

УДК 633.81

UDC 633.81

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

ПРИМЕНЕНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ И УСЛОВИЯ ИХ ХРАНЕНИЯ

THE USE OF ESSENTIAL OILS AND ITS STORAGE CONDITIONS

Пахомов Виктор Иванович
д-р. техн. наук, доцент, директор федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской», заведующий кафедрой «Технологии и оборудование переработки продукции АПК», член-корреспондент РАН

Pakhomov Viktor Ivanovich
Doctor of Technology, assistant professor, Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Agricultural Research Center «Donskoy», Head of the Department Technologies and equipment for processing products of the Agribusiness complex, corresponding member of RAS

РИНЦ SPIN-код: 5815-4913

RSCI SPIN-code: 5815-4913

v.i.pakhomov@mail.ru

v.i.pakhomov@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия, Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Federal State Budgetary Scientific Institution «Agricultural Research Center «Donskoy», Zernograd, Russia, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Ольшевская Анастасия Владимировна
канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции АПК», заместитель руководителя центра развития территориального кластера «Долина Дона»

Olshevskaya Anastasiya Vladimirovna
Cand.Tech.Sci., assistant professor of the Department of Technologies and equipment for processing products of the Agribusiness complex, Deputy Head of the Development center of territorial cluster "Dolina Donna" of Rostov region

РИНЦ SPIN-код: 8026-6860

RSCI SPIN-code: 8026-6860

oav.donstu@gmail.com

oav.donstu@gmail.com

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Павлов Петр Дмитриевич
инженер Центра агробιοинженерии эфиромасличных и лекарственных растений
РИНЦ SPIN-код: 7272-6947
p.pavlov@bk.ru

Pavlov Petr Dmitrievich
Engineer of the Center for Agrobioengineering of Ether-Oil and Medicinal Plants
RSCI SPIN-code: 7272-6947
p.pavlov@bk.ru

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Одабашян Мэри Юрьевна
канд. биол. наук, старший научный сотрудник Центра агробιοинженерии эфиромасличных и лекарственных растений, старший преподаватель кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции АПК»

Odabashyan Mary Yurevna
Cand.Biol.Sci., senior researcher of the Center for Agrobioengineering of Ether-Oil and Medicinal Plants, senior lecturer Department of Technologies and equipment for processing products of the Agribusiness complex

РИНЦ SPIN-код: 5866-4856

RSCI SPIN-code: 5866-4856

m.odabashyan@mail.ru

m.odabashyan@mail.ru

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

В статье рассматриваются эфиромасличные растения и производные от них соединения, которые

The article deals with essential oil compounds and compounds derived from them, which attract the at-

привлекают внимание исследователей. Эфирные масла обладают низкой токсичностью и высокой эффективностью и это делает их наиболее активно используемыми растениями в медицине. В статье приводятся условия хранения эфиромасличного и лекарственного сырья, подчеркивается противогрибковая роль эфирных масел. Условия хранения эфиромасличного сырья могут отличаться друг от друга в зависимости от вида растения и состава эфирного масла. Целью данной статьи является обобщение и анализ современных знаний, посвященных изучению применения эфирных масел и их производных (экстрактов) в качестве противогрибковых средств. Фитопатогенные грибы вызывают различные поражения органов растений и приводят к снижению урожая. В настоящее время активно применяются синтетические химические фунгициды для борьбы с фитопатогенными грибами, но их широкое использование приводит к тому, что у патогенных грибов со временем развивается устойчивость к синтетическим фунгицидам и появляется необходимость поиска альтернативных методов борьбы с ними

Ключевые слова: МЕНТНА, ПРОТИВОГРИБКОВЫЕ СВОЙСТВА, ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИЕ РАСТЕНИЯ, ЭФИРОМАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ

attention of researchers. Essential oils have low toxicity and high efficiency and this makes them the most actively used plants in medicine. The article describes the storage conditions of essential oils and medicinal raw materials, emphasizes the antifungal role of essential oils. The storage conditions of essential oil raw materials may differ from each other depending on the type of distribution and composition of this oil. The purpose of this article is to generalize and analyze modern knowledge devoted to the study of the use of essential oils and their derivatives (extracts) as antifungal agents. Phytopathogenic fungi cause various lesions of plant organs and lead to a decrease in yield. Currently, synthetic chemical fungicides are actively used to combat phytopathogenic fungi, but their widespread use leads to the fact that pathogenic fungi eventually develop resistance to synthetic fungicides and there is a need to find alternative methods of combating them

Keywords: MENTHA, ANTIFUNGAL PROPERTIES, SPICY-AROMATIC PLANTS, ESSENTIAL OIL CROPS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-188-010>

Введение

Эфиромасличные растения и производные от них соединения (эфирные масла) с древних времен применялись при лечении различных заболеваний. Сегодня более 30 % всех лекарственных препаратов (а также их производных) получают из растительного сырья.

Противогрибковые свойства эфиромасличных культур являются предметом пристального внимания научного сообщества, накоплен массивный объём данных по этой тематике. Ввиду того что класс эфиромасличных культур охватывает множество различных видов растений, исследования охватывают самый широкий круг вопросов.

Стоит упомянуть несколько недавних исследований, имеющих прикладное значение для отрасли. Так, Моралес-Рабаналес и его коллектив пишет об использовании гибридных плёнок, содержащих эфирное масло

<http://ej.kubagro.ru/2023/04/pdf/10.pdf>

Schinus molle (перуанский перец) в качестве эффективной защиты от гниения помидоров после сбора урожая. В этой работе сообщается о разработке, параметризации и применении на практике гибридных плёнок, содержащих хитозан в сочетании с эфирным маслом листьев *Schinus molle* в качестве противогрибковых средств. Эти материалы были протестированы *in situ* на помидорах вида *Lycopersicon esculentum* cv. *uva*, имеющих симптомы мягкой гнили, вызванной *Fusarium oxysporum*. Согласно результатам анализа, *Schinus molle* содержал, в качестве самых распространённых эфиров, β -фелландрен (15,7%), α -фелландрен (12,1%), элемомол (9,1%), апиол (6,4%) и камфен (6,2%). Четыре различных гибридных пленки были получены из 1% хитозана в сочетании с различными количествами *Schinus molle* (0,05, 0,1, 0,3 и 0,7% по массе) для получения четырёх гибридных пленок, названных FSm1, FSm2, FSm3 и FSm4 [1]. Спектроскопические свойства, текстура и толщина, а также оптические свойства (коэффициент пропускания) этих плёнок показали, что FSm3 и FSm4 обладают наилучшими физико-химическими и противогрибковыми свойствами, позволяющими избежать прорастания конидий и мицелиальной пролиферации *F. oxysporum*. Плоды, обработанные плёнками и эфирным маслом, показали статистически значимую задержку (>50%, $p < 0,05$) роста мицелия. Согласно их результатам, FSm3 и FSm4 значительно предотвращали рост *F. oxysporum* в томатах. По словам исследователей, применение эфиромасляных плёнок позволяет существенно снизить экономические затраты на хранение плодов [1].

Концепция биоактивных плёнок развивается и в работах Мурии Муньос-Тебар. Биоактивные плёнки были сделаны из вещества, полученной из семян чиа и эфирного масла орегано (*Origanum vulgare*) и чабера горного (*Satureja montana*). В исследовании оценивали физические, механические и противогрибковые свойства биопленок. Механические свойства менялись незначительно, но противогрибковая активность плёнок

возрастала в зависимости от процентного содержания эфирных масел. Проверка осуществлялась методом дисковой диффузии агара против пяти штаммов плесени, обычно встречающихся в пищевых продуктах. Биопленки (содержащие 0,1% эфирных масел) менее активны по отношению к штаммам плесени, нежели, биопленки, содержащие 1,0 и 1,5%, оказали достоверное ингибирование роста штаммов плесени. Результаты показали, что применение эфирных масел орегано и чабера горного в качестве антимикробного средства имеет значительный потенциал. Биопленки на основе этих эфирных масел достоверно снижает активность плесени и повышают безопасность пищевых продуктов [2].

Противомикробные плёнки привлекли внимание и учёных из Азии, в исследовании Нура Росли. Ямбоза - важная фруктовая культура в Малайзии и других тропических странах. Однако чёрная гниль, вызываемая *Lasiodiplodia theobromae*, может повредить саженцы ямбозы, снижая урожайность и качество плодов. Для борьбы с этим заболеванием обычно используются химические фунгициды. Однако их чрезмерное использование может повысить устойчивость грибков к химическим веществам. Впервые было предложено исследование противогрибковых свойств пленки алоэ вера в сочетании с маслом корицы на *L. theobromae* на яблоках. Исследование показало, что ингибирование мицелия *L. theobromae* при обработке пленкой алоэ вера с различным процентным содержанием масла корицы значительно отличалось по сравнению с контрольной пленкой при ($P < 0,05$). Результаты показывают, что пленка алоэ вера с маслом корицы показала самый высокий процент ингибирования (37%). То есть даже небольшое количество масла корицы, добавленного в смесь, может помочь в борьбе с болезнью черных пятен на плодах [3].

Тунисская сосна и её насыщенность монотерпенами привлекла внимание научной школы Исмаила Амри. В своём исследовании они показали, что испытанные масла показывают высокую эффективность против

различных видов грибов, и *Pinus pinea* продемонстрировала самый высокий гербицидный эффект против всех вредителей, участвовавших в испытании. Амри связывает это с межвидовой изменчивостью, которая приводит к увеличению их биологической активности [4].

Способности эфиромасличных культур к консервации продуктов стали объектом изучения команды Фон Сюана Нгуена. Непрерывное потребление апельсиновых плодов в свежем виде или производство сока из них привело к выбросу огромного количества апельсиновых корок, что оказало значительное воздействие на окружающую среду. В исследовании Нгуена предпринимается попытка использовать выброшенные апельсиновые корки для извлечения эфирных масел и оценить их физико-химические свойства, антибактериальную, противогрибковую и антиоксидантную активность.

Масла экстрагировали с помощью системы дистилляции с использованием аппарата Клевенджера, а для характеристики их химических компонентов использовали газовую хроматографию - масс-спектрометрический анализ. Антибактериальный и противогрибковый тест оценивали с использованием метода диффузии, а антиоксидантную активность определяли на основе эффекта поглощения радикалов и антиоксидантной способности, снижающей содержание железа. Получено масло с выходом $3,29 \pm 0,24\%$, в котором лимонен является наиболее широко представленным соединением (90,42%), за которым следуют β -мирцен (4,7%) и α -пинен (1,22%). Результат показал, что грамположительная бактерия (*Bacillus cereus*) была восприимчива к маслам на 50% больше, чем грамотрицательная бактерия (*Escherichia coli*) в отношении диаметра зоны ингибирования $15,00 \pm 0,58$ мм и $11,33 \pm 0,58$ мм. Масло в концентрации 50% также ингибировало почти 70% роста мицелия *Aspergillus flavus*. Таким образом, масло из апельсиновой корки может стать альтернативой

синтетическим консервантам в пищевой промышленности благодаря их антимикробной, антиоксидантной и противогрибковой активности [5].

Консервирование с помощью эфирных масел также обсуждается в статье Присциллы де Альмейда. В ходе исследования они определяли химический состав эфирных масел мяты перечной (*Mentha arvensis*) и душицы (*Origanum vulgare*) а также изучали их антиоксидантную активность и противогрибковые свойства. Антимикробная активность обоих масел была продемонстрирована минимальными ингибирующими концентрациями (5 мг/мл для масла орегано и 10 мг/мл для масла мяты). Было выявлено, что масла мяты перечной и душицы при концентрации 0,5 мг/мл показывают антиоксидантную активность 70%.

В связи с нарастающей критикой в адрес синтетических консервантов особую значимость приобретает вопрос использования натуральных веществ с целью сохранения качества продуктов. Сейеде-Марьям Хашеминья показывает, что изучение химического состава, антиоксидантной и антимикробной активности эфирного масла плодов борщевика *Heracleum rawianum*. В результате анализа было идентифицировано 41 соединение. Антиоксидантная активность составила 0,49 мкмоль/г и 105,78 мкг/мл соответственно. Общее количество фенольных соединений составило 275,72 мкг GAE/100 г сухого веса (DW). Антимикробная активность ЭО в отношении различных патогенов показала, что самые высокие (15,6 мм) и самые низкие (10,3 мм) зоны ингибирования были получены для *Candida albicans* и *Pseudomonas aeruginosa* соответственно. В целом, результаты показали, что *H. rawianum* обладает подходящим потенциалом для использования в смежных отраслях промышленности. Таким образом, растение, ныне считающееся сорняком, может быть пригодно для использования в индустрии эфирных масел [7].

Хашеминья приводит также и описание технологии наноэмульсификации эфирных масел (НЭМ), которая предотвращает взаимодействие

эфирного масла с компонентами пищи и улучшают его биодоступность и усвояемость. В этом исследовании было экстрагировано масло *Froriopia subpinnata* (Ledeb.), и его 28 соединений были идентифицированы с помощью анализа GC-FID и GC-MS. Наноэмульсия была получена с использованием поверхностно-активных веществ Tween 80 и Span 80 и ультразвука высокой интенсивности. Различные свойства EON исследовались каждые 15 дней в течение 2 месяцев. Средний размер частиц (<100 нм), индекс полидисперсности (PDI) ($<0,3$) и дзета-потенциал (от $-38,89$ до $-37,21$ мВ) масла были стабильными в течение 45 дней. Рентгеноструктурные снимки показали, что порядок кристаллизации наноэмульсии изменилась по сравнению с пустой наноэмульсией. Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье показала, что между компонентами эфирного масла и поверхностно-активными веществами образовались водородные связи. Мало того, что антиоксидантная активность наноэмульсии была выше, чем у обычного масла, но это свойство у EON также было более стабильным с течением времени (45 дней), чем у EO. Наноэмульсия продемонстрировала значительно более высокую антимикробную активность в отношении бактерий *Escherichia coli* и золотистого стафилококка, чем масло. В отличие от масла, наноэмульсия сохраняла антибактериальные свойства в течение 60 дней. Результаты показали, что наноэмульсия подходит для использования в различных отраслях пищевой промышленности и биопромышленности [8].

Одно из перспективных направлений развития применения эфиромасличных культур - создание нанокапсул с антибактерицидными свойствами. Липидные нанокапсулы - это недавно разработанные наноносители, широко используемые для доставки лекарств различными путями введения. Они состоят из маслянистой сердцевины, содержащей среднецепочечный триглицерид, окруженный оболочкой из поверхностно-активного вещества. Целью работы было изучение возможностей использования

эфирных масел, обладающих противогрибковой активностью (эвкалиптовое масло и апельсиновое масло) как заменитель среднецепочечного триглицерида для получения нанокапсул. Была построена тройная фазовая диаграмма для определения зон осуществимости подготовки этих капсул. Средний размер частиц для капсул с апельсиновым маслом варьировался от 26 до 145 нм с узким распределением по размерам и отрицательным дзета-потенциалом. Для рецептур эвкалиптового масла средний размер частиц варьировался от (60-402 нм) с PDI в диапазоне (0,2–0,5) и дзета-потенциалом (от -12 до -34 мВ). Формулы О36 (содержащие апельсиновое масло 40% по массе) и Е35 (содержащие эвкалиптовое масло 35% по массе) были выбраны для дальнейших исследований, включая визуализацию с помощью просвечивающей электронной микроскопии, реологическую оценку, исследования стабильности и оценку микробиологической активности. Результаты антимикотической активности *in vitro* показали, что более высокая противогрибковая активность наблюдалась у формулы Е35, имеющей зону ингибирования $3,56 \pm 0,12$ см, по сравнению с формулой О36, которая демонстрировала зону ингибирования $2,6 \pm 0,1$ см, что указывает на сохраненную противогрибковую активность загруженных масел [9].

Цель обзора – обобщение и анализ современных знаний, посвященных изучению применения эфирных масел и их производных (экстрактов) в качестве противогрибковых средств.

Методы исследования

Систематический обзор научной литературы и отбор выполняли из оригинальных научно-исследовательских работ зарубежных ученых-исследователей. При выборе научных статей для обзора данной статьи обращали внимание на источники с большим количеством цитирования. В

качестве временных рамок для обзора научных публикаций был принят период с 2012 по 2022 гг.

Основная часть

Эфирные масла являются важными компонентами пряно-ароматических растений, и их биологическая активность имеет большое практическое значение и используется с древних времён в парфюмерии, консервировании пищевых продуктов, ароматерапии и медицине. Эфирные масла состоят из ароматических соединений, терпенов и терпеноидов, насыщенных и ненасыщенные углеводородов, альдегидов, органических кислот, спиртов и их эфиров. Основными компонентами эфирных масел являются монотерпены и сесквитерпены [10]. До сих пор было описано более 3000 видов эфирных масел, из которых около одной десятой имеют отношение к фармацевтической или пищевой промышленности, остальная часть малоизучена.

Растительные эфирные масла получают методом паровой дистилляции, при которой активные ингредиенты извлекаются из растительного сырья. Дистиллированное эфирное масло - это высококонцентрированная форма лекарства, но при употреблении в слишком больших количествах, может быть опасным.

Эфирные масла изучались в течение многих лет и продолжают изучаться из-за их лечебных свойств, а также для использования в качестве пестицидов и гербицидов в сельском хозяйстве. На самом деле, современная медицина основана на растительном сырье, поэтому, чем больше мы узнаем об эфирных маслах, тем более продвинутыми становятся медицина и сельское хозяйство.

Апельсиновое масло является отличным фумигантом против некоторых садовых вредителей, в первую очередь мух. В большинстве исследований изучается инсектицидное действие апельсинового масла на кожуру

цитрусовых. В данном случае многие из этих свойств, вероятно, присущи лимонному маслу.

Лавандовое масло хорошо изучено как инсектицид против комнатных мух, поэтому, возможно, стоит периодически опрыскивать и использовать его в быту.

Применение эфирных масел в качестве противогрибковых средств. Микотоксины являются распространенной проблемой для хранящихся фруктов, зерна и овощей. Альтернариол, афлатоксин и патулин, продуцируемые *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.* и *Penicillium spp.*, являются основными микотоксинами, которые негативно влияют на здоровье человека (рис.1).



Рисунок 1 – Схема действия эфирных масел на клетки грибов

Очень низкие концентрации этих токсинов нарушают нормальную физиологию растений. Токсины, продуцируемые фитопатогенными гриба-

ми, играют чрезвычайно важную роль в развитии болезней растений, оказывая тем самым негативное влияние на растения и сельскохозяйственные культуры в целом [14].

Фитопатогенные грибы снижают урожайность и качество возделываемых культур и приводят к огромным потерям в сельскохозяйственном производстве. Для предотвращения возникновения болезней сельскохозяйственных культур, фермерам приходится чаще использовать синтетические химические пестициды. Широкое использование синтетических пестицидов приводит к ряду экологических проблем, таких как увеличение популяции устойчивых сорняков, уплотнение почвы и загрязнение воды, что в конечном итоге весьма серьезно влияет на устойчивое развитие сельского хозяйства [15].

По оценкам, болезни растений вызывают ежегодные потери 10-15% основных мировых сельскохозяйственных культур, а прямой экономический ущерб достигает сотен миллиардов долларов [16].

Подавляющее большинство этих болезней вызывается патогенными грибами. Фитопатогенные грибы негативно влияют на рост, всхожесть и, как правило, урожайность культур [17].

В последние годы грибковые заболевания сельскохозяйственных культур становятся все более серьезными. Некоторые болезни не вызываются одним патогеном, а скорее являются результатом синергии нескольких патогенов [16].

К заболеваниям, представляющим серьезную угрозу для растениеводства, стоит отнести и антракноз. Антракноз — заболевание растений, вызываемое грибами-аскомицетами [18]. Обзорная работа по противогрибковым свойствам эфирных масел в отношении следующих возбудителей антракноза является результатом 16-летних (2000-2016 гг.) исследований, охватывающих этиологию и эпидемиологию антракноза тропических фруктов; эфирные масла и их специфические летучие соединения (напри-

мер, терпены, ароматические соединения, азотистые соединения) были идентифицированы как противогрибковые свойства при использовании в определённых минимальных ингибирующих концентрациях против антракнозных видов рода *Anthraxis*; их активность является предметом дискуссий. [19]

Грибковые заболевания представляют собой серьёзную проблему, особенно в субтропических и тропических регионах мира. Из-за устойчивости микробов к обычным противогрибковым препаратам существует острая необходимость в разработке новых природных противогрибковых агентов на растительной основе. Растения рода *Mentha* были исследованы как потенциальный источник противогрибковых средств для борьбы с патогенными плесневыми грибами [20,25,26,48-50]. Противогрибковая активность рода *Mentha* была изучена зарубежными исследователями и обнаружена, что ее эфирное масло значительно ограничивает рост мицелия *Fusarium oxysporum* sp. [27,28,45-47].

Противогрибковый потенциал эфирных масел четырех видов *Mentha*, включая *M. arvensis*, *M. piperita*, *M. longifolia* и *M. Spicata* [28] изучался группой других ученых. Результаты последнего исследования показали, что *M. arvensis* проявляет максимальную антимикробную активность против выбранных штаммов бактерий и грибов (*Aspergillus niger*, *Fusarium solani*, *Botryodi plodiatheobromae*). В другом исследовании было показано, что эфирное масло *M. spicata* является хорошим естественным противогрибковым средством против патогенных плесневых грибов, таких как *Aspergillus niger*, *Fusarium solani* [29, 31,40,41-44].

Противогрибковая активность *M. piperita* в основном объясняется высоким содержанием оксигенированных монотерпеноидов, таких как ментон и ментол. Эфирное масло *M. longifolia* оказывает противогрибковую активность против *C. albicans* [35,36,38].

Mentha of Pancalieri эфирное масло проявляет наиболее заметную противогрибковую активность против *Cryptococcus neoformans* и незначительную активность против *Candida krusei* и *C. glabrata* [32,33,34,37,39].

Из-за структурной взаимосвязи эфирных масел в пределах одной и той же химической группы компоненты легко превращаются друг в друга в результате реакций окисления, изомеризации, циклизации или дегидрирования. При оценке стабильности эфирных масел необходимо учесть то, что химический состав исходного материала может варьироваться под влиянием состояния растений, стадии роста, среды обитания, включая климат, эдафические факторы, а также время сбора урожая. Летучие вещества растений подвержены естественным колебаниям и это необходимо учитывать при оценке качества.

Условия хранения эфиромасличного сырья

Лекарственное растительное сырье следует хранить в сухих герметичных ёмкостях. Травяное сырье, в том числе эфирные масла, хранится в изолированных, герметичных контейнерах. Плоды и семена, эфиромасличное сырье со стойкими запахами необходимо изолировать и хранить в герметичной таре.

Лекарственное растительное сырье должно храниться таким образом, чтобы избежать перекрёстной контаминации. Масла, содержащие большое количество терпенов, требуют особого обращения, поскольку они быстро окисляются и разрушаются. Такие масла лучше всего хранить в холодильнике при температуре не выше 8°C, чтобы замедлить реакцию [33].

Заключение

Эфиромасличные растения обладают большим противогрибковым потенциалом и их применение в качестве фунгицидов имеет весьма оптимальное и экологическое значение. Однако недостаточность исследований ограничивает потенциал эфирных масел как эффективных и безопасных средств, поэтому необходимы более тщательно продуманные клинические

испытания и исследования, чтобы достичь высокого уровня научных доказательств и установить реальную эффективность и безопасность растительных продуктов в качестве природных средств при борьбе с грибковыми заболеваниями.

Благодарности

Работа выполнена в рамках соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации от 01.06.2022 г. № 075-15-2022-1045.

Исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

Литература

1. Zhang J.H. Anti-fungal activity, mechanism studies on α Phellandrene and Nonanal against *Penicillium cyclospium*. *Botanical Studies* 2017, 58, 1–9.
2. Kejlová K. Phototoxicity of Essential Oils Intended for Cosmetic Use. *Toxicol. Vitro*. 2010, 24, 2084–2089, <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2010.07.025>.
3. Vankar, P.S. Essential Oils and Fragrances from Natural Sources. *Resonance* 2004, 9, 30–41, <https://doi.org/10.1007/bf02834854>.
3. Morales-Rabanales Q. Food Control. Antifungal properties of hybrid films containing the essential oil of *Schinus molle*: Protective effect against postharvest rot of tomato, *Food Control*, Volume 134, 2022, 108766, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108766>.
4. Рудой Д. Методы исследования клонального микроразмножения редких и ценных видов растений методом *in vitro* / Генетические и радиационные технологии в сельском хозяйстве: Сборник докладов I Международной молодежной конференции, Обнинск: 2022. С. 41-45.
5. Elham A. Application of essential oils as natural biopesticides; recent advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2084347>.
6. Zeilinger S. Friends or foes? Emerging insights from fungal interactions with plants. *FEMS Microbiol. Rev.* 40, 2016, 182–207. [doi: 10.1093/femsre/fuv045](https://doi.org/10.1093/femsre/fuv045).
7. Chatterjee S. Interactions among filamentous fungi *Aspergillus niger*, *Fusarium verticillioides* and *Clonostachys rosea*: fungal biomass, diversity of secreted metabolites and fumonisin production. *BMC Microbiol.* 2016, 16, 83–87. [doi: 10.1186/s12866-016-0698-3](https://doi.org/10.1186/s12866-016-0698-3).
8. Peng Y. Research Progress on Phytopathogenic Fungi and Their Role as Biocontrol Agents. *Front. Microbiol.* 12:670135. [doi: 10.3389/fmicb.2021.670135](https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.670135).
9. Moghaddam M. Composition and Antifungal Activity of Peppermint *Mentha piperita* Essential Oil from Iran. *J. of Ess. Oil Bear. Pla.* 2013; 16: 506–512. [doi: 10.1080/0972060X.2013.813265](https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.813265).
10. Deans S.G. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 2000; 88:308–316. [doi: 10.1046/j.1365-2672.2000.00969](https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969).
11. Franz C. Sources of Essential Oils. CRC Press/Taylor & Francis Group; Boca Raton, FL, USA: 2010. pp. 45–67.

12. Hussain A. Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four *Mentha* species. *J. Sci. Food Agric.* 2010; 90:1827–1836. doi: 10.1002/jsfa.4021.
13. Mawa S. Phytochemistry, Traditional Uses and Biological Activities. Evidence-Based Complement. Altern. Med. 2013, <https://doi.org/10.1155/2013/974256>.

References

1. Zhang J.H. Anti-fungal activity, mechanism studies on α Phellandrene and Nonanal against *Penicillium cyclopium*. *Botanical Studies* 2017, 58, 1–9.
2. Kejlová K. Phototoxicity of Essential Oils Intended for Cosmetic Use. *Toxicol. Vitro.* 2010, 24, 2084–2089, <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2010.07.025>.
3. Vankar, P.S. Essential Oils and Fragrances from Natural Sources. *Resonance* 2004, 9, 30–41.
3. Morales-Rabanales Q. Food Control. Antifungal properties of hybrid films containing the essential oil of *Schinus molle*: Protective effect against postharvest rot of tomato, *Food Control*, Volume 134, 2022, 108766, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108766>.
4. Rudoy D. Methods of research of clonal micropropagation of rare and valuable plant species by the method in vitro / Genetic and radiation technologies in agriculture: Collection of reports of the I International Youth Conference, Obninsk: 2022. S. 41-45.
4. Elham A. Application of essential oils as natural biopesticides; recent advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-21.
5. Zeilinger S. Friends or foes? Emerging insights from fungal interactions with plants. *FEMS Microbiol. Rev.* 40, 2016, 182–207.
6. Chatterjee S. Interactions among filamentous fungi *Aspergillus niger*, *Fusarium verticillioides* and *Clonostachys rosea*: fungal biomass, diversity of secreted metabolites and fumonisin production. *BMC Microbiol.* 2016, 16, 83–87.
7. Peng Y. Research Progress on Phytopathogenic Fungi and Their Role as Biocontrol Agents. *Front. Microbiol.* 12:670135.
8. Moghaddam M. Composition and Antifungal Activity of Peppermint *Mentha piperita* Essential Oil from Iran. *J. of Ess. Oil Bear. Pla.* 2013; 16: 506–512..
9. Deans S.G. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 2000; 88:308–316.
10. Franz C. Sources of Essential Oils. CRC Press/Taylor & Francis Group; Boca Raton, FL, USA: 2010. pp. 45–67.
11. Hussain A. Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four *Mentha* species. *J. Sci. Food Agric.* 2010; 90:1827–1836.
12. Mawa S. Phytochemistry, Traditional Uses and Biological Activities. Evidence-Based Complement. Altern. Med. 2013.