

Еуразиялық агротехникалық журнал = Евразийский агротехнический журнал. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2026. -№ 1 (129). - P.-15-26. - ISSN 3135-243X, 3135-2448

doi.org/10.51452/eaj.2026.1(129).2060

УДК 635. 21:632:661.72 (045)

Исследовательская статья

Изучение антифунгального эффекта водно-этанольных экстрактов *Hericium erinaceus* против возбудителей болезней картофеля

Камарова Д.Н. , Хасанов В.Т. , Әжімахан М.Ә. , Сүлейман М.А. , Даулет Д. 

Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина
Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Хасанов В.Т.: vadim_kazgatu@mail.ru

Соавторы: (1: ДК) dkamarova10@gmail.com

(2: МӘ) moldir_kazatu@mail.ru; (3: МС) suleiman_madina@mail.ru

(4: ДД) dadaniyar322@gmail.com

Получено: 15.12.2025 **Принято:** 13.01.2026 **Опубликовано:** 30.03.2026

Аннотация

Предпосылки и цель. В данной статье представлены результаты исследования антифунгальной активности водно-этанольных экстрактов, полученных из высушенных плодовых тел *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797). Изучено влияние различных параметров экстракции на подавление роста фитопатогенных грибов *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp. – возбудителей опасных заболеваний картофеля. Цель работы – оценить потенциал экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) в качестве биологического средства защиты растений и определить оптимальные условия их получения для максимального сохранения биологически активных веществ.

Материалы и методы. В исследовании использовались экстракты, полученные методом Сокслета при различных режимах температуры и продолжительности экстракции. Оценку антифунгальной активности проводили диско-диффузионным методом на картофельно-глюкозном агаре. В качестве положительного контроля использовали протравитель семян Цитадель, к.с. (тиаметоксам, 262,5 г/л + дифеноконазол, 25 г/л + флудиоксонил, 25 г/л), ТОО «Астана-Нан». В качестве отрицательного контроля применяли стерильную дистиллированную воду, 80%-ный этиловый спирт использовали в качестве внутреннего контроля.

Результаты. Среди шести изученных вариантов водно-этанольных экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797), полученных при различных температурно-временных режимах, наивысшую эффективность продемонстрировал экстракт № 15 (65 °С, 15 ч), ингибируя рост *Fusarium* spp. на 93%. Тот же экстракт № 15 проявил выраженную антифунгальную активность против *Alternaria* spp., при этом ингибирование роста патогена достигало 5,75 %, а колонизация среды - 94%.

Заключение. Полученные данные позволяют рассматривать водно-этанольные экстракты *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) как потенциальное средство биологической защиты картофеля от *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp.

Ключевые слова: *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797); водно-этанольный экстракт; антифунгальная активность; *Fusarium* spp.; *Alternaria* spp.; биологическая защита картофеля.

Введение

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является одной из важнейших сельскохозяйственных культур, обеспечивающей продовольственную безопасность и экономическую стабильность во многих странах мира. Однако, его производство сталкивается с серьезными угрозами со стороны фитопатогенов, среди которых наиболее разрушительными являются *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp. *Fusarium* spp. вызывают сухую гниль клубней картофеля, что приводит к значительным потерям

при хранении. По данным исследований, в США ежегодные экономические потери от этого заболевания оцениваются в 100-250 млн долларов [1]. Альтернативой – очень распространенное заболевание как картофеля, так и томатов, вызывая пятнистость листьев и клубней картофеля, а также плодовую гниль и поражение стеблей томатов. Это заболевание может проявляться в самых разных климатических условиях и может быть очень разрушительным, если его не контролировать, часто приводя к полной гибели растений [2].

На сегодняшний день разработано много способов противодействия фитопатогенам, однако биологическая борьба остаётся наиболее экологичным и безопасным методом. Ранее в ряде исследований изучалась эффективность биопрепаратов на основе различных штаммов антагонистических микроорганизмов. Наиболее широко применялись штаммы *Trichoderma harzianum* (Г-30 ВИЗР) с титром 10¹⁰ КОЕ/г, обладающие выраженными антагонистическими свойствами в отношении фитопатогенов. Также активно использовались штаммы *Bacillus subtilis*, включая ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605D, с титром 10¹⁰ КОЕ/г, зарекомендовавшие себя как эффективные агенты биологической защиты растений [3].

В последнее время возрос интерес к изучению антифунгальных свойств экстрактов базидиальных грибов, в частности *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) – съедобного гриба, относящегося к семейству (*Hericiaceae*) [4]. Исследования показывают, что водно-этанольные экстракты этого вида содержат комплекс биологически активных соединений, включая эринацины, гериценоны и фенольные кислоты, которые проявляют выраженную антимикробную активность [5]. В настоящее время полисахариды, полученные из грибов, вызывают значительный интерес благодаря своим иммуномодулирующим и противораковым свойствам. В современных исследованиях в области медицины и фармацевтической промышленности иммуномодуляторы являются основными активными веществами [6]. Согласно данным исследования *Min Kwak et al.*, водный экстракт отработанного грибного субстрата ежевика гребенчатого проявляет комплексное биологическое действие. Показано, что данный экстракт обладает выраженной антибактериальной активностью, способствует стимуляции роста растений и эффективно подавляет развитие бактериального увядания томата. Авторы отмечают перспективность использования водных экстрактов отработанного грибного субстрата как экологически безопасного средства защиты растений и биостимулятора [7].

Методы экстракции играют ключевую роль в сохранении биологической активности соединений. На эффективность экстрактов может влиять множество факторов, включая вид гриба, условия выращивания (например, состав субстрата, температура, влажность), обработку после сбора гриба и методы экстракции [8]. Согласно исследованиям *Sevindik et al.* (2024), оптимальными параметрами для получения экстрактов, обладающих максимальной антиоксидантной активностью, являются: температура экстракции 60,667 °С, время обработки 7,833 часа и концентрация 1,98 мг/мл [9].

Материалы и методы

В качестве объектов исследований применяли экстракты, полученные из высушенных плодовых тел гриба *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) (штамм - 9514), с целью оценки их противогрибковой активности в отношении патогенов картофеля. Штамм гриба предоставлен Центром съедобных грибов Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства (г. Янлин, Китайская Народная Республика). Экстракты *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) применялись в виде концентратов, обеспечивая возможность определения их предельного биологического эффекта. Культивирование данного гриба, а также получение экстрактов проводили в лаборатории микологии кафедры «Биология, защита и карантин растений» Казахского агротехнического исследовательского университета им. С. Сейфуллина. В исследовании применялись чистые культуры отдела *Ascomycota* – *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp. Колонии исследуемых патогенов культивировали на питательной среде – картофельно-глюкозный агар (КГА) [10]. Оценка антифунгальной активности экстрактов проводилась диско-диффузионным методом [11].

На первом этапе настоящих исследований гриб *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) культивировали в лабораторных условиях. После получения плодовых тел, последние были

собраны и высушены с использованием дегидрататора в течение 19 часов до достижения постоянной массы. После сушки плодовые тела были измельчены в мелкий порошок с помощью мельницы для растительных проб. В исследовании была использована автоматическая система для быстрой экстракции Gerhardt SOX-412 по методу *Сокслета* (Германия). В качестве растворителя для экстракции использовали смесь дистиллированной воды и 90 % этилового спирта в соотношении 1:1.

Температуры 55 °С и 65 °С выбраны исходя из литературных данных, поскольку они обеспечивают эффективное извлечение фенольных и термолабильных соединений *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) без значительной потери их активности. После получения экстрактов методом Сокслета, они подвергались выпариванию для удаления растворителя. Процесс выпаривания проводился с использованием вакуумного роторного испарителя RE-501 до полного удаления растворителя из экстракта. Таким образом, были получены концентрированные водно-этанольные экстракты *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797). Данный этап был необходим для концентрирования экстрактов и удаления остаточного этанола, чтобы исключить его возможное влияние на достоверность результатов в последующих экспериментах.

Эксперимент с экстрактами *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) проводился в трех повторностях. Статистическую обработку результатов эксперимента проводили методом дисперсионного анализа по *Б.А. Доспехову* [12]. В качестве положительного контроля использовали протравитель семян Цитадель, к.с. (тиаметоксам, 262,5 г/л + дифеноконазол, 25 г/л + флудиоксонил, 25 г/л), ТОО «Астана-Нан». В качестве отрицательного контроля применяли стерильную дистиллированную воду, также 80% этиловый спирт использовался как внутренний контроль.

Изучение антифунгальной активности экстрактов в чашках Петри на агаризованной питательной среде осуществляли посредством общепринятой методики [13]. Для максимального сохранения биологически активных веществ полученные концентраты экстрактов не подлежали автоклавированию и подвергались фильтрации через лабораторный стерильный мембранный фильтр с порами 0,22 мкм для образования физического барьера с целью блокирования частиц, бактерий и других микроорганизмов [14]. На поверхность среды, инокулированной патогеном, помещали по четыре бумажных диска, предварительно пропитанных водно-этанольным экстрактом *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797). Чашки Петри с исследуемыми культурами фитопатогенов культивировали в термостате при температуре 24-26 °С. Результаты опыта оценивали на 3-и и 7-е сутки, отмечая степень ингибирования роста патогенов под воздействием экстрактов.

Результаты и обсуждение

На первом этапе проводимых исследования гриб *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) успешно культивировали в лабораторных условиях на древесном субстрате, основу которого составляли берёзовые опилки.

На рисунке 1 представлены грибные блоки с созревшими плодовыми телами *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797), культивируемые в регулируемых условиях.



Рисунок 1 – Интенсивное культивирование *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) в выростном помещении

После созревания плодовых тел *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) они были собраны вручную, взвешены на аналитических весах ($\pm 0,01$ г), а затем нарезаны на полоски толщиной около 2 см. Подготовленное сырьё подвергали сушке в дегидраторе до достижения постоянной массы.

Масса сырья измерялась до и после сушки, а также рассчитывался выход плодовых тел, сырого и сухого продукта. Сушка осуществлялась с целью подготовки материала к последующему этапу экстракции биологически активных веществ методом Сокслета. Таблица 1 содержит данные по параметрам сушки плодовых тел *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797), полученных в первую и вторую волны плодоношения.

Таблица 1 – Результаты сушки плодовых тел *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797)

Параметр	Первая волна	Вторая волна
Масса грибного блока, г	3000	3000
Масса свежего сырья, г	1354,96	884,52
Выход плодовых тел, %	45,2	29,5
Масса после сушки, г	231,54	121,66
Выход сухого продукта, %	17,90	13,75

Полученные нами данные согласуются с литературными наблюдениями, где плодоношение наступило в две волны [15]. На первой волне плодоношения у *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) был зарегистрирован значительно более высокий выход плодовых тел по сравнению со следующими волнами. Несмотря на снижение продуктивности во второй волне, сырьё обеих волн использовалось для дальнейшего получения экстрактов.

На следующем этапе исследований изучали различные режимы получения водно-этанольных экстрактов плодовых тел исследуемого гриба. Было получено 18 экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797). По результатам предварительного скрининга было установлено, что наибольшую антифунгальную активность проявили образцы №14 и №15. В связи с этим, дальнейшие эксперименты проводились исключительно с экстрактами № 14 и № 15, тогда как остальные образцы были исключены из дальнейшего анализа ввиду отсутствия значимых эффектов. Параметры экстракции из полученного порошка из плодовых тел *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исследуемые параметры экстракции плодовых тел *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797)

№ п/п	Температура экстракции, °С	Время экстракции, ч	Выход экстракта до выпаривания, мл	Выход экстракта после выпаривания, мл	Количество растворителя после выпаривания, мл	Время выпаривания, мин
14	65	10	220	92	128	84
15	65	15	228	85	140	122

При увеличении времени экстракции с 10 до 15 часов наблюдалось незначительное повышение объёма экстракта после выпаривания и увеличение продолжительности процесса выпаривания растворителя. Несмотря на минимальные различия в выходе, данные режимы обеспечивали наибольшую стабильность и активность полученных экстрактов, что также послужило основанием для их использования в дальнейших исследованиях.

Далее полученные экстракты *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) использовались для изучения их антифунгальной активности в отношении *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp., культивируемых в лабораторных условиях. На рисунке 2 представлены фрагменты исследований по оценке антифунгальной активности экстрактов диско-диффузионным методом в ламинарном боксе.

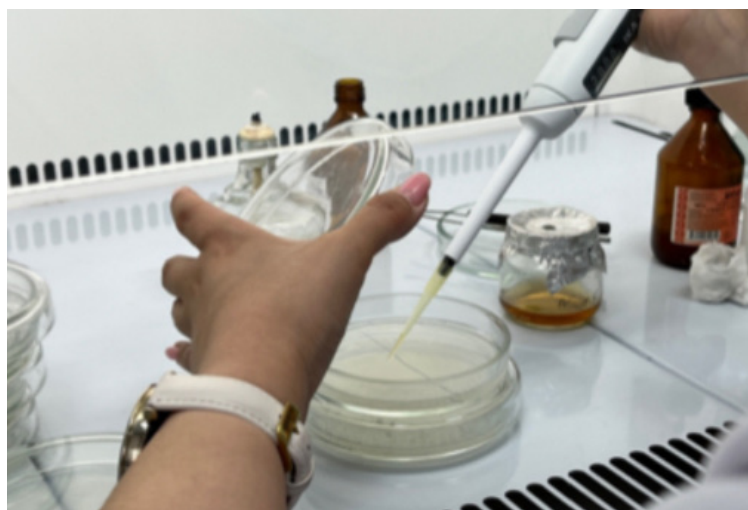


Рисунок 2 – Постановка опыта по изучению антифунгальных свойств экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797)

Результаты изучения антифунгальной активности водно-этанольных экстрактов из высушенных плодовых тел *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) по отношению к *Fusarium* spp. представлены на рисунке 3. В ходе эксперимента наблюдалось ингибирование роста *Fusarium* spp. под действием экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797). Наиболее высокая антифунгальная активность отмечена на вариантах № 14 и № 15.

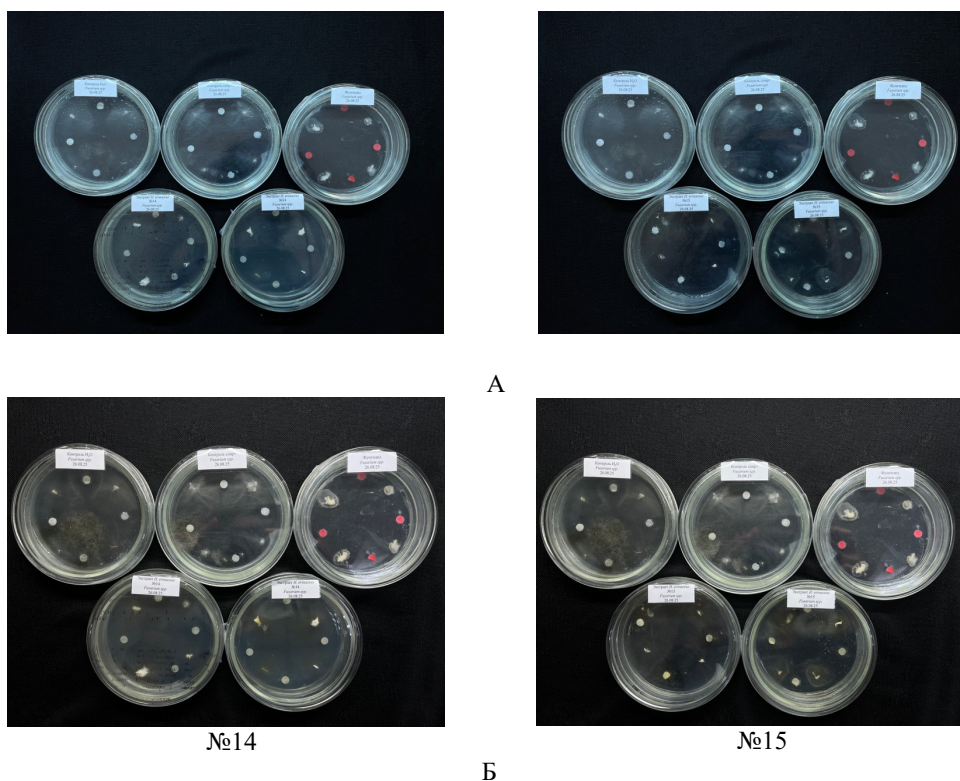


Рисунок 3 – Действие экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) на рост колоний *Fusarium* spp. на 3-и (А) на 7-е (Б) сутки

На 3-и сутки эксперимента было заметно начало роста паутинистого воздушного мицелия *Fusarium* spp. и уже отличимо ингибирующее действие исследуемых вариантов опыта на рост патогена. Так, в чашках Петри вокруг дисков, пропитанных экстрактом, выявлено ограничение развития мицелия фитопатогена, тогда как в контрольных зонах с инокуляцией патогена наблюдался активный равномерный рост, характерный для *Fusarium* spp.

На 7-е сутки была проведена количественная оценка роста патогена, где по среднему диаметру колоний, измеренному в четырех направлениях для каждого посева, рассчитывали площадь и процент колонизации поверхности, а также площадь и процент зоны задержки, что представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная эффективность экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) против *Fusarium* spp.

Название образца	Средний радиус посева (см)	Площадь колонизации (см ²)	Процент колонизации	Чистая площадь (см ²)	Процент зоны задержки патогена
H ₂ O дист. (ОК)	1,78±0,35	9,95	15,64	53,67	84,36
Цитадель (ПК)	0,58±0,11	1,06	1,66	62,56	98,34
Этанол 80% (ВК)	1,87±0,31	10,99	17,28	52,63	82,72
Экстракт <i>H. erinaceus</i> №14	1,60±0,23	8,04	12,64	55,58	87,36
Экстракт <i>H. erinaceus</i> №15	1,32±0,21	5,48	8,61	58,14	91,39

Примечание: «±» – абсолютная ошибка опыта; ПК – Положительный контроль; ОК – отрицательный контроль; ВК – внутренний контроль

Данные таблицы свидетельствуют о том, что исследуемые варианты экстрактов исследуемого вида базидиомицета, за исключением этиловый спирта, который не оказывал ингибирующего эффекта, несколько превосходили положительный контроль. Максимальное ограничение развития патогена установлено у протравителя семян «Цитадель».

У экстракта *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) №15, полученного при температуре 65 °С и более длительном времени экстракции – в течение 15 часов отмечена более выраженная ингибирующая активность роста колоний *Fusarium* spp. по сравнению с экстрактом *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) №14, полученного при той же температуре в течение 10 часов.

В целом, оба экстракта *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) продемонстрировали определенную антифунгальную активность, однако образец №15 был ближе по эффективности к протравителю семян и может рассматриваться как более перспективный для дальнейших исследований.

На следующем этапе исследований активность экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) по отношению к *Alternaria* spp. представлена на рисунке 4.

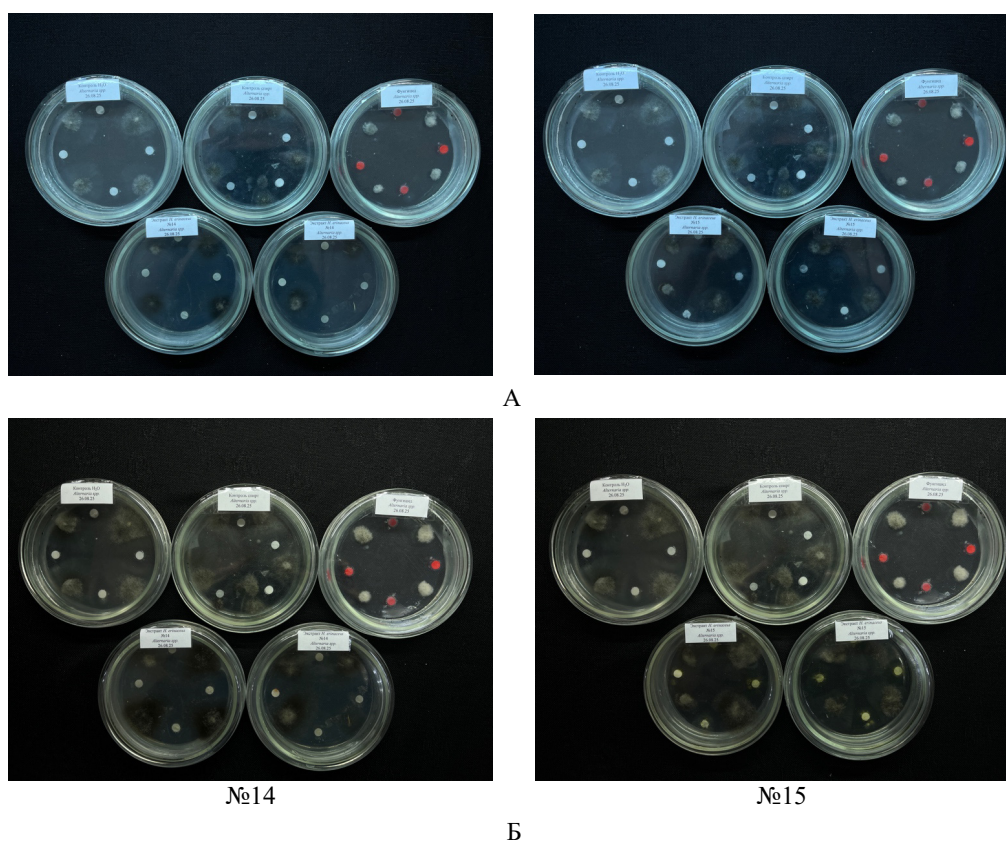


Рисунок 4 – Действие экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) по отношению к *Alternaria* spp. на 3-и (А) и 7-е (Б) сутки

На 3-и сутки эксперимента наблюдались первые признаки роста *Alternaria* spp. на всех вариантах опыта. Радиус колоний патогена в чашках Петри с экстрактами был сопоставим, достигая 1,5 см. К 7-м суткам были очевидны существенные различия в эффективности исследуемых экстрактов. В чашке Петри с протравителем семян наблюдался выраженный ингибирующий эффект – патоген сохранял ограниченную зону роста, не распространяясь по всей поверхности агара, в отличие от колоний *Fusarium* spp.

В таблице 3 представлена эффективность экстрактов №14 и №15 в сравнении с протравителем семян, по отношению к *Alternaria* spp.

Таблица 3 – Сравнительная эффективность экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) к *Alternaria* spp.

Название образца	Средний радиус посева (см)	Площадь колонизации (см ²)	Процент колонизации	Чистая площадь (см ²)	Процент зоны задержки патогена
H ₂ O дист. (ОК)	1,58±0,28	7,84	12,32	55,78	87,68
Цитадель (ПК)	0,59±0,09	1,09	1,71	62,53	98,29
Этанол 80% (ВК)	1,51±0,25	7,16	11,27	56,45	88,73
Экстракт <i>H. erinaceus</i> №14	1,74±0,22	9,51	14,95	54,11	85,05
Экстракт <i>H. erinaceus</i> №15	1,43±0,20	6,43	10,09	57,20	89,91

Примечание: «±» – абсолютная ошибка опыта; ПК – Положительный контроль; ОК – отрицательный контроль; ВК – внутренний контроль

Максимально высокой зоной задержки патогена обладал коммерческий инсекто-фунгицидный препарат. Вариант с экстрактом *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) №15 обеспечил достоверное ограничение роста патогена по сравнению с контролями (ОК, ПК). Экстракт №14 находился на уровне варианта с этиловым спиртом.

Аналогично результатам, полученным при исследовании *Fusarium* spp., экстракт *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) №15 проявил статистически достоверную антифунгальную активность в отношении чистых культур грибов рода *Alternaria* spp. Таким образом, оценка антифунгальной активности экстрактов, полученных экспериментальным путем в сравнении с коммерческим препаратом в условиях *in vitro* в отношении возбудителей экономически значимых болезней картофеля, продемонстрировала статистически значимую антифунгальную активность, в частности, экстракт *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) №15, полученный методом Сокслета при температуре 65 °С и более длительном времени экстракции в течение 15 часов.

Однако, использование грибных экстрактов в равной степени негативно повлияло на отсутствие воздушного мицелия. Согласно литературным данным, химический состав экстрактов, экстрагированных различными растворителями, может отличаться, что приводит к изменению их антимикробных свойств. В целом, отмечается более высокая антибиотическая активность экстрактов *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) в отношении грамположительных микроорганизмов (*Staphylococcus aureus*) и менее выраженная – в отношении грамотрицательных бактерий (*Pseudomonas aeruginosa*) [16].

Стоит отметить высокий уровень эффективности протравителя семян «Цитадель», который в равной мере проявлялся в полном ингибировании роста возбудителей альтернариоза и фузариоза. В проведенном исследовании протравитель семян «Цитадель» показал наибольшую ингибирующую активность в отношении обоих фитопатогенов – *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp. Высокая антифунгальная эффективность препарата связана с наличием в его составе флудиоксонила, обладающего широким спектром противогрибного действия. Данный компонент активен против грибов из отдела *Ascomycota* (в особенности рода *Fusarium*) и *Basidiomycota*, которые способны передаваться с семенами и через почву. Флудиоксонил нарушает осморегуляцию клеток гриба, препятствуя прорастанию спор и росту мицелия, что обеспечивает его выраженное фунгистатическое действие [17].

Заключение

Проведённые исследования показали, что водно-этанольные экстракты *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) №14 и №15, содержащие такие соединения, как эринацины, гериценоны и фенольные кислоты, обладают выраженной антифунгальной активностью в отношении

возбудителя фузариоза и альтернариоза. Установлено, что препараты №14 и №15 практически в равной степени подавляли инфекцию, представленную грибами *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp.: колонизация среды которыми составляла 8,6-12,6% по сравнению с 15% на контроле и 10,0-14,9% против 12,3% контрольного варианта опыта соответственно. Следует отметить, что этанол был более чувствительным для возбудителя альтернариоза, на уровне которого находился и препарат №14.

Результаты подтвердили, что параметры экстракции (температура, время, соотношение растворителей) существенно влияют на антифунгальную активность экстрактов. Из исследованных режимов экстракции в диапазоне 55-65 °С от 5 до 15 часов 2 из 6 экстрактов обладали антифунгальной активностью.

Наилучшие показатели были достигнуты у препарата №15, полученного при экстрагировании порошка из высушенных плодовых тел гриба при температуре 65 °С в течение 15 часов, что обеспечило максимальную сохранность биологически активных соединений.

Кроме того, исследуемые препараты в равной степени приводили к морфологическим изменениям колоний исследуемых патогенов – отсутствие воздушного мицелия грибных колоний. Таким образом, концентрированные биологически активные вещества ежевика гребенчатого обладают ингибирующим эффектом в отношении *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp., что подтверждено лабораторными исследованиями. В перспективе режимы экстракции могут быть оптимизированы, а ингибирующие свойства экстрактов против возбудителей микозов могут быть исследованы более масштабно при альтернативном экстрагировании веществ из отходов грибоводства и использованы в качестве биологического средства защиты растений, например, для предпосевной обработки семян или предпосадочной обработке клубней картофеля.

Вклад авторов

ДК, ВХ, МС, ДД: участвовали в постановке эксперимента по исследованию антифунгальной активности экстрактов *H. erinaceus* по отношению к фитопатогенам картофеля. ДК выполнила статистическую обработку и анализ данных, интерпретировала результаты исследования и подготовила рукопись статьи. МС и ДД: подготовили чистые культуры фитопатогенов (*Fusarium* spp., *Alternaria* spp.).

ВХ и ДК: провели окончательную редакцию и вычитку. Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию рукописи.

Благодарность

Исследования проводились в рамках грантового финансирования МНВО РК проекта ИРН – АР19676907 «Разработка технологии эффективного использования экстрактов и отработанных субстратов грибов как средства защиты картофеля от фитопатогенов с изготовлением кормовой добавки».

Список литературы

- 1 Xue, H., Liu, Q., Yang, Z. (2023). Pathogenicity, mycotoxin production, and control of potato dry rot caused by *Fusarium* spp.: a review. *Journal of Fungi*, 9(8), 843. DOI: 10.3390/jof9080843.
- 2 Tsedaley, B. (2014). Review on early blight (*Alternaria* spp.) of potato disease and its management options. *J Biol Agric Healthc*, 4(27), 191-199.
- 3 Плеханова, Л.П., Булдаков, С.А. (2019). Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность. *Международный научно-исследовательский журнал*, 9-26(87), 28-33.
- 4 National Center for Biotechnology Information (NCBI). (2025). *NCBI Taxonomy Browser: *Hericium erinaceus* (Taxonomy)*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=91752>
- 5 Thongbai, B., Rapior, S., Hyde, K.D., Wittstein, K., Stadler, M. (2015). *Hericium erinaceus*, an amazing medicinal mushroom. *Mycological Progress*, 14, 1-23. DOI: 10.1007/s11557-015-1105-4.

6 Chakraborty, N., Banerjee, A., Sarkar, A., Ghosh, S., Acharya, K. (2021). Mushroom polysaccharides: a potent immune-modulator. *Biointerface Res Appl Chem*, 11(2), 8915-8930. DOI: 10.33263/BRIAC112.89158930.

7 Kwak, A.M., Min, K.J., Lee, S.Y., Kang, H.W. (2015). Water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* suppresses bacterial wilt disease of tomato. *Mycobiology*, 43(3), 311-318. DOI: 10.5941/MYCO.2015.43.3.311.

8 Contato, A.G., Conte-Junior, C.A. (2025). Lion's Mane Mushroom (*Hericium erinaceus*): A Neuroprotective Fungus with Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Antimicrobial Potential-A Narrative Review. *Nutrients*, 17(8), 1307. DOI: 10.3390/nu17081307.

9 Sevindik, M., Gürgen, A., Khassanov, V.T., Bal, C. (2024). Biological activities of ethanol extracts of *Hericium erinaceus* obtained as a result of optimization analysis. *Foods*, 13(10), 1560. DOI: 10.3390/foods13101560.

10 Кукушкина, К.В. (2025). Влияние состава питательной среды на образование конидий грибами р. *Fusarium*. *Вестник КрасГАУ*, 3, 52-61. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-52-61.

11 Bidaud, A.L., Schwarz, P., Herbreteau, G., Dannaoui, E. (2021). Techniques for the assessment of in vitro and in vivo antifungal combinations. *Journal of Fungi*, 7(2), 113. DOI: 10.3390/jof7020113.

12 Доспехов, Б.А. (1985). *Методика полевого опыта*. М.: Колос, 378.

13 Жевора, С., Федотова, Л.С., Старовойтов, В.И., Зейрук, В.Н., Коршунов, А.В., Пшеченков, К.А., Князева, Е.В. (2019). *Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле*. ФГБНУ ВНИИКХ, 73.

14 Morein, N., Kumars, M., Dunders, G. (2020). *Medicinsk mikrobiologi II: Sterilisering, laboratoriediagnostik og immunrespons*. Cambridge Stanford Books, 418.

15 Kała, K., Cicha-Jeleń, M., Sułkowska-Ziaja, K., Ostachowicz, B., Węgrzynowicz, E., Lazur, J., Muszyńska, B. (2025). Influence of plant-based substrate composition and extraction method on accumulation of bioactive compounds in *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. fruiting bodies. *Molecules*, 30(15), 3094. DOI: 10.3390/molecules30153094.

16 Mustafin, K., Suleimenova, Z., Akhmetadykov, N., Bisko, N., Zhakipbekova, A. (2025). Study of antimicrobial properties of *Hericium* fungal extracts. *Scientific Horizons*, 28(6), 77-88. DOI: 10.48077/scihor6.2025.77.

17 Список пестицидов, разрешенных к производству (формуляции), ввозу, хранению, транспортировке, реализации и применению на территории Республики Казахстан на 2022-2031 годы. Приложение к приказу председателя комитета государственной инспекции в агропромышленном комплексе Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан от «31» мая 2022 года № 87 -Н.

References

1 Xue, H., Liu, Q., Yang, Z. (2023). Pathogenicity, mycotoxin production, and control of potato dry rot caused by *Fusarium* spp.: a review. *Journal of Fungi*, 9(8), 843. DOI: 10.3390/jof9080843.

2 Tsedaley, B. (2014). Review on early blight (*Alternaria* spp.) of potato disease and its management options. *J Biol Agric Healthc*, 4(27), 191-199.

3 Plekhanova, L.P., Buldakov, S.A. (2019). Effektivnost' dejstviya biopreparatov i fungicidov protiv boleznei rastenii, klubnei kartofelya i ih vliyanie na urozhainost'. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 9-2, (87), 28-33. [in Russ].

4 National Center for Biotechnology Information (NCBI). (2025). *NCBI Taxonomy Browser: Hericium erinaceus (Taxonomy)*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=91752>.

5 Thongbai, B., Rapior, S., Hyde, K.D., Wittstein, K., Stadler, M. (2015). *Hericium erinaceus*, an amazing medicinal mushroom. *Mycological Progress*, 14(10), 1-23. DOI: 10.1007/s11557-015-1105-4.

6 Chakraborty, N., Banerjee, A., Sarkar, A., Ghosh, S., Acharya, K. (2021). Mushroom polysaccharides: a potent immune-modulator. *Biointerface Res Appl Chem*, 11(2), 8915-8930. DOI: 10.33263/BRIAC112.89158930.

7 Kwak, A.M., Min, K.J., Lee, S.Y., Kang, H.W. (2015). Water extract from spent mushroom substrate of *Hericium erinaceus* suppresses bacterial wilt disease of tomato. *Mycobiology*, 43(3), 311-318. DOI: 10.5941/MYCO.2015.43.3.311.

8 Contato, A.G., Conte-Junior, C.A. (2025). Lion's Mane Mushroom (*Hericium erinaceus*): A Neuroprotective Fungus with Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Antimicrobial Potential-A Narrative Review. *Nutrients*, 17: 8, 1307. DOI: 10.3390/nu17081307.

9 Sevindik, M., Gürgen, A., Khassanov, V.T., Bal, C. (2024). Biological Activities of Ethanol Extracts of *Hericium erinaceus* Obtained as a Result of Optimization Analysis. *Foods*, 13(10), 1560. DOI: 10.3390/foods13101560.

10 Kukushkina, K.V. (2025). Vliyanie sostava pitatel'noy sredy na obrazovanie konidiy gribami *Fusarium*. *Vestnik KrasGAU*, 3, 52-61. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-52-61. [in Russ].

11 Bidaud, A.L., et al. (2021). Techniques for the assessment of in vitro and in vivo antifungal combinations. *Journal of Fungi*, 7:2, 113. DOI: 10.3390/jof7020113.

12 Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta*. M.: Kolos, 378. [in Russ].

13 Zhevara, S.V., Fedotova, L.S., Starovojtov, V.I., Zejruk, V.N., Korshunov, A.V., Pshechenkov, K.A., Knyazeva, E.V. (2019). *Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh opytov, uchetov, nablyudeni i analizov na kartofele*. RIA RPRC, 73. [in Russ].

14 Morein, N., Kumars, M., Dunders, G. (2020). *Medicinsk mikrobiologi II: Sterilisering, laboratoriediagnostik og immunrespons*. Cambridge Stanford Books, 418.

15 Kała, K., Cicha-Jeleń, M., Sułkowska-Ziaja, K., Ostachowicz, B., Węgrzynowicz, E., Lazur, J., Muszyńska, B. (2025). Influence of plant-based substrate composition and extraction method on accumulation of bioactive compounds in *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. fruiting bodies. *Molecules*, 30(15), 3094. DOI: 10.3390/molecules30153094.

16 Mustafin, K., Suleimenova, Z., Akhmetsadykov, N., Bisko, N., Zhakipbekova, A. (2025). Study of antimicrobial properties of *Hericium* fungal extracts. *Scientific Horizons*, 28(6), 77-88. DOI: 10.48077/scihor6.2025.77.

17 Spisok pesticidov, razreshennyh k proizvodstvu (formulyacii), vvozu, hraneniyu, transportirovke, realizacii i primeneniyu na territorii Respubliki Kazakhstan na 2022-2031 gody. Prilozhenie k prikazu predsedatelya komiteta gosudarstvenno i inspekcii v agropromyshlennom komplekse Ministerstva sel'skogo hozyaistva Respubliki Kazahstan ot «31» maya 2022 goda №87-N. [in Russ].

Картоп ауруларының қоздырғыштарына қарсы *Hericium erinaceus* су-этанол сығындыларының антифунгальды әсерін зерттеу

Камарова Д.Н., Хасанов В.Т., Әжімахан М.Ә., Сүлейман М.А., Даулет Д.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Бұл мақалада *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) кептірілген жеміс денелерінен алынған сулы-этанол сығындыларының антифунгальды белсенділігін зерттеу нәтижелері берілген. Зерттеу барысында экстракцияның әртүрлі параметрлерінің картоптың қауіпті ауру қоздырғыштары болып табылатын *Fusarium* spp. және *Alternaria* spp. фитопатогенді саңырауқұлақтарының өсуін тежеуге әсері зерттелді. Жұмыстың мақсаты өсімдіктерді қорғаудың биологиялық өнімі ретінде *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) сығындыларының әлеуетін бағалау және биологиялық белсенді заттарды барынша сақтау үшін оларды өсіру мен сақтаудың оңтайлы шарттарын анықтау болды.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу барысында әртүрлі температурада және экстракция уақытында Сокслет әдісімен алынған сығындылар қолданылды. Саңырауқұлақтарға қарсы белсенділік картоп-глюкозды ағары қоректік ортасында диск-диффузиялық әдісі арқылы анықталды. Бақылау құралы ретінде «Астана-Нан» ЖШС ұсынған Цитадель тұқым дәрілегіш препараты (тиаметоксам, 262,5 г/л + дифеноконазол, 25 г/л + флудиоксонил, 25 г/л), пайдаланылды. Теріс бақылау ретінде стерильді тазартылған су қолданылды, ал ішкі бақылау ретінде 80%-дық этил спирті пайдаланылды.

Нәтижелер. Әртүрлі температуралық-уақыт режимдерінде алынған *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) сулы-этанольді сығындылардың алты нұсқасының ішінде №15 сығындысы (65

°C, 15 сағ) ең жоғары тиімділікті көрсетті, *Fusarium* spp. өсуін 93%-ға тежеді. Сол №15 экстракты *Alternaria* spp., қарсы айқын антифунгальдық белсенділік көрсетті, онда патогеннің өсуін тежеу 5,75% дейін ортаны колонияландыру кезінде 94% жетті.

Қорытынды. Нәтижелер *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) су-этанол сығындыларын картопты *Fusarium* spp. мен *Alternaria* spp. қарсы биологиялық қорғау құралы ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797); су-этанол сығындылары; саңырауқұлаққа қарсы белсенділік; *Fusarium* spp.; *Alternaria* spp.; картопты биологиялық қорғау.

Assessment of the antifungal properties of water-ethanol extracts of *Hericium erinaceus* against phytopathogenic fungi of potato

Diana N. Kamarova, Vadim T. Khassanov, Moldir Ajimahan, Madina A. Suleiman, Daniyar Daulet

Abstract

Background and Aim. This article presents the results of the study of antifungal activity of water-ethanol extracts, obtained from dried fruit bodies of *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797). The study focused on examining the impact of various extraction conditions on the inhibition of the growth of phytopathogenic fungi, namely *Fusarium* spp. and *Alternaria* spp., which are responsible for harmful potato diseases. The aim of this work was to evaluate the potential use of *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) extracts as a natural plant protection agent, and to determine optimal extraction conditions that would ensure maximum preservation of bioactive compounds.

Materials and Methods. Extracts obtained using the Soxhlet method at different temperatures and extraction times, were used in the study. Antifungal activity was evaluated using the disc diffusion method on potato-dextrose agar. The Citadel seed protectant, c.s. (thiamethoxam, 262.5 g/l + difenoconazole, 25 g/l + fludioxonil, 25 g/l), Astana-Nan LLP was used as a positive control. Sterile distilled water served as a negative control, and 80% ethanol served as an internal control.

Results. Among the six studied variants of water-ethanol extracts of *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) obtained under various temperature and time conditions, extract No. 15(65 °C, 15 h) demonstrated the highest effectiveness by inhibiting the growth of *Fusarium* spp. by 93%. The same extract No. 15 showed pronounced antifungal activity against *Alternaria* spp., where inhibition of pathogen growth reached 5.75% with medium colonization up to 94%.

Conclusion. The results confirm the promising use of water-ethanol extracts of *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797) for the biological protection of potato against *Fusarium* spp. and *Alternaria* spp.

Keywords: *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (1797); water-ethanol extracts; antifungal activity; *Fusarium* spp; *Alternaria* spp; biological protection of potato.