

DOI 10.54596/2958-0048-2026-3-107-121

УДК 581.2

МРНТИ 68.35.43

**АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И GC-MS-ПРОФИЛЬ
ГИДРОЭТАНОЛЬНОГО ЭКСТРАКТА *CHELIDONIUM MAJUS* L.
В ОТНОШЕНИИ *FUSARIUM* SPP. КАРТОФЕЛЯ**

**Достемесова А.Б.¹, Камарова Д.Н.^{2*}, Әжімахан М.Ә.², Сүлейман М.А.²,
Хасанов В.Т.², Избастина К.С.^{2,3*}, Мухтубаева С.К.^{3,4}, Шарипова М.Ж.⁴**

¹ *Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

^{2*} *НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет
им. С. Сейфуллина», Астана, Казахстан*

^{3*} *«Астанинский ботанический сад» филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и
фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства
экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, Астана, Казахстан*

⁴ *Международный университет Астана, Астана, Казахстан*

**Автор для корреспонденции: izbastina.k@gmail.com; dkamarova10@gmail.com*

Аннотация

В статье представлен предварительный GC-MS-профиль и антифунгальная активность гидроэтанольного экстракта *Chelidonium majus* L., собранного в высокогорных условиях хребта Кунгей Алатау (Казахстан). Антифунгальную активность оценивали *in vitro* в отношении одного изолята *Fusarium* spp., выделенного из клубней картофеля с симптомами фузариозного поражения. Экстракты получали методом Сокслета с использованием 70% этанола. Площадь мицелиального роста определяли по цифровым изображениям с использованием программы ImageJ. Эксперимент проводили в четырех повторностях (n = 4). В варианте с гидроэтанольным экстрактом *C. majus* №1 площадь мицелиального роста *Fusarium* spp. составила 60,25 ± 4,08%, тогда как в контроле растворителя с 70% этанолом – 72,50 ± 2,65%. Ингибирование мицелиального роста относительно контроля растворителя составило 16,9 %. Методом GC-MS в составе экстракта предположительно идентифицировано 11 соединений, среди которых значительную долю составляли этиловые эфиры ненасыщенных жирных кислот (43,4%), фитол (13,8%) и соединение 4H-Bis[1,3]benzodioxolo[5,6-a:4',5'-g]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro-, (±) – (30,2%), предположительно идентифицированное по библиотечному совпадению масс-спектров. Полученные результаты свидетельствуют об ингибирующей активности гидроэтанольного экстракта *C. majus* в отношении мицелиального роста *Fusarium* spp. *in vitro* и обосновывают необходимость дальнейших исследований.

Ключевые слова: *Chelidonium majus* L., GC-MS, антифунгальная активность, этиловые эфиры жирных кислот, фитол, алкалоиды, *Fusarium*, фитопатогены.

**CHELIDONIUM MAJUS L. ӨСІМДІГІНІҢ ГИДРОЭТАНОЛ ЭКСТРАКТИСІНІҢ
КАРТОП FUSARIUM SPP ҚАРСЫ АНТИФУНГАЛЬДЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ
ЖӘНЕ GC-MS ПРОФИЛІ**

Достемесова А.Б.¹, Камарова Д.Н.^{2*}, Әжімахан М.Ә.², Сүлейман М.А.²,
Хасанов В.Т.², Избастина К.С.^{2,3*}, Мұхтубаева С.К.^{3,4}, Шарипова М.Ж.⁴

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

^{2*}«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ,
Астана, Қазақстан

^{3*}Қазақстан Республикасы экология және табиғи ресурстар министрлігі орман
шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және
фитоинтродукция институты, Астана, Қазақстан

⁴Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

*Хат-хабар үшін авторы: izbastina.k@gmail.com; dkamarova10@gmail.com

Аңдатпа

Мақалада Күнгей Алатау (Қазақстан) жотасының биік таулы жағдайларында жиналған *Chelidonium majus* L. гидроэтанолдық сығындысының алдын ала GC-MS-профилі және антифунгальдық белсенділігі ұсынылған. Антифунгалдық белсенділік фузариоздық зақымдану белгілері бар картоп түйнектерінен бөлініп алынған *Fusarium* spp. изоляттарына қатысты *in vitro* жағдайында бағаланды. Экстракттер 70% этанолды пайдалана отырып, Сокслет әдісімен алынды. Мицелийлік өсу ауданы ImageJ бағдарламасы арқылы цифрлық кескіндерді талдау негізінде анықталды. Эксперимент төрт қайталымда жүргізілді (n = 4). *C. majus* №1 гидроэтанолды экстрактісі қолданылған нұсқада *Fusarium* spp. мицелийлік өсу ауданы $60,25 \pm 4,08\%$ құрады, ал 70% этанолдан тұратын еріткіш бақылауында бұл көрсеткіш $72,50 \pm 2,65\%$ болды. Еріткіш бақылауымен салыстырғанда мицелийлік өсудің тежелуі 16,9% құрады. GC-MS әдісімен экстракт құрамынан 11 қосылыс болжамды түрде идентификацияланды. Олардың едәуір бөлігін қанықпаған май қышқылдарының этил эфирлері (43,4%), фитол (13,8%) және 4H-Bis[1,3]benzodioxolo [5,6-a:4',5'-gl]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro-, (±)- (30,2%) құрады. Қосылыстар масс-спектрлердің кітапханалық сәйкестігі негізінде анықталды. Алынған нәтижелер *C. majus* гидроэтанолды экстрактісінің *Fusarium* spp. мицелийлік өсуіне қатысты ингибиторлық белсенділігін көрсетеді және оның антифунгалдық қасиеттерін одан әрі зерттеу қажеттілігін негіздейді.

Кілт сөздер: *Chelidonium majus* L., газдық хроматография-масс-спектрометрия, саңырауқұлаққа қарсы белсенділік, май қышқылдарының этил эфирлері, фитол, алкалоидтар, *Fusarium*, өсімдік патогендері.

**ANTIFUNGAL ACTIVITY AND GC-MS PROFILING OF A HYDROETHANOLIC
EXTRACT OF CHELIDONIUM MAJUS L. AGAINST POTATO-ASSOCIATED
FUSARIUM SPP**

A.B. Dostemesova¹, D.N. Kamarova^{2*}, M.A. Azhimakhan², M.A. Suleiman²,
V.T. Khassanov², K.S. Izbastina^{2,3*}, S.K. Mukhtubaeva^{3,4}, M.Z. Sharipova⁴

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

^{2*}NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical University», Astana, Kazakhstan

^{3*}RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World
of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, Astana, Kazakhstan

⁴Astana International University, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: izbastina.k@gmail.com; dkamarova10@gmail.com

Abstract

The article presents a preliminary GC-MS profile and antifungal activity of a hydroethanol extract of *Chelidonium majus* L. collected in the high-altitude conditions of the Kungei Alatau range (Kazakhstan). Antifungal activity was evaluated *in vitro* against one *Fusarium* spp. isolated from potato tubers with symptoms of fusarium lesion.

The extracts were obtained by Soxhlet extraction using 70% ethanol. The mycelial growth area was determined from digital images using ImageJ software. The experiment was carried out in four repetitions ($n = 4$). In the treatment with hydroethanolic extract of *C. majus* No. 1, the mycelial growth area of *Fusarium* spp. was $60.25 \pm 4.08\%$, compared with $72.50 \pm 2.65\%$ in the solvent control containing 70% ethanol. Inhibition of mycelial growth relative to the solvent control was 16.9%. GC-MS analysis tentatively identified 11 compounds in the extract, among which ethyl esters of unsaturated fatty acids accounted for a substantial proportion (43.4%), followed by phytol (13.8%) and the compound 4H-Bis[1,3]benzodioxolo[5,6-a:4',5'-g]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro-, ($\pm$) – (30.2%), tentatively identified based on mass-spectral library matching. The results obtained indicate the inhibitory activity of the hydroethanol extract of *C. majus* against the mycelial growth of *Fusarium* spp. *in vitro* and justify the need for further research.

Keywords: *Chelidonium majus* L., GC-MS, antifungal activity, ethyl esters of fatty acids, phytol, alkaloids, *Fusarium*, plant pathogens.

Введение

Chelidonium majus L. (*Papaveraceae*) – это многолетнее травянистое растение, широко распространенное в умеренных и субтропических районах Северного полушария, включая Европу и Азию. Вид встречается в лиственных лесах, кустарниковых зарослях, парках, садах и других местообитаниях с влажными, богатыми азотом почвами [1–6].

Одной из характерных биологических особенностей вида является наличие оранжевого млечного сока (латекса). В этом соке есть комплекс биологически активных вторичных метаболитов [7–8]. *C. majus* долго используют в традиционной медицине, в основном при кожных болезнях и воспалениях. Современные исследования считают, что основной биологический эффект растения связан с изохинолиновыми алкалоидами. Эти вещества имеют антимикробные, противовоспалительные, противовирусные, антиоксидантные и цитотоксические свойства. Для экстрактов и отдельных алкалоидов *C. majus* также описывают возможное противоопухолевое и иммуномодулирующее действие [9–12]. При этом использовать *C. majus* нужно с осторожностью из-за возможных токсических эффектов, в том числе гепатотоксичности [13–14]. Химический состав *C. majus* отличается тем, что в нем больше всего изохинолиновых алкалоидов. Это бензофенантридиновые, протобербериновые и протопиновые производные, такие как хелидонин, сангвинарин, хелеритрин, берберин, коптизин и протопин. Кроме алкалоидов, в растении нашли фенольные кислоты, флавоноиды, терпеноиды, стеролы и другие вторичные метаболиты. Количество и тип этих соединений зависят от органа растения. Также на состав влияют фаза вегетации, условия произрастания и географическое происхождение сырья [15–16]. В то же время биологическая активность вторичных метаболитов *C. majus* интересна не только для фармакологии, но и для защиты растений. Фузариозные инфекции, вызываемые грибами рода *Fusarium*, относятся к числу экономически значимых болезней картофеля (*Solanum tuberosum*). Рост устойчивости фитопатогенов к синтетическим фунгицидам заставляет искать экологически безопасные замены на основе растительного сырья. Ранее была показана антимикробная и антигрибковая активность экстрактов *C. majus* по отношению к разным фитопатогенам [17–18]. Хотя вид хорошо изучен, данных о фитохимических свойствах и биологической активности популяций *C. majus* в Центральной Азии пока мало.

Настоящая работа направлена на определение химического состава гидроэтанольного экстракта *C. majus* методом GC-MS и оценку его антифунгальной активности в отношении *Fusarium* spp., вызывающих фузариозные заболевания картофеля.

Материалы и методы

Отбор растительного материала

Надземная часть растений собрана в период цветения в природных растительных сообществах хребта Кунгей Алатау на высоте 1638–1710 м над уровнем моря [19].

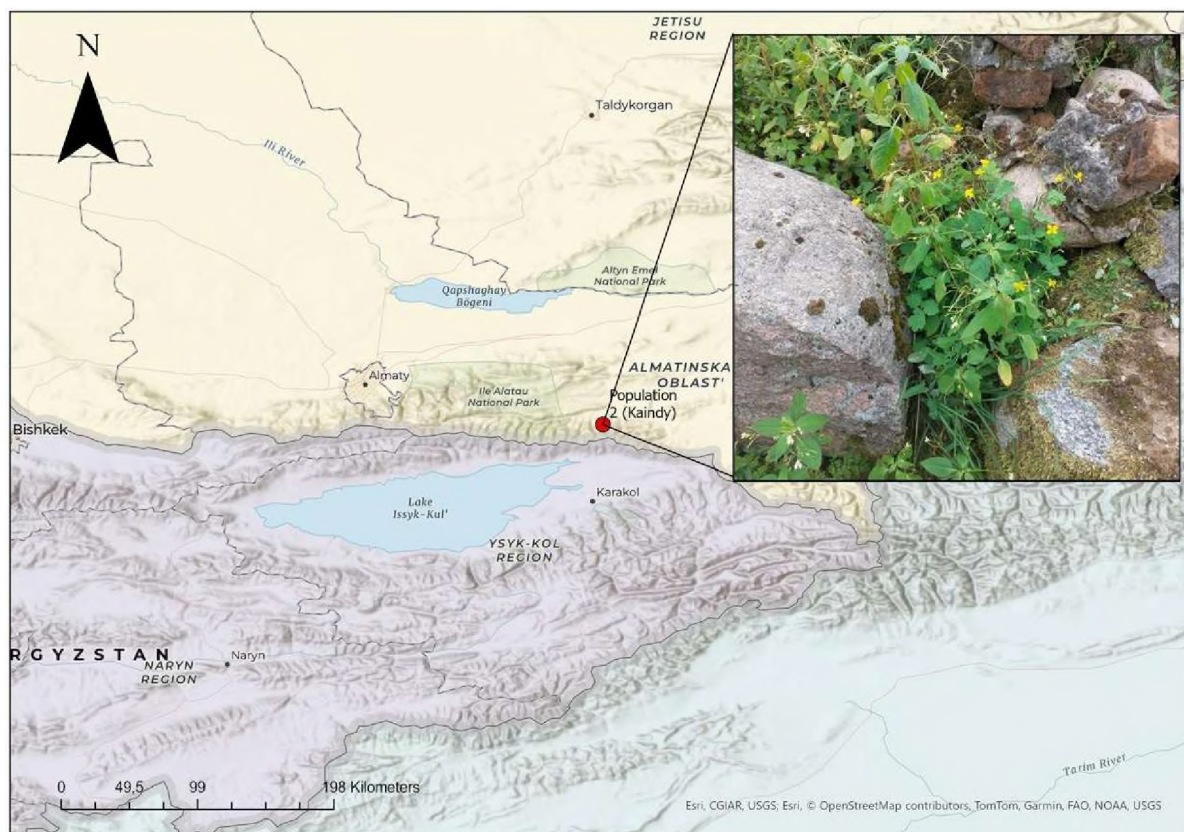


Рисунок 1. Место сбора образцов и общий вид *C. majus* в горных растительных сообществах хребта Кунгей Алатау

После сбора растительное сырьё высушивали при комнатной температуре в условиях естественной вентиляции и в дегидраторе до достижения постоянной массы, затем измельчали до порошкообразного состояния с использованием лабораторной мельницы.

Процесс получения гидроэтанольных экстрактов.

В качестве исследуемого материала использовали высушенное и измельчённое растительное сырьё чистотела. Перед экстракцией образцы доводили до однородного порошкообразного состояния.

Получение гидроэтанольных экстрактов *C. majus* осуществляли методом Сокслета с использованием автоматической системы для быстрой экстракции Gerhardt SOX-412 (Германия), при контролируемых температурно-временных параметрах (рисунок 2).



Рисунок 2. Получение экстрактов *Chelidonium majus* L. методом Сокслета (Gerhardt SOX-412).

Экстракцию осуществляли 70%-м этиловым спиртом при температуре 65°C в течение 6 часов. Полученные гидроэтанольные экстракты *C. majus* подвергали процессу выпаривания на роторном вакуумном испарителе для удаления растворителя и получения концентрированного экстракта [20]. Полученный концентрированный экстракт использовали для оценки антифунгальной активности без дополнительного разведения. Параметры процесса экстракции представлены в таблице 1. Полученные экстракты условно обозначали как *C. majus* №1–3.

Таблица 1. Исследуемые параметры получения экстрактов из надземной части *C. majus*

№ варианта	Температура экстракции, °C	Время экстракции, ч	Соотношение этанола и воды, %	Объем экстракта до выпаривания, мл	Объем концентрированного экстракта после выпаривания, мл	Количество растворителя после выпаривания, мл	Время выпаривания, мин
1	65	6	70	236	60	174	67
2	65	6	70	235	72	161	71
3	65	6	70	230	62	167	69

Как видно из таблицы 1, экстракты №1-3 получали независимо из одной партии растительного сырья *C. majus* с использованием отдельных навесок в одинаковых условиях экстракции. Незначительные различия в объемах и времени выпаривания между вариантами обусловлены естественной вариабельностью процесса экстракции и не отражают существенных отклонений в эффективности экстракции. Полученные таким образом гидроэтанольные экстракты *C. majus* в дальнейшем использовались для изучения их антифунгальной активности.

Оценка антифунгальной активности.

Для исследования использовали изолят *Fusarium* spp., выделенный из клубней картофеля с характерными симптомами фузариозного поражения. Принадлежность изолята к роду *Fusarium* подтверждали по морфологическим признакам культуры и микроскопическим характеристикам спороношения. Антифунгальную активность гидроэтанольного экстракта *C. majus* оценивали *in vitro* в отношении данного изолята на картофельно-глюкозном агаре. Для инокуляции использовали чистую культуру *Fusarium* spp. Стерильной иглой отбирали фрагмент активно растущего мицелия и переносили его на поверхность картофельно-глюкозного агара.

В качестве положительного контроля использовали протравитель семян «Цитадель» (тиаметоксам 262,5 г/л, дифеноконазол 25 г/л, флудиоксонил 25 г/л), в качестве отрицательного контроля – стерильную дистиллированную воду. Дополнительно оценивали влияние 70% этанола, использованного в качестве экстрагента. Исследуемый экстракт перед использованием фильтровали через стерильный мембранный фильтр с размером пор 0,22 мкм. Для биотестирования использовали концентрат экстракта *C. majus* №1, полученный после выпаривания растворителя, с целью максимального проявления его биологической активности. Стерильные бумажные диски диаметром 6 мм погружали непосредственно в концентрат экстракта, после чего помещали на поверхность питательной среды. Чашки инкубировали при температуре 24-26°C.

Площадь мицелиального роста *Fusarium* spp. определяли на 7-е сутки культивирования по цифровым изображениям чашек Петри с использованием программы ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) [21]. Фотографирование чашек проводили сверху при одинаковых условиях съемки. В пределах рабочей поверхности питательной среды определяли площадь, занятую мицелием. Степень колонизации рассчитывали как отношение площади, занятой мицелием, к общей анализируемой площади питательной среды и выражали в процентах: Колонизация (%) = $S_m / S_{общ} \times 100$, где S_m – площадь поверхности, занятой мицелием; $S_{общ}$ – общая анализируемая площадь питательной среды. Ингибирование мицелиального роста оценивали относительно контроля растворителя по изменению площади грибной колонии [22] и рассчитывали по формуле: $I (\%) = [(C - T) / C] \times 100$, где C – средняя площадь мицелиального роста в контроле растворителя, T – площадь мицелиального роста в опытном варианте.

В настоящей работе антифунгальную активность экстракта оценивали при одной исследуемой дозе, поэтому зависимость «концентрация-эффект» и значение IC_{50} не определяли. Оценка дозозависимого действия экстракта является задачей дальнейших исследований.

Определение химического состава (GC-MS).

Компонентный состав гидроэтанольных экстрактов *C. majus* исследовали методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (GC-MS). Анализ

выполняли на хромато-масс-спектрометрической системе Agilent 7890A GC, сопряжённой с масс-селективным детектором Agilent 5975C.

Сухие экстракты растворяли в метаноле аналитической чистоты до получения однородного раствора и вводили в хроматографическую систему объемом 2,0 мкл в режиме splitless. Разделение компонентов осуществляли на капиллярной колонке DB-35MS (30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм) в условиях программируемого температурного режима. В качестве газа-носителя использовали гелий с постоянной скоростью потока 1 мл/мин. Регистрацию масс-спектров проводили в режиме полного сканирования в диапазоне m/z 34–750.

Предварительная идентификация по библиотечному совпадению масс-спектров соединений осуществляли путём сравнения полученных масс-спектров с библиотечными спектрами NIST и Wiley с учётом степени совпадения спектров и времени удерживания анализируемых компонентов. Относительное содержание предварительно идентифицированных веществ определяли по площади соответствующих хроматографических пиков без использования коэффициентов пересчёта. Обработку хроматографических данных выполняли с использованием программного обеспечения Agilent MSD ChemStation.

Статистический анализ.

Результаты представлены как среднее арифметическое ± стандартное отклонение (SD). Для каждого варианта использовали четыре независимые повторности (n = 4). Различия между вариантами оценивали методом однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA) с последующим тестом Тьюки для множественных сравнений. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследований

Антифунгальная активность экстракта *C. majus* в отношении *Fusarium* spp.

На первом этапе исследования проводили предварительный скрининг антифунгальной активности гидроэтанольных экстрактов *C. majus* в отношении *Fusarium* spp. Для последующей количественной оценки антифунгальной активности и анализа цифровых изображений был использован экстракт *C. majus* №1. Его действие оценивали на 7-е сутки культивирования по площади мицелиального роста. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние гидроэтанольного экстракта *Chelidonium majus* L. на площадь мицелиального роста *Fusarium* spp.

Название образца	Доля поверхности, занятой мицелием, %
H ₂ O, отрицательный контроль	79,00 ± 1,83 ^a
70% этанол, контроль растворителя	72,50 ± 2,65 ^b
<i>C. majus</i> №1	60,25 ± 4,08 ^c
Протравитель «Цитадель», положительный контроль	48,25 ± 0,25 ^d
Примечание: Данные представлены как среднее ± SD, n = 4. Разные надстрочные буквы указывают на статистически значимые различия между вариантами по тесту Тьюки при $p < 0,05$.	

На 7-е сутки культивирования доля поверхности, занятой мицелием *Fusarium* spp. в отрицательном контроле с H₂O составила 79,00 ± 1,83%, а в контроле растворителя с 70% этанолом – 72,50 ± 2,65%. В присутствии гидроэтанольного экстракта *C. majus* №1 доля поверхности, занятой мицелием снижалась до 60,25 ± 4,08%. Ингибирование доли

поверхности, занятой мицелием относительно контроля растворителя составило 16,9%. Наиболее выраженное подавление роста наблюдалось в положительном контроле с протравителем, где доля поверхности, занятой мицелием составила $48,25 \pm 0,25\%$. Однофакторный дисперсионный анализ выявил статистически значимые различия между вариантами опыта ($F(3,12) = 109,33$; $p < 0,000001$). Последующий тест Тьюки показал статистически значимые различия между всеми исследованными вариантами ($p < 0,05$). Полученные результаты свидетельствуют об ингибирующей активности гидроэтанольного экстракта *C. majus* №1 в отношении мицелиального роста *Fusarium* spp. На рисунке 3 представлены результаты изучения антифунгальной активности экстракта *C. majus* №1 против возбудителя фузариоза на 7-е сутки.

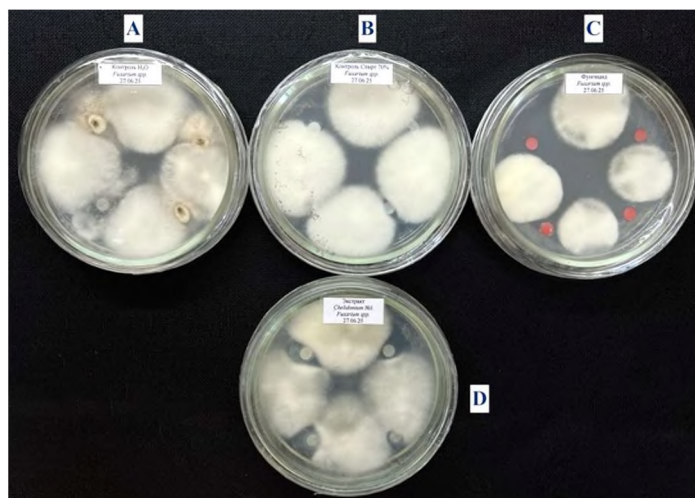


Рисунок 3. Характер роста *Fusarium* spp. в контрольных и опытном вариантах на 7-е сутки: А – H₂O, отрицательный контроль; В – 70% этанол, контроль растворителя; С – протравитель «Цитадель», положительный контроль; D – *C. majus* №1, гидроэтанольный экстракт.

На 7-е сутки наблюдались различия в характере роста *Fusarium* spp. между контрольными и опытными вариантами. Наименьший рост отмечен при использовании протравителя «Цитадель», тогда как применение экстракта *C. majus* №1 также сопровождалось снижением мицелиального роста по сравнению с контрольными вариантами.

GC-MS профиль и идентификация биологически активных соединений.

Проведённый GC-MS анализ экстракта *C. majus* позволил выявить широкий спектр соединений, относящихся к различным классам вторичных метаболитов. Полученный химический профиль согласуется с данными Достемесовой и др. (2023) [23], а также с опубликованными данными о фитохимическом составе *C. majus* [24-26].

Наличие указанных групп веществ ранее было установлено при изучении экстрактов *C. majus* с применением современных хроматографических методов (GC-MS, HPLC), что указывает на значительный потенциал данного растения как источника биологически активных природных соединений.

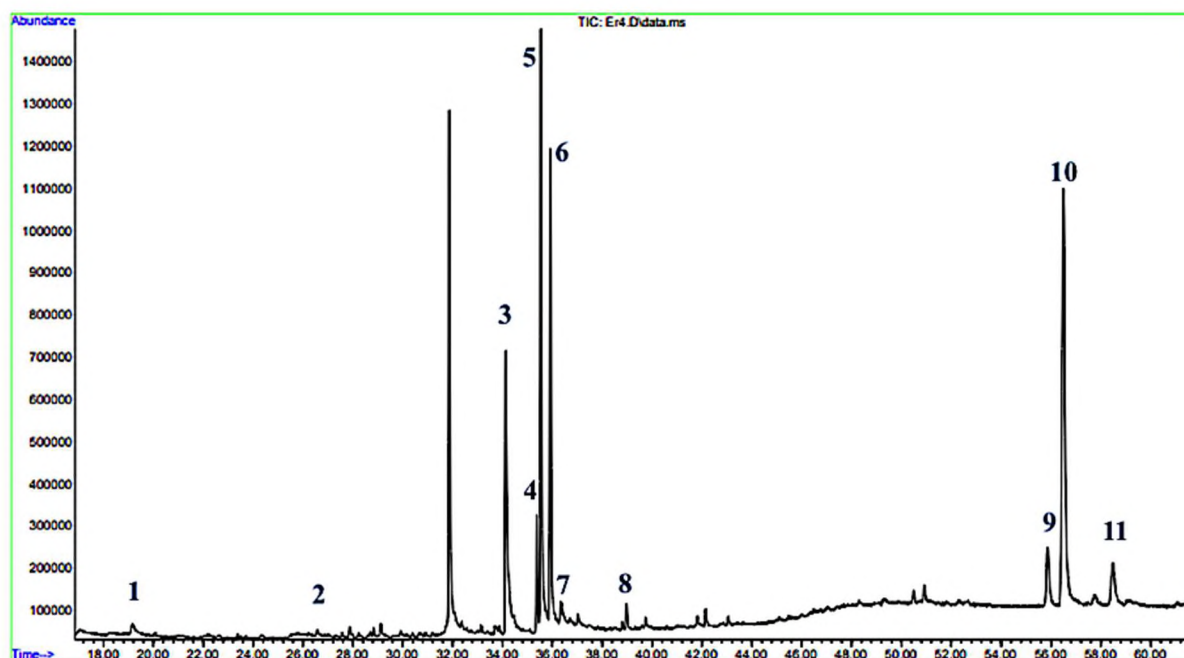
В результате анализа экстракта *C. majus* методом GC-MS было предположительно идентифицировано 11 соединений с различной степенью совпадения масс-спектров с библиотечными данными (63–92%). Среди предположительно идентифицированных

компонентов экстракта наибольшее относительное содержание имели соединения №10 (30,2%), фитол и этиловые эфиры жирных кислот. Полный перечень выявленных соединений, их времени удерживания и относительного содержания представлен в таблице 3.

Таблица 3. Химический профиль экстракта *C. majus*, установленный методом GC-MS

№	Время удерживания, мин	Соединения	Библиотечное совпадение масс-спектра, %	Процентное содержание, %
1	19,17	Ethanone, 1-(2-hydroxy-5-methylphenyl)-	64	1,8
2	27,87	Tetradecanoic acid, ethyl ester	66	0,8
3	34,14	Phytol	90	13,8
4	35,38	Ethyl Oleate	88	3,6
5	35,55	9,12-Octadecadienoic acid, ethyl ester	87	22,7
6	35,92	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,Z,Z)-	92	17,1
7	37,02	Drometrizole	63	1,2
8	38,98	Methyl 19-methyl-eicosanoate	68	1,1
9	55,87	Canadine	76	4,2
10	56,50	4H-Bis[1,3]benzodioxolo[5,6-a:4',5'-g]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro-, (±)-	86	30,2
11	58,48	Protopine	68	3,5
Примечание: Идентификация соединений выполнена на основании совпадения масс-спектров с библиотечными данными NIST/Wiley; указанные структуры требуют дополнительного подтверждения с использованием индивидуальных стандартов.				

Для визуальной оценки компонентного состава и разделения соединений гидроэтанольного экстракта *C. majus* была получена хроматограмма методом GC-MS (рисунок 4). Хроматограмма демонстрирует наличие выраженных пиков, соответствующих основным предварительно идентифицированным метаболитам, представленным в таблице 3.

Рисунок 4. Хроматограмма гидроэтанольного экстракта *C. majus*

Среди выявленных компонентов наибольшее относительное содержание имело соединение 4H-Bis[1,3]benzodioxolo[5,6-a:4',5'-g]quinolizine, 6,7,12b,13-tetrahydro-, (±)- (30,2%), предположительно идентифицированное на основании библиотечного поиска масс-спектров. Значительную долю составляли этиловые эфиры ненасыщенных жирных кислот: этиловый эфир линолевой кислоты (22,7%), этиловый эфир α -линоленовой кислоты (17,1%) и этилолеат (3,6%), суммарное содержание которых составило 43,4%. Содержание фитола составило 13,8%. Полученный профиль свидетельствует о преобладании в экстракте липофильных вторичных метаболитов, потенциально способных вносить вклад в его биологическую активность.

Выявленная антифунгальная активность экстракта может быть связана с совокупным действием различных групп вторичных метаболитов. Однако полученные данные не позволяют установить вклад отдельных соединений или подтвердить конкретный механизм их действия.

Обсуждение

Гидроэтанольный экстракт *C. majus* №1 снижал площадь мицелиального роста *Fusarium* spp. относительно контроля растворителя. При использовании экстракта площадь мицелиального роста составила $60,25 \pm 4,08\%$, тогда как в контроле с 70% этанолом – $72,50 \pm 2,65\%$. Ингибирование мицелиального роста относительно контроля растворителя составило 16,9%.

Полученный уровень ингибирования отличался от данных, опубликованных для других экстрактов *C. majus*. Matos et al. исследовали чувствительность десяти штаммов *Fusarium* к экстрактам чистотела и показали, что выраженность антифунгального действия существенно зависела как от используемого растворителя, так и от части растения. Водные экстракты обеспечивали заметное ингибирование роста, тогда как метанольные экстракты в целом проявляли более высокую активность; экстракты корней были активнее экстрактов надземной части растения. Авторы также установили

значительные различия в чувствительности отдельных представителей рода *Fusarium*, от относительно устойчивых *F. culmorum* и *F. graminearum* до более чувствительных форм *F. oxysporum* [27].

Полученное в настоящей работе ингибирование на уровне 16,9% может быть связано с использованием надземной части *C. majus*, особенностями гидроэтанольной экстракции, исследованием только одного изолята *Fusarium* spp., а также применением одной дозы концентрированного экстракта. Это согласуется с данными о том, что антифунгальная активность *C. majus* существенно зависит от способа получения экстракта и чувствительности конкретного гриба. Дополнительным подтверждением антифунгального потенциала растения являются данные Pärvi et al., показавших подавление роста фитопатогенного гриба *Botrytis cinerea* экстрактом надземной части *C. majus* [28].

Вместе с тем прямое сопоставление уровней ингибирования между исследованиями ограничено различиями в составе экстрактов, концентрациях, тестируемых видах и штаммах грибов, питательных средах и методах оценки роста.

При этом действие экстракта было менее выраженным, чем действие положительного контроля с протравителем «Цитадель». Полученные результаты свидетельствуют об ингибирующей активности гидроэтанольного экстракта *C. majus* в отношении мицелиального роста *Fusarium* spp. Установление зависимости «концентрация-эффект», активности в отношении дополнительных изолятов и вклада отдельных компонентов экстракта требует дальнейших исследований. Следует учитывать, что использование этанола и нагревания в процессе экстракции могло повлиять на профиль обнаруженных этиловых эфиров жирных кислот. Поэтому полученные GC-MS данные характеризуют химический профиль полученного экстракта и не позволяют однозначно относить все выявленные соединения к нативным метаболитам *C. majus*. Следует учитывать, что GC-MS характеризует преимущественно летучие и полулетучие компоненты исследуемого экстракта и не отражает его полный химический состав. Для более полной характеристики, включая полярные и термолабильные соединения, необходимы дополнительные аналитические методы, в частности LC-MS или HPLC. Вместе с тем установление вклада отдельных соединений и механизмов их действия требует дальнейших исследований.

Настоящая работа представляет собой первичное *in vitro* исследование. К ограничениям относятся использование одного изолята *Fusarium* spp., исследование одной дозы выбранного экстракта, отсутствие подтверждения отдельных компонентов GC-MS с использованием индивидуальных стандартов и отсутствие *in vivo* испытаний на растениях или клубнях картофеля. Дальнейшие исследования должны включать расширение числа изолятов, изучение зависимости «концентрация-эффект», подтверждение химического состава дополнительными аналитическими методами и проведение испытаний *in vivo*.

Заключение

Гидроэтанольный экстракт *Chelidonium majus* L. из популяции Кунгей Алатау характеризовался комплексным химическим составом, включающим этиловые эфиры ненасыщенных жирных кислот, фитол и предположительно идентифицированные алкалоидные соединения. Экстракт *C. majus* №1 снижал площадь мицелиального роста *Fusarium* spp. до $60,25 \pm 4,08\%$ по сравнению с $72,50 \pm 2,65\%$ в контроле растворителя. Ингибирование мицелиального роста относительно контроля растворителя составило 16,9%. Полученные результаты свидетельствуют об ингибирующей активности

гидроэтанольного экстракта *C. majus* в отношении мицелиального роста *Fusarium* spp. *in vitro* и указывают на необходимость дальнейшего изучения зависимости «концентрация-эффект», подтверждения роли отдельных компонентов экстракта и проведения испытаний *in vivo*.

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках проекта AP26101537.

Литература:

1. Zare G., Diker N.Y., Arituluk Z.C., Tatli Cankaya I.I. *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae) morphology, anatomy and traditional medicinal uses in Turkey // *Istanbul Journal of Pharmacy*. – 2021. – Vol. 51. – № 1. – P. 123–132. <https://doi.org/10.26650/IstanbulJPharm.2020.0074>.
2. Samatadze T.E., Yurkevich O.Y., Haziyeva F.M., Konyaeva E.A., Morozov A.I., Zoshchuk S.A., Amosova A.V., Muravenko O.V. Agro-Morphological, Microanatomical and Molecular Cytogenetic Characterization of the Medicinal Plant *Chelidonium majus* L. // *Plants*. – 2020. – Vol. 9. – P. 1396. <https://doi.org/10.3390/plants9101396>.
3. Romanu R., Liga S., Tripon M.R., Huiban F., Iliescu D., Dehelean C.A., Camelia T. *Chelidonium majus* L.: A Current Perspective on Isoquinoline Alkaloids, Emerging Phytochemicals, Alkaloid Biosynthesis, and Biological Activities // *Plants*. – 2025. – Vol. 14. – P. 2627. <https://doi.org/10.3390/plants14172627>.
4. Li X.L., Sun Y.P., Wang M., Wang Z.B., Kuang H.X. Alkaloids in *Chelidonium majus* L.: A review of its phytochemistry, pharmacology and toxicology // *Frontiers in Pharmacology*. – 2024. – Vol. 15. – P. 1440979. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1440979>.
5. Borges A., Calvo M.L.M., Vaz J.A., Calhelha R.C. Enhancing wound healing: A comprehensive review of sericin and *Chelidonium majus* L. as potential dressings // *Materials*. – 2024. – Vol. 17. – P. 4199. <https://doi.org/10.3390/ma17174199>.
6. Мухтубаева С.К., Достемесова А.Б., Избастина К.С., Кобланова С.А., Жумабекова Б.К., Абдукадирова Ж.А. Оценка запасов основных видов лекарственных растений восточной части хребта Кунгей Алатау // *Вестник КазНУ. Экология сериясы*. – 2025. №3 (84). – С. 133-148. <https://doi.org/10.26577/EJE202584313>.
7. Nawrot R., Lippmann R., Matros A., Musidlak O., Nowicki G., Mock H.P. Proteomic comparison of *Chelidonium majus* L. latex in different phases of plant development // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2017. – Vol. 112. – P. 312–325. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.01.010>.
8. Nawrot J., Wilk-Jędrusik M., Nawrot S., Nawrot K., Wilk B., Dawid-Pač R., Urbańska M., Micek I., Nowak G., Gornowicz-Porowska J. Milky Sap of Greater Celandine (*Chelidonium majus* L.) and Anti-Viral Properties // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2020. – Vol. 17. – № 5. – P. 1540. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051540>.
9. Chen P., Ji X.Y., Feng J.T., Wang X.Q., Zhang B. The Synergistic Mechanism of *Chelidonium majus* Alkaloids on Melanoma Treatment via a Multi-Strategy Insight // *Molecules*. – 2024. – Vol. 29. – P. 5412. <https://doi.org/10.3390/molecules29225412>.
10. Gardin N.E., Braga A.J. Greater celandine (*Chelidonium majus* L.) for COVID-19: A twenty-case series // *Phytotherapy Research*. – 2021. – Vol. 35. – № 7. – P. 3792–3798. <https://doi.org/10.1002/ptr.7085>.
11. Stefanowski N., Tkachenko H., Osmólska U., Kurhaluk N. Dose-dependent alterations in the biomarkers of lipid and protein oxidation in the blood of patients with type 2 diabetes mellitus after *in vitro* incubation with extracts of *Chelidonium majus* L. // *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. – 2022. – Vol. 6. – № 2. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2022.0020>.
12. Nawrot R., Warowicka A., Rudzki P.J., Musidlak O., Dolata K.M., Musijowski J., Stolarczyk E.U., Goździcka-Józefiak A. Combined Protein and Alkaloid Research of *Chelidonium majus* Latex Reveals CmMLP1 Accompanied by Alkaloids with Cytotoxic Potential to Human Cervical Carcinoma Cells // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2021. – Vol. 22. – № 21. – P. 11838. <https://doi.org/10.3390/ijms222111838>.

13. Pantano F., Mannocchi G., Marinelli E., Gentili S., Graziano S., Busardò F.P., Di Luca N.M. Hepatotoxicity induced by greater celandine (*Chelidonium majus* L.): A review of the literature // European Review for Medical and Pharmacological Sciences. – 2017. – Vol. 21. – № 1. – P. 46–52.
14. Guo W., Lu X., Liu B., Yan H., Feng J. Anti-TMV activity and mode of action of three alkaloids isolated from *Chelidonium majus* // Pest Management Science. – 2021. – Vol. 77. – № 1. – P. 510–517. <https://doi.org/10.1002/ps.6049>.
15. Rahmonov O., Środek D., Pytel S., Makieieva N., Kupka T. Relationships between Heavy Metal Concentrations in Greater Celandine (*Chelidonium majus* L.) Tissues and Soil in Urban Parks // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2023. – Vol. 20. – P. 3887. <https://doi.org/10.3390/ijerph20053887>.
16. Qi J., Zhang X., Guo X., Yang Y., Fan X., Han Y., Liu Y. Evaluation of the in vitro and in vivo antimicrobial activity of alkaloids prepared from *Chelidonium majus* L. using MRSA-infected *C. elegans* as a model host // Fitoterapia. – 2024. – Vol. 175. – P. 105944. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2024.105944>.
17. Topor G., Stanescu C., Buzia O.D., Forma D.A., Serban C. Antimicrobial activity of *Chelidonium majus* L. // Romanian Journal of Oral Rehabilitation. – 2024. – Vol. 16. – № 3. – P. 678. <https://doi.org/10.6261/RJOR.2024.3.16.68>.
18. Buzia O.D., Ion G.M., Earar K., Gurau G., Mardare N. Antimicrobial activity of *Chelidonium majus* L. // Medical Materials. – 2022. – № 2. – P. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.36868/medmater.2022.02.01.031>.
19. Izbastina K.S., Mukhtubayeva S.K., Dostemessova A., Kurmanbayeva M., Sitpayeva G., Ishmuratova M., Inelova Z., Sharipova (Zhumagul) M., Zhumadina S. Current State of *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae) Populations in the Eastern Part of the Kungey Alatau Ridge (Southeastern Kazakhstan) // Diversity. – 2026. – Vol. 18. – № 3. – P. 191. <https://doi.org/10.3390/d18030191>.
20. Sevindik M., et al. Biological activities of ethanol extracts of *Hericium erinaceus* obtained as a result of optimization analysis // Foods. – 2024. – Vol. 13. – № 10. – P. 1560. <https://doi.org/10.3390/foods13101560>.
21. Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. Nature Methods. 2012. Vol. 9, No. 7. P. 671–675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>.
22. Onufrak A.J., Gazis R., Gwinn K., Klingeman W., Khodaei S., Perez Oñate L.I., Finnell A., Givens S., Chen C., Holdridge D.R., Hadziabdic D. Potential biological control agents of *Geosmithia morbida* restrict fungal pathogen growth via mycoparasitism and antibiosis. BioControl. 2024. Vol. 69. P. 661–674. <https://doi.org/10.1007/s10526-024-10277-y>.
23. Dostemessova A.B., Ametov A.A., Kurmanbayeva M.S., Izbastina K.S. Biomorphological and phytochemical parameters of *Chelidonium majus* L. in the conditions of Kungei-Alatau // Fundamental and Experimental Biology. – 2023. – Vol. 28. – № 3. – P. 57–67. <https://doi.org/10.31489/2023BMG3/57-67>.
24. Colombo M.L., Bosisio E. Pharmacological activities of *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae) // Pharmacological Research. – 1996. – Vol. 33. – № 2. – P. 127–134. <https://doi.org/10.1006/plrs.1996.0019>.
25. Zielińska S., Jezierska-Domaradzka A., Wójciak-Kosior M., Sowa I., Junka A., Matkowski A.M. Greater Celandine's Ups and Downs – 21 Centuries of Medicinal Uses of *Chelidonium majus* from the Viewpoint of Today's Pharmacology // Frontiers in Pharmacology. – 2018. – Vol. 9. – P. 299. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00299>.
26. Gilca M., Gaman L., Panait E., Stoian I., Atanasiu V. *Chelidonium majus* – an integrative review: Traditional knowledge versus modern findings // Forschende Komplementärmedizin. – 2010. – Vol. 17. – № 5. – P. 241–248. <https://doi.org/10.1159/000321397>.
27. Matos O.C., Baeta J., Silva M.J., Pinto Ricardo C. Sensitivity of *Fusarium* strains to *Chelidonium majus* L. extracts. Journal of Ethnopharmacology. 1999. Vol. 66, No. 2. P. 151–158. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(98\)00183-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(98)00183-4).
28. Părvu M., Părvu A.E., Crăciun C., Barbu-Tudoran L., Tămaş M. Antifungal Activities of *Chelidonium majus* Extract on *Botrytis cinerea* in vitro and Ultrastructural Changes in its Conidia. Journal of Phytopathology. 2008. Vol. 156. P. 550–552. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01410.x>.

References:

1. Zare G., Diker N.Y., Arituluk Z.C., Tatli Cankaya I.I. (2021). *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae) morphology, anatomy and traditional medicinal uses in Turkey. Istanbul Journal of Pharmacy, 51(1), 123–132. <https://doi.org/10.26650/IstanbulJPharm.2020.0074>.
2. Samatadze T.E., Yurkevich O.Y., Haziyeva F.M., Konyaeva E.A., Morozov A.I., Zoshchuk S.A., Amosova A.V., Muravenko O.V. (2020). Agro-Morphological, Microanatomical and Molecular

- Cytogenetic Characterization of the Medicinal Plant *Chelidonium majus* L. Plants, 9, 1396. <https://doi.org/10.3390/plants9101396>.
3. Romanu R., Liga S., Tripon M.R., Huiban F., Iliescu D., Dehelean C.A., Camelia T. (2025). *Chelidonium majus* L.: A Current Perspective on Isoquinoline Alkaloids, Emerging Phytochemicals, Alkaloid Biosynthesis, and Biological Activities. Plants, 14, 2627. <https://doi.org/10.3390/plants14172627>.
4. Li X.L., Sun Y.P., Wang M., Wang Z.B., Kuang H.X. (2024). Alkaloids in *Chelidonium majus* L.: A review of its phytochemistry, pharmacology and toxicology. Frontiers in Pharmacology, 15, 1440979. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1440979>.
5. Borges A., Calvo M.L.M., Vaz J.A., Calhelha R.C. (2024). Enhancing wound healing: A comprehensive review of sericin and *Chelidonium majus* L. as potential dressings. Materials, 17, 4199. <https://doi.org/10.3390/ma17174199>.
6. Mukhtubayeva S.K., Dostemessova A.B., Izbastina K.S., Koblanova S.A., Zhumabekova B.K., Abdukadirova Zh.A. (2025). Assessment of the stocks of the main medicinal plant species in the eastern part of the Kungey Alatau Ridge. Bulletin of Al-Farabi Kazakh National University. Ecology Series, 3(84), 133–148. <https://doi.org/10.26577/EJE202584313> [in Russian].
7. Nawrot R., Lippmann R., Matros A., Musidlak O., Nowicki G., Mock H.P. (2017). Proteomic comparison of *Chelidonium majus* L. latex in different phases of plant development. Plant Physiology and Biochemistry, 112, 312–325. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.01.010>.
8. Nawrot J., Wilk-Jędrusik M., Nawrot S., Nawrot K., Wilk B., Dawid-Pač R., Urbańska M., Micek I., Nowak G., Gornowicz-Porowska J. (2020). Milky Sap of Greater Celandine (*Chelidonium majus* L.) and Anti-Viral Properties. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(5), 1540. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051540>.
9. Chen P., Ji X.Y., Feng J.T., Wang X.Q., Zhang B. (2024). The Synergistic Mechanism of *Chelidonium majus* Alkaloids on Melanoma Treatment via a Multi-Strategy Insight. Molecules, 29, 5412. <https://doi.org/10.3390/molecules29225412>.
10. Gardin N.E., Braga A.J. (2021). Greater celandine (*Chelidonium majus* L.) for COVID-19: A twenty-case series. Phytotherapy Research, 35(7), 3792–3798. <https://doi.org/10.1002/ptr.7085>.
11. Stefanowski N., Tkachenko H., Osmólska U., Kurhaluk N. (2022). Dose-dependent alterations in the biomarkers of lipid and protein oxidation in the blood of patients with type 2 diabetes mellitus after in vitro incubation with extracts of *Chelidonium majus* L. Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality, 6(2). <https://doi.org/10.15414/ainh1q.2022.0020>.
12. Nawrot R., Warowicka A., Rudzki P.J., Musidlak O., Dolata K.M., Musijowski J., Stolarczyk E.U., Goździcka-Józefiak A. (2021). Combined Protein and Alkaloid Research of *Chelidonium majus* Latex Reveals CmMLP1 Accompanied by Alkaloids with Cytotoxic Potential to Human Cervical Carcinoma Cells. International Journal of Molecular Sciences, 22(21), 11838. <https://doi.org/10.3390/ijms222111838>.
13. Pantano F., Mannocchi G., Marinelli E., Gentili S., Graziano S., Busardò F.P., Di Luca N.M. (2017). Hepatotoxicity induced by greater celandine (*Chelidonium majus* L.): A review of the literature. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 21(1), 46–52.
14. Guo W., Lu X., Liu B., Yan H., Feng J. (2021). Anti-TMV activity and mode of action of three alkaloids isolated from *Chelidonium majus*. Pest Management Science, 77(1), 510–517. <https://doi.org/10.1002/ps.6049>.
15. Rahmonov O., Środek D., Pytel S., Makieieva N., Kupka T. (2023). Relationships between Heavy Metal Concentrations in Greater Celandine (*Chelidonium majus* L.) Tissues and Soil in Urban Parks. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20, 3887. <https://doi.org/10.3390/ijerph20053887>.
16. Qi J., Zhang X., Guo X., Yang Y., Fan X., Han Y., Liu Y. (2024). Evaluation of the in vitro and in vivo antimicrobial activity of alkaloids prepared from *Chelidonium majus* L. using MRSA-infected *C. elegans* as a model host. Fitoterapia, 175, 105944. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2024.105944>.
17. Topor G., Stanescu C., Buzia O.D., Forna D.A., Serban C. (2024). Antimicrobial activity of *Chelidonium majus* L. Romanian Journal of Oral Rehabilitation, 16(3), 678. <https://doi.org/10.6261/RJOR.2024.3.16.68>.
18. Buzia O.D., Ion G.M., Earar K., Gurau G., Mardare N. (2022). Antimicrobial activity of *Chelidonium majus* L. Medical Materials, 2, 31–38. <https://doi.org/10.36868/medmater.2022.02.01.031>.
19. Izbastina K.S., Mukhtubayeva S.K., Dostemessova A., Kurmanbayeva M., Sitpayeva G., Ishmuratova M., Inelova Z., Sharipova (Zhumagul) M., Zhumadina S. (2026). Current State of *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae) Populations in the Eastern Part of the Kungey Alatau Ridge (Southeastern Kazakhstan). Diversity, 18(3), 191. <https://doi.org/10.3390/d18030191>.

20. Sevindik M., et al. (2024). Biological activities of ethanol extracts of *Herichium erinaceus* obtained as a result of optimization analysis. *Foods*, 13(10), 1560. <https://doi.org/10.3390/foods13101560>.
21. Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*. 2012. Vol. 9, No. 7. P. 671-675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>.
22. Onufrak A.J., Gazis R., Gwinn K., Klingeman W., Khodaei S., Perez Oñate L.I., Finnell A., Givens S., Chen C., Holdridge D.R., Hadziabdic D. Potential biological control agents of *Geosmithia morbida* restrict fungal pathogen growth via mycoparasitism and antibiosis. *BioControl*. 2024. Vol. 69. P. 661-674. <https://doi.org/10.1007/s10526-024-10277-y>.
23. Dostemessova A.B., Ametov A.A., Kurmanbayeva M.S., Izbastina K.S. (2023). Biomorphological and phytochemical parameters of *Chelidonium majus* L. in the conditions of Kungei-Alatau. *Fundamental and Experimental Biology*, 28(3), 57–67. <https://doi.org/10.31489/2023BMG3/57-67>.
24. Colombo M.L., Bosisio E. (1996). Pharmacological activities of *Chelidonium majus* L. (Papaveraceae). *Pharmacological Research*, 33(2), 127–134. <https://doi.org/10.1006/phrs.1996.0019>.
25. Zielińska S., Jezierska-Domaradzka A., Wójciak-Kosior M., Sowa I., Junka A., Matkowski A.M. (2018). Greater Celandine's Ups and Downs – 21 Centuries of Medicinal Uses of *Chelidonium majus* from the Viewpoint of Today's Pharmacology. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 299. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00299>.
26. Gilca M., Gaman L., Panait E., Stoian I., Atanasiu V. (2010). *Chelidonium majus* – an integrative review: Traditional knowledge versus modern findings. *Forschende Komplementärmedizin*, 17(5), 241–248. <https://doi.org/10.1159/000321397>.
27. Matos O.C., Baeta J., Silva M.J., Pinto Ricardo C. Sensitivity of *Fusarium* strains to *Chelidonium majus* L. extracts. *Journal of Ethnopharmacology*. 1999. Vol. 66, No. 2. P. 151-158. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(98\)00183-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(98)00183-4).
28. Părvu M., Părvu A.E., Crăciun C., Barbu-Tudoran L., Tămaş M. Antifungal Activities of *Chelidonium majus* Extract on *Botrytis cinerea* in vitro and Ultrastructural Changes in its Conidia. *Journal of Phytopathology*. 2008. Vol. 156. P. 550-552. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01410.x>.

Information about the authors

S. Izbastina – corresponding author, PhD, associate professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, Astana, Kazakhstan; e-mail: izbastina.k@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6418-1950;

D.N. Kamarova – corresponding author, doctoral student, master of Agricultural Sciences, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan; e-mail: dkamarova10@gmail.com; ORCID: 0009-0007-4036-3825;

A.B. Dostemesova – Doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: anardostemesova@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4526-7115;

M.A. Azhimakhan – PhD, lecturer, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan; e-mail: moldir_kazatu@mail.ru; ORCID: 0000-0002-9194-2727;

M.A. Suleiman – Master of Agricultural Sciences, lecturer, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan; e-mail: suleiman_madina@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7670-5352;

V.T. Khassanov – Candidate of Biological Sciences, professor, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan; e-mail: vadim_kazgatu@mail.ru; ORCID: 0000-0002-9054-5551;

S.K. Mukhtubaeva – Candidate of biological Sciences, associate Professor. RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, Astana, Kazakhstan; e-mail: mukhtubaeva@mail.ru; ORCID: 0000-0001-5921-3113;

M.Z. Sharipova – PhD, associate professor Astana International University, Astana, Kazakhstan; e-mail: moldirzhumagul@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9467-1483.