

Дата поступления рукописи в редакцию: 31.01.2026 г.
Дата принятия рукописи в печать: 07.04.2026 г.
DOI: 10.24412/3034-4042-2026-1-108-115

КИСИЕВА Залина Ахсарбековна,
кандидат медицинских наук, доцент кафедры микробиологии,
ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная
медицинская академия»,
e-mail: zalina-kisiewa1979@mail.ru

ИМАМАЛИ Махбуб Назанин Насеровна,
студентка 3 курса лечебного факультета,
ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная
медицинская академия»,
e-mail: naniwetsun752003@mail.ru

БЕКОВЕВА Диана Александровна,
студентка 3 курса лечебного факультета,
ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная
медицинская академия»,
e-mail: bekoevadiana78@gmail.com

УСАЧЕНКО Диана Павловна,
студентка 3 курса лечебного факультета,
ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная
медицинская академия»,
e-mail: dinusya.usachenko@mail.ru

ПАТОГЕННОСТЬ ГРИБА ПЕНИЦИЛЛИНА ПО ОТНОШЕНИЮ К ЦИТРУСОВОМУ КРАСНОМУ КЛЕЩУ

Аннотация. В работе представлены результаты идентификации изолята гриба *Penicillium oxalicum*, выделенного из природных источников, и оценки его патогенности в отношении цитрусового красного клеща (*Ranonychus citri*). Проведены морфологические и молекулярно-генетические исследования, подтверждающие видовую принадлежность гриба. Оценка патогенного действия осуществлялась в лабораторных условиях, где было установлено, что *P. oxalicum* обладает выраженной активностью против различных стадий развития клеща. Полученные данные свидетельствуют о потенциале данного гриба как биоконтрольного агента в защите цитрусовых культур.

Ключевые слова: патогенность, *Penicillium oxalicum*, цитрусовый красный клещ, *Ranonychus citri*, биоконтроль, энтомопатогенные грибы, патогенез, акарициды, устойчивость вредителей, морфологическая идентификация, молекулярная идентификация.

KISIEVA Zalina Akhsarbekovna,
Candidate of Medical Sciences,
Associate Professor, Department of Microbiology,
North Ossetian State Medical Academy

IMAMALI Makhbub Nazanin Naserovna,
Third-year student, Faculty of General Medicine,
North Ossetian State Medical Academy

BEKOEVA Diana Aleksandrovna,
Third-year student, Faculty of General Medicine,
North Ossetian State Medical Academy

USACHENKO Diana Pavlovna,
Third-year student, Faculty of General Medicine,
North Ossetian State Medical Academy

PATHOGENICITY OF PENICILLIN FUNGUS AGAINST CITRUS RED MITE

Annotation. The paper presents the results of the identification of the isolate of the fungus *Penicillium oxalicum*, isolated from natural sources, and the assessment of its pathogenicity in relation to the citrus red mite (*Panonychus citri*). Morphological and molecular-genetic studies were conducted to confirm the species affiliation of the fungus. The pathogenic effect was assessed in laboratory conditions, where it was found that *P. oxalicum* has a pronounced activity against various stages of the mite's development. The obtained data indicate the potential of this fungus as a biocontrol agent in the protection of citrus crops.

Key words: pathogenicity, *Penicillium oxalicum*, citrus red mite, *Panonychus citri*, biocontrol, entomopathogenic fungi, pathogenesis, acaricides, pest resistance, morphological identification, molecular identification.

Актуальность исследования

Цитрусовый красный клещ (*Panonychus citri*) является опасным вредителем сельскохозяйственных культур, особенно цитрусовых, вызывая значительные экономические потери. В условиях устойчивости популяций клеща к химическим акарицидам возрастает потребность в экологически безопасных методах борьбы. Изучение патогенных грибов как альтернативных биоконтрольных агентов приобретает особую значимость. В этом контексте исследование патогенности *Penicillium oxalicum* открывает новые перспективы в разработке эффективных и устойчивых методов защиты растений.

Panonychus citri, широко известный как цитрусовый красный клещ, является серьезным вредителем, представляющим серьезную угрозу для целого ряда растений, включая цитрусовые, инжир и груши, наносящий особенно выраженный ущерб цитрусовым культурам. Благодаря своим небольшим размерам, быстрому размножению и высокой способности к расселению, *P. citri* превратился в основного вредителя, сдерживающего развитие цитрусовой индустрии. В настоящее время химическая борьба остается преобладающим методом борьбы с крупномасштабными нашествиями клещей. Однако широкое применение химических пестицидов привело к возникновению целого ряда серьезных проблем, включая чрезмерное количество остатков пестицидов, нанесение ущерба природным врагам и нарушение экологического баланса в цитрусовых садах, что создает экологические и социальные проблемы. Более того, уникальные экологические стратегии и приспособляемость клещей к окружающей среде приводят к возникновению все более серьезных проблем устойчивости к пестицидам и их повторному распространению. Исследования показали, что у *P. citri* развилась устойчивость к различным традиционным акарицидам, таким как спиродиклофен, циенопирафен, бифеназат, фенпироксимат, толфенпирад, этоксазол и абамектин. [1, с. 20] В свете этих проблем существует настоятельная необходимость выйти из тупика, вызванного химическим контролем, путем разработки эффективных, экономичных и экологически чистых биопестицидов для борьбы с вре-

дителями при производстве цитрусовых. Наиболее широко и тщательно изученные акарицидные биоконтролирующие грибы в настоящее время в основном относятся к классу Sordariomycetes, включая такие роды, как *Beauveria*, *Metarhizium* и *Verticillium*. [3, с. 16] Эти грибы, способные к биологическому контролю, имеют относительно широкий спектр хозяев, включая различных вредных клещей из отряда тромбидиформных. На сегодняшний день успешно выделено несколько вирулентных штаммов против *P. citri*, в том числе *Paecilomyces farinosus*, *Lecanicillium lecanii*, *B. bassiana* и *Metarhizium anisopliae*. Среди них, Уровень смертности от *B. bassiana* и *M. anisopliae* превысил 85% против взрослого *P. citri* в лабораторных условиях. Однако также было обнаружено, что физиологические характеристики грибов с биоконтролем делают их восприимчивыми к факторам окружающей среды, таким как температура и ультрафиолетовое излучение, которые ограничивают их выживаемость, эффективность биоконтроля и стойкость (Cafarchia et al., 2022; Jaronski, 2010). [2] Таким образом, дальнейшее изучение биоконтролируемых грибов, особенно тех, которые обладают высокой устойчивостью к стрессовым воздействиям окружающей среды, поможет обогатить существующий фонд акарицидных грибковых средств для биоконтроля и обеспечит более надежную поддержку при применении препаратов для биоконтроля. Для эффективной борьбы с *P. citri* в этом исследовании из больных образцов *P. citri*, собранных в городе Тайчжоу, провинция Чжэцзян, Китай, был выделен термостойкий и высокопатогенный штамм НУС2101. Штамм был идентифицирован на основании его морфологических и молекулярно-биологических характеристик. Далее мы исследовали его биологические свойства, механизмы инфицирования и патогенеза, а также акарицидную активность. Это исследование направлено на то, чтобы стать ценным дополнением к существующим средствам биологической борьбы с клещами и заложить основу для разработки средств биологической борьбы с *P. citri*. [4, с. 6]

Целью настоящего исследования является идентификация изолята гриба *Penicillium oxalicum* и изучение его патогенного действия на цитрусо-

вого красного клеща (*Panonychus citri*).

В рамках работы решаются **задачи**: выделение и морфологическая характеристика гриба, молекулярная идентификация вида с использованием методов ПЦР, а также определение степени патогенности гриба по отношению к различным стадиям развития вредителя в лабораторных условиях.

Материалы и методы:

Чтобы получить эффективные средства биоконтроля грибов *Panonychus citri*, в этом исследовании систематически выявлялся высокопатогенный штамм НУС2101 путем анализа его культуральных характеристик, физиологических и биохимических свойств и молекулярной идентификации. Изолят был идентифицирован как *Penicillium oxalicum*. В ходе лабораторных наблюдений с использованием стереомикроскопии и сканирующей электронной микроскопии был задокументирован процесс инфицирования *P. oxalicum* НУС2101 в *P. citri* и определена его патогенность в отношении взрослых самок и личинок. Было установлено, что оптимальный температурный диапазон для роста мицелия и образования конидий *P. oxalicum* НУС2101 составляет 25-35°C, при этом спороношение наиболее интенсивно в течение дня (агаровая среда с декстрозным дрожжевым экстрактом Сабуро). Наблюдения за процессом заражения показали, что конидии легко прикрепляются к кутикулярным складкам и щетинкам клеща. Через 24 часа споры прорастают и проникают в кутикулу. К 48 часам гифы проникли внутрь клеща через кутикулу, ротовой аппарат и задний проход. Через 96 ч тело клеща было полностью покрыто гифами и большим количеством спор, что в конечном итоге привело к гибели хозяина. Результаты тестов на патогенность показали, что штамм НУС2101 был в значительной степени патогенным как для взрослых самок, так и для личинок, причем большая патогенность проявлялась в отношении взрослых самок. Значения LC50 после 7 дней инфицирования составили $5,92 \times 10^4$ и $9,22 \times 10^5$ спор/мл для взрослых самок и личинок соответственно. При максимальной концентрации спор 1×10^8 спор/мл, уровень Значения LT50 для взрослых самок и личинок составили 2,80 и 4,79 дня соответственно. В заключение, высокопатогенный штамм *P. oxalicum* НУС2101 демонстрирует значительный потенциал для использования в зеленой профилактике и борьбе с красными цитрусовыми клещами и требует дальнейшего развития в качестве средства биоконтроля. [6; 7]

Для достижения поставленной цели используются методы световой микроскопии, молекулярно-генетические методы (ПЦР и секвенирование), а также биологические тесты на заражение клещей и оценка летальности в контролируемых условиях.

Клещи *P. citri*, встречающиеся в природе, были собраны в цитрусовых садах города Тай-

чжоу, провинция Чжэцзян, Китай. Собранные образцы были помещали в стерильные центрифужные пробирки, содержащие 100 мкл стерильной воды с добавлением 0,10% Tween-80. После тщательного встряхивания надосадочную жидкость последовательно разбавляли до 10-1, 10-2 и 10-3. Эти растворы наносили на чашки с картофельно-декстрозным агаром (PDA) (состав на литр: 200 г картофельного экстракта, 20 г глюкозы и 20 г агара). Чашки переворачивали и инкубировали в темноте при температуре 28°C в инкубаторе с постоянной температурой. После образования одиночных колоний получали чистые культуры путем переноса отдельных колоний в свежую среду PDA. Выделенный штамм был сохранен и обозначен как НУС2101 (хранится в Главном микробиологическом центре Китая Центр сбора культур, регистрационный номер: CGMCC 40263). Взрослые самки *P. citri*, использованные в данном исследовании, были первоначально собраны в цитрусовых садах Чжэцзянской академии сельскохозяйственных наук и содержались в тепличных условиях в институте более двух лет. 10 поколений. Для экспериментов по инокуляции были отобраны синхронные взрослые самки, находящиеся на одинаковой стадии развития. [11]

Статистический анализ экспериментальных данных

Все данные были нормализованы перед анализом. Для оценки однородности дисперсии использовался тест Левена, а для выявления значимых различий - тест Тьюки на достоверность различий (HSD). Результаты представлены в виде среднего значения стандартное отклонение с уровнем значимости $\alpha = 0,05$. Значения LT и LC, а также их 95% доверительные интервалы (CIs), были рассчитаны с помощью пробит-анализа. Весь статистический анализ проводился использованием программ SPSS 22.0 (International Business Machines. Corporation) и GraphPad Prism 8.0 (GraphPad Software, Inc.). [9]

Идентификация и характеристика изолята

Штамм НУС2101 продемонстрировал следующие культуральные характеристики на среде PDA: Он рос относительно медленно, достигнув диаметра около 3,04 см после 7 дней культивирования. Колония была круглой, плоской и бархатистой по текстуре. Мицелий изначально был белым, позже становился темно-зеленым с обильным спорообразованием. Обратная сторона колонии имела бледно-желтую пигментацию. Под оптическим микроскопом штамм НУС2101 продемонстрировал морфологические особенности, показанные на рисунке 1А. Конидиеносцы несли бимуровчатые (двухъярусные) пенициллы, иногда мономуровчатые (однорярусные) или тервертициллярные (трехъярусные). Каждая муровка состояла из 1-3 метул, размером 3,30-4,12 x 16,96-22,86 мкм. Фидиды были тонкими, колбовидными, по 4-8 штук на оборот, размером 2,08-3,41 x 8,38-12,40 мкм,

с конидиальными цепочками на концах (рисунки IB, D). Конидии были от эллиптических до почти шаровидных, зеленовато-голубые, размером 2,12-3,43 x 3,69-4,94 мкм. Секвенирование ДНК генов ITS, BenA, CaM и RPB2 штамма HYC2101 дало фрагменты длиной 572, 457, 581 и 916 п.н. соответственно. Сравнение этих последовательностей в базе данных GenBank с помощью программы BLAST показало, что штамм HYC2101 на 100% гомологичен *P. oxalicum*. Последовательности ITS, BenA, CaM и RPB2 были объединены для построения филогенетического дерева с максимальным правдоподобием. Полученный филогенетический анализ показал, что штамм HYC2101 стабильно кластеризуется в пределах клады *P. oxalicum* (рис. 2), что подтверждает нашу, морфологическую идентификацию изолята HYC2101 как *P. oxalicum*. [8, с. 18]

Влияние питательной среды на рост мицелия и споруляцию штамма HYC2101

Морфология колоний штамма HYC2101 значительно различалась на разных питательных средах. На среде SDAY колонии имели оранжево-красный оттенок, тогда как на CDA они приобретали белый цвет. При выращивании на средах PSA, MEA и MCDA колонии имели пигментацию от травянисто-зеленого до оливково-зеленого цвета (рисунок 3A). Штамм HYC2101 продемонстрировал устойчивый рост на всех протестированных средах (PSA, SDAY, MCDA, MEA и CDA), с самой высокой скоростью роста, наблюдавшейся на среде MCDA. Через 9 дней культивирования диаметр колонии на среде MCDA достиг 6,92 см (рисунок 3B). С точки зрения споруляции, сре-

да SDAY обеспечивала самый высокий урожай спор ($5,08 \times 10$ спор/мл), значительно превышая таковой на других твердых средах. Примечательно, что минимальная споруляция наблюдалась на любой из шести протестированных жидких сред (рисунок 3C). [13, с. 32]

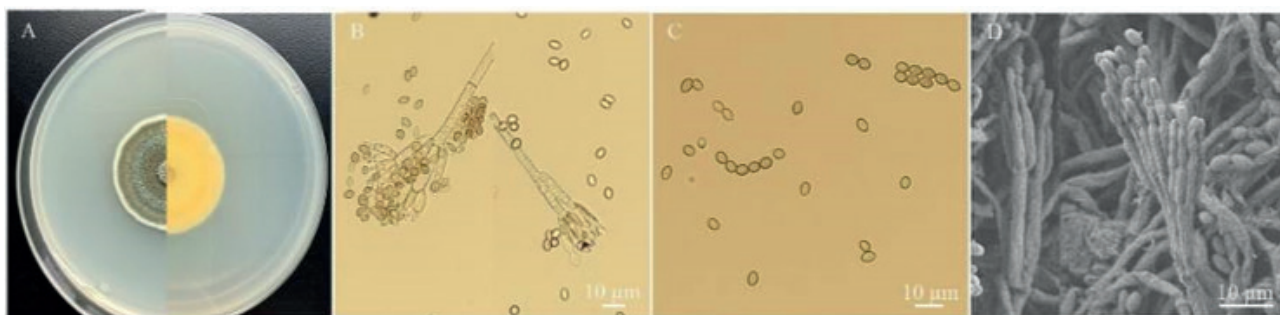
Влияние времени инкубации на прорастание спор штамма HYC2101

Споры штамма HYC2101 инкубировали при 28°C, а всхожесть оценивали через 3, 4, 5, 6 и 7 часов после инокуляции. Как показано на рисунке 4A, всхожесть спор штамма HYC2101 постепенно увеличивалась с увеличением времени инкубации. Примечательно, что после 7 часов инкубации всхожесть превысила 85%, что свидетельствует о высокой активности прорастания. [12]

Температурная адаптация и эффективность прорастания штамма HYC2101

Штамм HYC2101 продемонстрировал широкий диапазон толерантности к температуре на среде PDA, при этом рост мицелия наблюдался в диапазоне от 10 до 35 °C. Примечательно, что скорость роста мицелия была значительно выше при температуре от 25 до 35 °C по сравнению с другими протестированными диапазонами (рисунок 4B). Температура оказала существенное влияние на скорость прорастания спор штамма HYC2101. После 6 часов инкубации оптимальный температурный диапазон для прорастания спор был определен как 25-40 °C, при этом 35 °C оказались наиболее благоприятными (рисунок 4C). Минимальная всхожесть наблюдалась при температурах ниже 20 °C или выше 45 °C. [15]

Рисунок 1. Морфологические характеристики изолята P. oxalicum HYC2101 на КДА. (A) Верхняя и дорсальная поверхности колонии штамма HYC2101 на КДА на 7-й день. (B) Спорофор с развивающимися конидиями под световым микроскопом (x400), (C) Конидии и цепочки конидий под световым микроскопом (x400); (D) Спорофор с конидиями под сканирующей электронной микроскопией (x500).



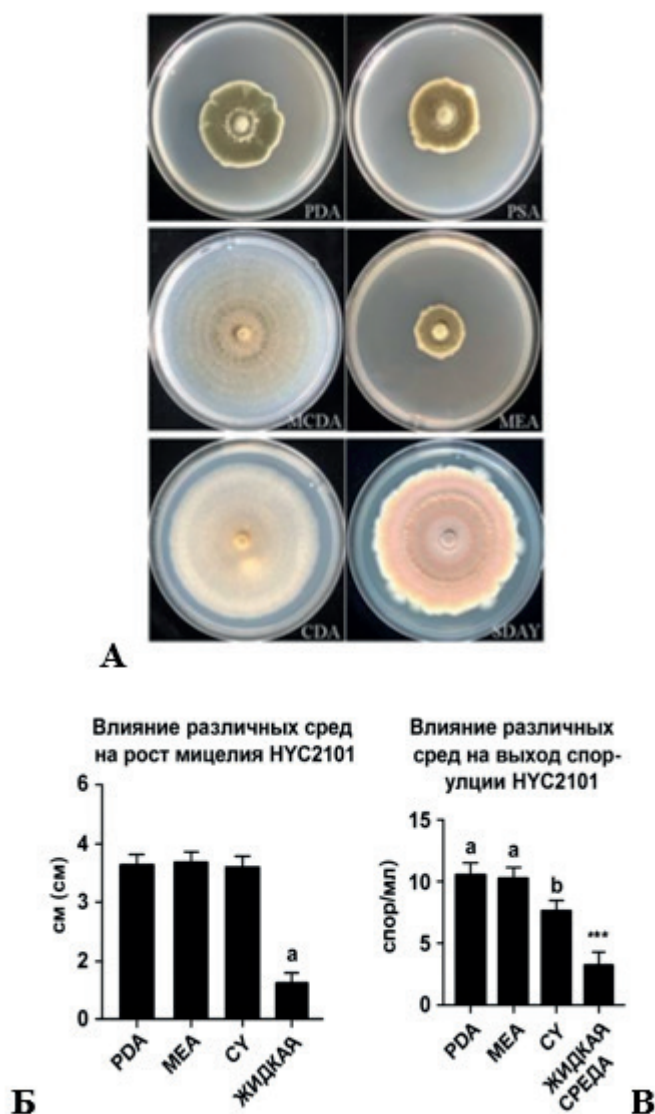
Гистопатологический анализ *P. citri*, инфицированных спорами штамма HYC2101. Стереомикроскопические наблюдения показали, что через 48 ч после инокуляции взрослых самок *P. citri* конидиальной суспензией штамма HYC2101 клещи демонстрировали вялую подвижность, при этом на их дорсальных поверхностях и ногах появлялся редкий мицелиальный налет (рисунок 5A). Через 72 ч наблюдался обширный белый мице-

лиальный налет по всему телу взрослых клещей (рисунок 5B). К 96 ч клещи были полностью покрыты грибными гифами, с обильным спорулирующими структурами и зелеными конидиями, образующимися на мицелиальных матах (рисунок 5C). Под микроскопом SEM на начальном этапе инокуляции конидии прикреплялись к кутикуле клеща, особенно в складках поверхности, бороздках и основаниях щетинок (рисунок 6A). В

течение 24 часов после инокуляции конидии прорастали, образуя ростковые трубки и аппрессории (рисунки 6B–D). Некоторые ростковые трубки непосредственно проникали в кутикулу путем ферментативного расщепления (рисунки 6B, D). Через 48 часов ростковые трубки далее развивались в гифы, демонстрируя различные паттерны инвазии: некоторые распространялись вдоль кутикулы, другие проникали непосредственно в

стенку тела, а часть проникала через естественные отверстия, такие как гипостом и анус (рисунки 6E–G). Через 72 часа плотные сети мицелия широко покрывали поверхность клеща (рисунок 6H). К 96 часам трупы клещей полностью заросли гифами гриба, которые в дальнейшем развились в воздушный мицелий, несущий многочисленные спорообразующие структуры и конидии (рис. 6I). [16; 17]

Рисунок 2. Рост мицелия и выход споруляции штамма НУС2101 на различных питательных средах. (А) Фенотипы роста штамма НУС2101 на различных средах (9 дней); (Б) Влияние различных сред на рост мицелия НУС2101; (В) Влияние различных сред на выход споруляции НУС2101. Все данные представлены в виде среднего значения + стандартное отклонение (* $n = 3$). Строчные буквы обозначают множественные сравнения выхода споруляции между твердыми средами, а *** обозначают статистически значимые различия ($p < 0,001$, t -критерий Стьюдента) между твердыми и жидкими средами.



Патогенность яиц *P. citri*

Оценка патогенности штамма НУС2101 в отношении яиц *Ranonychus citri* выявила значительные задержки начала вылупления и подавление окончательной выводимости (рисунок 7). Кон-

трольные яйца начали вылупляться на 3-й день, тогда как при концентрациях $>1 \times 10^5$ спор/мл в обработанных яйцах наблюдалась задержка начала вылупления до 5-го дня. Более того, хотя кумулятивная вылупляемость в обработанных

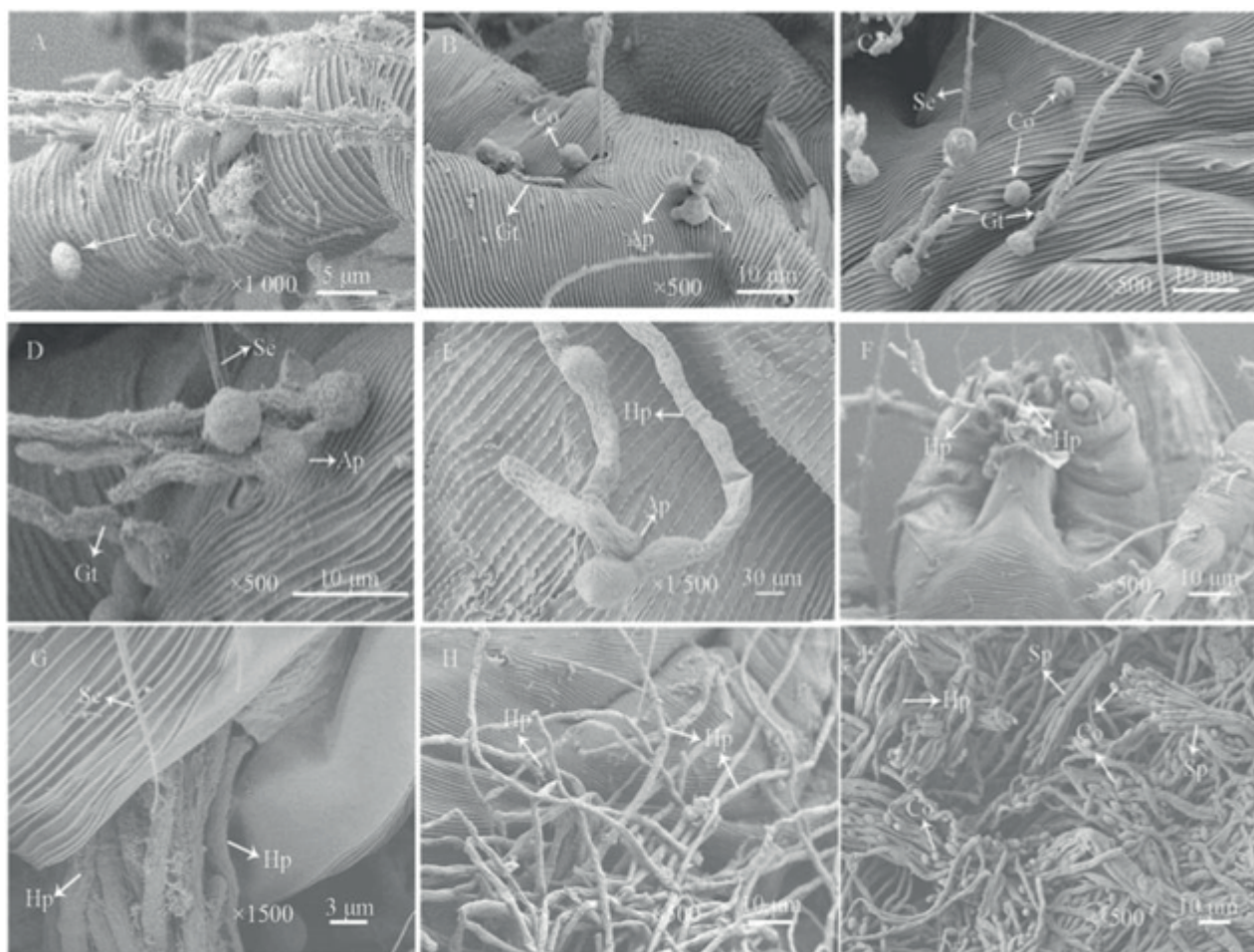
группах временно увеличилась, она оставалась значительно ниже, чем в контрольной группе, при этом более высокие концентрации вызывали

более сильное ингибирование. На 8-й день после обработки выживаемость составила 38,38% при 1×10^8 спор/мл (см. рисунок 7). [18, 19]

Рисунок 3. Внешние симптомы у *P. citri*, инфицированного *P. oxalicum* HCY2101. (А) *P. citri* через 48 часов после заражения. (В) *P. citri* через 72 часа после заражения. (С) *P. citri* через 96 часов пост-инфекция.



Рисунок 4. Сканирующие электронные микрофотографии взрослых особей *P. citri*, инфицированных *P. oxalicum* HCY2101 (А) Конидиальная (Co) адгезия к кутикуле и щетинкам клеща (Se) на ранней стадии заражения. (В, С) Некоторые конидии проросли и образовали ростковые трубки (Gt) (24 ч). (D) Ростковые трубки выросли вдоль кутикулы и образовали аппрессории (Ap) для проникновения (24 ч). (Е) Гифы (Hy) простирались по кутикуле, а аппрессории прорывали эпидермис (48 ч). (F) Проникновение гиф через ротовой аппарат *P. citri* (48 ч). (G) Проникновение гиф через анус (48 ч). (H) Мицелиальное покрытие кутикулы клеща (72 ч). (I) Обширная колонизация гиф и спорообразование на кутикуле (96 ч)..



Заключение и выводы

В ходе исследования был выделен и идентифицирован высокопатогенный штамм *Penicillium oxalicum* НУС2101, обладающий выраженной активностью в отношении цитрусового красного клеща *Panonychus citri*. Морфологические характеристики, а также результаты молекулярно-генетического анализа (ITS, BenA, CaM, RPB2) подтвердили видовую принадлежность изолята.

Экспериментальные данные показали, что штамм НУС2101 способен эффективно заражать и подавлять различные стадии развития клеща — взрослых особей, личинок и яйца. Процессы адгезии, прорастания конидий, формирования аппрессорий, инвазии через кутикулу, ротовой аппарат и анус были подтверждены микроскопическими исследованиями. Высокие показатели летальности при концентрации 1×10^8 спор/мл и

значительное снижение вылупляемости яиц свидетельствуют о сильном патогенном потенциале гриба.

Оптимальными условиями для роста и споруляции штамма являются температуры 25–35°C и твердые питательные среды MCDA и SDAY. Штамм демонстрирует устойчивость к температурным стрессам, что повышает его перспективность как биоконтрольного агента.

Таким образом, *P. oxalicum* НУС2101 представляет собой перспективный грибной биопестицид для экологически безопасной борьбы с цитрусовым красным клещом. Полученные результаты могут стать основой для разработки новых биологических средств защиты цитрусовых культур, способных снизить зависимость от химических акарицидов и уменьшить риски формирования устойчивости у вредителя. [20]

Список литературы:

- [1] Butt T.M., Jackson C., Magan N. (ред.) Грибы как агенты биологического контроля: достижения, проблемы и потенциал. CABI Publishing, 2001.
- [2] Cafarchia C., Figueredo L.A., Otranto D. Грибные заболевания клещей: биология, патогенность и потенциал контроля. *Journal of Fungal Biology*, 2022.
- [3] *GraphPad Prism 8.0. Руководство пользователя. GraphPad Software, Сан-Диего, США, 2018.
- [4] Goettel M.S., Eilenberg J., Glare T. Энтомопатогенные грибы и их роль в регулировании численности насекомых. В: *Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*. Academic Press, 2012.
- [5] Hajek A.E., St. Leger R.J. Взаимодействие грибных патогенов и насекомых-хозяев. *Annual Review of Entomology*, 1994; 39: 293–322.
- [6] *IBM SPSS Statistics 22.0. IBM Corp., Нью-Йорк, 2013.
- [7] Inglis G.D., Goettel M.S., Butt T.M., Strasser H. Использование гифомицетовых грибов для борьбы с вредителями насекомыми. В: *Fungi as Biocontrol Agents*. CABI, 2001.
- [8] Jaronski S.T. Экологические факторы при инокулятивном использовании энтомопатогенных грибов. *BioControl*, 2010; 55(1): 159–185.
- [9] Li Z., Alves S.B., Roberts D.W. Биология и экология *Beauveria bassiana*. В: *Entomopathogenic Fungi and Insects*, 2014.
- [10] Luangsa-Ard J.J., Houbraken J., van Doorn T., Hong S.-B., Borman A.M., Hywel-Jones N.L., Samson R.A. Обновлённая таксономия *Penicillium*: новые данные на основе мультилокусной филогении. *Studies in Mycology*, 2015; 78: 159–183.
- [11] Meyling N.V., Eilenberg J. Экология и эволюция энтомопатогенных грибов. *Advances in Genetics*, 2007; 94: 249–318.
- [12] *NCBI GenBank — Национальный центр биотехнологической информации. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>
- [13] Ortiz-Urquiza A., Keyhani N.O. Механизмы действия энтомопатогенных грибов. *Current Opinion in Insect Science*, 2015; 11: 26–31.
- [14] Pitt J.I., Hocking A.D. Грибы и порча пищевых продуктов. Springer, 2009.
- [15] Samson R.A., Houbraken J., Thrane U., Frisvad J.C., Andersen B. Пищевые и бытовые грибы. CBS Laboratory Manual Series. Утрехт: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 2010.
- [16] Samson R.A., Pitt J.I. Под *Penicillium* и его теломорфные стадии. Academic Press, 2000.
- [17] Sung G.-H., Hywel-Jones N.L., Sung J.-M., Luangsa-Ard J.J., Shrestha B., Spatafora J.W. Филогенетическая классификация *Cordyceps* и грибов семейства *Clavicipitaceae*. *Mycologia*, 2007; 99(1): 234–248.
- [18] Van Oorschot C.A.N. Ревизия подрода *Penicillium* subgenus *Penicillium*. *Studies in Mycology*, 1984; 26: 1–156.
- [19] Wraight S.P., Carruthers R.I., Jaronski S.T., Bradley C.A., Garza C., Galaini-Wraight S. Оценка эффективности энтомопатогенных грибов *Beauveria bassiana* и *Paecilomyces fumosoroseus* для контроля белокрылки. *Biological Control*, 2000; 17(3): 203–217.
- [20] Zimmermann G. Обзор вопросов безопасности энтомопатогенных грибов *Beauveria bassiana* и *Metarhizium anisopliae*. *Biocontrol Science and Technology*, 2007; 17(6): 553–596.

References:

- [1] Butt T.M., Jackson C., Magan N. (eds.) *Fungi as Biological Control Agents: Achievements, Challenges, and Potential*. CABI Publishing, 2001.
- [2] Cafarchia C., Figueredo L.A., Otranto D. *Fungal Diseases of Mites: Biology, Pathogenicity, and Control Potential*. *Journal of Fungal Biology*, 2022.
- [3] *GraphPad Prism 8.0. User's Manual. GraphPad Software, San Diego, USA, 2018.
- [4] Goettel M.S., Eilenberg J., Glare T. *Entomopathogenic Fungi and Their Role in Insect Population Regulation*. In: *Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*. Academic Press, 2012.
- [5] Hajek A.E., St. Leger R.J. *Interactions of Fungal Pathogens and Insect Hosts*. *Annual Review of Entomology*, 1994; 39: 293–322.
- [6] *IBM SPSS Statistics 22.0. IBM Corp., New York, 2013.
- [7] Inglis G.D., Goettel M.S., Butt T.M., Strasser H. *Use of hyphomycetous fungi for insect pest control*. In: *Fungi as Biocontrol Agents*. CABI, 2001.
- [8] Jaronski S.T. *Ecological factors in the inoculative use of entomopathogenic fungi*. *BioControl*, 2010; 55(1): 159–185.
- [9] Li Z., Alves S.B., Roberts D.W. *Biology and ecology of Beauveria bassiana*. In: *Entomopathogenic Fungi and Insects*, 2014.
- [10] Luangsa-Ard J.J., Houbraken J., van Doorn T., Hong S.-B., Borman A.M., Hywel-Jones N.L., Samson R.A. *Updated taxonomy of Penicillium: new evidence based on multilocus phylogeny*. *Studies in Mycology*, 2015; 78: 159–183.
- [11] Meyling N.V., Eilenberg J. *Ecology and evolution of entomopathogenic fungi*. *Advances in Genetics*, 2007; 94: 249–318.
- [12] *NCBI GenBank — National Center for Biotechnology Information. Access mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>
- [13] Ortiz-Urquiza A., Keyhani N.O. *Mechanisms of action of entomopathogenic fungi*. *Current Opinion in Insect Science*, 2015; 11: 26–31.
- [14] Pitt J.I., Hocking A.D. *Fungi and food spoilage*. Springer, 2009.
- [15] Samson R.A., Houbraken J., Thrane U., Frisvad J.C., Andersen B. *Food and household fungi*. CBS Laboratory Manual Series. Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 2010.
- [16] Samson R.A., Pitt J.I. *The genus Penicillium and its telomorphic stages*. Academic Press, 2000.
- [17] Sung G.-H., Hywel-Jones N.L., Sung J.-M., Luangsa-Ard J.J., Shrestha B., Spatafora J.W. *Phylogenetic classification of Cordyceps and fungi of the family Clavicipitaceae*. *Mycologia*, 2007; 99(1): 234–248.
- [18] Van Oorschot C.A.N. *Revision of the subgenus Penicillium subgenus Penicillium*. *Studies in Mycology*, 1984; 26: 1–156.
- [19] Wraight S.P., Carruthers R.I., Jaronski S.T., Bradley C.A., Garza C., Galaini-Wraight S. *Evaluation of the efficacy of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Paecilomyces fumosoroseus for whitefly control*. *Biological Control*, 2000; 17(3): 203–217.
- [20] Zimmermann G. *Review of safety issues of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae*. *Biocontrol Science and Technology*, 2007; 17(6): 553–596.





ЮРКОПАНИ

www.law-books.ru

Юридическое издательство «ЮРКОПАНИ»
издает научные журналы:

- Научно-правовой журнал «Образование и право», рекомендованный ВАК Министерства науки и высшего образования России (специальности 12.00.01, 12.00.02), выходит 1 раз в месяц.
- Научно-правовой журнал «Право и жизнь», рецензируемый (РИНЦ, E-Library), выходит 1 раз в 3 месяца.