



УДК: 632.57

Маликахон РАЗИКОВА,

Базовый докторант Ташкентский государственный технический университет

E-mail: malikaxon.razikova2211@gmail.com

Маржона ХУДАЙБЕРДИЕВА,

Магистрантка Ташкентский химико-технологический институт

Нортोजи ХЎЖАМШУКУРОВ,

Профессор, Ташкентский химико-технологический институт.

На основе рецензии доцента Д. Мирзаева

ДИНАМИКА РОСТА ГРИБА METARHIZIUM НА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ НА ОСНОВЕ ЗЕРНОВЫХ СУБСТРАТОВ

Аннотация

В последние годы разработка экологически безопасных и устойчивых средств защиты сельскохозяйственных культур от вредных насекомых приобретает важное научно-практическое значение. В данном направлении энтомопатогенные грибы, в частности представители гриба *Metarhizium*, отличаются высокой биологической эффективностью. Настоящее исследование направлено на оценку возможностей использования местного сырья при культивировании гриба *Metarhizium*.

Ключевые слова: гриб *Metarhizium*, энтомопатогенный гриб, биологическая борьба, зерновые субстраты, твердая питательная среда.

GROWTH DYNAMICS OF THE FUNGUS METARHIZIUM ON NUTRIENT MEDIA BASED ON GRAIN SUBSTRATES

Annotation

In recent years, the development of environmentally friendly and sustainable means of protecting agricultural crops from harmful insects has gained significant scientific and practical significance. In this area, entomopathogenic fungi, particularly members of the *Metarhizium* family, are distinguished by their high biological effectiveness. This study aims to evaluate the potential of using locally available raw materials for cultivating *Metarhizium*.

Keywords: *Metarhizium*, entomopathogenic fungi, biological control, grain substrates, solid nutrient medium.

DONLI SUBSTRATLAR ASOSIDAGI OZIQLANTIRUVCHI MUHITLARDA METARHIZIUM ZAMBURUG'INING O'SISH DINAMIKASI

Annotatsiya

So'nggi yillarda qishloq xo'jaligi ekinlarini zararli hasharotlardan himoya qilishda ekologik xavfsiz va barqaror vositalarni ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu yo'nalishda entomopatogen zamburug'lar, xususan *Metarhizium* zamburug'i vakillari yuqori biologik samaradorligi bilan ajralib turadi. Mazkur tadqiqot *Metarhizium* zamburug'ini yetishtirishda mahalliy xom ashyolardan foydalanish imkoniyatlarini baholashga qaratilgan.

Kalit so'zlar: *Metarhizium* zamburug'i, entomopatogen zamburug', biologik kurash, donli substratlar, qattiq oziqlantiruvchi muhit.

Введение. Современное сельское хозяйство сталкивается с устойчивой тенденцией роста численности насекомых-вредителей, что существенно снижает продуктивность агроценозов и увеличивает экономические потери. В условиях интенсификации земледелия применение химических инсектицидов остаётся распространённой практикой, однако их систематическое использование сопровождается рядом негативных последствий, включая нарушение экологического равновесия, загрязнение почв и водных ресурсов, а также накопление токсичных соединений в сельскохозяйственной продукции. Кроме того, у многих видов вредных насекомых формируется устойчивость к действующим веществам пестицидов, что снижает их эффективность и требует постоянного увеличения дозировок.

В связи с этим особую актуальность приобретает поиск альтернативных, биологически безопасных методов защиты растений, основанных на использовании природных механизмов регуляции численности фитофагов. Одним из перспективных направлений в данной области является применение энтомопатогенных микроорганизмов, способных избирательно воздействовать на насекомых-вредителей, не оказывая отрицательного влияния на полезную энтомофауну, человека и окружающую среду.

Среди энтомопатогенных грибов особое место занимает род *Metarhizium*, представители которого характеризуются широким спектром хозяев и высокой вирулентностью. Эти грибы инфицируют насекомых преимущественно через кутикулу, используя комплекс гидролитических ферментов и биологически активных метаболитов, что приводит к гибели хозяина и дальнейшему распространению инфекции в популяции вредителя. Благодаря данным свойствам грибы рода *Metarhizium* широко рассматриваются как основа для создания биологических инсектицидов [1].

Практическое внедрение биопрепаратов на основе *Metarhizium* в значительной степени зависит от возможности получения большого количества жизнеспособного инокуляционного материала при минимальных затратах. Традиционные синтетические питательные среды, применяемые для культивирования грибов, часто являются экономически затратными и недостаточно адаптированными к условиям локального производства. В этом контексте использование доступного местного сырья в качестве субстрата для выращивания энтомопатогенных грибов представляет собой важную научно-практическую задачу.

Зерновые культуры, такие как сорго, кукуруза, рис и ячмень, широко возделываются в регионе и отличаются высоким содержанием углеводов и азотсодержащих соединений, необходимых для роста и развития грибного мицелия. Физико-химические особенности зерновых субстратов могут оказывать существенное влияние на скорость вегетативного роста, интенсивность спорообразования и биологическую активность гриба *Metarhizium*. Однако сравнительная оценка эффективности различных зерновых субстратов в качестве основы твёрдых питательных сред остаётся недостаточно изученной [2].

В связи с этим настоящее исследование направлено на анализ динамики роста и споруляции гриба *Metarhizium* на твёрдых питательных средах, приготовленных на основе различных видов зернового сырья местного происхождения. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации технологий культивирования энтомопатогенных грибов и разработки экономически доступных биологических средств защиты растений, адаптированных к региональным условиям [3].

Целью. Основная цель данного исследования заключается в изучении и сравнительной оценке биологической эффективности твердых питательных сред, приготовленных на основе различных зерновых субстратов, для размножения гриба *Metarhizium*. Результаты исследования способствуют адаптации технологий производства биопрепаратов на основе энтомопатогенных грибов к местным условиям, а также широкому внедрению методов биологической борьбы.

Материалы и методы.

Объект исследования: энтомопатогенный гриб *Metarhizium*

Используемое сырьё: зерно сорго, кукурузы, риса, ячменя; сахароза (дополнительный источник углерода); дистиллированная вода.

Оборудование и материалы: механическая мельница, термостойкая стеклянная посуда, электронные весы, автоклав, термостат, стерильные условия работы (ламинарный бокс или спиртовая лампа), методика приготовления питательных сред.

Сорго - *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Сорго является одной из широко распространённых сельскохозяйственных культур, устойчивых к засухе и богатых питательными веществами. Его зерно содержит углеводы и белки, которые имеют важное значение для размножения гриба *Metarhizium*.

Ещё одной причиной выбора сорго является его широкое распространение в местных условиях и экономическая доступность как сырья. Однако присутствующие в сорго полифенолы и танины могут частично замедлять рост гриба. Поэтому, хотя сорго и является перспективным субстратом для *Metarhizium*, его биологическая эффективность может быть несколько ниже по сравнению с другими зерновыми культурами [4].

Кукуруза - *Zea mays* L. Зерно кукурузы является одной из культур с высокой питательной ценностью и широко используется в качестве субстрата для размножения энтомопатогенных грибов. Состав зерна в среднем включает 8–10% белка и 72–78% углеводов (крахмала).

Высокое содержание крахмала в кукурузе обеспечивает *Metarhizium* удобный источник энергии для быстрого роста. Амилолитические ферменты, выделяемые грибом, разрушают крахмал и способствуют увеличению мицелиальной биомассы. Хотя содержание белка относительно невысокое, добавление сахарозы улучшает баланс углеводов и азота [5].

Ячмень - *Hordeum vulgare* L. Зерно ячменя является удобным субстратом для гриба *Metarhizium*, поскольку содержит относительно высокое количество белка и азотистых соединений. Азот является важным структурным элементом для грибковых клеток и обеспечивает быстрое образование мицелиальной биомассы. Поэтому в питательной среде на основе ячменя вегетативный рост гриба *Metarhizium* протекал активно. Содержание белка составляет 10–14%, углеводов и крахмала — 60–65%.

Субстрат на основе ячменя является биологически наиболее сбалансированной средой для мицелиального роста и споруляции гриба *Metarhizium*.

Рис - *Oryza sativa* L. Согласно результатам эксперимента, в питательной среде на основе риса рост и споруляция гриба *Metarhizium* проявлялись на высоком уровне. Это объясняется, прежде всего, очень высоким содержанием крахмала в зерне риса. Гриб *Metarhizium* способен выделять амилолитические ферменты, расщепляющие крахмал до простых сахаров, которые активно усваиваются в качестве источника энергии. Содержание белка составляет 7-8%, углеводов и крахмала - 75–80%.

Зерновые субстраты - сорго (*Sorghum bicolor* L.), кукуруза (*Zea mays* L.), рис (*Oryza sativa* L.) и ячмень (*Hordeum vulgare* L.) - были измельчены механическим способом. Из каждого субстрата взяли по 100 г и поместили в отдельные термостойкие стеклянные емкости. Сверху было добавлено 45 мл дистиллированной воды. Для активации роста гриба в каждую емкость добавили 10 г сахарозы, после чего массу тщательно перемешали до однородного состояния.

Приготовленные питательные среды стерилизовали в автоклаве при температуре 121 °C и давлении 1 атм в течение 20 минут. После стерилизации емкости остудили и в асептических условиях провели инокуляцию гриба *Metarhizium*. После инокуляции емкости помещали в термостат при температуре 25–28 °C, а рост и споруляцию гриба регулярно наблюдали визуально [6].

Результаты и их обсуждение.

Рост гриба *Metarhizium* оценивали по следующим показателям:

- Скорость образования мицелия
- Степень покрытия поверхности субстрата
- Интенсивность споруляции
- Изменение окраски (образование зелёных спор)

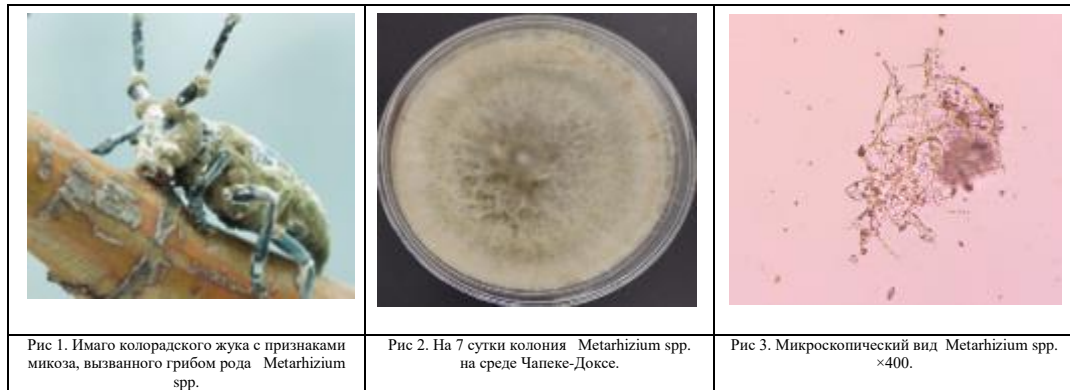


Рис 1. Имаго колорадского жука с признаками микоза, вызванного грибом рода *Metarhizium* spp.

Рис 2. На 7 сутки колония *Metarhizium* spp. на среде Чапеке-Доксе.

Рис 3. Микроскопический вид *Metarhizium* spp. ×400.

Общая научная оценка:

1. Наиболее благоприятные субстраты: Ячмень и рис - мицелий развивается быстро, конидии формируются плотно.
2. Субстраты средней эффективности: Кукуруза - рост и споруляция хорошие, но несколько ниже по сравнению с ячменем.
3. Субстрат с относительно низкой эффективностью: Сорго - рост замедлен из-за полифенолов, танинов и твёрдой оболочки зерна.

Таблица 1. Характеристики роста по субстратам

Субстрат	Рост и цвет мицелия	Скорость спороношения	Общая оценка	Примечание
Ячмень	Быстро. Темно-зеленый и интенсивный	Высокий	Хорошо	Богат белком и азотом, пористая структура способствует воздухообмену.
Рис	Быстро. Средне-высокий зеленый	Средний-высокий	Хорошо	Богатый крахмалом, добавление сахарозы ускоряет развитие
Сорго	Заметно. Зеленый	Средний	Средний	Полифенолы и танины немного замедляют рост.
Кукуруза	Средний. Средний зеленый	Средний-высокий	Средний-высокий	Богат крахмалом, имеет среднюю механическую структуру, хорошую эффективность роста.

В данном исследовании изучалась биологическая эффективность твердых питательных сред, приготовленных на основе местного зернового сырья, для размножения энтомопатогенного гриба *Metarhizium*. В эксперименте в качестве субстрата использовали зерно сорго, кукурузы, риса и ячменя, и оценивали их влияние на рост мицелия и процесс споруляции гриба *Metarhizium* в сравнительном плане.



Внешний вид 1-сутки культуры *Metarhizium* spp.

Внешний вид 3-сутки культуры *Metarhizium* spp.

Внешний вид 5-сутки культуры *Metarhizium* spp.

Рис 4. Процесс роста гриба *Metarhizium* на 1-й, 3-й и 5-й день

Заключение. Полученные результаты показали, что активность роста гриба и образование конидий напрямую зависят от химического состава субстрата, прежде всего от содержания углеводов и белков, а также от его физической структуры. В ходе исследования было установлено, что на питательных средах на основе ячменя и риса вегетативный рост гриба проходил быстро, а споруляция происходила на высоком уровне. Высокое содержание азота и пористая структура ячменя создавали благоприятные условия для формирования мицелиальной биомассы, тогда как богатое крахмалом зерно риса повышало метаболическую активность гриба *Metarhizium*.

На субстрате из кукурузы рост и споруляция гриба наблюдались на среднем и высоком уровне. Хотя высокое содержание крахмала в этом субстрате обеспечивало *Metarhizium* удобный источник энергии, твёрдая оболочка зерна замедляла высвобождение питательных веществ. Зерно сорго, наоборот, из-за присутствия полифенолов и танинов замедляло рост гриба, и биологическая эффективность этого субстрата была ниже по сравнению с другими зерновыми культурами.

В целом результаты исследования показали, что зерно ячменя и риса являются наиболее оптимальными и перспективными субстратами для выращивания гриба *Metarhizium*. Использование этих зерновых в местных условиях открывает возможности для дешёвого, экологически безопасного и эффективного производства биопрепаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anitha J, Krutmuang P, Rajula J. Mass production and potential of *Metarhizium anisopliae* on various substrates. In: Recent Advancement in Microbial Biotechnology (implied source). *Metarhizium* ning donli mahsulotlarda ko'paytirilishi va substrat tanlovi haqida umumiy tahlil.
2. Indriyanti DR, Bintari SH, Setiati N, Alfian JMZ. The density and viability of *Metarhizium anisopliae* conidia on several growth media. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*. 2021;13(2):237-242. Ushbu maqolada *M. anisopliae* ning turli o'sish muhitlarida konidiya zichligi va barqarorligi tahlil qilingan.
3. Anitha J, Krutmuang P, Rajula J. Mass production and potential of *Metarhizium anisopliae* on various substrates. In: Recent Advancement in Microbial Biotechnology (implied source). *Metarhizium* ning donli mahsulotlarda ko'paytirilishi va substrat tanlovi haqida umumiy tahlil.
4. Formulation and characterization of the microencapsulated entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* MA126. Ushbu manba *M. anisopliae* ni rice va boshqa substratlarda o'sish samaradorligi haqida ma'lumot beradi.
5. Liu Y, Yang Y, Wang B. Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* play roles of maize (*Zea mays*) growth promoter. *Sci Rep*. 2022;12:15706. Bu maqola entomopatogen zamburug'ning o'simliklarga rag'batlantiruvchi ta'sirini ko'rsatadi, bu sizning mukofotingizga umumiy tushuncha qo'shadi.
6. *Metarhizium anisopliae* ning substratlarda o'sishi va UV-B talablarga chidamliligi bo'yicha tadqiqotlar - PDAY va boshqa karbon manbalar bilan solishtirish.