабо повреждались насекомым. Выделенные образцы в 2022 г. скрещивали с восприимчивым сортом к-27605 Криничный (Беларусь) на экспериментальном поле научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (Санкт-Петербург, Пушкин). Материнские устойчивые растения кастрировали по общепринятой методике. Часть семян F_1 репродуцировали в оранжерее для получения семян F_2 . Опыты проводили в поле на провокационном фоне (разреженный поздний посев рядом с озимой рожью), который обеспечивает сильное заселение растений шведской мухой. Определяли процент растений, заселенных личинками вредителя во всех элементах экспериментального блока: у гибридов F_2 , у гомозигот по гену (генам) устойчивости (AA – сорта Белогорский и Nordic), гомозигот по гену (генам) восприимчивости (aa – сорт Криничный) и гетерозигот (Aa – гибриды F_1). Данные полевых учетов использовали для расчета поправок на пенетрантность признака устойчивости у соответствующих генотипических классов при расчете ожидаемых соотношений поврежденных и неповрежденных растений гибридов F_2 . Полученные нами результаты согласуются с предположением о моногенном не полностью доминантном контроле устойчивости к шведской мухе у сортов Белогорский и Nordic. Соотношение здоровых и поврежденных растений у гибридов F_2 Nordic $\times$ Криничный составило 162R : 28S ($\chi^2 = 0,1075$), в F_2 Белогорский $\times$ Криничный – 286R : 73S ($\chi^2 = 0,0003$). Эти гены имеют разную экспрессивность: ген сорта Белогорский контролирует 15,4%-ное повреждение насекомым, а ген сорта Nordic – повреждение личинками 5,3% стеблей. Выделившиеся доноры устойчивости рекомендуются для использования в селекции на иммунитет к опасному фитофагу.

РОЛЬ УСТОЙЧИВОГО СОРТА В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ ВИРУСОВ

К. А. Табанюхов^{1,2}, Е. В. Шелихова^{1,2}, В. С. Масленникова², М. Б. Пыхтина¹

¹ Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

e-mail: tabanyuhov93@mail.ru

Одна из важнейших продовольственных культур в мире, картофель (*Solanum tuberosum*), заражается многими вирусами, девять из которых имеют важное экономическое значение, вызывая существенные потери урожая и заметное снижение качества продукции. Это вирус скручивания листьев картофеля (potato leafroll virus – PLRV), вирусы картофеля A, M, S, V, X и Y (potato viruses A, M, S, V, X, Y – PVA, PVM, PVS, PVV, PVX и PVY), вирус метельчатости верхушек картофеля (potato mop-top virus – PMTV) и вирус погремковости табака (tobacco rattle virus – TRV). Устойчивые сорта картофеля играют важную роль в системе защиты картофеля от вирусов, так как могут снижать или полностью исключать заражение, а также ограничивать их распространение внутри растения, что помогает сохранить урожайность.

Исследование проведено с целью оценки морфометрических и биохимических показателей сортов картофеля при заражении одним или несколькими вирусами. Образцы картофеля сортов Любава, Тулеевский, Гала, Леди Клэр, Бонус, Кибиц, Розара, Ред Скарлетт были отобраны из картофелеводческих хозяйств Кемеровской области. Все сорта, за исключением Ред Скарлетт, по данным оригинаторов, являлись устойчивыми к вирусам.

Наличие вирусов в образцах листьев картофеля определяли методом ПЦР с использованием набора реагентов PV-005 «Potato Virus X, Y, M, L, S, A, PSTVd-PB» производства ООО «СИНТОЛ». У растений измеряли морфометрические (длину надземной части, количество стеблей и листьев) и определяли биохимические показатели: концентрацию хлорофиллов и малонового диальдегида, активность пероксидазы.

В ходе анализа морфометрических и биохимических показателей, выявлено, что более устойчивыми к заражению одним или комбинацией вирусов были сорта Тулеевский, Любава (умеренно устойчивы к PLRV, PVX и PVY) и Леди Клэр (умеренно высокая устойчивость к PLRV, PVX, PVY и высокая – к PVA по данным оригинатора). Самыми восприимчивыми были Гала (средняя устойчивость к PLRV и высокая – к PVYn) и Розара (очень высокая устойчивость к PVY, в том числе, к PVYn, и высокая – к PLRV, по данным оригинатора). Концентрация МДА на этих сортах составила $3,85 \pm 0,74$ и $3,03 \pm 0,86$ мкМ/1 г сырой массы соответственно, что в 1,5-1,7 раз больше, чем на устойчивых. Активность пероксидазы была выше на сортах Кибиц (умеренно устойчив к PLRV и PVY), Леди Клэр и Розара, что может быть связано с физиологическими реакциями на стрессовые условия и играет роль в защите от патогенов и повреждений. При этом, концентрация хлорофилла на устойчивых сортах составила $15,84 \pm 3,29$ (Тулеевский), $27,42 \pm 3,03$ (Любава), $18,62 \pm 6,71$ (Леди Клэр), против $14,55 \pm 2,84$ (Бонус) и $12,69 \pm 2,49$ мг/л (Гала). Количество листьев в среднем составило $19,7 \pm 5,87$ (Кибиц), $17,2 \pm 5,25$ (Бонус), $13,8 \pm 4,76$ (Любава), $17,9 \pm 3,52$ (Тулеевский), $18,7 \pm 9,8$ шт/растение (Гала).

Исходя из полученных данных можно заключить, что биохимические показатели хорошо отражают устойчивость к вирусной инфекции картофеля, в то время как анализ морфометрических показателей скорее отражает сортовые особенности.

ПОЧЕМУ БОЛЬШИНСТВО ИСТОЧНИКОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЛАКОВ К БОЛЕЗНЯМ ВОСПРИИМЧИВЫ К НИМ?

Л. Г. Тырышкин

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: tyryshkinlev@rambler.ru

В последние десятилетия из коллекции ВИР выделены многие десятки и сотни образцов зерновых культур и их диких родичей, высокоустойчивых к грибным листовым болезням. Во многих случаях констатируется также наличие у них новых, ранее не описанных генов резистентности.

Однако независимая проверка устойчивости выделенных форм показала восприимчивость большинства из них к болезням, как в стадии проростков, так и стадии флаг-листа. Это касается таких систем взаимодействия как пшеница – возбудители листовой ржавчины и темно-бурой листовой пятнистости, тритикале – возбудители листовой ржавчины, темно-бурой листовой пятнистости, мучнистой росы и септориоза, овса – возбудителя корончатой ржавчины, ячменя – возбудителей карликовой ржавчины, темно-бурой листовой пятнистости, мучнистой росы и ринхоспориоза, эгилопсов – возбудителей листовой ржавчины, темно-бурой листовой пятнистости, мучнистой росы. Помимо листовых болезней в нашей работе оценивались образцы пшениц, тритикале, ячменя, описанные в отечественной литературе как высокоустойчивые к обыкновенной корневой гнили. Все они были восприимчивы к болезни в стадии 1-2-х листьев.

Таким образом, многие источники эффективной устойчивости, выделенные в работах отечественных ученых, реально таковыми не являются. Помимо введения в заблуждение селекционеров (как следствие траты на проведение скрещиваний, оценки гибридов и последующую полную выбраковку всего материала), данные работы учат молодых исследователей методическим подходам изучения устойчивости, которые неизбежно приведут в будущем к ложному выделению источников эффективной резистентности.

Основные методические ошибки, приводящие к ошибочной идентификации источников устойчивости: 1). на стадии проростков – использование заражения отрезков листьев в бензимидазоле, низкие концентрации конидий гемибиотрофных патогенов при инокуляции растений, выделение устойчивых образцов после заражения единичными генотипами патогенов, идентификация носителей эффективных генов резистентности по результатам анализа ампликонов после ПЦР, использование для инокуляции обедненных популяций биотрофных патогенов, оценка пораженности образцов при константном значении факторов внешней среды; 2). на стадии флаг-листа – выделение «устойчивых» генотипов по результатам одно- двухлетних полевых экспериментов, оценка растительного материала на естественных инфекционных фонах в мелкоделяночных посевах и т.д.

В докладе будут приведены примеры выделения и создания надежных источников резистентности злаков к болезням.

ВАЛИДАЦИЯ ДВУХ SCAR-МАРКЕРОВ ГЕНА УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТА PH-3 К ФИТОФТОРОЗУ ПРИ ОЦЕНКЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Д. А. Фатеев, Н. М. Зотеева

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: d.fateev@vir.nw.ru

Фитофтороз, вызываемый оомицетом *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, является одной из наиболее экономически значимых болезней томата. Высокая изменчивость *P. infestans*, включая появление штаммов, устойчивых к фунгицидам, обуславливает необходимость постоянного поиска новых источников устойчивости. На сегодняшний день у томата идентифицировано несколько генов устойчивости к фитофторозу: *Ph-1*, *Ph-2*, *Ph-3*, *Ph-4*, *Ph-5-1* и *Ph-5-2*. Особый интерес представляет *Ph-3*, который в настоящее время является единственным клонированным геном среди перечисленных. Ранее сообщалось, что комбинация *Ph-2* и *Ph-3* обеспечивает высокую степень устойчивости к преобладающим расам патогена. Эффективность многих молекулярных маркеров, связанных с устойчивостью к *P. infestans*, остаётся неподтверждённой на широком наборе образцов. Среди надёжных молекулярных инструментов — SCAR-маркеры, специфичные к аллелям гена *Ph-3*, наиболее полезны для таргетной селекции.

В настоящем исследовании проведена лабораторная и полевая оценка устойчивости образцов культурных сортов и диких видов томата из коллекции ВИР на научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Молекулярный скрининг растений с различной степенью устойчивости к патогену проведён с применением двух SCAR-маркеров — *Ph-3 SCAR* (ожидаемый размер фрагмента для аллелей R/S: 176/154 пн) и *NCLB-9-6678* (R/S: 600/900 пн). При оценке образцов на высоком естественном инфекционном фоне и при искусственном заражении наблюдали высокий внутрипопуляционный полиморфизм — расщепляющиеся популяции демонстрировали различную встречаемость устойчивых фенотипов (от 3 до 98%). Отсутствие расщепления наблюдали только у единичных образцов. Один из них — местный образец из Южной Америки (к-3969), с устойчивостью у 100% растений как в полевом, так и лабораторном изучении. У растений этого образца отсутствует амплификация известных аллелей гена *Ph-3*, что указывает на возможность наличия у него иного аллеля *Ph-3*, не детектируемого текущими SCAR-маркерами, либо другого гена устойчивости.

В расщепляющихся популяциях остальных 35 образцов оба маркера демонстрировали наличие аллелей устойчивости и восприимчивости; выявлены гетерозиготные состояния у отдельных образцов, подтверждённые расщеплением аллелей в анализе индивидуальных растений. Для повышения надёжности ДНК-маркеров необходимо проверять их функциональность, сравнивая результаты молекулярной и фитопатологической оценки. У растений с высокими показателями устойчивости фрагменты амплификации детектированы при использовании обоих маркеров. При этом наличие фрагмента амплификации 154 пн с использованием маркера *Ph-3 SCAR* характерно для восприимчивых растений, что указывает на отсутствие функции гена и позволяет проводить отбор.

Размер фрагментов	154 пн	176 пн	176 + 154 пн
Средний балл	3,89±0,96	6,6±0,86	3,98±1,6
Стандартная ошибка	0,21	0,27	0,56
Дисперсия выборки	0,91	0,74	2,46

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ПАТОГЕННОСТЬ ГРИБОВ – ВОЗБУДИТЕЛЕЙ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ПШЕНИЦЫ В АКТЮБИНСКОЙ И АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТЯХ КАЗАХСТАНА

А. И. Харипжанова^{1,2}, Е. Б. Дутбаев¹, А. М. Кохметова², М.Т. Кумарбаева²,

А. А. Болатбекова², Н. Ж. Султанова³

¹НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»,

Алматы, Казахстан

e-mail: aidana.kharipzhanova@kaznaru.edu.kz

²РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений», Алматы, Казахстан

³ТОО «Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений»,
Алматы, Казахстан

Казахстан остаётся одним из ведущих мировых производителей пшеницы. По данным ФАО, в 2024 году валовой сбор озимых и яровых сортов составил около 18,6 млн тонн, что на 40% выше среднего показателя за последние пять лет. Однако высокая значимость культуры для продовольственной безопасности страны контрастирует с недостатком комплексных исследований, направленных на изучение возбудителей корневой и прикорневой гнили пшеницы. В 2023 году были проведены фитопатологические обследования в Актюбинской и Алматинской областях. Полевые исследования показали существенные региональные различия по степени поражения. Так, в 2023 г. в Актюбинской области у твердой пшеницы распространение болезни достигало 70,8%, развитие — 30,7%, у мягкой — 56,7% и 20,9%. В Алматинской области показатели варьировали от 45 до 65 % по распространению и от 17 до 21% по развитию.

Для более глубокого понимания этиологии заболевания были собраны образцы поражённых растений *Triticum* spp., из которых выделено 80 грибных изолятов. Их морфологическая диагностика позволила провести предварительное определение видов, а дальнейшая молекулярная идентификация (амплификация ITS, EF1- α , GAPDH, SCoT-анализ и видоспецифические праймеры COSA) уточнила результаты. Секвенирование показало, что доминирующими возбудителями являются *Bipolaris sorokiniana* (0,23%) и *Fusarium equiseti* (0,42%), а также в меньшей степени выявлены *F. nygamai* (0,04%), *F. oxysporum* (0,15%), *Cladosporium inaequalis* (0,05%), *F. flocciferum* (0,04%) и *Alternaria alternata* (0,06%). Дальнейшие исследования были сосредоточены на оценке патогенности выделенных изолятов. В испытаниях, проведённых на восприимчивом сорте №545 Целинница, использовано 21 штамм из семи видов грибов. Установлено, что *B. sorokiniana*, *F. nygamai*, *F. oxysporum*, *C. inaequalis* и *A. alternata* вызывают выраженное угнетение растений, тогда как остальные изоляты проявили низкую или отсутствующую патогенность. Впервые в Казахстане было зафиксировано поражение пшеницы грибом *Fusarium nygamai*, что существенно дополняет сведения о патогенах, формирующих комплекс корневой гнили.

Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP19676202).

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ К ФИТОФТОРОЗУ, РИЗОКТОНИОЗУ И ЦИСТООБРАЗУЮЩИМ НЕМАТОДАМ

А. В. Хютти¹, А. В. Митюшкин², Е. А. Симаков²

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»
(ФГБНУ ВИЗР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: khiutti@mail.ru

²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»,
Москва, Россия

Скрининг отечественных сортов и перспективных гибридов картофеля на устойчивость к фитофторозу (*Phytophthora infestans*), ризоктониозу (*Rhizoctonia solani*) и цистообразующим нематодам (*Globodera rostochiensis*, *G. pallida*) проведен в лабораторных условиях ФГБНУ ВИЗР с использованием климатических комнат и камер PHCBI MLR-352-PE, Binder KBF 720 и Jiuro BPC600H.

Для инокуляции растений фитофторозом использовали изолят MP1841 с 11 генами вирулентности 1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11, который был любезно предоставлен доктором Jadwiga Śliwka (IHAR), заражение ризоктониозом осуществляли популяцией *R. solani* относящейся к третьей анастомозной группе – изолят VZR-RS-AG3PT, заражение цистообразующими нематодами осуществляли с использованием патотипов Ro2, Ro5, Pa1, Pa3.

Растительный материал состоял из 50 сортов и 76 гибридов картофеля селекции ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха".

Тестирование растительного материала к фитофторозу (отдельные листья и ломтики) проводили согласно методикам – Zarzycka (2001), Зотеевой и др. (2004), к фитофторозу (целые растения и целые клубни) – Khiutti et al. (2015), Cruickshank et al. (1982), к ризоктониозу – Genzel (2017), к цистообразующим нематодам – OEPP/EPPO (2015). В зависимости от метода оценки образцы подразделяли на устойчивые и восприимчивые с промежуточными градациями. В качестве восприимчивых контролей использовались сорта зарубежной селекции: Colomba (*P. infestans*, *R. solani*), Desiree (*P. infestans*), Невский (ЦКН). В качестве устойчивых – Alouette, Sargo Mira (*P. infestans*). Оценка проводилась в двух биологических повторностях, в каждой повторности оценивали по 10 растений.

Результаты оценки показали, что высоким уровнем устойчивости к фитофторозу ботвы обладали образцы: Ариэль, Мираж, 2123-2, 4582-2; к фитофторозу клубней: Гранд, Метеор, Мираж, Садон, Сюрприз, 1997-1, 1923-3, 2123-2.

Устойчивость образцов к ризоктониозу определяли по совокупности поражения патогеном стеблей, столонов, а также клубней нового урожая. На основе этих данных высоким уровнем устойчивости обладали сорта: Армада, Беркут, Вымпел, Командор, Корнет, Краса Мещеры, Крепыш, Метеор, Рубин, Сюрприз и гибриды 1800-3, 1997-1, 2123-2, 4434-1, 4582-2, 4614-12.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ К ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А. В. Чашинский, В. А. Козлов, Н. В. Русецкий, Д. В. Башко, Г. М. Головенчик,
Т. В. Семанюк, Е. Л. Раковская

РУП НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, Минская область и
район а/г. Самохваловичи, Республика Беларусь

e-mail: a.chashinski@rambler.ru

Одним из основных направлений работы лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» является пополнение, изучение, сохранение коллекций генетических ресурсов картофеля в условиях Республики Беларусь для обеспечения отечественной селекции картофеля новыми источниками хозяйственно ценных признаков. Исследования ведутся в направлении выделения источников устойчивости к оомицету *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, возбудителям черной ножки и вирусным болезням. Кроме того, проводится тестирование образцов и линии диких видов картофеля коллекции *Solanum* на наличие ДНК маркеров генов устойчивости к фитофторозу, нематоде, раку картофеля, вирусным болезням.

В 2023-2024 гг. на устойчивость листьев к фитофторозу при искусственном заражении оценено 36 образцов коллекции 9 диких видов. Выделено 7 образцов 5 видов картофеля: Л41-2 (*S. hougasii*), iop39-10, iop39-11 (*S. iopetalum*), trf40-7 (*S. trifidum*) Л41-2 (*S. hougasii*), Л87-6 (*S. neoantipoviczii*) и Л66-6 (*S. simplicifolium*) с относительно высокой устойчивостью к патогену.

В условиях защищённого грунта методом искусственного заражения проведена оценка 54 образцов 16 диких видов картофеля коллекции *Solanum* в культуре *in vitro* на устойчивость к вирусным болезням. На основании результатов ИФА с комплексной устойчивостью к Х-, Y-, М- и S-вирусам выделились образцы: К1-4 вида *S. boliviense*, Е50-2 и Е50-10 вида *S. circaeifolium*, Е55-5 и Е55-30 вида *S. etuberosum*. Образцы К1-4 вида *S. boliviense*, Л50-3, 50-33 и Л50-7 вида *S. berthaultii*, Е50-10 вида *S. circaeifolium* и Д42-24 вида *S. emmeae* не содержали инфекцию Х-вируса. При оценке диких видов на устойчивость к Y-вирусу картофеля отобрали 41 образец с устойчивостью к патогену. Не содержали инфекцию S-вируса картофеля 44 образца из 54 изученных. По результатам оценки диких видов картофеля на устойчивость к вирусу М выделено 18 устойчивых образцов.

Проведено молекулярное маркирование 54 образцов 16 диких видов картофеля коллекции *Solanum* в культуре *in vitro* на наличие генов устойчивости к PVX, PVY, PVS, PVM, раку картофеля, золотистой и бледной картофельным нематодам, фитофторозу. В результате проведенной работы выделены образцы, в генотипе которых присутствует комплекс маркеров R-генов: Л87-5, Л87-6 – восемь маркеров генов устойчивости; Е37-2, Л87-2, Л8, Д24 – семь маркеров; Е50-10, Е37-1, Л87-1, Л87-3 – шесть маркеров генов устойчивости; Л44-7, Л50-7 – пять маркеров генов устойчивости.

По результатам изучения образцов диких видов картофеля в культуре *in vivo* по устойчивости к фитофторозу листьев выделен образец PI558405-1 вида *S. iopetalum* с высокой устойчивостью (8 баллов) к патогену. Относительно высокой устойчивостью характеризовались образцы PI 604099-5, PI 604099-3, PI 243344-1 (*S. iopetallum*), PI 567824-3 (*S. colombianum*), PI 498314-2 (*S. violaceimarmoratum*). При изучении образцов диких видов картофеля на устойчивость к черной ножке стеблей выявлены формы PI602471-7 вида *S. chacoense*, PI 567824-3 – *S. colombianum* и PI 607859-2 вида *S. iopetallum* обладающие относительно высокой устойчивостью к патогену (7,0-7,8 балла).

ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА

К. С. Чернобровкина, Э. А. Конькова, М. Ф. Салмова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», Саратов, Россия

e-mail: chernobrovkinaks2017@mail.ru

В засушливых регионах юго-востока европейской части Российской Федерации пшеница играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности. Высокая потенциальная урожайность пшеницы часто остается нереализованной вследствие развития болезней. Среди паразитирующих на пшенице патогенов большой экономический ущерб причиняют грибные заболевания.

Одно из самых важных направлений в интегрированной защите пшеницы от болезней является селекция устойчивых сортов. Успех селекции пшеницы на болезнеустойчивость определяется многими факторами, среди которых решающее значение имеет исходный материал.

С целью выявления источников устойчивости для селекционного процесса в лаборатории иммунитета растений ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» проводится иммунологическая оценка образцов пшеницы в естественных и искусственно созданных условиях, что позволяет выявить образцы, обладающие высоким уровнем устойчивости и генетическим разнообразием по данному признаку.

Исследования проводили в период 2022-2024 гг. на базе ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». В полевых условиях проведена оценка устойчивости 70 сортообразцов озимой мягкой и 150 образцов яровой мягкой пшеницы к возбудителям заболеваний.

Пораженность сортообразцов возбудителями листовой и стеблевой ржавчины, мучнистой росы и пятнистостями листьев учитывали на естественном инфекционном фоне в период максимального развития заболеваний.

Результаты трехлетних полевых испытаний свидетельствуют о высокой устойчивости ряда изучаемых образцов озимой и яровой мягкой пшеницы к листовой ржавчине. Их количество составило 24% от общего числа. По отношению же к стеблевой ржавчине в исследуемые годы лишь 7% изучаемых образцов пшеницы показали высокий уровень устойчивости в фазе взрослых растений на естественном инфекционном фоне.

В результате исследований обнаружено, что 32% изученного материала характеризовались умеренной устойчивостью к поражению мучнистой росой и 37% к поражению пятнистостями листьев.

Таким образом, в результате исследований были выявлены генисточники, обладающие высоким уровнем устойчивости к бурой ржавчине, возбудителям пятнистостей листьев и мучнистой росе. Комплексной устойчивостью к данным возбудителям заболеваний обладали 12,5% от общего количества изученных сортообразцов. Стоит отметить, что среди образцов озимой мягкой пшеницы количество устойчивых было меньше, чем среди образцов яровой мягкой пшеницы.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии в селекционном материале ценных источников устойчивости к комплексу болезней, что представляет интерес для дальнейшей селекционной работы по созданию высокоустойчивых сортов озимой и яровой мягкой пшеницы.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ СОРТОВ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ И ЖЕЛТОЙ РЖАВЧИНАМ

Е. Л. Шайдаюк, Е. И. Гульяева

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: eshaydayuk@bk.ru

Бурая и желтая ржавчина – вредоносные болезни мягкой пшеницы. Возделывание резистентных сортов - экологически безопасный метод борьбы. Для успешной генетической защиты необходима информация об устойчивости возделываемых сортов пшеницы и их генетическому разнообразию. Целью работы являлась характеристика ювенильной устойчивости к бурой и желтой ржавчинам у сортов мягкой пшеницы, впервые включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2024 г., и идентификация у них *Lr* и *Yr* генов с использованием молекулярных маркеров. Изучили 28 озимых и 16 яровых сортов мягкой пшеницы. Для заражения использовали четыре изолята (тест-клона) *Puccinia triticina* и пять изолятов *P. striiformis*. Инфекционный материал видов ржавчины различался по вирулентности и географическому происхождению. Инокуляция растений, их последующая инкубация и учёты на заражение выполнены по общепринятым мировым методикам, адаптированным к условиям ВИЗР. Молекулярные маркеры применили для идентификации 20 *Lr*-генов (*Lr1*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr19*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr37*, *Lr41(39)*, *Lr47*, *Lr51*, *Lr66*, *Lr6Agi2*), восьми *Yr*-генов (*Yr5*, *Yr9*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr17*, *Yr18*, *Yr24*, *Yr60*) и пшенично-ржаной транслокации 1AL.1RS с неизвестными *Lr* и *Yr*-генами. Устойчивость ко всем изолятам *P. triticina* показали семь (25%) озимых (Верочка, КВС Эмиль, Олышанка, Ставропольская 7, Эмма, Эн Альтаис, Эн Исида) и пять (37%) яровых сортов (Агрономическая 5, Загора новосибирская, КВС Карузум, Кинельская звезда, Мельница). Число сортов, устойчивых к возбудителю желтой ржавчины, было значительно ниже. Только один озимый сорт КВС Эмиль показал резистентность к используемым изолятам *P. striiformis*. Высокой эффективностью к бурой ржавчине в России характеризуются гены *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr41(39)*, *Lr47*, *Lr51*, *LrSp*, *Lr6Agi2*; к желтой ржавчине гены *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr24*. В молекулярном анализе из этих генов у сортов идентифицирован только *Lr24* (КВС Эмиль, КВС Карузум, Мельница (+*Lr20*, *Lr34*)). Гены *Lr9* и *Lr19* относятся к группе частично эффективных. Они утратили эффективность в регионах, где широко возделываются несущие их сорта. Ген *Lr9* определен у озимого сорта Владимирская 9 (+*Lr1*) и ярового Агрономическая 5 (+*Lr26*), ген *Lr19* у яровых сортов – Зауральский простор (+*Lr3*) и Кинельская звезда (+*Lr10*). Умеренно эффективные возрастные гены устойчивости к бурой *Lr37* и желтой *Yr17* ржавчинам определены у озимых сортов Арена (+*Lr1*, *Lr10*, *Lr26*, *Yr9*) и Междуреченка. Кластер генов частичной эффективности (partial resistance genes) *Lr34*, *Yr18* и *Sr38* определен у семи озимых (Алапат, Аида, Антиповка, Верочка, Донская Т20, Олышанка, Ставропольская 7) и двух яровых (Агрос, Ница) сортов. Данный тип устойчивости характеризуется более длительным латентным периодом, уменьшением числа пустул на единицу поверхности листа, их размера и количества спор в пустуле. В изученном материале выявлена высокая представленность малоэффективных генов *Lr1*, *Lr3*, *Lr10*, *Lr20*, *Lr26* и *Yr9*. Преимущественно они встречались в различных сочетаниях. Ген *Lr1* постулирован у 11 сортов; ген *Lr3* у 8 сортов; ген *Lr10* у шести сортов, ген *Lr20* у трех сортов, гены *Lr26* и *Yr9* у 15 сортов. Проведенный анализ показал высокий потенциал изученного материала в отношении генетической защиты от бурой ржавчины и умеренный от желтой ржавчины, особенно для яровых генотипов. Актуальность нарастания в регионах значимости *P. striiformis* обуславливает необходимость проведения опережающей селекции к желтой ржавчине.

НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ

К. Д. Шурхаева, Т. Н. Абросимова

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
Казань, Россия

e-mail: shurhaeva.k@yandex.ru

Важным направлением селекции гороха является создание сортов, устойчивых к болезням. В основных зонах возделывания культуры поражение растений патогенами наносит значительный экономический ущерб. Многие исследователи указывают на сильную вредоносность корневой гнили (Фадеева, 2015). Подчеркивая широкую специализацию возбудителей корневой гнили гороха, ограниченность успешных результатов селекции на болезнеустойчивость, исследователи приводят сведения об имеющихся сортовых различиях по реакции на поражение возбудителями корневой гнили и селекционных приемах повышения болезнеустойчивости сортов (Бударина, 2017; Ярославцев, 2019).

Генетический материал по устойчивости к корневой гнили (*Aphanomyces euteiches* Drecks.) исследовался на естественном фоне в годы с избыточным увлажнением и сильным развитием эпифитотий гриба (2019, 2022, 2025). В качестве объектов исследования использовали 11 сортов гороха селекции ТатНИИСХ, созданные в различные периоды, которые отличались по архитектонике листа и боба. Учеты и оценку образцов проводили согласно предложенным методическим указаниями ВИР, ВИЗР (1979).

Среди изученного генофонда гороха не обнаружено иммунных к корневой гнили форм и сильновосприимчивых (таблица). Большинство сортов характеризовалось средним развитием болезни. При анализе выявили, что среди сортов с хорошо развитым пергаментным слоем средним поражением корневой системы характеризовались 36,4%. Выделены генотипы с развитием болезни до 25 % в среднем за три года и включенные в группу устойчивых: Ватан, Венец. Данные образцы предлагаются для использования в селекции в качестве источников устойчивости к болезни. Восприимчивым оказался сорт Варис.

Таблица. Распределение сортов гороха по устойчивости к корневой гнили, 2017, 2022, 2024 гг.)

Иммунологическая характеристика	Развитие болезни, %	Количество образцов			
		луцильные		беспергаментные	
		шт.	%	шт.	%
Иммунные	0	0	0	0	0
Устойчивые	до 25	2	18,2	0	0
Среднеустойчивые	26-40	4	36,4	3	27,3
Восприимчивые	41-60	1	9,0	1	9,1
Сильновосприимчивые	свыше 60	0	0	0	0

Группа сортов с тонкими створками боба с развитием корневой гнили в пределах 26-40% проявила среднюю устойчивость к болезни: Фрегат, Велес, Кабан. Восприимчивостью к корневой гнили характеризовался сорт Купидон с развитием болезни 41,0%.

Таким образом сорта Ватан и Венец созданы на основе источника устойчивости к корневой гнили Л-318 методом многократного индивидуального отбора из гибридной комбинации при скрещивании с образцом Б-1363/17 (Самарский НИИСХ) и (Першоцвит × Меркато) и рекомендуются в качестве источников устойчивости признака.

Работа выполнена в рамках государственного задания №125031003428-9.

ИСТОЧНИКИ УСТОЙЧИВОСТИ К КАРЛИКОВОЙ РЖАВЧИНЕ И СЕТЧАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ ЯЧМЕНЯ СРЕДИ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ВИР

Я. В. Яхник¹, А. В. Данилова¹, Г. В. Волкова¹, И. Г. Лоскутов²

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений», Краснодар, Россия

² ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: yahnik1@mail.ru

Разработка экологически чистых методов защиты сельскохозяйственных культур от основных болезней предполагает выведение сортов, иммунных к местным популяциям патогенов. Внедрение новых источников устойчивости в селекционные программы повышает генетическое разнообразие и устойчивость к основным болезням. Цель исследования – выявить устойчивые к северокавказской популяции возбудителей карликовой ржавчины и сетчатой пятнистости листьев образцы среди пленчатых разновидностей двурядного (*Nutans*, *Erectum*) и шестирядного ячменя (*Parallelum*, *Pallidum*, *Pyramidatum*) для рекомендаций дальнейшего их использования в селекционной практике.

Исследование проведено в условиях полевого инфекционного питомника ФГБНУ ФНЦБЗР. Оценку образцов проводили в фазу взрослого растения на искусственном инфекционном фоне карликовой ржавчины (для инокуляции растений *P. hordei* использовали смесь урединиоспор с тальком в соотношении 1:100 при нагрузке 10 мг спор/м²) и естественном инфекционном фоне сетчатой пятнистости листьев. Предшественник – чистый пар. Для исследования были отобраны 50 образцов пленчатой разновидности двурядного и шестирядного ячменя озимого (*Nutans*, *Parallelum*, *Pallidum*, *Erectum*, *Pyramidatum*), предоставленных ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова». В качестве контроля по восприимчивости высеян сорт Романс.

В результате проведения иммунологической оценки было выделено 3 образца, проявивших устойчивость к карликовой ржавчине (Grete (Германия, кат. ВИР № 30793), Paradises (Германия, кат. ВИР № 31566), Maron (Польша, кат. ВИР № 31213)) и 33 образца (Сварог (Украина, кат. ВИР № 31415), Дукат (РФ, кат. ВИР № 31463), ST 130 (США, кат. ВИР № 30552), Купал (РБ, кат. ВИР № 30571), Novosadski 519 (Югославия, кат. ВИР № 30951), Novosadski 525 (Югославия, кат. ВИР № 30952), Novosadski 529 (Югославия, кат. ВИР № 30953), Post (Германия, кат. ВИР № 31204), Метелица (Украина, кат. ВИР № 31209), «В» Stamme 144 (Болгария, кат. ВИР № 31212), КТ 2049 (Болгария, кат. ВИР № 31219), Снегова королева (Украина, кат. ВИР № 31406), Жигули (РФ, кат. ВИР № 31408), Полет (РФ, кат. ВИР № 31409), Тимофей (РФ, кат. ВИР № 31410), Каскадьор (Кыргызстан, кат. ВИР № 31411), Ахат (Кыргызстан, кат. ВИР № 31412), Статок (Украина, кат. ВИР № 31416), Гаухар (Кыргызстан, кат. ВИР № 31454), Жерар (Украина, кат. ВИР № 31460), Perkins (США, кат. ВИР № 30141), ST 118 (США, кат. ВИР № 30549), ST 122 (США, кат. ВИР № 30550), Панич (РБ, кат. ВИР № 30572), Панагон (Болгария, кат. ВИР № 30906), Вежен (Болгария, кат. ВИР № 30908), 971/77 (Германия, кат. ВИР № 31211), Карнобат (Болгария, кат. ВИР № 31215), Руен (Болгария, кат. ВИР № 31217), КТ 2046 (Болгария, кат. ВИР № 31218), Мастер (РФ, кат. ВИР № 31407), Юрий (РФ, кат. ВИР № 31452) и Kirat 97 (Кыргызстан, кат. ВИР № 31453)), проявивших устойчивость к сетчатой пятнистости листьев ячменя в фазу взрослого растения в условиях полевого инфекционного питомника. Устойчивые к патогенам разновидности ячменя озимого представляют интерес для селекционной практики в качестве источников устойчивости к *P. hordei* и *P. teres*.

Исследования выполнены в соответствии с Государственным заданием Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках НИР по теме FGRN-2025-0002.

СЕКЦИЯ 3.
ЭКОЛОГО-БИОЦЕНОТИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ
К ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ
И
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ
ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ

ИММУНИТЕТ ПОДСОЛНЕЧНИКА К ЗАРАЗИХЕ В ИХ СОПРЯЖЁННОЙ ЭВОЛЮЦИИ И СТРАТЕГИЯ БОРЬБЫ С РАСТЕНИЕМ–ПАРАЗИТОМ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Т. С. Антонова, Н. М. Арасланова, С. Л. Саукова, М. В. Ивебор

ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных растений имени В.С. Пустовойта» (ВНИИМК),
Краснодар, Россия

e-mail: antonova-ts@mail.ru

Понятие сопряжённой эволюции заразихи (*Orobanche cumana* Wallr.) и подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) в настоящее время подразумевает искусственно созданную руками человека систему адаптации облигатного растения-паразита к изменяющимся свойствам растений возделываемого сортимента его хозяина.

O. cumana представляет собой высшее, цветковое, растение, не имеющее собственных корней и листьев. Проросток семени заразихи врастает в корень подсолнечника и с помощью формирующегося гаусториального органа потребляет его метаболиты, чтобы сформировать стебель, цветки на нём и в них - плоды-коробочки, с мельчайшими, пылевидными семенами.

За более, чем столетний период заразиха успешно преодолела действие естественных механизмов защиты, которые проявляются при любом механическом (иногда и химическом) повреждении клеток и тканей. Это и реакция сверхчувствительности повреждённых клеток, их гибель, некроз вместе с проникшими в них клетками паразита, и выделение токсичных фенольных соединений или образование суберина, лигнина и других веществ, изолирующих участок чужеродного проникновения от дальнейшего вторжения. Многие десятилетия назад в селекции на устойчивость к заразихе искусственный отбор нужных генотипов подсолнечника в направлении усиления этих признаков был оправдан и эффективен. Однако в ходе сопряжённой эволюции с подсолнечником у апикальных клеток проростка семени паразита появилась способность выделять пектолитические (и другие) ферменты при проникновении в корень, благодаря которым они раздвигают и обтекают клетки хозяина, вытягиваясь в направлении центрального цилиндра для проникновения в ксилему корня. Защитная реакция сосудов ксилемы в виде отложения на их стенках лигнина также успешно была преодолена паразитом. После непродолжительно существовавшего следующего механизма защиты в сосудах ксилемы корня в виде гелевых пробок, изолирующих проникшую клетку заразихи, дальнейшая борьба паразита и хозяина происходит на уровне изменений в метаболизме подсолнечника, к которым адаптируется паразит. При этом у культурного подсолнечника и его однолетних дикорастущих видов нет своих генов устойчивости к современным биотипам заразихи (F, G, H). Их необходимо вводить извне. Несоблюдение научно-обоснованного севооборота подсолнечника на протяжении трёх последних десятилетий привело к сокрушительному засорению полей семенами заразихи. Их всхожесть сохраняется до 20 лет, при нахождении в почве. В таких условиях селекционная работа по созданию новых устойчивых к заразихе сортов и гибридов подсолнечника становится бессмысленной, если не использовать в первую очередь все доступные меры по очистке полей от семян паразита: 1) восстановить обязательную, закреплённую в законодательном порядке, научно-обоснованную продолжительность севооборота подсолнечника; 2) широко применять культуры-провокаторы, вызывающие их прорастание (кукуруза, сорго, суданская трава, просо и др.), но не являющиеся их хозяевами; 3) сеять новые гибриды подсолнечника, содержащие отсутствующий у заразихи ген устойчивости к гербицидам, помня при этом, что частое использование таких гибридов быстро приведёт к появлению и распространению устойчивых к гербициду биотипов паразита.

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ И ВИДОВОГО СОСТАВА ГРИБОВ РОДА *ALTERNARIA* В ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИДОСПЕЦИФИЧНЫХ ДНК-МАРКЕРОВ

Д. В. Башко, В. А. Козлов, Г. М. Головенчик, А. В. Чашинский, Н. В. Русецкий

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Минский район, Республика Беларусь

e-mail: geneticabelbulba@mail.ru

Республика Беларусь занимает лидирующие позиции в мире по количеству выращенного картофеля на душу населения.

По данным многолетнего мониторинга, ежегодные потери урожая картофеля от патогенов в зависимости от сорта составляют 20-30%, а в некоторые годы превышают 50%. Вредоносность альтернариоза картофеля определяется степенью поражения вегетирующей массы, уменьшением ассимиляционной поверхности листьев и изменением физиолого-биохимических процессов в зараженных растениях, при этом снижается урожай и ухудшаются его товарные качества. С увеличением степени поражения ботвы у всех сортов картофеля резко увеличивается количество нетоварных клубней. У среднеранних и среднеспелых сортов оно может достигать 28-37%, у поздних – 15-18%.

Целью нашей работы было определение видового состава грибов рода *Alternaria* в посадках картофеля на территории Витебской области Республики Беларусь с применением видоспецифичных маркеров ITS5/MR, ITS5/SR, Inf.Pr/Inf.Obr, AAF2/AAR3, Ain3F/Ain4R, ABCsens/ABCrev, ABRE1/ABRE3. Ранее такие исследования в республике не проводились.

В Витебской области обследованы посадки картофеля в Глубокском, Верхнедвинском, Поставском, Витебском, Оршанском и Полоцком районах.

Отбор листовых проб, выделение ДНК и проведение анализа осуществляли в июле-августе 2025 года. Объектом исследования послужили 48 образцов ДНК.

По результатам проведенного ПЦР-анализа выявлены четыре вида возбудителей альтернариоза: *Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Alternaria infectoria* и *Alternaria brassicae* с различной частотой встречаемости. Изоляты со специфичными для вида *Alternaria alternata* участками ДНК были идентифицированы во всех обследованных районах Витебской области. Они присутствовали у 100% изученных образцов. Частота встречаемости вида *Alternaria infectoria* также составила 100%. Крупноспоровый вид *Alternaria solani* выявлен у 21% образцов. Он был обнаружен в Верхнедвинском, Поставском, Витебском и Оршанском районах. Видоспецифичные маркеры к виду *Alternaria brassicae* присутствуют в 90 % отобранных образцов во всех обследованных районах Витебской области.

По данным В. Г. Иванюка (2005), Витебская область относится к зоне слабого развития альтернариоза. За последние годы произошло изменения климата в сторону потепления, что способствовало увеличению распространения возбудителей альтернариоза и в Северных районах Республики Беларусь.

ПРИГОДНОСТЬ РАЙОНИРОВАННЫХ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ СОРТОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЗЛАКОВЫХ ТЛЕЙ

А. Б. Верещагина, Е. С. Гандрабур

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: helenagandratur@gmail.com

Пшеница, овес и ячмень относятся к важнейшим зерновым культурам, возделываемым в Ленинградской области. Среди вредителей этих злаков важное экономическое значение имеют тли. На Северо-западе наиболее распространены черемухово-злаковая *Rhopalosiphum padi* (L.), большая злаковая *Sitobion avenae* (F.) и розанно-злаковая *Metopolophium dirhodum* (Walk.) тли. Современные климатические изменения и техногенные воздействия сопровождаются реорганизацией взаимоотношений тлей с кормовыми растениями и требуют регулярного контроля. В течение двух лет мы оценивали пригодность районированных в Ленинградской области сортов пшеницы (Соннет, Каллипсо, Сударыня, Эстер, Дарья, Скипетр, Ленинградская 6), ячменя (Инари, Яромир, Суздалец, Надежный, Владимир ЭС) и овса (Боррус, Яков) для развития трех указанных видов тлей. Оценку проводили в полевых (на естественном фоне заселения) и вегетационных условиях. В поле (фаза стеблевания) численность *R. padi* оценивали в баллах, численность *M. dirhodum* была низкой, поэтому определяли общее количество особей на стебле, численность *S. avenae* не определяли. В вегетационных условиях (фаза кущения) учитывали численность и количество окрыляющихся потомков у эмигрантов и у бескрылых особей за 14 дней репродукции. В случае *S. avenae* оценивали пригодность сортов для развития только бескрылых самок. В наших исследованиях не было найдено корреляции между плотностью колоний и окрыляемостью потомства, поэтому последний показатель рассматривался как «стремление» тлей покинуть растение, чем-то неблагоприятное для них. В среднем у бескрылых самок *R. padi* колонии были более многочисленны, а окрыляемость потомства ниже, чем у эмигрантов. У *M. dirhodum*, в отличие от *R. padi* окрыляемость потомства у бескрылых самок оказалась выше, чем у эмигрантов. В целом, наиболее высокий темп размножения на зерновых в фазе кущения в вегетационных условиях отмечен у бескрылых самок *R. padi*: 325 ± 26.4 (Инари) – 543 ± 80.7 (Яков); меньше у *M. dirhodum*: 125.8 ± 8.9 (Дарья) – 277.3 ± 24.6 (Суздалец) и самый низкий у *S. avenae*: 31.7 ± 3.6 (Инари) – 59.2 ± 18.8 потомков (Ленинградская 6). Окрыляемость потомства снижалась в той же последовательности. У *R. padi*: 4.0 (Эстер) – 12.7 (Ленинградская 6), у *M. dirhodum*: 1.3 (Эстер) – 8.0 (Ленинградская 6); у *S. avenae*: 0.9 (Яков) – 6.1 %% (Каллипсо). В поле численность тлей была невысокой и в среднем составляла 2.6 ± 0.3 балла для *R. padi* и 5.0 ± 0.5 тлей/стебель для *M. dirhodum*. На основании показателя суммы мест выявлено, что культивируемые в Ленинградской области сорта пшеницы Сударыня и Эстер, ячменя Суздалец и Владимир ЭС и овса Боррус наиболее пригодны для развития *R. padi*, Эстер и Суздалец – также для *M. dirhodum*, а Яромир (ячмень) и Яков (овес) – для *S. avenae*. Отмечено, что некоторые сорта могут сдерживать развитие тлей. Это, например, Надежный (ячмень) – *R. padi*; Скипетр, Ленинградская 6 (пшеница) – *M. dirhodum* и Скипетр – *S. avenae*.

Работа выполнена в рамках государственного задания ВНИИ защиты растений № FGEU-2025-0002.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ ЦЕРКОСПОРОЗА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ: ОТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАТОГЕНА ДО МОНИТОРИНГА УСТОЙЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ *CERCOSPORA BETICOLA* SACC. К ФУНГИЦИДАМ

Е. А. Волынчикова

АО Фирма «Август», Москва, Россия

e-mail: e.volynchikova@avgust.com

Эффективный контроль церкоспороза сахарной свеклы невозможен без точной и своевременной диагностики. Распространение популяций *Cercospora beticola*, устойчивых к фунгицидам, требует совершенствования методов не только видовой идентификации, но и мониторинга агрессивности и чувствительности патогена к действующим веществам для принятия научно обоснованных решений по защите растений. Традиционная микологическая диагностика (визуальная оценка симптомов, микроскопирование) является трудоемкой, требует высокой квалификации и не предоставляет информации о свойствах патогена, критически важных для выбора стратегии защиты (устойчивость к фунгицидам, агрессивность). Разработка комплекса диагностических протоколов для *C. beticola*, позволяющих на разных этапах развития болезни проводить быструю идентификацию, оценку потенциальной опасности и определение эффективных мер контроля, позволит в конечном итоге увеличить урожаи сахарной свеклы.

В ходе работы был предложен интегрированный диагностический алгоритм. Видоспецифичная ПЦР тест-система для точной идентификации *C. beticola*, исключающая ошибки при диагностике схожих симптомов, вызываемых другими патогенами, позволяет детектировать ДНК патогена в тканях растения до появления видимых симптомов, что критически важно для определения оптимальных сроков первой обработки, а также объективно оценивать агрессивность изолята и устойчивость сорта. Для мониторинга устойчивости популяций патогена к фунгицидам предложена двухуровневая система. Она включает быстрый и экономичный *in vitro* скрининг на питательных средах с фунгицидом для массового анализа полевых образцов, а также высокоточный молекулярный ПЦР-скрининг для детекции ключевых мутаций в генах, связанных с устойчивостью. Это позволяет оперативно определять доли устойчивых изолятов в популяции и корректировать схемы обработок.

Для прогностической оценки патогенного потенциала (агрессивности) выявленных изолятов применен метод фенотипирования на листьях свеклы в условиях *in vivo*. Его ключевым элементом является автоматизированный анализ изображений листовых дисков с помощью программного обеспечения, что позволяет количественно оценивать площадь некрозов. Внедрение комплекса методов позволяет перейти от реактивной к проактивной стратегии защиты, основанной на точных данных о патогене. Такая система служит прочной основой для создания системы регионального мониторинга структуры популяций *C. beticola*, что является базой для разработки научно обоснованных стратегий для борьбы с резистентностью фитопатогенов.

ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ФАСЦИИ РАСТЕНИЙ

А. А. Выприцкая

Среднерусский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина»
(ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»), Тамбовская область, Россия

e-mail: vypritskaya2014@mail.ru, tmbsnifs@mail.ru

В 2024 году обследованы посевы подсолнечника гибридов Сузук 150 KS, МАС 83 СУ, Зубелла КЛ, Виктори КЛ, Самарин 421, Фаусто ШТ, ЛГ504 79 СХ, на которых до 70% растений было поражено вертициллёзом.

На гибридах Зубелла КЛ и ЛГ 504 79 по краям полей, в 6-7 метрах от автомобильных дорог, зарегистрированы многочисленные участки размером 5-6 м. кв, на которых в фазу бутонизации проявились чёткие признаки фасциации – деформация точки роста растений. Это привело к утолщению и увеличению объёма стеблей, они расширены, сплюснены, как бы составлены из нескольких сросшихся стеблей. Растения при этом сохраняют вертикальный рост.

Утолщение и увеличение объёма стеблей, и их поверхности повлияли на густоту покрытия листьями, общее количество которых на растениях в несколько раз превышало количество листьев на здоровых стеблях. Бросается в глаза чрезмерная длина черешков отдельных листьев и мелкие листовые пластинки. Листья в верхней части поражённых растений с такими черешками, резко выпрямлены и скучены у конуса нарастания.

Вместо полноценных бутонов, на таких стеблях образовались их уродливые бесформенные, непродуктивные подобию.



У некоторых растений в пазухах многочисленных листьев по всему стеблю сформировались такие же уродливые бутоны, впоследствии зацветшие, но не преобразовавшиеся в корзинки (рисунок).

На всех растениях с признаками фасциации не зарегистрировано поражение вертициллёзом.

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что на проявление фасциации влияет биотический фактор (сортообразец).

ИММУННЫЙ ОТВЕТ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ И РАПСА НА КОМПЛЕКСНУЮ ИНФЕКЦИЮ ПРИ ВЫСОКИХ И НИЗКИХ СУБОПТИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Э. М. Гайсина¹, Д. А. Никитинский², Е. В. Никитинская², С. В. Панчук³, Е. Н. Пакина¹,
А. Н. Игнатов¹

¹ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» (РУДН),
Москва, Россия

e-mail: gaysina-em@rudn.ru

²ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ВНИИКР), г. Москва, Россия

³ФГБНУ ФНЦО, г. Москва, Россия

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) и рапс (*Brassica napus* L.) являются важными сельскохозяйственными культурами в России и других странах с умеренным климатом. Восприимчивость этих растений к температурному стрессу и бактериальным и вирусным заболеваниям наносит значительный ущерб при их выращивании. Изменение климата увеличивает среднюю температуру и частоту экстремальных погодных явлений, включая более интенсивные и частые периоды понижения и повышения температуры во время вегетационного сезона. Культурные растения умеренного климата особенно уязвимы, и их урожайность обычно снижается с повышением температуры. Цель исследования - провести сравнительный анализ воздействия субоптимальных (повышенных и пониженных) температур на заражения вирусами и фитопатогенными бактериями. Исследование было проведено в 2021-2024 годах на кафедре агробиотехнологий РУДН с использованием экспериментов в контролируемых условиях. Объектами исследования были 2 сорта картофеля (Красавчик, Кумач) и 2 сорта масличного рапса (Cobra, Capricorn), контрастных по устойчивости, и два фитопатогена *Pectobacterium brasiliense* + *Pseudomonas marginalis* для картофеля и *Xanthomonas campestris* + *Pseudomonas marginalis* для рапса. Согласно результатам исследований, тренд роста поражения растений при повышении температуры был сильнее выражен для восприимчивых сортов во всем диапазоне температур (12-30°C), но для устойчивых сортов сильнее проявлялся в интервале 22-30°C. Различия между устойчивыми и восприимчивыми сортами были сильнее выражены при заражении одиночными патогенами, чем при комплексной инфекции. При заражении двумя патогенами, но также при оптимальной (+22°C) и субоптимальной высокой температуре (30°C) наблюдался статистически достоверный синергизм относительно одиночной инфекции для картофеля, но отсутствие взаимодействия для рапса. При заражении картофеля при низкой температуре (12°C), развитие болезни при совместной инокуляции было ниже, чем у патогенов при моноинфекции. Таким образом при низкой температуре наблюдался достоверный антагонизм патогенов или повышенное проявление устойчивого ответа растений. В то же время, совместное заражение рапса при 12°C показало достоверное увеличение развития болезни относительно одиночного заражения патогенами. Более высокие средние температуры, связанные с изменением климата, обычно усиливают развитие заболеваний растений. Молекулярные механизмы, лежащие в основе этой реакции, часто неизвестны. Таким образом, развитие болезней растений, вызванных смешанной инфекцией, может усиливаться или ослабевать при росте температуры, но конкретные результаты зависят от многих факторов, включая генетику хозяина и патогена. Очевидно, что повышение температуры окружающей среды не только негативно сказывается на растениеводстве, но и требует учета характера изменений развития болезней и состава патогенов при селекции новых сортов.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ И ОКРЫЛЕНИЯ ЧЕРЕМУХОВО-ЗЛАКОВОЙ ТЛИ ИЗ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ ПРИ ПИТАНИИ НА ДИКОРАСТУЩИХ ЗЛАКАХ

Е. С. Гандрабур, А. Б. Верещагина, Н. С. Клименко, Ф. К. Еремеев

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: helenagandratur@gmail.com

Черемухово-злаковая тля *Rhopalosiphum padi* (L.) широко распространена во всем мире. В северной части ареала живет двудомно, мигрируя с видов р. *Prunus* L. в основном на Мятликовые. Вредоносность *R. padi* определяется ее высокой численностью и поглощением растительных соков, а также быстрым расселением и переносом вирусных и других инфекций. На юге ареала, включая Краснодарский край, где первичный хозяин встречается редко, *R. padi* обитает, как правило, на злаках в виде облигатно партеногенетических клонов и быстро достигает высокой численности. Особенности биологии, сосущий тип питания и высокая экологическая пластичность тлей затрудняют селекцию устойчивых растений и другие способы защиты, сокращающие размножение вредителя на хлебных злаках. В связи с этим приемлемость злаковых трав как дополнительных источников питания, размножения и расселения *R. padi* приобретают экономическое значение. Изучали особенности развития *R. padi* на злаковых травах 12 видов различной практической значимости: культивируемые – костреца прямой с. Целиноградский юбилейный, райграс пастбищный с. Sherlock, овсяница луговая с. Сахаровская, ежа сборная с. Триада и дикорастущие – житняк гребневидный, ячмень гривастый, мятлик обыкновенный, овсюг пустой, куриное просо, свинорой пальчатый, щетинник зеленый, пырей ползучий. В качестве контрольных растений использовали кукурузу гибрид Воронежский 158 и яровую пшеницу с. Ленинградская 6. Фенотипировали три клона тли, собранные в трех районах Краснодарского края. Тестирование пригодности трав для развития тлей проводили по показателям численности и окрыления потомства за первые 14 дней репродукции от трех бескрылых самок не менее, чем в трех повторностях. Анализ результатов исследований проводили при помощи программного обеспечения StatSoft® STATISTICA 12.

Показано, что, согласно критерию Дункана, куриное просо было наименее пригодным для колонизации *R. padi* по обоим показателям (41.6 ± 5.2 потомков и 29.8%), а по численности потомства, наряду с пшеницей (180.1 ± 28.7 потомков) и кукурузой (204.3 ± 22.5 потомков), наиболее благоприятным оказался мятлик обыкновенный (181.7 ± 23.9 потомков). Кострец прямой, пырей ползучий, щетинник зеленый и овсюг пустой также могут поддерживать размножение *R. padi* в Краснодарском крае. Двухфакторный дисперсионный анализ количества потомков и их окрыления в зависимости от клона при питании на различных кормовых растениях позволил выявить статистически значимое влияние клона тли ($F=8.4$; $F_{0.01}=5.4$), вида растения ($F=25.2$; $F_{0.01}=4.5$) и взаимодействия этих факторов ($F=3.51$; $F_{0.01}=4.47$) на количество потомков, и только вида растения на окрыление потомков ($F=6.3$; $F_{0.01}=4.5$). Между численностью и окрылением потомков корреляция не обнаружена. Выявленные группы растений с различной степенью приемлемости для размножения и окрыления *R. padi* могут быть рекомендованы для мониторинга мест резервации вредителя.

Исследование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда (грант № 24-76-10009).

МОНИТОРИНГ ЖЁЛТОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ НА ПШЕНИЦЕ С ПОМОЩЬЮ СПОРОУЛАВЛИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

К. Э. Гасиян, О. Ю. Кремнева

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), Краснодар, Россия

e-mail: gasiyankkk@mail.ru

Жёлтая пятнистость листьев (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler) – болезнь, поражающая пшеницу по всему миру. В России встречается в Западной Сибири, Поволжье, Калининградской области, в республике Алтай, широко распространена в Краснодарском, Ставропольском краях, Ростовской области и Республике Адыгея. Потери урожая от данной болезни достигают 10–25 %, в условиях эпифитотий – 40–60 %. В качестве эффективного средства мониторинга жёлтой пятнистости листьев пшеницы могут выступать спороулавливающие устройства, которые позволяют оценить количество спор *P. tritici-repentis* в приземном слое атмосферы среди растений. Если между количеством спор и развитием болезни в посевах имеется корреляция, то в последствии на основании данных о количестве спор возможно прогнозирование развития болезни в посевах. Целью исследования являлось изучение динамики лёта и количества спор *P. tritici-repentis* спороулавливающим устройством в посевах озимой пшеницы и выявление корреляции между количеством спор и развитием жёлтой пятнистости листьев в посевах.

Исследования проведены на опытных посевах ФГБНУ ФНЦБЗР в 2024 году. Для исследований были выбраны сорта озимой пшеницы Гром, Сварог, Безостая 100, Юка и Алексеич. Для оценки содержания спор *P. tritici-repentis* использовалось «Устройство для определения заспоренности растений». Отбор проб устройством проводили параллельно с оценкой развития болезни в посевах по общепринятой фитопатологической методике. Корреляционный анализ осуществлялся с помощью программы Statistica 2010 с использованием критерия Спирмена на высоком уровне значимости (95 %).

Мониторинг спор *P. tritici-repentis* посредством спороулавливающего устройства показал, что начало лёта конидий фитопатогена зафиксировано в конце фазы развития пшеницы «выход в трубку» (Z 37). Пик лёта отмечен в фазе «молочная спелость» Z 75. При этом наибольшее количество спор обнаружено в посевах сортов Алексеич и Безостая 100 (в среднем, 15 шт/м² и 10 шт/м² соответственно), являющихся восприимчивыми к жёлтой пятнистости листьев пшеницы. Среди посевов сортов Сварог и Гром в фазе Z 75 в среднем было выявлено 6-9 шт/м². Наименьшее количество спор выявлено в посевах сорта Юка – 2-3 шт/м². Развитие жёлтой пятнистости листьев пшеницы было отмечено в посевах всех исследуемых сортов. Наибольшее развитие болезни отмечено в посевах сортов Алексеич (7,17 %) и Безостая 100 (5,10 %) в фазу «молочно-восковой спелости» Z 75. На одном уровне болезнь развивалась в посевах сортов Сварог и Юка (2,80 % и 2,81 %, соответственно). Наименьшее развитие болезни отмечалось в посевах сорта Гром (2 %). Таким образом, количество спор, выявленных спороулавливающим устройством, и данные по развитию болезней в посевах исследуемых сортов соотносятся между собой. Выявлена высокая корреляция (0,9) между количеством выявленных устройством спор *P. tritici-repentis* и развитием жёлтой пятнистости листьев пшеницы.

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2025-0007.

СКРИНИНГ СОМАТИЧЕСКИХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ НА НАЛИЧИЕ ГЕНОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ФИТОФТОРОЗУ, РАКУ КАРТОФЕЛЯ, УВК, ЗОЛОТИСТОЙ И БЛЕДНОЙ КАРТОФЕЛЬНЫМ НЕМАТОДАМ

Г. М. Головенчик, Д. В. Башко, Т. В. Семанюк, В. А. Козлов

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству», аг. Самохваловичи, Минский район,
Республика Беларусь

e-mail: galagenetica@mail.ru

Селекция картофеля – это длительный и кропотливый труд, основанный на половой гибридизации, которая ограничена скрещиваниями внутривидовыми или между родственными видами. Одной из проблем межвидовой гибридизации является генетическая и физиологическая несовместимость видов. Соматическая гибридизация позволяет вовлекать в селекционный процесс дикие виды, которые трудно или вообще не скрещиваются классическими методами селекции.

В лаборатории генетики картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству» поддерживается 28 образцов соматических гибридов в культуре *in vitro*, полученных путем слияния протопластов культурного картофеля и дикого вида *S. bulbocastanum*. Данные генотипы являются частью научного объекта, включенного в Государственный реестр, который составляет национальное достояние, под реестровым № 13, «Республиканский генетический банк картофеля РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству».

По результатам проведенного молекулярно-генетического анализа 28 образцов соматических гибридов с использованием 12 ДНК-маркеров R-генов устойчивости картофеля к фитофторозу, золотистой и бледной картофельным нематодам, раку картофеля и УВК была установлена различная частота их встречаемости.

Для оценки образцов на наличие генов устойчивости к *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary проводили молекулярное маркирование со SCAR-маркером Blb1-820, позволяющим установить наличие гена *Rpi-blb 1* устойчивости от дикого вида *S. bulbocastanum* и SCAR-маркерами R1₁₂₀₅ и R3b₃₇₈, которые позволяют определить гены устойчивости от *S. demissum*. Частота встречаемости этих маркеров: BLB 1-820 - 89%, R1 – 71% и R3b – 86%. Три SCAR-маркера N146, N195 и 57R на ген устойчивости *H1* к золотистой картофельной нематоде и STS-маркер Gpa2-2 на ген устойчивости *Gpa2-2* к бледной картофельной нематоде не были обнаружены ни у одного из исследуемых образцов. Маркеры Gro1-4, сцепленный с геном *Gro1-4*, и TG689 на ген устойчивости *H1* к золотистой картофельной нематоде отмечен у 54% и 32% образцов, соответственно. Один из основных доминантных генов иммунитета к патотипу 1 *Synchytrium endobioticum* является ген *Sen1*. Присутствие доминантной аллели данного гена диагностировали с помощью SCAR-маркера NL25, который обнаружен у 20 образцов (71 %). Иммунность к УВК определяли с помощью SCAR-маркера RYSC3 для идентификации гена *Ry_{adg}* от культурного вида *S. andigenum* и STS-маркер Ry364 позволяющего установить наличие гена *Ry_{chc}* устойчивости от дикого вида *S. chacoense*. Данные ДНК-маркеры отмечены у 75% и 89% образцов, соответственно.

Выделены шесть образцов SB2, SB3-5, SB7-2, SB7-4, SB7-5 и SB8-1 с комплексом из восьми ДНК-маркеров.

К ВОПРОСУ ПОРАЖЕНИЯ ОВСА КОРОНЧАТОЙ РЖАВЧИНОЙ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Д. И. Ерёмин, А. В. Любимова, В. В. Сахарова

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал
ФГБУН ФИЦ Тюменского научного центра СО РАН,
Тюменский район, пос. Московский, Россия

e-mail: soil-tyumen@yandex.ru

Интенсификация сельского хозяйства на фоне глобального изменения климата привела к необходимости пересмотра подходов при выборе системы земледелия сельскохозяйственных культур. Прежде всего это касается проявления болезней и вредителей, которые в недавнем прошлом не фиксировались или не имели серьезного влияния. Один из таких примеров – корончатая ржавчина овса, возбудителем которой является (*Puccinia coronata* (Corda)). Несколько десятилетий назад эта болезнь не имела широкого распространения в Западной Сибири, где овёс выращивают более 200 лет. В связи с этим была поставлена цель – установить степень влияния различных факторов на проявление корончатой ржавчины в условиях лесостепной зоны Зауралья.

Исследование проводили в полевых условиях с 2020 по 2024 гг. В опытах использовали 4 сорта пленчатого овса (Талисман, Тобояк, Отрада и Фома), которые

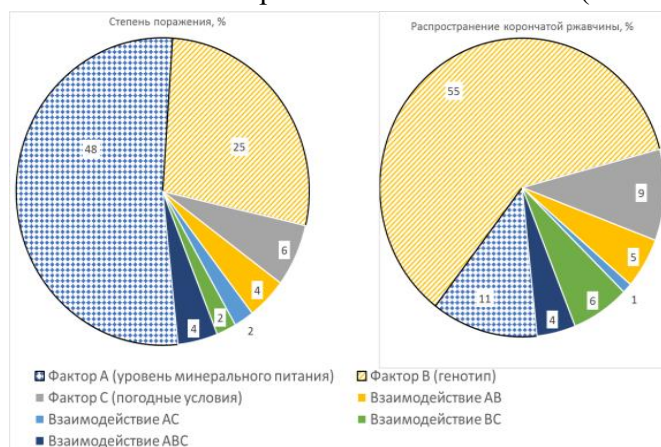


Рисунок. Распределение доли вклада различных факторов на степень поражения и распространение корончатой ржавчины в посевах овса, %

выращивали на 5 уровнях агрофона, создаваемого минеральными удобрениями из расчета на планируемую урожайность. Вносили $N_{60}P_{20}$ (планируемая урожайность 3,0 т/га); $N_{90}P_{40}$ (4,0 т/га); $N_{150}P_{60}$ (5,0 т/га) и $N_{200}P_{80}$ (6,0 т/га). За контроль был взят вариант без удобрений. Определение степени поражения и распространения корончатой ржавчины проводили по шкале Петерсона в фазу молочной спелости зерна. Многолетние исследования показали, что сорта плёчатого овса Тюменской селекции не имеют генетической устойчивости к местному пулу рас корончатой ржавчины. Минимальная степень поражения была у сорта Фома – 13%, что более чем в 2 раза ниже значений сорта Талисман. Это

подтверждается распространением болезни по вариантам – 14% от густоты стояния. Было выявлено увеличение поражаемости овса корончатой ржавчиной с повышением уровня агрофона. Сорт Талисман, который был наиболее чувствительным к корончатой ржавчине, при отсутствии удобрений характеризовался средней устойчивостью (5 баллов), но при максимальной дозе удобрений ($N_{200}P_{80}$) устойчивость варьировала от слабой (3 баллов) до очень слабой (1 балл). Интенсивность поражения корончатой ржавчиной сорта Фома при внесении удобрений на планируемую урожайность 6,0 т/га варьировала от 21 до 39%, что соответствовало 3 баллам. Проведение опытов в условиях полевого стационара позволило рассчитать степень влияния каждого фактора, что представлено на рисунке. Установлено, что степень поражения посевов зависит на 48% от уровня минерального питания и лишь на 25% от генотипа. Распространение корончатой ржавчины более чем на 50% зависит от генотипа и лишь на 11% от дозы минеральных удобрений.

Работа выполнена в рамках государственного задания 124022900011-6 и при поддержке Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня.

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ К ГЕРБИЦИДАМ, МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ПОДТВЕРЖДЕНИЯ В АО «АВГУСТ»

Т. Э. Ефрейторова

АО Фирма «Август», Московская область, Черноголовка, Россия

e-mail: t.efreytorova@avgust.com

Борьба с сорными растениями имеет решающее значение для мирового сельскохозяйственного производства и осложняется быстрым развитием устойчивости сорняков к гербицидам. Изучение механизмов резистентности сорных растений является одной из приоритетных задач, стоящих перед специалистами в данной области.

Механизмы устойчивости к гербицидам подразделяются на две категории: устойчивость к целевому сайту (target-site resistance, TSR) и устойчивость к нецелевому сайту (non-target-site resistance, NTSR). Устойчивость TSR возникает, когда происходят структурные изменения в месте связывания гербицида (например, мутации в генах, кодирующих целевой белок). Напротив, NTSR охватывает механизмы, которые снижают количество гербицида, достигающего целевого сайта, такие как снижение абсорбции и транслокации и увеличение секвестрации или метаболической деградации.

Механизмы детоксикации могут стать самой серьёзной проблемой в борьбе с сорняками, поскольку они часто приводят к неожиданному появлению устойчивости к альтернативным гербицидам или ещё не открытым активным веществам. Метаболизм гербицидов контролируется множеством генов, кодирующих ферментные системы, такие как монооксигеназы цитохрома P450 (P450s) и глутатион-S-трансферазы, отвечающие за детоксикацию гербицидов, не имеющих химического сходства. За последние 20 лет было обнаружено, что около 30 цитохромов P450 из различных видов растений обладают функцией метаболизма гербицидов.

Лабораторией АО фирмы «Август» в условиях искусственного климата на основании показателей биологической эффективности проводится подтверждение резистентности исследуемых семян популяций сорных растений из разных регионов России. Нами разработаны биологические методы подтверждения устойчивости к ингибиторам ацетолактатсинтазы у щирицы запрокинутой (*Amaranthus retroflexus*), дескурайнии Софии (*Descurainia sophia*), мари белой (*Chenopodium album*), щетинника сизого (*Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult.). На основании полученных данных по резистентности сорных растений разрабатываются рекомендации по применению смесевых гербицидов или баковых смесей препаратов в каждой конкретной ситуации.

Необходимо помнить, что для уменьшения риска развития резистентности сорных растений в полях необходимо использовать ротацию гербицидов с разным механизмом действия, применять смесевые гербициды или баковые смеси препаратов, соблюдать севооборот, но при этом не забывать о запрете на применение гербицидов с одинаковым механизмом действия более двух раз подряд и по возможности сочетать обработку полей гербицидами с дискованием и культивацией.

ИННОВАЦИОННЫЙ БИОФУНГИЦИД НА ОСНОВЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С РИЗОКТОНИОЗОМ КАРТОФЕЛЯ

А. Н. Заплаткин¹, В. К. Чеботарь¹, А. В. Хютти², А. М. Лазарев², А. А. Быстрицкий³

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (ВНИИСХМ), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: an.zaplatkin@arriam.ru

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР), Санкт-Петербург, Россия

³Общество с ограниченной ответственностью «АгроИнтер», Ленинградская область, Россия

В результате коэволюции почвенной микрофлоры и растений возникают симбиотические эндофитные системы, которые с высокой эффективностью выполняют трофические и защитные функции (азотфиксация, продукция фитогормонов, подавление фитопатогенов), широко используемые в адаптивном земледелии, основанном на применении микробных препаратов. С целью создания микробиологического препарата для борьбы с болезнями картофеля, из эндосферы картофеля с. Сударыня выделен и отобран штамм эндофитных бактерий *Bacillus amiloliquefaciens* P20, обладающий фунгицидной активностью против фитопатогенных грибов и бактерий, а также фитостимулирующим эффектом по отношению к различным сортам картофеля, который был использован для создания биофунгицида Ризофайт. Испытание эффективности биофунгицида для защиты картофеля от болезней в Ленинградской области проводили в производственных опытах на базе ООО «Агроинтер».

Производственные испытания штамма *Bacillus amiloliquefaciens* P20, проведенные с 2021 по 2024 годы на сортах Чароит, Гусар и Садон показали:

- повышение биологической эффективности в сдерживании ризоктониоза на 15,4 – 15,7% при совместном применении химических протравителей и бактериального штамма относительно хозяйственной схемы выращивания;
- увеличение количества заложённых клубней у растений инокулированных штаммом P20, в среднем на 3 штуки с куста;
- повышение урожайности картофеля на 2,3 – 8,3 т/га к хозяйственной схеме выращивания при дополнительном включении штамма в химическую схему защиты.

В результате опытов по предпосадочной обработке клубней картофеля с. Садон в 2024 году препаратом Ризофайт показано, что во всех вариантах применения биологических препаратов отмечено увеличение урожайности на 7,2 – 17,6%, относительно хозяйственной схемы выращивания, что составило от 3,4 до 8,3 т/га дополнительного урожая. Лучший результат по валовой урожайности, при совмещении химического протравителя и эндофита к химическому стандарту Селест Топ – 17,6%, получен в варианте с применением препарата Ризофайт.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта «Создание экспериментальных образцов микробных биопрепаратов для новых сортов картофеля, создание и регистрация биофунгицида на основе эндофитных бактерий для биологической защиты картофеля» (FGEW-2024-0008).

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ПРОПИКОНАЗОЛУ ИЗОЛЯТОВ *ZYMOTSEPTORIA TRITICI* В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ю. В. Зеленева¹, Н. Г. Зубко¹, Л. Д. Гришечкина¹, С. К. Чернышова²

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: zelenewa@mail.ru

² Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия

Производство зерна – базовая отрасль агропромышленного комплекса Российской Федерации. Для получения высоких и стабильных урожаев необходимо проведение комплекса защитных мероприятий посевов от возбудителей болезней. Гриб *Zymotseptoria tritici* – опасный фитопатоген, вызывающий септориоз листьев пшеницы, тритикале, ячменя, ржи.

Особой эффективностью в борьбе с этим патогеном отличается пропиконазол (Тилт), который один из первых триазоловых соединений благодаря искореняющему действию, решил проблему защиты зерновых культур от листовых пятнистостей, в первую очередь септориоза. В настоящее время пропиконазол, как и многие триазолы, широко применяется для защиты зерновых культур от комплексной инфекции, что вызывает серьезные опасения формирования резистентности.

Целью работы являлось изучение чувствительности к пропиконазолу изолятов *Z. tritici*, отобранных в полевых условиях в Ленинградской, Белгородской, Тамбовской областей и Краснодарском крае.

Чувствительность изолятов *Z. tritici* к пропиконазолу оценивали по ограничению роста чистых культур в чашках Петри на картофельно-глюкозном агаре (КГА) с внесением фунгицида. В контрольных вариантах в питательную среду препарат не вносился. Эксперимент повторяли 3-кратно. Учет роста колоний гриба осуществляли на 14 сутки после их культивирования в термостате при t 21°C в темноте. В опыте применяли следующие концентрации пропиконазола: 125 мг/л; 12,5 мг/л; 1,25 мг/л; 0,125 мг/л и 0,00125 мг/л. Сравнение чувствительности гриба к фунгициду было проведено на основе значений СК₅₀.

Результаты исследований показали, что диаметр колоний изолятов *Z. tritici* варьировал в зависимости от концентрации действующего вещества и географического происхождения изолятов фитопатогена.

Нам удалось определить концентрацию пропиконазола при которой была выявлена лучшая чувствительность изолятов. Наименьшие показатели СК₅₀ установлены в вариантах с изолятами отобранными с посевов яровой и озимой пшеницы в Ленинградской области: $0,02 \pm 0,02$ (min 0,01 – max 0,09) мг/л, наибольшие – в вариантах с изолятами из Тамбовской области: $1,35 \pm 0,76$ (min 0,67 - max 3,49) мг/л.

Были обнаружены статистически значимые различия между средними значениями показателей радиального роста колоний *Z. tritici* на КГА % от контроля при добавлении в питательную среду разной концентрации действующего вещества. По данному показателю достоверно отличались изоляты из Ленинградской области и из Краснодарского края, Тамбовской и Белгородской областей. Между изолятами из Краснодарского края и из Белгородской, Тамбовской областей различий не выявлено.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-76-30005.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ПРОЯВЛЕНИЕ СИМПТОМОВ ФУЗАРИОЗА НА ПРОРОСТКАХ КАБАЧКА

А. В. Каменева, М. Е. Слетова

ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФНЦО), Одинцово, Россия

e-mail: alina.malina1290@gmail.com

Грибы рода *Fusarium* spp. приводят к значительными экономическим потерям в сельском хозяйстве, в том числе среди культур семейства *Cucurbitaceae*. Влияние на степень поражения оказывают как биологические особенности самого растения (генотип, возраст, фаза развития), так и абиотические (температура, влажность, освещенность, баланс элементов питания). Но также эти факторы влияют и на рост и развитие микроорганизмов. Знание оптимальной для патогена температуры можно использовать для снижения его вредоносности в уязвимую фазу растения.

Для проведения исследования в стерильных условиях в чашках Петри были предварительно пророщены семена кабачка сорта Грибовский 37 в темноте в течение 3 суток при температуре 25 ± 1 °C. Для заражения использовали спорово-мицелиальную суспензию из 14-суточной культуры патогенного изолята *Fusarium* spp. (коллекции лаборатории молекулярно-иммунологических исследований ФГБНУ ФНЦО) из расчета 1 высечка диаметром 10 мм на 10 мл стерильной воды на 10 растений, повторность вариантов трехкратная, в качестве контроля стерильная вода. Контрольные и опытные варианты заражения поместили в хладотермостаты и инкубировали при температуре +10, +15, +20, +25 и +30 °C в течение трех суток. Учитывали эффект действия на длину и развитие корневой системы, а также степень поражения корней.

Поскольку при температуре +10 °C значительно замедляется процесс развития как растений кабачка, так и взятого в работу изолята *Fusarium* spp., поражение корня было незначительно, а ингибирование роста и развития корня менее 20% в сравнении с вариантом без заражения. При температуре +15 °C было наиболее заметно ингибирование линейного показателя – длина корневой системы на 40% меньше в сравнении с контролем, при этом развитие было слабее на 24%, а поражение составило 2,6 балла. При +20 °C было заметнее снижение развития массы корней, на 41% меньше, чем в контроле, а также наибольшее поражение – 3,5 балла; длина корня была меньше на 28%. При температуре +15 °C ингибирование роста и развития корневой системы составило 25 и 35% соответственно, при этом поражение составило 2,8 балла. При +30 °C действие изолята *Fusarium* spp. на проростки кабачка значительно снизилось, поражение корней было всего 0,9 балла, а рост и развитие снизились на 22 и 25% соответственно.

В результате проведенных исследований было выявлено, что для данного изолята *Fusarium* spp., выделенного из пораженного материала в условиях Московской области наиболее существенное поражение проростков кабачка наступает при +20 °C, при этом при снижении температуры на 5 °C более выражено ингибирование линейных показателей корней.

Значимым является наблюдение о значительном снижении проявления вредоносности данного патогена при +30 °C.

ТОПИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ ХЛЕБНЫХ КЛОПОВ И ПОВРЕЖДЕННОСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

А. В. Капусткина

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: aleksandrakapustkina@gmail.com

Пшеница является одной из ключевых продовольственных и экспортных культур в России. Несмотря на рост объемов производства зерна, качество урожаев остается недостаточно высокими. Существенным фактором, негативно влияющим на урожайность пшеницы, являются повреждения зерна хлебными клопами, причём степень их вреда значительно варьирует от вида. Наибольший экономический ущерб производству пшеницы наносят клопы черепашки и элии. Влияние других видов хлебных клопов менее значительно. При благоприятных условиях размножения и отсутствии системной защиты посевов, клопы могут нанести значительный ущерб урожаю пшеницы, а в годы массового развития - привести к продовольственному кризису (Павлюшин и др., 2015; Gíbicsár, Sándor, 2023). Применение устойчивых сортов пшеницы является одним из наиболее экологически безопасных и результативных методов борьбы с хлебными клопами. Однако современные сорта пшеницы не оцениваются по уровню поврежденности клопами, что является критичным аспектом для зернового производства и селекции. В связи с этим основная цель исследования - проанализировать особенности топической специфичности хлебных клопов и оценить уровень поврежденности зерна разных сортов пшеницы.

В рамках исследования было проанализировано зерно 19 образцов озимой и яровой пшеницы из Ростовской области, Краснодарского и Алтайского краев. Методика исследования соответствовала требованиям государственного стандарта ГОСТ 33538-2015.

Исследования демонстрируют, что степень поврежденности зерна пшеницы разными видами клопов колебалась от 0.75% до 17.1%, причем озимая пшеница повреждалась сильнее по сравнению с яровой. Большинство зерен (65.7–100%) имело повреждение по 1-2 баллу, а доля зерен с серьезным повреждением не превышала 34.3%. Показано, что среди поврежденных зерен преобладали зерно, поврежденное черепашками (36.1–80%). Доля зерен, поврежденных другими видами, не превышала 1.6–39.8%. При этом поврежденность зерна клопами черепашками составляла 0.6–8.5%, клопами элиями - 0.05–1.3%, другими видами клопов - не более 0.02–6.8%. Выявлено, что масса 1000 зерен, поврежденных клопами черепашками, в зависимости от сорта снижалась на 5.3–47.9% по сравнению с контролем. Повреждение зерна второстепенными видами приводило к уменьшению массы не более чем на 4.5–26.3%.

Изучение топической приуроченности хлебных клопов показало, что каждый вид клопа демонстрирует специфические предпочтения в выборе мест питания на зерновке пшеницы. Так, клопы черепашки (81.3–100%), остроплечие клопы (83.9–100%) и ягодный клоп (75–100%) преимущественно питаются в базальной части зерен. При этом доля повреждений в апикальной зоне бочков этими видами не превышает 4.2–10.2%. Клопы элии, напротив, предпочитают питаться в апикальной части зерновки (95.8–100%), в то время как слепняки чаще всего концентрируются в центральной части бочка (50–100%). Повреждений в зону зародыша не отмечалось. Показано, что на яровой пшенице наибольшая концентрация укулов локализуется в области бочка (73.6–100%), на озимой пшенице распределение повреждений более равномерное.

Таким образом, установлена зависимость топической специфичности хлебных клопов и поврежденности зерна от вида вредителя, сорта и формы пшеницы. Отмечено, что озимая пшеница сильнее повреждалась хлебными клопами по сравнению с яровой. Зерно пшеницы преимущественно повреждали клопы черепашки (до 36.1–80%). При этом у большинства сортов пшеницы (84.6%) степень повреждения зерна черепашками не превышала 5%.

ВЛИЯНИЕ СОРТОСМЕСЕЙ НА РАЗВИТИЕ ЖЕЛТОЙ ПЯТНИСТОСТИ ПШЕНИЦЫ

Ю. С. Ким

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (БЗР),
Краснодар, Россия

e-mail: kimiur@yandex.ru

В Краснодарском крае общая посевная площадь сельскохозяйственных культур, составляет около 3,7 миллионов гектаров. В 2023 году площадь под озимой пшеницей выросла на 60,9 тысяч гектаров и достигла 1,6 миллионов гектаров. Пшеница является основной зерновой культурой в регионе. Желтую пятнистость листьев пшеницы вызывает гомоталличный аскомицет *Pyrenophora tritici-repentis*. Болезнь поражает пшеницу и некоторые дикорастущие злаки. На листьях пшеницы появляются характерные желтые пятна линзообразной формы с некрозом в центре и хлоротичной каймой. В 2024 году объем применения пестицидов, включая фунгициды, составил 743,8 тонны, что является самым высоким показателем среди регионов России. Одним из безопасных методов защиты данной культуры являются сортосмешанные посевы, где один сорт устойчивый, а второй – восприимчивый.

Исследование проводили в полевых условиях (2020–2021 гг.) в центральной агроклиматической зоне полевого стационара ФНЦБЗР в Краснодарском крае с искусственным инфекционным фоном. Для его создания отбирали пораженные растительные остатки с восприимчивого сорта Таня, на котором формируется наибольшее количество псевдотециев. Отбор проводили случайным образом с поверхности почвы. Собранные в августе остатки инкубировали в сухих условиях для предотвращения преждевременного созревания аскоспор. В следующем вегетационном сезоне их раскладывали на опытных делянках. Оценку развития болезни осуществляли согласно шкале Сарри и Прескотта. Для составления сортосмесей подбирали сорта, разные по устойчивости, но близкие по фенотипическим и фенологическим признакам. Устойчивые сорта Калым, Сила, Гром; в качестве восприимчивого компонента использовали сорт Таня (таблица).

Таблица. Характеристики сортов пшеницы озимой (высота, скороспелость, устойчивость), которые использовались для составления сортосмесей

Сорт	Высота (см)	Продолжительность вегетации в днях	Скороспелость	Устойчивость
Гром	Средняя длина (64-89)	223–278	среднеспелый	У-устойчивый
Калым	Полукарликовый (67-86)	223-278	среднеспелый	У-устойчивый
Таня	Полукарликовый (60-70)	217-289	среднеранний	В-восприимчивый
Сила	Средняя длина (67-91)	219-281	среднеспелый	У-устойчивый

Результаты показали, что наибольшее развитие желтой пятнистости отмечено у сорта Таня (48,0–56,7%), который выступал в качестве контроля, тогда как сорта Калым, Сила и Гром снижали развитие болезни (16,0–20,0%). Сортосмеси демонстрировали снижение развития заболевания, где доля устойчивого сорта была выше. Например, варианты 4У:1В показали биологическую эффективность в диапазоне 45,1–64,7%, что существенно выше, чем у смесей, высеянных в пропорции 1У:1В (22,4–42,3%).

Полученные данные подтверждают, что использование сортосмесей с преобладанием устойчивого компонента (4:1) является эффективным приемом контроля желтой пятнистости пшеницы и может быть использовано в производственных условиях.

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме FGRN-2025-0002.

α -АМИЛАЗЫ СЛЮННЫХ ЖЕЛЕЗ СОХРАНЯЮТ АКТИВНОСТЬ В ПОВРЕЖДЕННЫХ ВРЕДНОЙ ЧЕРЕПАШКОЙ И ДРУГИМИ КЛОПАМИ РОДА *EURYGASTER* LAP. ЗЕРНАХ ПШЕНИЦЫ

А. В. Конарев^{1, 2}, А. В. Капусткина¹

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: alv-konarev@yandex.ru

²ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

Вредная черепашка *Eurygaster integriceps* Put. и другие хлебные клопы наносят большой ущерб урожаю пшеницы за счет введения в зерно гидролитических ферментов, разжижающих эндосперм в процессе внекишечного пищеварения. Главным фактором вредоносности клопов считаются протеазы, остающиеся в эндосперме после неполного всасывания насекомыми продуктов гидролиза. Протеазы, сохранившиеся в поврежденном зерне и муке из него, гидролизуют белки клейковины при замесе теста, из-за чего качество хлеба резко ухудшается. Протеазы слюнных желез обеспечивают белковое питание клопов, переводя нерастворимые в обычных условиях белки в доступное для поглощения жидкое состояние. Однако, основным источником энергии, делающим возможным накопление жира, необходимого клопам для зимовки, является крахмал эндосперма. Главным ферментом, гидролизующим крахмал до мальтозы и декстринов, является α -амилаза. Известно, что слюнные железы хлебных клопов вырабатывают α -амилазы. Однако α -амилазы слюнных желез хлебных клопов пока изучены в значительно меньшей степени, чем протеазы, и в научной литературе до сих пор нет единого мнения о роли данных ферментов в питании клопов, а также об их влиянии на хлебопекарные и иные технологические качества муки. Разные мнения могут быть связаны с сортовыми особенностями защитных механизмов нейтрализации активности чужеродных ферментов, с фазой развития зерна при повреждении, а также со спецификой используемых методов анализа. Как правило, общую амилазную активность в зерне определяют стандартными методами технологической оценки или биохимическими методами, которые не дают информации о природе анализируемого фермента. Неизвестно, связана ли амилазная активность с насекомыми или, например, с появлением эндогенной α -амилазы при преждевременном прорастании зерна. Для того, чтобы выяснить, содержатся ли активные α -амилазы клопов в поврежденном зерне пшеницы, как это имеет место в случае протеаз, мы разработали простой метод. Обычно амилалитические ферменты легко выявляются при электрофорезе или изоэлектрофокусировании (ИЭФ) белков, с последующей инкубацией геля с крахмалом и окраской йодом. При анализе ферментов зерна таким способом ситуация осложняется присутствием в экстракте очень активных эндогенных β -амилаз, затрудняющих выявление α -амилаз. В случае эндогенных α -амилаз проблема решается инактивацией менее термостабильных β -амилаз прогреванием, однако α -амилазы насекомых в этих условиях тоже инактивируются. Мы инактивировали β -амилазы зерна 2 мМ *n*-хлормеркурибензоатом натрия (ПХМБ) и получили при ИЭФ белков некоторых образцов поврежденного зерна спектры α -амилаз, идентичные спектрам α -амилаз слюнных желез хлебных клопов. Таким образом, α -амилазы клопов могут присутствовать в поврежденных ими зернах пшеницы. Разработанный подход может быть рекомендован для использования при изучении механизмов иммунитета растений к вредителям, при технологической оценке поврежденного зерна, а также для диагностики повреждения зерна насекомыми.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ЛЁТА СПОР ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ГРИБНЫХ ЛИСТОВЫХ БОЛЕЗНЕЙ В ПОСЕВАХ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ

О. Ю. Кремнева, К. Э. Гасиян

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»,
Краснодар, Россия

e-mail: kremenoks@mail.ru

Пшеница – основная зерновая культура во всем мире. Борьба с болезнями является неотъемлемой частью возделывания культуры, от результатов которой зависит не только урожайность, но и качество получаемой продукции. Проблема необходимости усиления защитных мероприятий от возбудителей болезней пшеницы актуальна, так как недобор урожая от комплекса патогенов может составлять от 20 до 80 %. В связи с высокой вирулентностью и агрессивностью возбудителей болезней пшеницы в настоящее время справиться с ними без применения фунгицидов невозможно. Для снижения пестицидной нагрузки и риска развития резистентности к фунгицидам, необходимы новые подходы в мониторинге и сигнализации угроз развития болезней, обеспечивающие контроль над заболеваниями. Решить данную задачу может использование данных о концентрации спор возбудителей болезней в воздухе в качестве порогового значения для профилактических обработок. Целью данных исследований являлось изучение динамики лёта и концентрации спор фитопатогенных грибов на различных по восприимчивости сортах озимой пшеницы в течение 2022 - 2024 гг. с использованием спороулавливающих устройств различных конструкций.

Полевые и лабораторные эксперименты по проекту проведены на базе лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем ФГБНУ ФНЦБЗР с использованием технических средств мониторинга. В качестве вредных объектов выбраны возбудители экономически значимых болезней озимой пшеницы, распространяющиеся воздушно-капельным путём: возбудители мучнистой росы, бурой и жёлтой ржавчин пшеницы, жёлтой пятнистости листьев. Погодные условия в годы исследований 2022-2024гг отличались по температуре воздуха и выпавшим осадкам.

В результате выявлена динамика и концентрация спор фитопатогенов в посевах разных сортов пшеницы. Показана взаимосвязь между количеством обнаруживаемых спор и развитием болезней в посевах. В итоге количественный и видовой состав аэрогенной инфекции, развитие и распространение болезней на разных сортах пшеницы озимой в 2022-2024 годах значительно различались между собой. Выявлена корреляция уровня заспоренности воздуха в посевах со степенью развития грибных листовых болезней на различных по восприимчивости сортах озимой пшеницы. Корреляция была выявлена между количеством спор и развитием болезней в посевах для мучнистой росы, жёлтой и бурой ржавчины, желтой пятнистости по отдельным сортам для отдельных фаз вегетации и за весь период в целом. Наибольшая корреляция (0,8-0,9) выявлена для сортов пшеницы озимой, уровень развития болезней на которых составлял более 3 %.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00273, <https://rscf.ru/project/25-26-00273>.

ОБЩИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *XANTHOMONAS*, ЛИШЕННЫХ ТРЕТЬЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Е. И. Кырова¹, А. Н. Игнатов²

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: ekirova1911@yandex.ru

²ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», Москва,
Россия

Бактериальные фитопатогены представляют собой серьезную угрозу для экономической стабильности аграрного сектора и продовольственной безопасности многих стран. Борьба с фитобактериозами затруднена ввиду недостатка эффективных химических и биологических препаратов и малого количества устойчивых сортов для большинства культур. Главным препятствием в разработке методов борьбы с ними является слабое понимание механизмов взаимодействия с растением-хозяином.

Одной из наиболее вредоносных групп фитопатогенных бактерий являются атипичные представители рода *Xanthomonas*, поражающие широкий круг растений. Они не обладают консенсусным механизмом патогенеза - транспортной (секреторной) системой третьего типа (T3SS), и локализованы в пределах вида *X. arboricola* и клады C1 (представитель - *X. pisi*). Они обладают целым арсеналом ферментов, разрушающих клеточную стенку растений или использующих вторичные (защитные) метаболиты растений в качестве питания, например хинную кислоту. Углевод-активные ферменты (carbohydrate-active enzymes, CAZymes) позволяют бактериям не только использовать растительные углеводы в качестве источника энергии, но и могут играть значительную роль в вирулентности (Henrissat, Davies 1997).

Нами был исследован CAZ-профиль штамма *X. arboricola* 3004, выделенного из ячменя и способного поражать не только злаки, но и грецкий орех, тополь, косточковые и семечковые плодовые, а также подсолнечник, крестоцветные и пасленовые культуры (Ignatov et al., 2015). Штамм 3004 имеет практически идентичный типовому представителю *X. arboricola* pv. *juglandis* 417 CAZ-профиль. Основным отличием является наличие ферментов семейств GH16_3 (Glycoside Hydrolase Family 16), GT136 (GlycosylTransferase Family 136) и PL10_1 (Polysaccharide Lyase Family 10), присутствующих у ряда других штаммов *X. arboricola*, поражающих крестоцветные, пасленовые и цитрусовые культуры, а также видов *X. campestris*, *X. citri* и *X. vesicatoria*. По всей видимости, данный факт позволяет *X. arboricola* 3004 быть более пластичным в отношении синтеза и модификации полисахаридов, так как он несет избыточное количество групп генов CAZ-ферментов. Мы предполагаем, что это могло явиться одной из причин высокой вариативности поражаемых растений-хозяев. Факт так же подтверждает выдвинутую нами ранее гипотезу о близости атипичных штаммов к общему предку фитопатогенов рода *Xanthomonas* (Кырова et al., 2020, Кырова и Игнатов, 2021) и позволяет говорить о том, что редукция круга поражаемых растений может быть связана с делецией генов CAZ-ферментов, мало функциональных для конкретной группы *Xanthomonas*. Возможные механизмы такой делеции известны для ряда примеров, связанных с быстрым изменением фенотипа патогенных бактерий (Moran and Plague, 2004).

ВРЕДНОСНАЯ МИКОБИОТА СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЧР

В. А. Лавринова, Т. С. Полунина

ФГБНУ Среднерусский филиал «Федерального научный центр им. И.В.Мичурина»,
Тамбовская обл., пос. Новая жизнь, Россия

e-mail: lawrinowa777@mail.ru

В результате проведенного микологического анализа зерновок в 2023 году было выявлено, что общая зараженность сортов (распространение) озимой пшеницы Скипетр и Липецкая звезда отмечалась в пределах 98,4-100%, т.е. практически каждая зерновка была поражена. Незначительная доля в патогенном комплексе семенной инфекции приходилась на грибы pp. *Alternaria* (3; 5,3%), *Fusarium* (3,0%), *Cladosporium* (3,3; 22,0%) и *Pythium* (1,3; 7,7%); наибольшая часть - на поражение смешанной инфекцией (62-84,7%), доминировал сорт Скипетр. На первом сорте при микст-инфекции на семенах активизировались pp.*Fusarium* + *Alternaria* (32,0%), *Pythium* + *Cladosporium* (21,2%), *Fusarium* + *Cladosporium* (18,8%) и *Pythium* + *Alternaria* (8,0%); на втором – *Fusarium* + *Cladosporium* (51,0%). После обмолота на сухом зерне при просмотре в световой микроскоп OLIMPUS питиевые микромицеты выделялись с хохолка семени. В 2024 году была проведена фитоэкспертиза семян и на 10-й день в области корешков кроме основных возбудителей болезней (*Fusarium* sp., *B. sorokiniana*, *Alternaria* sp. и т.д.) были выявлены представители рода *Pythium* в виде хорошо разветвленного одноклеточного многоядерного мицелия с целлюлозной оболочкой (рис. А, В). Степень поражения корешков достигала 18,6% при комплексном поражении фитопатогенами (включая и питиевые) в 37,7%; зерновки 0,5 и 44,0%; проростки – 0,1 и 10,4% соответственно при 100% распространении.

Зараженность семян ярового ячменя Фандага и Исмена достигала 100%. Значительная доля в патогенном комплексе семенной инфекции приходилась на микромицеты pp.*Alternaria* (22,3%; 20,0%), далее *Pythium* (3,7%; 15,0%) и *Fusarium* (3,3%; 1,0%), затем *B. sorokiniana* (1,3%; 2,3%); также и зерновки с микс-инфекцией (61,7-69,4%) с доминированием pp. *Pythium*+*Alternaria* (21,9; 17,3%), затем *B. sorokiniana*+*Alternaria* (8,3; 10,7%) и *Fusarium*+*Alternaria* (9,6; 9,3%), *B. sorokiniana* + *Pythium* (9,3%), *Fusarium*+*Pythium* (6,7 и 4%), *B. sorokiniana* + *Fusarium* (7,7 и 6%), *B. sorokiniana* + *Fusarium*+*Pythium* (6,3 и 2,6%). После уборки на сухом зерне при микроскопировании питиевые микромицеты идентифицировались с кончика семени (рис. Б, В).

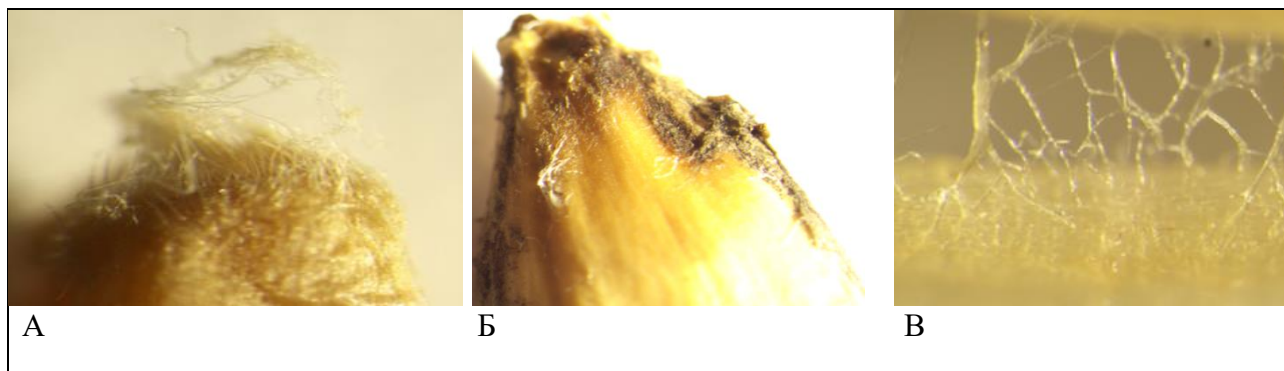


Рисунок. Габитусы микромицетов рода *Pythium*.

Фитопатогены, в том числе р.*Pythium* встречались и на зерновках, и на проростках, и на корешках. На корешках доминировали питиевые микрогрибы, на зерновках – альтернариозная инфекция, на проростках – виды *Rhizopus* и *Alternaria*.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПАТОГЕНОВ С РАСТЕНИЯМИ

М. М. Левитин

Санкт-Петербургское отделение РАН, Россия

e-mail: mark_levitin@rambler.ru

Изменение климата – одна из самых острых проблем современности. Сегодня человечество вошло в эпоху глобальных климатических перемен, что в значительной степени отразится на сельском хозяйстве. Условия окружающей среды могут оказывать глубокое влияние на рост и развитие растений, на распространение и вредоносность возбудителей болезней, на взаимоотношения растений и паразитов. Под воздействием высоких температур растения могут менять свой габитус, у них разрушаются ткани, гибнут некоторые его части. При повышенных температурах могут происходить изменения в метаболизме РНК и синтезе белка, функционировании различных ферментов. Известно, что растения после стресса, часто становятся более восприимчивы к болезням. Температура может оказать серьезное влияние на эффективность генов устойчивости. Например, повышение температуры выше 20°C может привести к инактивации устойчивости к стеблевой ржавчине сортов овса с генами P_{g3} и P_{g4}. Увеличение температуры влияет на динамику развития заболевания, на латентный период. Повышение температуры от 5,2 до 19,3°C уменьшало латентный период развития возбудителя септориоза *Zymoseptoria tritici* на восприимчивых к болезни сортах пшеницы. Изменение климата отразится и на вирулентности патогена, динамике развития заболевания, скорости размножения многих возбудителей. Большое значение имеет температура среды для прорастания спор грибов. От температуры зависит возможность и скорость прорастания спор. Колебания по чувствительности к температуре могут быть в пределах одного рода. Например, возбудители ржавчины пшеницы различаются по требованиям к температуре: желтая ржавчина развивается при температуре от 2-15°C, бурая 10-30°C и стеблевая 15-35°C. Споры *Tilletia asperifolioides*., *T. bromitectorum*, *T. caries*, *T. contraversa*, *T. elymi*, *T. fusca*, *T. guyotiana*, *T. holci*, *T. scrobiculata* прорастают при 5°C, *T. asperifolia npi* 10°C, *T. pallida* – при 15°C. Кроме температурного фактора, на взаимоотношения растений и паразитов будут оказывать влияние изменения в концентрации углекислого газа (CO₂) и озона (O₃). Высокая концентрация CO₂ благоприятно сказывается на росте растений, увеличении биомассы. Но, с увеличением концентрации CO₂ может повыситься вредоносность многих болезней, особенно вызываемых биотрофными грибами. Для некоторых патогенов, например, для *Pyrenophora teres*, повышение концентрации CO₂ не отражается на устойчивости ячменя к возбудителю болезни, но устойчивость повышается при обработке озоном. Эксперименты с мучнистой росой сои показали, что повышение концентрации CO₂ или в сочетании с O₃ снижало вредоносность болезни на 39 – 66%. Таким образом изменение климата может привести как к снижению, так и к увеличению вредоносности ряда болезней. Каждая патосистема будет по-своему реагировать на климатические аномалии. В этой ситуации следует заранее продумать новые подходы к подбору доноров устойчивости и селекции болезнестойчивых сортов.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ, УСТОЙЧИВЫХ К ГЕРБИЦИДАМ И НАСЕКОМЫМ

Т. В. Матвеева^{1,2}

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: radishlet@gmail.com

Трансгенные растения, устойчивые к гербицидам и насекомым являются наиболее распространенными среди ГМ растений как по числу возделываемых коммерческих линий, так и по занятым посевным площадям. На сегодняшний день известно более 400 гербицидоустойчивых линий и более 350 линий, устойчивых к насекомым-вредителям, посевы которых занимают порядка 200 млн га. Интерес к проблеме экологических рисков возделывания таких растений существует с момента начала активного использования ГМО. Наиболее существенным из них является риск утечки трансгенов в окружающую среду. Он может быть обусловлен, как минимум, двумя причинами. Во-первых, это потеря части урожая при неправильной транспортировке культур, у которых техническая спелость наступает после физиологической, например, у зернобобовых. Вторая причина – это переопыление с нетрансгенными сортами и родственными видами.

Судьба «сбежавших» из-под контроля человека трансгенных растений может быть различной в зависимости от типа генно-инженерной конструкции и видовой принадлежности растения.

В докладе будут систематизированы современные данные о влиянии утечки трансгенов в окружающую среду на распространение резистентности к гербицидам и возникновение резистентности насекомых к инсектицидным белкам ГМ культур. Будут рассмотрены наиболее проблемные с точки зрения утечки трансгенов виды растений, различные сценарии экологических последствий распространения ГМО в окружающей среде и способы предотвращения нежелательных последствий возделывания трансгенных растений.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ ВОЗБУДИТЕЛЯ БУРОЙ РЖАВЧИНЫ ПШЕНИЦЫ УРАЛА И СИБИРИ ПО ГЕНАМ ВИРУЛЕНТНОСТИ ЗА 2024 ГОД

Л. В. Мешкова¹, Е. Р. Шрейдер², Н. А. Нешумаева³

¹ФГБНУ АНЦ «Омский», Омск, Россия
e-mail: meshkova_lv@mail.ru

²ФГБНУ «Челябинский НИИСХ», Челябинская обл., Чебаркульский район,
п. Тимирязевский, Россия

³Красноярский НИИСХ - ОП ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

Буряя ржавчина (возбудитель *Puccinia triticina* Erikss) – одно из распространенных и экономически значимых заболеваний пшеницы Урала и Сибири. Эпифитотийное его проявление зафиксировано в Челябинской и Омской областях в 2024 году, слабое развитие отмечено в Красноярском крае. Инфицированные листья были собраны на посевах пшеницы в Челябинской в Омской областях и в Красноярском крае с сортов, включённых в Государственный Реестр РФ. В сравнительный анализ были вовлечены споровые образцы, собранные в первой декаде августа с сорта Памяти Азиева. Этот сорт характеризуется отсутствием эффективных генов устойчивости к бурой ржавчине, по длине вегетационного периода относится к группе среднеранних. Выделено и проанализировано от 16 до 21 монопустульных изолятов каждого спорообразца на проростках линий детерминированных генами устойчивости: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2в*, *Lr2с*, *Lr3a*, *Lr3вg*, *Lr3ka*, *Lr9*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr14a*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr19*, *Lr21*, *Lr23*, *Lr 24*, *Lr25*, *Lr26*, *Lr29*, *Lr30*, *Lr36*, *Lr38*, *Lr45*, *Lr47*, *Lr50*, *Lr51*, *Lr52*, *Lr57*, *Lr64* и *LrB* по бензимидазольной методике с использованием климокамеры «Биотрон 8». Установлено, что из 32 линий 16 проявили восприимчивость ко всем изолятам патогена, а две линии *Lr 9* и *Lr 28* были напротив устойчивы ко всем изолятам всех спорообразцов независимо от пункта сбора. Поражение линии с геном устойчивости *Lr19* с типом реакции 3 было отмечено только в спорообразце из Челябинска (14,26%), а в популяции Красноярска 56,25% изолятов были авирулентны к *Lr11*. Отмечены различия и между спорообразцами по поражению линий *Lr2a* и *Lr2в*, в популяциях Омска и Челябинска их было от 10 до 20%, в Красноярске они отсутствовали. Были выявлены значительные отличия по поражению линии *Lr26*, от 57,14% в Челябинске, до 35,0% в Омске и до 12,5% в Красноярске, по линиям *Lr45* и *Lr47* превышение авирулентных изолятов Красноярска в сравнении с Омском и Челябинском составило от 3 до 10 раз, соответственно. Определение расового состава, проведённое на наборе из 16 изогенных линий сорта Tetcher (*TcLr*) (четыре блока) с генами устойчивости: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2с*, *Lr3a*; *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26*; *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30*; *LrB*, *Lr10*, *Lr14a* и *Lr18* выявило от 5 (Омск), 6 (Красноярск) до 7 (Челябинск) физиологических рас в анализируемых спорообразцах, две их них TJTT (формула вирулентности - 9,26/S) и TKTT (9/S) присутствуют во всех выборках, при их суммарном доминировании в Омске (80,0%) и Челябинске (71,44%), в Красноярске – 37,5%. Раса THTT (9,24/S) представлена по одному изоляту в спорообразцах Челябинска и Красноярска, остальные расы приурочены к конкретному пункту сбора инфекции. Расчёт коэффициентов сходства показал на сходство популяций Омска и Челябинска – 53,5%, между Челябинском и Красноярском – 42,5%, Омском и Красноярском – 28,75%. Таким образом, проведённые исследования показали влияние пункта сбора инокулюма на состав *P. triticina*.

КОНКУРЕНЦИЯ ГРИБОВ В ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННОМ БИОМЕ СОСНЯКОВ НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ И РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

С. Э. Некляев^{1,2}, Ю. И. Гниненко¹, Г. Е. Ларина²

¹ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ВНИИЛМ), Пушкино, Московская область, Россия

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии» (ВНИИФ), Большие Вяземы, Московская область, Россия

e-mail: slava9167748107@yandex.ru

Типичные представители хвойно-широколиственного биома - грибы и растения, в частности, хвойные породы сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и др. Взаимоотношения между видами микокомплекса определяют состояние и устойчивость разновозрастных сосняков к факторам среды, неблагоприятно на них воздействующих (Некляев и др., 2025). В процессе сукцессии происходит последовательная закономерная смена одного биологического сообщества другим. Цель нашей работы - изучение конкурентных взаимоотношений между эколого-трофическими группами грибов в разновозрастных сосновых лесах.

В опытах в 2021-2024 гг. учитывали число базидиом дендромицетов, отбирали образцы древесины и вегетативные органы, имеющие грибное поражение. Изучали биоразнообразие на 186 пробных площадках в разновозрастных сосняках на территории Московской и Рязанской областей. Одновременно проводили инструментальное измерение влажности и pH древесины, степень освещенности ствола. Массив данных анализировали методами математической статистики.

Установлено, что на начальных этапах развития сосняков, ведущая роль принадлежит представителям класса *Ascomycetes*, а к 10-летнему возрасту с ними конкурируют представители класса высших грибов с многоклеточным мицелием *Basidiomycetes*. На ослабленных и поврежденных ветвях, участках ствола выделены грибы из рода *Lophodermium*, *Dothistroma*, *Phacidium*, *Sclerophoma*, *Coleosporium*, а на ветвях и стволиках *Sphaeropsis*, *Cytospora*, *Melampsora*, *Gremmeniella*, *Ascocalyx*, *Cenangium*, *Biatorella*, *Truncatella*. Грибы класса *Basidiomycetes* поражали не только механические и проводящие ткани, но и запасающую паренхиму или сочную ткань растений. В среднем на одном растении выделяли комплекс из 4-5 видов, между которыми не установлена прямая конкуренция. На отмирающих ветвях и стволах выделены сапроксилотрофы рода *Antrodiella*, *Coniophora*, *Oligoporus*, *Postia*, *Irpex*, *Tyromyces*, *Trametes*. Они проявляли себя как активные антагонисты, но при контакте с другими родами изменяли стратегию активного роста на пассивный антагонизм. Грибы рода *Coniophora* подавляли конкурентов. В микокомплексе средневозрастных растений (в среднем в возрасте 35-70 лет) до четверти видов наследовали в составе микокомплекса филлотрофы из ранних стадий роста сосен. У насаждений в возрасте 70-90 лет регистрировали увеличение доли базидиальных биотрофов: корневые из рода *Heterobasidion*, *Phaeolus*, *Ganoderma*, а также ствольные - из рода *Cronartium*, *Peridermium*, *Phellinus*. В редких случаях наблюдали антагонистическое взаимодействие ствольных биотрофов с корневыми биотрофами в комлевой зоне, что сильно ослабляло растение и приводило к усыханию сосен. У растений старше 90 лет доминировали раневые ксилотрофы из рода *Stereum*, *Trichaptum* и *Ischnoderma*, которые формировали зоны высокой конкуренции и ускоряли некротические процессы. Установлена острая конкуренция за субстрат между представителями из рода *Armillaria* и *Heterobasidion*, *Phaeolus*, что в большинстве случаев приводило к гибели сосны. В наших исследованиях была установлена конкуренция представителями рода *Diatrype* семейства *Diatrypaceae*.

Работа выполнена по теме НИР Государственного задания ВНИИЛМ на 2025-2028 года «№ 1-325 болезни хвои».

ЗАСЕЛЕННОСТЬ ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРОЙ СЕМЯН СОРТОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИИ

Л. И. Пимохова, Ж. В. Царапнева

Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ «ФНЦ
кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», Брянск, Россия

e-mail: lupin.fitopat@mail.ru

Люпин белый (*Lupinus albus* L.) из всех возделываемых видов отличается наиболее высоким потенциалом зерновой продуктивности. Урожайность зерна достигает 6 т/га. Семена содержат 36-42% белка и 8-12% жира, клетчатки 9,5-10,5%. В числе факторов, лимитирующих расширение посевных площадей и продуктивность этой культуры в РФ, являются болезни. Посев зараженными семенами приводит к передаче болезней на вегетирующие растения, что создает очаги инфекции в поле. Содержащийся патогенный комплекс вызывает истощение семян, снижает их всхожесть и отрицательно влияет на развитие растений в период вегетации. На высеваемых семенах люпина белого важно выявить возбудителей наиболее вредоносных болезней, источником которых они становятся. Это антракноз (*Colletotrichum lupini* (Bon.), фузариоз (*Fusarium* spp.) бактериоз (*Pseudomonas lupine*), серая (*Botritis cinerea* (Pers.) и белая (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) гнили. Самое опасное и вредоносное заболевание люпина – антракноз. Потери урожая от этой болезни могут составлять от 30 до 90%. В период созревания семян происходит поражение бобов, а затем и семян, грибами из рода *Alternaria*. Интенсивному их развитию способствует теплая и влажная погода. В изменяющихся климатических условиях возникает острая необходимость мониторинга пораженности семян люпина патогенной микрофлорой для обоснованного проведения протравливания посевного материала и улучшения фитосанитарной обстановки в посевах.

Работу проводили в 2022-2024 гг. на семенном материале сортов люпина белого Мичуринский и Пилигрим. Развитие и распространение болезней люпина в значительной степени определялось количеством выпадения осадков в июне и июле и сортовыми особенностями. Наибольшая заселенность семян патогенной микрофлорой наблюдалась в условиях вегетации 2022 года. Влажные условия июня и июля (89,8 и 83,4 мм осадков) при температуре воздуха 19,4 и 18,7°C. Развитие возбудителей заболеваний: антракноза, фузариоза и альтернариоза приобрело эпифитотийный характер. Сорт Мичуринский отличался большим количеством семян с патогенной микрофлорой, по сравнению с сортом Пилигрим, антракнозом на 3,0%, фузариозом – на 0,7%, альтернариозом – на 8,4%, бактериозом – на 9,4%, белой и серой гнилью на – 0,4% и 3,0% соответственно. Патогенная микрофлора отрицательно влияла и на посевные качества семян. Наибольшее влияние на снижение всхожести семян оказывала инфекция бактериоза. Общая всхожесть семян сорта Мичуринский урожая 2022 года была меньше на 9,4%, (81,4%) меньше семян с сильными проростками на 11,6% и на 2,2% больше со слабыми проростками, чем у семян сорта Пилигрим. Наименьшая заселенность семян возбудителями заболеваний и их высокие посевные качества (всхожесть 98,7 и 99,6%) отмечались в засушливых условиях вегетации 2023 года. При этом, установленные сортовые различия по зараженности семян патогенной микрофлорой прослеживаются и по средним значениям за годы исследований. Таким образом, содержание патогенной микрофлоры в семенах люпина белого определялось сортовыми особенностями и погодными условиями в период вегетации. Для улучшения фитосанитарной обстановки в посевах люпина белого и снижения потерь урожайности необходимо возделывать устойчивые сорта к антракнозу и другим патогенам, проводить обеззараживание высеваемых семян протравителями с высокой эффективностью против широкого спектра возбудителей заболеваний, своевременно проводить уборку урожая, что уменьшит количество инфицированных семян в собранном урожае.

**ПРЕОДОЛЕНИЕ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ
ЩЕТИННИКА СИЗОГО (*SETARIA GLAUCA*)
К НИКОСУЛЬФУРОНУ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИНСЕКТОАКАРИЦИДА
НА ОСНОВЕ МАЛАТИОНА**

А.Е. Пирцхалава

АО Фирма «Август», Московская область, Черноголовка, Россия

e-mail: a.pirtskhalava@avgust.com

Изучена возможность преодоления метаболической резистентности у щетинника сизого (*Setaria glauca*) к никосульфурону при использовании инсектоакарицида с действующим веществом малатион. В контролируемых условиях лабораторного опыта показано, что обработка малатионом (570 г/л) за 2 часа до внесения гербицида повышала эффективность никосульфурона (40 г/л) с 9% до 43%, а совместное применение в баковой смеси обеспечивало угнетение устойчивой популяции на 92%.

В опыте использовали семена щетинника сизого резистентной популяции, собранные в Карачаево-Черкесии. В качестве контроля применялась чувствительная популяция из Московской области. Опыт закладывали по полностью рандомизированной схеме в трех повторностях. Установлено, что предварительная обработка малатионом приводила к статистически значимому подавлению детоксикационной активности цитохромов Р450 у резистентного биотипа щетинника, а применение баковой смеси обеспечивало наиболее выраженный синергический эффект. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности дальнейшего изучения использования малатиона для преодоления метаболической резистентности к сульфонилмочевинам у злаковых сорняков.

ИНФИЦИРОВАННОСТЬ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. С. Полунина, В. А. Лавринова

ФГБНУ Среднерусский филиал «Федерального научный центр им. И.В. Мичурина»,
Тамбовская обл., пос. Новая жизнь, Россия

e-mail: lawrinowa777@mail.ru

После обработки семян озимой пшеницы фунгицидом Максим Форте 1,75 л/т общая инфицированность отмечалась в пределах от 0,6 до 6,3%, максимально на сорте Липецкая звезда, при эффективности 93,7%-99,4%. При этом и питиозная (2,4%) и фузариозная (1,6%) инфекции не полностью подавлялись (рис. А, В). Малой численностью сохранялась микст-инфекция фузариевых и кладоспориевых грибов (0,3%).

Эффективность препарата Максим Форте 1,75 л/т на семенах яровой пшеницы Токката достигала 92,1%. На одну зерновку доминировала фузариозная инфекция (3,3%), альтернариозная (1,7%), кладоспориозная (0,7%) и питиозная (0,3%); микст-инфекция - 1,6% (*Fusarium* sp. + *Alternaria* sp.- 1,3%; *Alternaria* sp. + *Cladosporium* sp.- 0,3%).

Эффективность Вайбранс Трио 1,5 л/т на ячмене Фандага достигала 65,4%, на сорте Исмена - 72,0%; соответственно доминировала альтернариозная (20,0;22,3%) и питиозная (3,0;9,0%) инфекции. Комплексу патогенов на зерновку отводилось 10,0-18,0%, в основном за счет микроформ питиевых микромицетов в совокупности с фузариевой и гельминтоспориевой инфекциями (рис. Б). Менее защищенными оставались зерновки сорта Фандага.

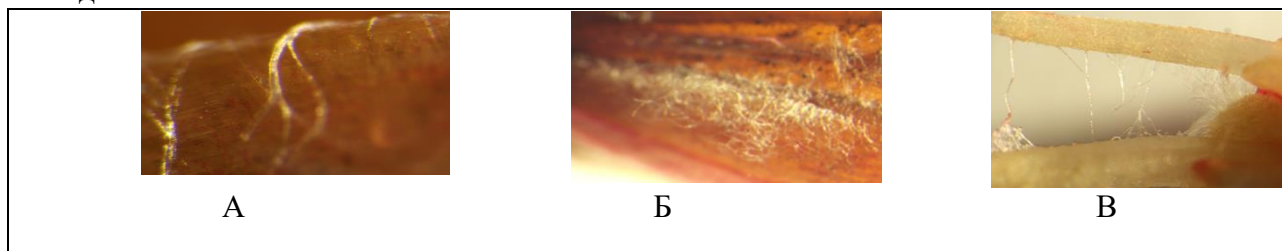


Рисунок. Габитусы микромицетов р. *Pythium*.

Микологический анализ семян озимой пшеницы выявил, что основными возбудителями корешков и проростков являлись грибы из рода *Fusarium*, *Pythium*, значительно слабее *B. sorokiniana*. Поражение возбудителями локализовалось в зародышевых корешках и незначительно в прикорневой части проростка. Интенсивность поражения в контроле по сортам отмечалась в пределах от 27,2 до 34,5%. После обработки фунгицидом Максим Форте 1,75 л/га инфицированность по сортам отмечалась в пределах от 1,3 до 4,5%, распространение от 5,0 до 8,0%, с эффектом (86,9-95,2%), максимально на сорте Липецкая звезда.

На зерновках яровой пшеницы основными патогенами являлись грибы из рода *Fusarium*, *Pythium*. Поражение локализовалось равномерно и в зародышевых корешках, и в прикорневой части проростка. Интенсивность поражения в контроле отмечалась на уровне 9,5% при распространении 35,0%. После обработки фунгицидом Максим Форте 1,75 л/га инфицированность достигала 1,8%, распространение 7,0%, эффективность - 81,6%.

На зерновках ячменя были выявлены, грибы из рода *B. sorokiniana*, *Pythium*, слабее *Fusarium*. Пораженные участки отмечались и в зародышевых корешках, и в прикорневой части проростка равнозначно. Интенсивность поражения корневыми гнилями оставалась умеренной (27,5;30,0%). После химической обработки Вайбранс Трио 1,5 л/т поражение снижалось до 2,3;5,2% при эффективности в 81,1;92,1%. Распространение заболевания в контрольном образце достигало 80,0%, в обработанном – 6,0;21,0%.

ПОЛИМОРФИЗМ РОССИЙСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ ЧЕРЕМУХОВО-ЗЛАКОВОЙ ТЛИ (*Rhopalosiphum padi* L.) ПО ДНК МАРКЕРАМ

Е. Е. Радченко, И. Н. Анисимова, Н. В. Алпатьева

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

e-mail: eugene_radchenko@rambler.ru

На многих сельскохозяйственных культурах и, прежде всего, на злаках, существенно увеличилась вредоносность тлей. Повсеместно наблюдающаяся генетическая однородность агроценозов способствует ускорению микроэволюции насекомых. Характерная для злаковых тлей возможность приспособления к питающему растению вызывает необходимость изучения изменчивости насекомых, источником которой может явиться иммиграция клонов в локальную популяцию извне, мутационный процесс и комбинативная изменчивость внутри локальной популяции по генам вирулентности к растениям-хозяевам. Понятно, что для этого требуются исследования по определению границ популяций фитофагов, направления и дальности их миграций. Сведения о границах популяций тлей в России очень скудны. Между тем такого рода сведения имеют ключевое значение для разработки целесообразных программ территориального размещения сортов зерновых культур, защищенных разными генами устойчивости к фитофагам. Сравнение популяций тлей по нуклеотидным последовательностям полиморфных фрагментов митохондриального, нерекombинирующего, генома становится все более популярным.

С помощью технологии высокопродуктивного секвенирования нового поколения (NGS) в 14 выборках из трех популяций черемухово-злаковой тли (*Rhopalosiphum padi* L.) изучали полиморфизм фрагмента гена *ND4*, кодирующего субъединицу 4 NADH-дегидрогеназы, и определяли спектр точечных замен. Насекомых собирали в контрастных по климатическим условиям и флористическому разнообразию зонах Европейской части России: на северо-западе РФ (окрестности Санкт-Петербурга) и на северном Кавказе (Краснодарский край и Дагестан). Идентифицировали гаплотипы митохондриальной ДНК (мтДНК), нуклеотидные последовательности которых на 97.95–99.80% совпадали с референсной (GenBank accession KT447631.1). Уровень внутривидового полиморфизма фрагмента гена *ND4* у *Rh. padi* длиной 438 п.н. варьировал от 0.2 до 4.3%. В течение двух лет в последовательностях *ND4* найдено 33 полиморфных сайта (17 транзиций и 16 трансверсий), что позволило идентифицировать 30 гаплотипов мтДНК. Варьирование частот гаплотипов мтДНК оказалось значимым как для эколого-географически разобщенных популяций (Дагестан, Краснодарский край, Санкт-Петербург), так и по годам. Популяции *Rh. padi*, собранные одновременно на разных растениях-хозяевах или в разное время на черемухе (весной) и злаках (летом), различались по соотношению основного гаплотипа, а также по составу уникальных минорных гаплотипов. Отбор клонов *Rh. padi* на восприимчивом и устойчивом сортах пшеницы проходил дифференцированно.

Таким образом, выявлен достаточно высокий полиморфизм фрагмента гена *ND4*, кодирующего субъединицу 4 NADH-дегидрогеназы черемухово-злаковой тли, по частотам минорных гаплотипов мтДНК – как общий, так и сезонный. Установлено, что эта изменчивость зависит, прежде всего, от ботанической принадлежности и генотипа растения-хозяина. Значительный однонуклеотидный полиморфизм фрагмента гена *ND4* может быть использован при изучении структуры популяций опасного фитофага.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития, оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

ВНУТРИ- И МЕЖПОПУЛЯЦИОННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ ВИДА *MICRODOCHIUM NIVALE*

Е. А. Рязанов, О. А. Гоголева, Г. Ш. Мурзагулова, И. Т. Сахабутдинов,
В. Ю. Горшков

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской
академии наук» (ФИЦ КазНЦ РАН), Казань, Россия

e-mail: eg.ryazanov@gmail.com

Розовая снежная плесень озимых зерновых культур, вызываемая психрофильным фитопатогенным грибом *Microdochium nivale*, представляет серьёзную угрозу сельскому хозяйству, особенно в регионах с умеренно-континентальным климатом. Наиболее интенсивно заболевание развивается под снежным покровом, однако *M. nivale* адаптировался к более тёплым условиям и способен поражать растения в течение всего вегетационного периода. Целью нашего исследования было комплексное изучение внутрипопуляционного и межпопуляционного генетического и фенотипического разнообразия штаммов *M. nivale*, выделенных из трёх озимых зерновых культур (ржи, пшеницы и тритикале) из двух агроценозов Республики Татарстан.

Генотипирование штаммов проводили с помощью высокопроизводительного секвенирования по четырём геномным локусам: внутренний транскрибируемый спейсер ITS2 и участки генов фактора элонгации EF-1 α , β -тубулина и РНК-полимеразы II (RpoL). В результате генотипирования 136 исследуемых штаммов *M. nivale* были разделены на 10 генотипов. С помощью филогенетического анализа нами показано, что большинство генотипов отличаются от ранее описанных штаммов *M. nivale* из других стран, что может свидетельствовать о географической специфичности популяций.

Фенотипы штаммов характеризовали по скоростям роста *in vitro* при разных температурах (5, 20, 27 °C) и вирулентности в отношении ржи, пшеницы и тритикале. Скорости роста у штаммов варьировали в широком диапазоне; дифференцированы более холодадаптированные и более теплоадаптированные штаммы. Вирулентность разных штаммов также различалась в широком диапазоне: некоторые штаммы приводили к ~90-процентному недобору массы корней, а некоторые, наоборот, стимулировали рост корней инфицированных растений. По совокупности фенотипических признаков штаммов с помощью кластерного анализа выделено пять групп. Взаимосвязей между принадлежностью к той или иной группе и определенными нами генетическими признаками не обнаружено. Две исследуемые популяции *M. nivale* существенно не различались с точки зрения представленности штаммов с разными генетическими и фенотипическими характеристиками, за исключением того, что средняя скорость роста штаммов из одного агроценоза была достоверно выше, чем из другого агроценоза.

Таким образом, наше исследование демонстрирует высокое генетическое и фенотипическое внутрипопуляционное разнообразие штаммов *M. nivale*; при этом межпопуляционное разнообразие штаммов выражено слабо. По всей вероятности, большое разнообразие генотипов и фенотипов в популяциях *M. nivale* определяет высокую адаптивность этого вида, а также угрозу вспышек вызываемого ими заболевания при разных условиях окружающей среды. Полученные нами данные создают основу для поиска генетических маркеров фенотипических признаков *M. nivale*, что будет способствовать разработке точных диагностических методов и других эффективных подходов для подавления развития снежной плесени.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 25-16-00132 и госзадания.

МОНОПУСТУЛЬНЫЕ ИЗОЛЯТЫ *PUCCINIA GRAMINIS* F. SP. *TRITICI* КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ФЕНОТИПИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Е. С. Сколотнева, В. Н. Кельбин, Е. А. Салина

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского
отделения Российской академии наук (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия

e-mail: sk-ska@yandex.ru

Скрининг селекционного материала мягкой пшеницы по устойчивости к болезням целесообразно проводить в естественных условиях региона, для которого ведется селекция. Однако в отношении возбудителя стеблевой ржавчины, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* (*Pgt*), такая процедура не всегда возможна в связи со специфической физиологией гриба, успешное развитие которого требует сочетания повышенной влажности в ночное время и высокой среднесуточной температуры в период наиболее восприимчивых фаз вегетации растения-хозяина. Лабораторное тестирование материала с помощью набора монопустульных изолятов *Pgt*, контрастных по вирулентности на пшеничных линиях с *Sr* генами, является приемлемой альтернативой при соблюдении стандартов, принятых для фенотипирования материала к стеблевой ржавчине (Patpour et al., 2022). В лаборатории молекулярной фитопатологии ФИЦ Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук с 2016 года осуществляется мониторинг региональных популяций *Pgt*. Проведены исследования вирулентности и SSR генотипирования образцов популяций из Новосибирской, Омской, Кемеровской и Московской области, Алтайского и Красноярского края. Выделены, накоплены в аналитическом количестве и хранятся в условиях глубокой заморозки изоляты *Pgt*, представляющие собой пары, контрастные по вирулентности: AvrSr5/vrSr, AvrSr6/vrSr6, AvrSr9d/vrSr9d, AvrSr10/vrSr10, AvrSr17/vrSr17, AvrSr24/vrSr24, AvrSr38/vrSr38, AvrSrMcN/vrSrMcN. Для возможности отслеживать чистоту созданной рабочей коллекции, подобраны молекулярные SSR маркеры на микросателлитные локусы и KASP маркеры на однонуклеотидный ДНК полиморфизм монопустульных изолятов.

Помимо скрининга устойчивости селекционного материала, контрастные системы вирулентных фенотипов могут использоваться в экспериментах по выяснению механизмов действия генов устойчивости, а также для подтверждения результатов генотипирования селекционного материала с помощью молекулярных ДНК маркеров. Например, изоляты AvrSr24/vrSr24, AvrSr38/vrSr38 были применены нами для предварительной идентификации генов устойчивости *Sr38* и *Sr24* в селекционном материале, адаптированном для Центрального региона России и Западной Сибири.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-76-30003-П, <https://rscf.ru/project/21-76-30003/>

Patpour M., Hovmøller M.S., Rodriguez-Algaba J., et al. Wheat stem rust back in Europe: diversity, prevalence and impact on host resistance. *Front Plant Sci.* 2022. V. 13. P. 882440. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.882440>

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ НАСТОЯЩЕЙ МУЧНИСТОЙ РОСЫ НА КУЛЬТУРАХ ОГУРЦА (*CUCUMIS SATIVUS* L.) И КАБАЧКА (*CUCURBITA PEPO* L.)

М. Е. Слетова, А. В. Каменева, В. К. Чижик

ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», г. о. Одинцово, Россия

e-mail: gvina@yandex.ru

Отличительные симптомы мучнисто-росяных грибов (Ascomycota, Erysiphales), позволяют с легкостью дифференцировать этих возбудителей среди других групп фитопатогенов. Являясь по своей природе облигатными биотрофами, они, при благоприятном стечении почвенно-климатических факторов, успешно колонизируют все фотосинтезирующие надземные ткани растений, отдавая предпочтение в первую очередь, листьям и значительно снижая урожайность сельскохозяйственных культур. Настоящая мучнистая роса тыквенных культур встречается во всех областях мира, где выращиваются бахчевые культуры. На сегодняшний момент, благодаря развитию молекулярных исследований, учёные выделяют уже семь видов настоящей мучнистой росы с различными морфобиологическими характеристиками, ограниченные ареалами растений-хозяев, гидротермическими, географическими, экологическими и другими факторами. Среди них наиболее часто встречаются *Golovinomyces orontii* (Castagne) Heluta и *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff. Необходимость в изучении внутривидовой дифференциации патогенов обусловлена их значительной пространственно-временной вариабельностью по годам, в течение вегетации, в разных условиях выращивания (теплица, открытый грунт), при значительных колебаниях температуры и влажности и приуроченности к фазе развития растений-хозяев.

Мониторинг видового состава возбудителей настоящей мучнистой росы проводились в 2021-2024 годах в условиях Московской и Тульской области. В качестве материалов исследования были использованы в общей сложности в открытом и защищённом грунте 67 образцов кабачка, 67 образцов огурца и коллекция тест-растений дифференциаторов патотипов настоящей мучнистой росы. Идентификация осуществлялась как при использовании классических фитопатологических методов и определителей, так и молекулярно-генетическим методом с помощью праймеров ITS 4, 5. В результате мониторинга 2021-2024 гг в образцах спороношения настоящей мучнистой росы, собранных с пораженных растений кабачка в полевых условиях Тульской области, в течение всего периода наблюдений был выявлен только возбудитель *G. orontii*. Идентификация молекулярно-генетическим методом и сравнение полученных последовательностей с базой данных NCBI, образцов спороношений мучнистой росы, собранных с растений огурца и кабачка в защищённом грунте в Московском регионе в течение исследуемого периода выявило присутствие двух патогенов *P. xanthii* и *G. orontii*. При этом наблюдения показали, что доминирующим возбудителем настоящей мучнистой росы на кабачке и огурце в защищённом грунте является *P. xanthii*. С той лишь разницей, что к концу вегетации в конце августа – начале сентября на культуре кабачка появляется смешанная инфекция с превалированием *P. xanthii* к *G. orontii* в соотношении 9:1, а на огурце был обнаружен только грибок *P. xanthii*. В полевых же условиях на культуре кабачка возможны колебания внутри популяции настоящей мучнистой росы с преобладанием патогена *P. xanthii* в начале вегетации (третья декада июня-первая/вторая декады июля) с постепенным увеличением доли присутствия *G. orontii* к концу вегетационного периода (третья декада августа – сентябрь). В 2024 году по сравнению с другими годами в полевых условиях на кабачках преобладал возбудитель *G. orontii* с незначительной долей *P. xanthii* (10-15% в зависимости от даты взятия образца).

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПУЛЯЦИИ *USTILAGO NUDA* (C.N. JENSEN) ROSTR. ВОЗБУДИТЕЛЯ ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНИ ЯЧМЕНЯ В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. П. Судникова¹, Л. В. Бокунова¹, Ю. В. Зеленева^{2*}

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина», Тамбов, Россия

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР), Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: zelenewa@mail.ru

Возделывание ячменя в Тамбовской области играет важную роль как в экономике региона, так и в обеспечении продовольственной безопасности [<https://68.rosstat.gov.ru/>]. Учитывая благоприятные климатические условия и современные агрономические практики, ячмень остается одной из ключевых зерновых культур в области. Получение стабильного и качественного урожая ячменя зависит от множества факторов, среди которых важное место занимает использование здорового семенного материала. Возбудитель пыльной головки – *Ustilago nuda* (C.N. Jensen) Rostr. сохраняется в виде покоящегося мицелия в зародыше инфицированного семени ячменя. Гриб является облигатным биотрофом. Болезнь уничтожает колос полностью, оставляя лишь пылящую массу спор черного цвета. Целью исследования являлось изучение структуры популяции возбудителя пыльной головки ячменя (*U. nuda*) на территории Тамбовской области по вирулентности.

Популяция *U. nuda* в 2024 г. была дифференцирована по вирулентности на 13 физиологических рас: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 15, *Un D* и *UnZ*. Доминирующие расы 1 и 9, обладают среди известных рас наиболее широким спектром вирулентности и уровнем агрессивности. Они формировались на сортах Аннабель, Ауксиний 3, Вакула, Гонар, Одесский 115, Приазовский 10, Хаджибей.

Исходя из сложившихся в зерновом агрофитоценозе взаимоотношений растение-хозяин – патоген, различную степень устойчивости (эффективности) обеспечивают девять генов, в их числе высокую - *Run 3*, *Run 6*, среднюю - *Run 4*, *Run 11*, *Run 12*, *Run 13*, *Run 14*, *Run 15*, низкую - *Run 2*, не эффективны - *Ran1*, *Run 7*, *Run 8*, *Ran9+10*.

Проведена реинокуляция субпопуляциями пыльной головки 7 районированных в ЦЧР сортов ячменя (Аннабель, Вакула, Гелиос, Одесский 115, Тонус, Хаджибей, Чакинский 221). Использовали метод частичного вакуума. Исследования проводились в 2022-2024 годах. На основе анализа экспериментальных данных были составлены формулы вирулентности популяции, формирующиеся на сортах. Так, на сорте Гелиос формировалась популяция с наибольшим количеством генов вирулентности (64%). Близки по вирулентности популяции с сортов Вакула и Чакинский 221 (по 50% соответственно).

Аннабель	1, 3, 4, 15, 9+10, 15 / 2, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 8+15
Вакула	1, 3, 4, 7, 8, 9+10, 15 / 2, 11, 12, 13, 14, 8+15
Гелиос	1, 4, 7, 8, 9+10, 11, 12, 15, 8+15 / 2, 3, 7, 13, 14
Одесский 115	4, 9 +10, 15 / 2, 3, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 8+15
Тонус	1, 3, 4, 9+10, 15, 8+15 / 2, 7, 8, 11, 12, 13, 14
Хаджибей	3, 8, 9 +10 / 2, 7, 11, 12, 13, 14, 8+15
Чакинский 221	1, 3, 4, 7, 9+10, 12, 15 / 2, 8, 11, 12, 13, 14, 8+15

Анализ патогенных свойств инфекционного материала, собранного на полях Тамбовской области и проведенная в дальнейшем реинокуляция районированных сортов, позволяет заключить, что в формообразовательном процессе популяций возбудителей болезней важная роль принадлежит сорту-хозяину.

АГРЕССИВНОСТЬ ВИДОВ *FUSARIUM ACUMINATUM* И *F. SPOROTRICHIOIDES* НА КУЛЬТУРЕ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ

Т. О. Тихонова, Е. Г. Козарь, И. А. Енгальчева, В. А. Степанов

ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО), Одинцовский округ, Россия

e-mail: tikhonova@tatyana94.ru

Фузариозная гниль, вызываемая патогенами рода *Fusarium*, представляет серьезную угрозу при производстве корнеплодов моркови и длительном хранении продукции. Многие из них продуцируют соединения, которые являются мощными фитотоксинами и ингибиторами синтеза белка у эукариот. Изучение современного состояния фитопатогенного комплекса является необходимым условием объективного тестирования на устойчивость, что позволяет определять направления и своевременно расставлять приоритеты в селекции на иммунитет, обновлять коллекцию агрессивными изолятами возбудителей для иммунологических исследований. В ходе ежегодного мониторинга было обнаружено, что в составе патоконплекса пораженных растений моркови столовой в последние годы, помимо традиционных для Московской области вредоносных видов *F. oxysporum*, *F. avenaceum* и *F. solani*, все чаще стали встречаться ранее не зарегистрированные в этой зоне на моркови столовой виды *F. acuminatum* и *F. sporotrichioides*. Их видовая идентификация была проведена на основании морфолого-культуральных признаков колоний и результатов молекулярного маркирования (*tef1*; - *Rpb2*).

При изучении фитопатогенных свойств выделенных изолятов путем искусственного заражения корнеплодов и листьев была выявлена органоспецифичность их активности и различия в характере проявления симптомов поражения. Так, при инокуляции дисков корнеплодов изоляты *F. acuminatum* активно формировали «пышную шапку» плотного мицелия в центре зоны поражения, которая имела форму округлого кратера коричневого оттенка с четкими краями, пораженная ткань при этом размягчалась, что характерно для мягких гнилей. Заражение дисков изолятами *F. sporotrichioides* в большей степени шло по типу сухих гнилей: зона поражения имела нечеткие контуры, была темного коричневого цвета с небольшим углублением в центре, при этом воздушный мицелий на поверхности пятна практически не развивался. Средний объем зоны поражения на седьмые сутки, соответственно, в 1,2-2,8 раза был меньше у изолятов *F. sporotrichioides*, чем у изолятов *F. acuminatum*, что свидетельствует о более высокой агрессивности этого вида в отношении корнеплодов моркови. В то же время, изоляты *F. sporotrichioides* проявили более высокую активность в отношении листьев, вызывая более быстрое увядание, гниль черешка и листовой пластинки с разрастанием воздушного мицелия у большинства анализируемых тест-растений различных линий, как при их погружении в водную суспензию микромицета, так и при нанесении непосредственно на листовую поверхность. Изоляты *F. acuminatum* вызывали схожие симптомы, но проявляли выраженную сортоспецифичную активность в отношении листовой розетки растений-хозяев. В результате тестирования в пределах каждого вида были выделены и включены в коллекцию фитопатогенных микроорганизмов лаборатории молекулярно-иммунологических исследований ФГБНУ ФНЦО наиболее агрессивные изоляты новых видов. В настоящее время они уже активно включены в иммунологические исследования по поиску источников устойчивости, создания исходного и линейного материала моркови столовой с групповой устойчивостью к местным штаммам возбудителей фузариозной гнили. Это подчеркивает важность целенаправленной зональной селекции на иммунитет как фундаментального элемента интегрированной системы защиты растений и поддержки конкурентоспособности отечественных сельхозпроизводителей.

ЭКСПРЕСС – ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ ВИДОВ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

В. В. Чекмарев, Г. Н. Бучнева, Н. Н. Дубровская, О. И. Корабельская

Среднерусский филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина»,
Тамбовская область, п. Новая Жизнь, Россия

e-mail: chekmarevviktor@yandex.ru

Грибы рода *Fusarium* достаточно широко распространены на посевах зерновых культур. На пшенице они вызывают такие опасные заболевания, как корневые гнили, фузариоз колоса и зерна. Для контроля развития этих патогенов применяются различные химические препараты – протравители семян и фунгициды. Но не все они в одинаковой степени оказываются эффективными. Для выявления наиболее действенных фунгицидов, как правило, проводятся их полевые испытания. Но существует и другой, так называемый экспресс-метод оценки потенциальной эффективности химических препаратов. Он проводится в чашках Петри, на агаровых пластинах, без участия растения-хозяина (метод агаровых пластин). Сущность его заключается в следующем: на поверхность агаровой пластины наносится водная суспензия конидий изучаемого вида гриба (0,5 мл, содержащая 200 – 300 конидий) и рабочий раствор фунгицида (0,5 мл). Обе жидкости смешивают и равномерно распределяют по поверхности пластины стеклянным шпателем. В контроле вместо фунгицида используется стерильная вода. После чего чашки Петри закрывают крышками и помещают в термостат. Инкубация проводится в течение 3 – 7 суток (в зависимости от вида гриба) при температуре 24,5 – 25,0°C. По истечении вышеназванного срока подсчитывают количество образовавшихся колоний и измеряют их диаметр при помощи стереоскопического микроскопа МБС – 1 (или подобного) и окуляр - микрометра. После получения экспериментальных данных проводится их анализ с помощью разработанного нами нового показателя, условно названного индексом развития гриба:

$$I = S * D / 1000 , \quad (1)$$

где: I – индекс развития гриба (условные единицы);
S – количество (сумма) колоний на агаровой пластине (шт.);
D – диаметр колоний (мкм).

Данный показатель позволяет одновременно учитывать влияние испытываемого препарата на численность образовавшихся колоний и их диаметр. Соответственно, при расчете биологической эффективности фунгицида в её формулу входят индексы развития гриба в контроле (I_K) и опыте (I_O). Точность опыта с применением нового показателя становится выше. Например, в эксперименте по испытанию фунгицидов-протравителей семян в отношении вида гриба *Fusarium oxysporum*, количество колоний патогена на агаровой пластине в контроле составило 343 шт., их диаметр – 110 мкм. В опытном варианте, где использовался препарат Кинто Дуо КС (2 л/т) данные показатели составили 47 шт. и 52 мкм, соответственно. Биологическая эффективность этого средства, рассчитанная на основании показателя «количество колоний» составила 86,3 %, с применением показателя «индекс развития гриба – 93,6 %. Аналогичные данные были получены и по другим испытываемым препаратам. Таким образом, предлагаемый показатель позволяет в значительно большей степени учитывать действие фунгицидов на развитие колоний видов грибов рода *Fusarium* в условиях *in vitro*.

**СЕКЦИЯ 4.
СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ВРЕДНЫМ
ОРГАНИЗМАМ**

ТЕХНОЛОГИЯ УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА К ВОЗБУДИТЕЛЮ РЖАВЧИНЫ *PUCCINIA HELIANTHI* SCHWEIN.

Н. М. Арасланова, Т. С. Антонова, М. В. Ивебор, С. Л. Саукова

ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур
имени В.С. Пустовойта» (ВНИИМК), Краснодар, Россия

e-mail: araslanova-nina@mail.ru

С распространением на посевах подсолнечника в регионах Российской Федерации новых биотипов возбудителя ржавчины возникла необходимость совершенствования метода оценки устойчивости селекционного материала. Важным моментом при этом является выбор инфекционного начала для приготовления инокулята и искусственного заражения. Нами обнаружено, что урединиоспоры возбудителя болезни, собранные даже с одного листа поражённого растения подсолнечника, представляют собой смесь разных по вирулентности биотипов. Поэтому для фенотипической оценки устойчивости растений предложено использовать чистые клоны спор из отдельных урединий с идентифицированным кодом вирулентности. Одним из элементов новой технологии оценки устойчивости к ржавчине селекционных образцов подсолнечника является разработанный нами метод получения *in vitro* чистых клонов спор из отдельных урединий возбудителя на фрагментах отсечённых листьев, размещённых на субстрате, пропитанном абсцизовой кислотой или бензимидазолом в контролируемых условиях температуры и влажности. На 10-е сутки культивирования на фрагментах листьев формировались урединии. Выращенные таким образом в достаточном количестве чистые клоны спор биотипов с разным кодом вирулентности, необходимые для заражения селекционных образцов сохраняют в криопробирках при температуре - 20° С и используют для заражения оцениваемого материала.

В отличие от искусственного заражения спорами возбудителя второй пары настоящих листьев растений подсолнечника, выращиваемых в камере искусственного климата в сосудах с почвенно-песчаной смесью, новая технология предусматривает инокуляцию семядолей пятидневных проростков в растильнях. Семена подсолнечника проращивают стандартным способом в рулонах фильтровальной бумаги и трёхдневные проростки размещают в растильнях на увлажнённом субстрате в виде минеральной ваты, покрытой фильтровальной бумагой рядами по 20 штук. К 5 рядам оцениваемых образцов добавляется один ряд контрольного восприимчивого к ржавчине генотипа. Корни проростков в междурядьях накрывают увлажнённой фильтровальной бумагой. Для инокуляции проростков отдельной растильни готовится суспензия для распыления из клона спор нужной вирулентности из расчёта 3 мг на 10 мл воды. Растильни с заражёнными проростками на сутки помещают во влажную камеру без света с температурой 18-20°С. Выращивают в контролируемых оптимальных для возбудителя ржавчины условиях температуры, влажности и освещённости. На 10-е сутки оценивают степень поражения семядольных листьев.

Анализ результатов оценки устойчивости 50 генотипов подсолнечника к возбудителю ржавчины с применением новой технологии в сравнении с заражением второй пары настоящих листьев, у 14 – дневных растений, выращенных обычным способом, в грунте показал их сопоставимость.

ИЗМЕНЕНИЕ ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ МАСЛИЧНОГО ЛЬНА ПРИ ПРЕДПОСЕВНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

А. С. Бушнев, Ю. В. Мамырко

ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт
масличных культур имени В.С. Пустовойта» (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК), Краснодар, Россия

e-mail: vniimk-agro@mail.ru

Представлены результаты исследований, проведённых в 2023 и 2025 гг. на чернозёме выщелоченном Западного Предкавказья, по изменению густоты стояния растений масличного льна при предпосевном применении различных видов минеральных удобрений. Достаточно известно, что критическим периодом в питании льна является период от фазы «ёлочки» до бутонизации, а избыточное азотное питание в это время может вызывать полегание растений. Однако в научной литературе недостаточно информации о влиянии предпосевного удобрения на густоту всходов культуры.

Целью исследования являлось изучение влияния различных видов предпосевного удобрения на формирование густоты стояния растений масличного льна. Объект исследования – сорт масличного льна ФЛИЗ, селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Посев осуществлялся в рекомендуемые сроки с нормой высева семян – 60 кг/га. Схема опыта в 2023 г. включала в себя контроль (без удобрений) и внесение удобрения аммофос в дозе $N_{10}P_{40}$ под предпосевную культивацию, в 2025 г. – контроль (без удобрений) и варианты с внесением удобрений под предпосевную культивацию: аммиачная селитра (N_{40}), аммиачная селитра (N_{40}) + аммофос ($N_{14}P_{60}$) и диаммофос ($N_{60}P_{60}$). Полевые опыты были поставлены по методике в изложении Б.А. Доспехова в 3-х повторениях, предшественник озимая пшеница. Технология возделывания, научно обоснованная для региона, за исключением изучаемого фактора (удобрение).

В результате исследований установлено, что в 2023 г. наибольшая густота всходов масличного льна была на контроле (без удобрений) составив 406 шт/м², а при внесении предпосевного удобрения аммофос ($N_{10}P_{40}$) отмечено некоторое снижение густоты всходов на 6 % – 382 шт/м². В 2025 г. внесение удобрений аммофос ($N_{14}P_{60}$) и аммиачная селитра (N_{40}) под предпосевную культивацию не снижало густоту всходов масличного льна, которая была на одном уровне с контролем – 98 и 99 %, составив 427 и 430 шт/м² соответственно. Следует отметить, что при увеличении дозировки вносимого азота при применении диаммофоса ($N_{60}P_{60}$) перед посевом густота всходов льна масличного снижалась на 6 %, составив 427 шт/м².

По полученным данным, можно сделать предварительный вывод, что некоторые виды удобрений при внесении перед посевом под предпосевную культивацию в определенных условиях могут оказывать влияние на полноту всходов масличного льна. Исследования по данной теме будут продолжены и углублены.

ВЛИЯНИЕ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Е. А. Варфоломеева

ФГБУН «Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук»,
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: varfolomeeva.elizaveta@list.ru

Салициловая кислота является одним из ключевых фитогормонов, играющих важную роль в защите растений от множества стрессовых факторов, включая различных вредителей и болезни. В Ботаническом саду Петра Великого, где собраны разнообразные виды растений, многие из которых произрастают в несвойственных им климатических зонах, применение салициловой кислоты может способствовать повышению их естественной устойчивости без чрезмерного использования химических препаратов. Механизмы действия салициловой кислоты связаны с её способностью активировать системную приобретённую устойчивость, что делает растения более устойчивыми к различным болезням и вредителям.

Одним из основных эффектов салициловой кислоты является индукция системной приобретённой устойчивости, которая активирует защитные реакции растений при воздействии патогенов. В Ботаническом саду, где растения часто подвергаются риску заражения грибковыми и бактериальными болезнями из-за высокой плотности посадок и влажного климата Санкт-Петербурга, обработка салициловой кислотой может снизить заболеваемость. Это особенно важно для редких и исчезающих видов, сохранение которых является одной из ключевых задач нашего сада.

Наши исследования показали, что обработка салициловой кислотой способствует повышению устойчивости ирисов (*Iris ensata*, *Iris pseudacorus*, *Iris pumila*) к грибковым заболеваниям, вызываемым *Ascochyta iridis* Oud и *Septoria iridis* C. Massal. Применение 0,01% раствора салициловой кислоты снизило развитие инфекции на 12–25%. Более высокая концентрация (0,05%) оказалась ещё эффективнее 26–46%. Это позволило определить 0,05% раствор как оптимальную дозу для защиты ирисов, обработки проводились в фазу бутонизации.

Обработка рододендронов *Rhododendron japonicum*, *Rhododendron occidentale*, *Rhododendron luteum* 0,1% концентрацией снизило развитие *Erysiphe azaleae* U. Braun & S. Takam. На 10-20%, и оказалась эффективнее 0,05% концентрации.

От *Sphaerotheca pannosa* Lew. var. *rosae* Voron. обрабатывали розы (*His Majesty*, *Félicité Parmentier*, *The Fairy*, *Charmaine*). При сравнении 0,05% и 0,1% концентрации салициловой кислоты, вторая оказалась эффективнее на 15-25%.

Несмотря на множество преимуществ, использование салициловой кислоты имеет и некоторые ограничения. В частности, при высоких концентрациях она может оказывать фитотоксическое действие, вызывая ожоги листьев или замедление роста. Кроме того, защитный эффект салициловой кислоты не является долговременным, поэтому требуется периодическая повторная обработка растений.

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме «История создания, состояние, потенциал развития живых коллекций растений Ботанического сада Петра Великого БИН РАН», номер 124020100075-2.

БИОКОНТРОЛЬ ЛИСТОВОЙ ПЯТНИСТОСТИ КАРТОФЕЛЯ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНДОФИТНЫХ ШТАММОВ *BACILLUS SUBTILIS*

А. А. Гордеев, И. В. Максимов, А. В. Сорокань

Институт биохимии и генетики — обособленное структурное подразделение Уфимского
федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

e-mail: 1998gordeev@mail.ru

Защита агрокультур от фитопатогенных микроорганизмов представляет собой ключевое направление в обеспечении продовольственной безопасности. В Республике Башкортостан существенную угрозу для продуктивности и товарных характеристик картофеля (*Solanum tuberosum* L.) представляет листовая пятнистость, этиологически связанная с грибами родов *Alternaria* и *Fusarium*. В рамках исследования проведена изоляция штаммов указанных фитопатогенов из инфицированных клубней, отобранных на складских объектах Иглинского и Чишминского районов. Культивирование изолятов осуществлялось на картофельно-глюкозном агаре (КГА) с последующей микроскопической верификацией морфологии конидий (бесполоых спор грибов), что предварительно подтвердило их таксономическую принадлежность.

В качестве стратегии биоконтроля патогенов применен антагонистический потенциал бактерий рода *Bacillus subtilis*. Источником для выделения штаммов послужили семена 12 таксонов паслёновых (*Solanaceae*), культивированные на питательной среде LB (lysogeny broth). Из 26 морфотипов, выделенных по колониальным признакам, *in vitro*-скрининг выявил два штамма с выраженной супрессивной активностью в отношении всех тестируемых фитопатогенов. Видовая идентификация бактерий будет проведена методом секвенирования гена 16S рРНК. В качестве референсных штаммов использованы культуры *Bacillus subtilis* М-22 ВИЗР, *Bacillus subtilis* В-10 ВИЗР, *Bacillus subtilis* 26Д выделенные из коммерческих биофунгицидов («Алирин-Б», «Гамаир», «Фитоспорин-М»).

Перспективным направлением исследований является оценка эффективности антагонистов в условиях *in vivo*. Для этого клоны картофеля (культура *in vitro*) будут адаптированы на среде Мурасиге-Скуга с последующей инокуляцией патогенами и обработкой бактериальными суспензиями.

Планируется исследовать:

1. Способность эндофитного заселения тканей растений.
2. Динамику ингибирования мицелиального роста и споруляции фитопатогенов;
3. Индукцию системной резистентности растений.

Полученные данные позволят оптимизировать разработку биопрепаратов на основе эндофитных штаммов *Bacillus* для управления фитосанитарным статусом посадок картофеля.

Результаты исследования могут послужить основой для разработки новых биопрепаратов, направленных на эффективную защиту картофеля от листовой пятнистости в условиях Южного Урала и других регионов.

**ПОИСК НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ПЕСТИЦИДОВ:
ИЗУЧЕНИЕ ИНСЕКТИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ НОВОГО СОЕДИНЕНИЯ
ИЗ КЛАССА ОКСАТИАЗЕПАНОВ**

**Н. Е. Грунтенко¹, Н. В. Адоньева¹, Е. К. Карпова¹, М. А. Дерюженко¹, К. С. Ковалева^{1,2},
О. И. Яровая^{1,2}**

¹ ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия

² Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН (НИОХ СО РАН), Новосибирск, Россия

e-mail: nataly@ bionet.nsc.ru

Для обеспечения высокой продовольственной и экономической безопасности России необходимо постоянное создание новых высокоэффективных инсектицидов, поскольку с течением времени у насекомых-вредителей неизбежно возникает устойчивость к препаратам, широко используемым в сельском хозяйстве, за счет естественного отбора, приводящего к формированию резистентных популяций. Нами было синтезировано соединение ks-168, принадлежащее к классу N-замещенных 1,5,3-оксатиазепанов (семичленных циклов с тремя различными гетероатомами – азотом, серой и кислородом) по ранее отработанной нами методике путем трехкомпонентной конденсации первичных аминов, водного формальдегида и 2-меркаптоэтанола. Данное соединение характеризуется умеренным уровнем цитотоксичности (сопоставимым с широко применяемым инсектицидом из группы пиретроидов, дельтаметрином). Для человека дельтаметрин относится к III классу опасности при контакте с кожей (умеренно опасный) и ко II классу опасности при пероральном введении (высоко опасный). Тестирование потенциальной инсектицидной активности ks-168 проводилось на модельном объекте *Drosophila melanogaster* с использованием насекомых, находящихся на разных стадиях развития (личинки и имаго). Было показано, что добавление 1% ks-168 в корм приводило к 100% гибели личинок *D. melanogaster*. У имаго *D. melanogaster*, перенесенных на питательную среду, содержащую 1% ks-168, наблюдалась гибель 35% особей через 60 минут, 60% особей – через 24 часа и 90% особей – через 48 часов. При уменьшении дозы ks-168 наблюдалось линейное снижение смертности мух вплоть до концентрации 0,2% ks-168, при которой выживало 100% мух. Для сравнения, при помещении имаго *D. melanogaster* на среду, содержащую 0,0125% дельтамерина (рабочая концентрация согласно рекомендациям производителя), 100% мух погибало через 24 часа. Таким образом, ks-168 отличалось значительно меньшей, однако достаточно высокой эффективностью. Полученные результаты позволили предположить контактный механизм действия тестируемого инсектицида. Это предположение было подтверждено посредством аппликации на брюшко имаго *D. melanogaster* 3% раствора ks-168 в ацетоне, приводящего к гибели 75% особей (аппликация чистого ацетона гибели мух не вызывала). Таким образом, соединение ks-168 представляет несомненный интерес для дальнейшего изучения и является перспективным новым инсектицидом контактного действия.

В дальнейшем ks-168 планируется использовать для разработки способов борьбы с листовенной почковой галлицей *Dasineura rozhkovi* в рамках проекта Российского научного фонда № 25-14-20014, при поддержке которого выполнена настоящая работа.

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА НОВОХИЗОЛЬ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫМ БОЛЕЗНЯМ В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСНОЙ ЭПИФИТОТИИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В. В. Кнауб¹, Л. Я. Плотникова¹, В. В. Фоменко²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (ФГБОУ ВО Омский ГАУ), Омск, Россия

e-mail: vv.knaub@omgau.org

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук (НПОХ СО РАН), Новосибирск, Россия

Одним из приоритетных направлений в области защиты растений является создание эффективных биопрепаратов для защиты пшеницы от комплекса болезней. В качестве биологических средств защиты широко применяют препараты, созданные на основе производных хитозана. Новохизол, представляющий собой глобулярную форму хитозана, относится к перспективным препаратам. Для эффективного использования Новохизоля для защиты пшеницы актуальна разработка технологии его применения с учетом спектра болезней и условий среды. Действие Новохизоля изучали в полевых условиях южной лесостепи Западной Сибири в 2025 г. в условиях избыточной влажности (ГТК=1,4) при массовом развитии бурой и стеблевой ржавчины и септориозных болезней. В качестве объекта исследования использовали сорт Новосибирская 29. Семена перед посевом обрабатывали 2%-ным раствором препарата, а вегетирующие растения опрыскивали 0,125%-ным раствором при первых симптомах болезней на этапе молочной спелости, и повторно – через 20 дней. В ходе исследований проводили учёт развития бурой и стеблевой ржавчины и поражения листа и колоса септориозом в динамике с интервалом 7-10 суток. По результатам учётов были построены кривые развития болезней и определена площадь под кривой развития болезней (ПКРБ). Дополнительно определяли агрономические свойства растений, влияющие на урожайность. Бурая ржавчина проявилась на посевах 15 июля, а к 30 июля листовой аппарат был поражен до 90%. Обработка Новохизолом семян и листьев привела к замедлению развития болезни, что снизило ПКРБ на 5%. Стеблевая ржавчина проявилась в начале августа, и поражение контрольных растений достигло 70% 19 августа. После обработки семян и двухкратного опрыскивания листьев ПКРБ снизилось на 10%. Септориоз на листьях отмечен одновременно со стеблевой ржавчиной. Обработка семян и двухкратное опрыскивание вегетирующих растений привели к замедлению поражения листьев и снижению ПКРБ на 24%, а также ПКРБ по септориозу колоса – на 33%. В полевых условиях было изучено стимулирующее действие Новохизоля на развитие растений. Отмечено улучшение полевой всхожести и кущения, что привело к повышению числа продуктивных стеблей в посевах после обработки семян на 18%. После опрыскивания препаратом отмечено повышение продуктивности на 35%, и урожайности на 25%. Повышение урожайности очевидно определяется стимулирующим воздействием Новохизоля на ранних этапах развития пшеницы, также замедлением поражения растений комплексом ржавчинных и септориозных растений. Таким образом, препарат Новохизол проявил ростостимулирующий и защитный эффект, более выраженный против септориозных болезней, по сравнению с ржавчинными.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 23-16-00119.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА РАЗВИТИЕ СЕТЧАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО НА СОРТАХ МАРУСЯ И РУБЕЖ В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

А. Д. Кустадинчев, Г. В. Волкова

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»,
Краснодар, Россия

e-mail: skustadinchev@mail.ru

Озимый ячмень (*Hordeum vulgare* L.) – одна из главных зернофуражных культур России. Ежегодно в стране высевается 622, 3 тыс. га озимого ячменя, при валовом сборе 2550,9 тыс. тонн. В Краснодарском крае посевные площади озимого ячменя занимают порядка 170 тыс. га, а валовый сбор зерна 1036 тыс. тонн. Основными факторами, лимитирующими получение высокого урожая качественного зерна, являются вредоносные болезни. На юге России наиболее опасным и вредоносным заболеванием ячменя является сетчатая пятнистость листьев (*Pyrenophora teres* Drechsler).

Цель исследования – изучить чувствительность биологических фунгицидов против возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя озимого. Эксперименты выполняли на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР) В исследованиях использована материально-техническая база Уникальной научной установки (УНУ) «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (<https://fncbzh.ru/brk-i-unu/unique-installation-2/>).

Скрининг чувствительности *Pyrenophora teres* Drechsler к биофунгицидам выявил максимальный показатель биологической эффективности в опытных вариантах с использованием препаратов Геостим Фит, А – 85,7 % и 85,0 % (на сортах Маруся и Рубеж соответственно), Алирин-Б, Ж – 89,7 % и 84,5 %, Псевдобактерин-2, Ж – 85,1 % и 89,0 % и химического эталона Колосаль, КЭ – 94,0 % и 94,0 %, при развитии патогена в контроле без обработки 35,0 %.

Использование в сельскохозяйственном производстве эффективных препаратов на основе биологических агентов и их метаболитов (бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus*) против пятнистостей способствует снижению резистентной к современному ассортименту химических фунгицидов токсикологической нагрузки на агроценозы и обеспечит получение экологичной растительной продукции высокого качества.

Исследования выполнены в соответствии с Государственным заданием Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме FGRN-2025-0002.

НОВОЕ СВОЙСТВО ОКСАЛАТОВ ВО ВЗАИМООТНОШЕНИЯХ МЕЖДУ ФИТОПАТОГЕННЫМИ ГРИБАМИ

А. А. Кутлубаев, Р. М. Хайруллин

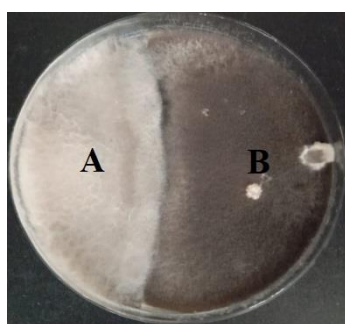
Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра РАН
(УФИЦ РАН), Уфа, Россия

e-mail: kutlubayev.a@bk.ru

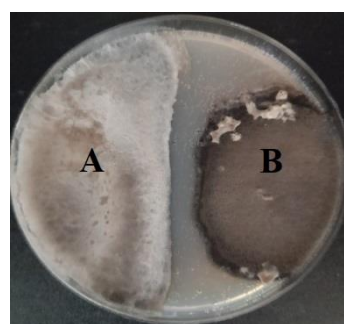
Контроль развития болезней с.-х. культур с использованием микробиологических препаратов является одним из современных элементов интегрированной системы защиты растений. В данном контексте особый интерес представляют новые способы уменьшения распространения и развития фитопатогенов не только применением вновь открытых эффективных антагонистических штаммов бактерий и грибов в качестве потенциальных агентов биоконтроля, но и использованием различных органических и неорганических веществ, способных усиливать антагонистические свойства как мутуалистических, так и фитопатогенных грибов, конкурирующих друг с другом. К примеру, введение метилцеллюлозы (2,5%) в суспензию конидий *Epicoccum nigrum* усилило противодействие последнего грибу *Monilinia laxa* (Cao et al., 2012).

У определенных видов грибов фактором вирулентности по отношению к растениям является щавелевая кислота (ЩК). К числу таких фитопатогенов относятся, например, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*. Продукция ЩК грибами направлена на деструкцию клеточных стенок растений, облегчающей проникновение фитопатогена в ткани хозяина (Han et al., 2007). В то же время некоторые грибы синтезируют ферменты деструкции оксалатов - оксалаattoксидазу и оксалаattoдекарбоксилазу.

В связи с вышеизложенным исследовали влияние ЩК на взаимоотношения фитопатогенов *Bipolaris sorokiniana* и *Alternaria alternata* *in vitro*. В контрольной среде подавление роста одного гриба другим не наблюдали. Наличие ЩК в картофельно-глюкозном агаре (КГА) привело к подавлению роста *B. sorokiniana*, тогда как размер колонии *A. alternata* был равным значению на контрольной среде. В научной литературе подобного явления между грибами в среде с щавелевой кислотой не описывается. Таким образом, нами впервые установлено влияние ЩК на взаимоотношения между фитопатогенными грибами *in vitro*. Механизмы подавления роста *B. sorokiniana* в совместной культуре с *A. alternata* в присутствии оксалата пока не установлены. Среди причин этого явления может быть подавление ЩК роста *B. sorokiniana* независимо от присутствия *A. alternata*, продукция *A. alternata* фермента деструкции оксалата – оксалаattoксидазы с выделением перекиси водорода, подавляющей развитие *B. sorokiniana*, и другие. Выявленное нами свойство ЩК может способствовать разработке новых комплексных средств защиты растений от определенных видов грибных фитопатогенов.



Контроль



Среда с щавелевой кислотой

Влияние ЩК (100 мкг/мл) на рост грибов на КГА. А – *A. alternata*; В – *B. sorokiniana*.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Е. А. Орлова¹, Н. П. Бехтольд¹, А. Б. Щербань², В. В. Фоменко³

¹ Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

e-mail: Orlova.Lena10@yandex.ru

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск, Россия

³ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук» (НIOX СО РАН), Новосибирск, Россия

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предусматривают использование ресурсосберегающих технологий, основанных на использовании биологических препаратов – индукторов болезнестойчивости. Биопрепараты на основе хитозана способствуют повышению фитоиммунитета, обладают стимулирующим действием на рост и развитие растений. Целью наших исследований было выявить эффективность препаратов, созданных на основе хитозановых комплексов, в защите яровой мягкой пшеницы от корневых гнилей и облигатных патогенов (мучнистая роса, бурая ржавчина) и установить их влияние на элементы структуры урожая. Для оценки эффективности изучаемых препаратов использовали восприимчивый к болезням сорт яровой пшеницы сибирской селекции Новосибирская 29. Схема полевого опыта предусматривала следующие варианты – *Новохизоль 2%*; *комплекс 1 - Новохизоль 2,0% + Экстракт коры сосны сибирской 0,7%*; *комплекс 2 - Новохизоль 2,0% + Салициловая кислота 0,7% + янтарная кислота 0,7%*; *комплекс 3 - Новохизоль 2,0% + сера 0,5% + янтарная кислота 0,7%* и контроль (вода). Опыт заложен в трех повторениях, включал предпосевную обработку семян пшеницы и двукратное опрыскивание вегетирующих растений в фазы кущения и колошения. Проведённые нами исследования испытуемых препаратов на основе хитозановых комплексов, показали их эффективность против комплекса грибных патогенов, вызывающих корневые гнили. Результатом обработки семян препаратами Новохизоля явилось снижение развития болезни в фазу кущения на первичных корнях с 10,3% в контроле до 2,2% в варианте с *комплексом 1* и до 3,8% с *комплексом 2*. В целом по растению снижение болезни на корнях варьировало от 7,9 в варианте с чистым Новохизолем до 4,8 и 3,1% при использовании комплекса НВХЗ 2% + ЭКСсиб 0,7% и НВХЗ 2% + салициловая 0,7% + янтарная кислота 0,7%, в контроле поражение растений составило 18,1%. Проведенный в фазу колошения второй учет показал, что пораженность растений корневыми гнилями возросла, тем не менее, препараты хитозановых комплексов сдерживали развитие болезни относительно контроля в 1,5-2,1 раза. Установлено, что на улучшение фитосанитарного состояния посевов в отношении облигатных патогенов большее влияние оказал прием опрыскивания растений в вегетацию. При искусственном заражении мучнистой росой площадь под кривой развития болезни (ПКРБ) в среднем по вариантам с испытуемыми препаратами была ниже контроля в 1,7 раза. Отмечено также защитное действие препаратов при искусственном заражении растений яровой пшеницы возбудителем бурой ржавчины – *P. recondita*. Расчет скорости нарастания болезни (ПКРБ) позволил установить, что испытуемые хитозановые препараты обладают способностью индуцировать защитные механизмы растений, снижая как интенсивность, так и распространенность заболевания. ПКРБ в среднем по препаратам составила 10,7, в контроле – 27,4 у.е. Установлено и статистически доказано влияние испытуемых препаратов на урожайность. Наиболее выраженным влиянием на продуктивность среди препаратов хитозанового комплекса обладал НВХЗ 2% + ЭКСсиб 0,7%, прирост урожайности к контролю составил 23,5%.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ 23-16-00119.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ИНДУЦИРОВАННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОГУРЦА К ПАУТИННОМУ КЛЕЩУ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИММУНОМОДУЛЯТОРА ЦИРКОН

В. А. Раздобурдин, О. С. Кириллова

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР),
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: vrazdoburdin@mail.ru, ol-yurchenko@yandex.ru

Использование иммуноиндукторов может способствовать реализации иммунного потенциала растений к фитофагам. Новые знания о действии этих препаратов будут содействовать их признанию, как важных элементов в системах защиты растений.

Известно, что характер развития защитных реакций в растении во многом зависит от биоэкологических особенностей вредителя, в том числе от способа их питания. В частности, при повреждении грызущими вредителями в растении развиваются ответные реакции с участием жасмоновой, а колюще-сосущими – преимущественно с активностью салициловой кислоты. Имеются сведения, что паутинный клещ способен индуцировать в растениях защитные реакции, формирующиеся как по жасмонатному, так и по салицилатному сигнальному пути. При этом, жасмонатный путь развития устойчивости индуцируют имаго клеща, а также отложенные самками яйца, личинки же стимулируют защитные реакции с участием салициловой кислоты. Эти два сигнальных пути могут взаимодействовать антагонистически, аддитивно или синергетически и быть связанными с сигнальными путями других фитогормонов. Известно, что путь развития защитных реакций, обусловленный тем или иным стрессовым фитогормоном, определяется в начальной фазе индукции устойчивости (при праймировании). В период праймирования происходит идентификация растением потенциального вредителя, от точности которой зависит развитие эффективной защиты при усилении стресса. Поскольку для сенсорной системы растительного организма яйца, личинки и имаго клеща отличаются по информативности, очевидно, что в начальный период развития популяции фитофага растению сложно достаточно точно его «опознать». Роль иммуномодуляторов, применяемых преимущественно для повышения устойчивости растений к фитопатогенам, в индукции защитных реакций на воздействие фитофагов, в том числе паутинного клеща слабо изучена.

На двух сортообразцах огурца, различающихся по устойчивости к паутинному клещу, оценивали влияние иммуномодулятора Циркон на фитофага. Воздействия препарата на численность дочернего поколения вредителя не наблюдалось. Однако, применение Циркона в несколько раз снижало плотность клеща во внучатом и правнучатом поколениях как на устойчивом, так и на неустойчивом сортообразце. По-видимому, особи дочернего поколения фитофага на обоих генотипах огурца выступали в качестве праймирующего стимула несмотря на то, что в этот период их плотность на сортообразцах различалась в 4-5 раз. Предположительно, длительность развития первого поколения вредителя соответствовала продолжительности прайминга, которая на обоих генотипах огурца в опыте оказалась одинаковой. Анализ результатов дает основание полагать, что в процессе праймирования Циркон может повышать чувствительность растений к паутинному клещу независимо от генотипических особенностей огурца.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ И ТОМАТОВ ОТ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ФИТОФТОРОЗА И АЛЬТЕРНАРИОЗА

А. В. Сорокань, С. В. Веселова, Д. К. Благова, В. Ф. Габдрахманова, И. В. Максимов

Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение ФГБНУ
Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Уфа, Республика Башкортостан, Россия

e-mail: fourtyanns@googlemail.com

Биологический контроль болезней растений с использованием средств на бактериальной основе считается более безопасной и устойчивой альтернативой синтетическим пестицидам. Среди бактерий рода *Bacillus* распространена способность проявлять антибиотическую активность широкого спектра действия, а также способность к эндофитной колонизации. Эндофитные бактерии являются наиболее глубоко интегрированной в метаболизм растений группой микроорганизмов.

Эндофитные штаммы бактерий, выделенные из растений *T. aestivum*, *T. timopheevii*, *Anethum graveolens*, *Petroselinum crispum*, *Solanum tuberosum*, произрастающих на территории Южного Урала - *B. subtilis* TTL2, *B. amyloliquefaciens* UTCH6, *B. subtilis* PSIBG4, *B. velezensis* M66, *B. subtilis* STK-22, *B. subtilis* TV14, *Bacillus* sp. STK18, *B. subtilis* TV2 обладали способностью подавлять рост патогенных микроорганизмов *in vitro*, что касалось как оомицета *Phytophthora infestans*, так и гриба *Alternaria solani*, что говорит об отсутствии у исследуемых эндофитных бактерий специфических механизмов воздействия на определенные патогены, характерные для растения-хозяина. Согласно полученным данным, *B. subtilis* TV2, *B. subtilis* TV14, *B. amyloliquefaciens* TTL1, *B. subtilis* TTL2, *B. amyloliquefaciens* UTCH6, *B. subtilis* PSIBG4, *Prestia megaterium* STS31, *B. velezensis* M66, *Bacillus* sp. STK18 обладали значительной протеолитической активностью. Полученные нами результаты показали высокую эффективность эндофитных бактерий *B. velezensis* M66 и *B. amyloliquefaciens* TTL1, сравнимую с широко применяемым штаммом *B. subtilis* 26Д в защите растений картофеля и томатов от альтернариоза как путем индуцирования ими защитного ответа растений, связанного с регуляцией редокс-статуса растений и выработки ими ингибиторов протеиназ, так и прямого воздействия на патоген, который мы наблюдали *in vitro*. Обработка растений *B. velezensis* M66 стимулировала в них активность ингибиторов протеиназ и пероксидаз растений в отсутствие патогена, формируя конститутивный барьер для инфицирования. Это, по-видимому, являлось одним из факторов, обеспечивающих защитный эффект, так как, например, высокая агрессивность возбудителя фитофтороза *P. infestans* могла быть связана именно подавлением иммунного ответа растений, в частности, реакций, связанных с развитием окислительного взрыва в инфицированных *P. infestans* растениях. Следует отметить, что наибольшее количество жизнеспособных бактерий во внутренних тканях картофеля среди исследуемых штаммов было характерно для *B. subtilis* PSIBG4, *B. velezensis* M66, *B. subtilis* TTL2 и *B. amyloliquefaciens* 012Т. В растениях томата так же присутствовало наибольшее количество *B. velezensis* M66 и *B. amyloliquefaciens* TTL1, а содержание *B. subtilis* TTL2 и *B. subtilis* TV2 было почти на порядок ниже, чем для *B. velezensis* M66.

Таким образом, использование эндофитных бактериальных штаммов, таких как *B. velezensis* M66 и *B. amyloliquefaciens* TTL1 может быть перспективно для защиты растений семейства пасленовых от альтернариоза и фитофтороза.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 24-26-00025.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЙОДИСТОГО КАЛИЯ В СНИЖЕНИИ ПОРАЖЕННОСТИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ЛИСТОВЫМИ БОЛЕЗНЯМИ

А. М. Шпанев, В. В. Смук

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия

e-mail: ashpanev@mail.ru

Одним из способов повышения устойчивости культурных растений к фитопатогенам является внесение удобрений, прежде всего, калийных. При этом азотное удобрение в чистом виде приводит к противоположному эффекту. В поддержании иммунитета растений значима роль не только макро, но и микроэлементов. Целью наших исследований являлось определение потенциала использования йодного удобрения в виде йодистого калия в снижении пораженности листовыми болезнями растений ярового ячменя и картофеля.

В 2024 г. на опытных полях Меньковского филиала Агрофизического НИИ были получены первичные данные по влиянию некорневой подкормки йодистым калием на пораженность ярового ячменя (сорт Ленинградский) и картофеля (сорт Ланорма) листовыми болезнями. Схемы опытов на данных культурах были идентичны и включали варианты с трехкратной обработкой вегетирующих растений йодистым калием в концентрациях 0,01, 0,03, 0,05% (ячмень) и 0,02, 0,04, 0,06% (картофель). На яровом ячмене обработки были приурочены к фазам кущения, выхода в трубку и начало колошения. На картофеле первая обработка проводилась в период смыкания рядков, последующие с интервалом в 10-14 дней. Расход рабочей жидкости – 300 л/га.

Избыточное увлажнение в июле, когда выпало 92,2 мм осадков, способствовало распространению и развитию листовых болезней ярового ячменя. В фазу налива зерна в контрольном варианте развитие гельминтоспориоза составляло 7,4, 11,0 и 15,6% соответственно на флаговом, 1-м подфлаговом и 2-подфлаговом листьях, мучнистой росы – 0,4, 1,5 и 3,6%, карликовой ржавчины – 4,1, 7,8 и 8,9%. В вариантах с трехкратной обработкой растений ячменя концентрациями йодистого калия фиксировалось снижение общего развития листовых болезней, в том числе гельминтоспориоза – на 5,4-17,3%, мучнистой росы – 5,6-61,1%, карликовой ржавчины – 18,8-24,6%. Увеличение концентрации данного микроудобрения, по всей видимости, усиливало проявление защитных реакций у растения, поскольку на соответствующих вариантах наблюдалось более сильное снижение развития гельминтоспориоза и мучнистой росы. Впрочем, выявленные различия не были достаточно большими, чтобы иметь статистическое подтверждение.

Погодные условия летнего периода 2024 г. оказались оптимальными для развития эпифитотии фитофтороза и менее благоприятными для развития альтернариоза на посадках картофеля. Первые симптомы поражения картофеля фитофторозом в ситуации с искусственным заражением посадок появились на листьях по прошествии 7 дней (22 июля). Эффект снижения развития заболевания в вариантах опыта с различными концентрациями раствора йодистого калия в условиях серьезной патогенной нагрузки находился в пределах от 9,2 до 50,6% на момент цветения картофеля (22 июля), от 0 до 16,6% на стадии роста клубней (1 августа) и от 0 до 2,1% по истечении еще 11 дней (12 августа). Тем самым, влияние йодистого калия на развитие данного заболевания со временем ослабевало. Итоговое развитие фитофтороза на всех вариантах опыта составило 100%.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда и Санкт-Петербургского государственного автономного учреждения «Фонд поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности» в рамках гранта № 24-16-20021.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

- Абросимова 5
Адоньева 97
Алабугина 33
Алексеева 10
Алпатьева 29, 85
Анисимова И.Н. 85
Анисимова Н.В. 6
Антонова О.Ю. 8, 25, 30
Антонова Т.С. 59, 93
Антошкин 28
Арасланова 59, 93
Афанасенко 5, 37
Ахтямова 40
Ашмарина 33
Бабак 6
Багмет 25
Бадьянов 9
Баева 14
Баранова 21, 26
Бахытулы 22, 35
Башко 17, 52, 60, 66
Беляева 19
Бехтольд 23, 101
Благова 103
Блинова 39
Бокунова 89
Болатбекова 22,24,27,32,35,50
Бруснова 8
Бурханова 7
Бучнева 91
Бушнев 94
Быстрицкий 69
Варфоломеева 95
Верещагина 61, 64
Веселова 7, 103
Волкова 34, 38, 56, 99
Волынчикова 62
Выприцкая 63
Габдрахманова 103
Гавриленко 8, 30
Гандрабур 61, 64
Гайсина 63
Гасиян 65, 75
Гниненко 81
Гоголева 86
Головенчик 17, 52, 59, 66
Гончаренко 25
Гордеев 96
Горенкова 19
Горшков 41, 86
Гришечкина 70
Груntenко 97
Гультяева 54
Гурина 29
Гучетль 9
Данилова 56
Дегтярёв 10
Дерюженко 97
Добродькин 6
Долгов 10
Домблдес 28
Дрозд 6
Дубровская 91
Дудников 26
Дудникова 26
Дунаева 30
Дутбаев 22,24,27,32,50
Егорова 11
Енгальчева 28, 90
Еремеев 64
Ерёмин 40, 67
Ефрейторова 68
Заплаткин 69
Зеленева 35, 43, 70, 89
Зотеева 49
Зубко 70
Зубкович 5
Зуев 43
Иванова Е.А. 29
Иванова И.О. 41
Ивебор 58, 93
Игнатов 63, 76
Истомина 18
Каменева 71, 88
Камнев 30
Капусткина 72, 74
Карпова 97
Касымов 31
Кейшилов 22, 35
Кельбин 87
Кильчевский 6, 14
Ким 73
Кириллова 102
Клименко 64
Кнауб 43, 98
Ковалева 97
Коваленко 21, 35, 36, 42
Ковальчук А.И. 19
Ковальчук А.М. 44
Козарь 28, 90
Козлов 17, 52, 59, 66
Конарев 74
Конькова 53
Корабельская 91
Корнева 45
Коробейников 33
Кохметова 22,24,27,35,36,50
Крахмалёва 45
Кремнева 65, 75
Крупинская 28
Крюков 19
Кудинова 34
Кудряшова 19
Кумарбаева 22, 24, 32, 35, 50
Кустадинчев 99
Кутлубаев 100
Кырова 5, 76
Лавринова 77, 84
Лазарев 69
Лапочкина 35, 36
Ларина 81
Лашина 5, 37
Лебединец 38
Левитин 78
Лоскутов 39, 56
Лукина 37

Любимова 40, 67	Раковская 52	Чеботарь 69
Макарова И.Ю. 36	Рогозина 29	Чекмарев 91
Макарова Т.О. 8	Розанова 5	Чернобровкина 53
Максимов 7, 96, 103	Руденко 34	Чернышова 70
Мамедов 45	Румянцев 7	Чижик 88
Мамырко 94	Русецкий 17, 52, 59	Чурсин 44
Маннапова 41	Рябинина 13	Шайдаюк 54
Мартиновская 6	Рязанов 86	Шаманин 44
Масленникова 47	Савиченко 9	Шелихова 47
Матвеева 79	Савченко 10	Шепелев 44
Метт 36	Салина 87	Шингалиев 16
Мешкова 80	Салмова 53	Шоева 23
Мироненко 5, 12, 21, 42	Сандухадзе 45	Шпанев 104
Мирошниченко 10	Саукова 58, 93	Шрейдер 80
Митрофанова 42	Сахабутдинов 86	Шурхаева 55
Митюшкин 51	Сахарова 67	Щербань 101
Мурзагулова 86	Семанюк 52, 66	Юрков 19
Нардид 36	Семенова 46	Яровая 97
Некляев 81	Сибикеев 21	Яхник 56
Нешумаева 80	Симаков 51	Яцевич 6
Никитинская 63	Сколотнева 15, 87	
Никитинский 63	Слезина 18	
Никольская 5	Слетова 71, 88	
Нужная 7	Смук 104	
Одинцова 18	Сорокань 96, 103	
Орлова 23, 101	Степанов 90	
Павлова 41	Судникова 89	
Пакина 63	Сулейманова 43	
Панчук 63	Султанова 50	
Пендинен 8	Табанюхов 47	
Петрова 25	Таутекенова 40	
Пиголев 10	Тиме 8	
Пимохова 82	Тихонова 90	
Плотников 13	Тоцкий 23	
Плотникова 43, 98	Тырышкин 48	
Полунина 77, 84	Фатеев 49	
Пономарев 41	Фоменко 98, 101	
Пономарева 41	Хайруллин 100	
Потоцкая 44	Хакимова 42	
Пугачева 6, 14	Харіпжанова 22, 27, 35	
Пыхтина 47	Хютти 51, 69	
Радченко 46	Царапнева 82	
Раздобурдин 102	Цыганков 22, 24, 27	
Разуваева 15	Чалая 29	
Рекина 16	Чашинский 17, 52, 59	



Архип Иванович Куинджи. Степь. Нива. 1875.

ISBN 978-5-6053552-1-2



9 785605 355212 >

Типография ООО Альфамиг
978-5-6053552-1-2