Оригинальная статья / Original articles
УДК 582.683.2(470.67)
DOI: 10.33580/24092444_2026_1_7

CC BY 4.0

Компонентный состав сверхкритических CO_2-экстрактов видов рода *Matthiola*, произрастающих в пределах южной части Дагестана

©2026 Аслан М. Алиев, Руслан М. Османов ✉
Горный ботанический сад – ОП ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия
✉*ru.osmanov@mail.ru*

Поступила в редакцию / Received: 08.06.2026
После рецензирования / Revised: 25.06.2026
Принята к публикации / Accepted: 02.07.2026

Резюме: В работе представлены результаты анализа выхода и компонентного состава сверхкритических CO_2-экстрактов, полученных из надземных частей видов рода *Matthiola* W.T. Aiton, произрастающих в южной части Республики Дагестан. Установлено, что выход экстрактивных веществ, полученных методом сверхкритической флюидной экстракции, был выше для *M. daghestanica* (2,04%) по сравнению с *M. caspica* (1,20%) в расчете на массу воздушно-сухого сырья. В составе исследованных экстрактов видов рода *Matthiola* доминирующими соединениями являются н-триаконтанол (14,81–58,15%), α-линоленовая (10,65–24,14%) и адипиновая (9,92–19,54%) кислоты. Обнаружение тимола в *M. daghestanica* и витамина Е в *M. caspica* определяет их ценные биологические и органолептические свойства.

***Ключевые слова*:** *Matthiola daghestanica*, *Matthiola caspica*, сверхкритическая CO_2-экстракция, природные популяции

Для цитирования: Алиев А. М., Османов Р. М. Компонентный состав сверхкритических CO_2-экстрактов видов рода *Matthiola*, произрастающих в пределах южной части Дагестана. *Ботанический вестник Северного Кавказа*, 2026, 1: 7–19.

Component composition of supercritical CO_2 extracts of species of the genus *Matthiola*, growing within the southern part of Dagestan

©2026 Aslan M. Aliev, Ruslan M. Osmanov✉
Mountain Botanical Garden of the DFRC RAS, Makhachkala, Russia
✉ *ru.osmanov@mail.ru*

Abstract: The paper presents the results of the analysis of the yield and component composition of supercritical CO_2 extracts obtained from the aboveground parts of species of the genus *Matthiola* W.T. Aiton, growing in the southern part of the Republic of Dagestan. It was found that the yield of extractive substances obtained by supercritical fluid extraction was higher for *M. daghestanica* (2.04%) compared to *M. caspica* (1.20%), calculated on the weight of air-dried raw materials. The dominant compounds in the composition of the studied extracts of the genus *Matthiola* species are n-triacontanol (14.81–58.15%), α-linolenic (10.65–24.14%), and adipic (9.92–19.54%) acids. The detection of thymol in *M. daghestanica* and vitamin E in *M. caspica* determines their valuable biological and organoleptic properties.

Keywords: *Matthiola daghestanica, Matthiola caspica*, supercritical CO_2 extraction, natural populations.

For citation: Aliev A. M., Osmanov R. M. Component composition of supercritical CO_2 extracts of species of the genus *Matthiola*, growing within the southern part of Dagestan. *Botanical Journal of the North Caucasus*, 2026, 1: 7–19.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях возрастающего интереса к природным источникам биологически активных соединений особую актуальность приобретают фитохимические и ресурсоведческие исследования растений. Поиск новых видов, содержащих перспективные комплексы вторичных метаболитов, является одним из важных направлений современной ботаники, фитохимии, фармакогнозии и биотехнологии природных соединений.

Метод сверхкритической экстракции CO_2 рассматривается как современная высокоэффективная и специализированная технологическая платформа для получения растительных метаболитов (Feo et al., 2026). Экстракция сверхкритическим диоксидом углерода (SC-CO_2) является не только экологически безопасной альтернативой традиционной экстракции растворителями, но и эффективным методом извлечения метаболитов из различных биологических матриц (Kurniawan et al., 2026).

Особое внимание при этом уделяется эндемичным, редким и малоизученным видам, сформировавшимся в специфических природных условиях.. В последние годы сотрудниками Горного ботанического сада ДФИЦ РАН проводятся комплексные исследования химического состава и биологически активных веществ ряда эндемичных и редких видов флоры Дагестана.

В частности, изучены отдельные аспекты фитохимического состава *Satureja subdentata* Boiss. (Radjabov et al., 2017), *Delphinium crispulum* Rupr. (Anatov et al., 2015), *Matthiola caspica* (N. Busch) Grossh. (Osmanov et al., 2020), *Allium gunibicum* Miscz. ex Grossh. (Alibegova et al., 2024), *Nitraria schoberi* L. (Gadzhiataev et al., 2022), *Nectaroscordum tripedale* (Trautv.) Grossh. (Alibegova et al., 2022), *Artemisia salsoloides* Willd. (Vagabova et al., 2024), *Dianthus awaricus Kharadze* (Osmanov et al., 2025).

Среди перспективных объектов фитохимических исследований особый интерес представляют виды рода *Matthiola* W.T. Aiton (Brassicaceae). Представители данного рода характеризуются наличием разнообразных вторичных метаболитов и обладают широким спектром биологических и фармакологических свойств, что свидетельствует о высоком потенциале их использования в качестве источников биологически активных соединений. В зарубежных работах детально в этом плане изучен вид *Matthiola incana* (L.) W. T. Aiton, который является декоративным, съедобным видом, который используется в традиционной медицине в различных странах, а также является эндемиком в некоторых регионах (Иран, Индия, Эквадор, Боливия, Китай, Италия), а также является эндемиком в некоторых регионах (Forkmann, 1979).

В цветках *M. incana* обнаружены фенольные соединения: кемпферол, флавоноиды и антоцианы (нарингенин, нарингенин-7-глюкозид, дигидрокемпферол, 3-глюкозид, 3,5-диглюкозид, 3-феруолоил-пкумароилсамбубиозид-5-глюкозида пелларового гонидина и др.) (Tatsuzawa et al., 2012). Жирнокислотный анализ масла из семян *M. incana*, выявил наличие следующих кислот: миристиновую, пальмитиновую, стеариновую, арахидовую, лигноцериновую, олеиновую, линолевую, линоленовую, эруковую и смоляной (Rahman et al., 1961). В научной работе под руководством B. Heuer обнаружено содержание омега-3-ненасыщенной жирной кислоты (Heuer et al., 2005). Семена *M. incana* в свою очередь обладают афродизиакальными, мочегонными, отхаркивающими, стимулирующими и тонизирующими свойствами (Chopra et al., 1986; Lim, 2014).

Детализировано проведена характеристика фенольных и летучих соединений *M. incana*, а также антиоксидантной активности in vitro, которая определялась с помощью метода DPPH-радикального улавливания. Определена восстановительная способность и хелатирующяя активность гидроспиртовых экстрактов. В результате было идентифицировано 54 летучих и 13 фенольных соединения *M. incana* (Lim, 2014; Zeng et al., 2014; Jerves-Andrade et al., 2014; Miceli et al., 2021).

Гидроспиртовой экстракт *M. incana* был исследован как нейропротекторный ингибитор ферментов центральной нервной системы, таких как моноаминооксидазы А, тирозиназы, ацетилхолинэстеразы, а также как природный ингибитор ферментов α-глюкозидазы и липазы, участвующих в некоторых метаболических расстройствах, та-

ких как ожирение или диабет 2 типа (Taviano et al., 2020).

Результаты научных работ (Salehi et al., 2019; Taviano et al., 2021; El-Amier et al., 2023; Marzouk et al., 2023; Chouikh et al., 2024) демонстрируют значительную антиоксидантную, антибактериальную, цитотоксическую и противовоспалительную активность экстрактов, полученных из других растений рода *Matthiola: M. longipetala* (Vent.) DC., *M. longipetala subsp. livida* (Delile) Maire, *M. fruticulosa* (L.) *Maire*.

Во флоре Дагестана род *Matthiola* представлен тремя видами: эндемик Восточного Кавказа и редкий вид *M. daghestanica* (Conti) N. Busch, редкий вид *M. caspica* (N. Busch) Grossh. и *M. odoratissima* (M. Bieb.) W.T. Aiton (Murtazaliev, 2009; Murtazaliev, 2020ab). Первые два вида успешно прошли полную интродукцию на экспериментальных базах Горного ботанического сада ДФИЦ РАН (Asadulaev et al., 2025).

Определены начальные условия для микроразмножения M. caspica (Magomedalieva et al., 2012; Alieva, 2017) и M. daghestanica (Osmanov et al., 2023) в культуре in vitro с использованием разных типов эксплантов на питательных средах Мурасиге-Скуга, дополненных фитогормонами: индолил-3-масляной кислотой и бензиламинопурином.

В ботанических частях M. caspica (окр. с. Миатли, Кизилюртовский р-он) (Osmanov et al., 2020) и M. odoratissima (Губденское ущелье и окр. с. Кака-Шура, Карабудахкенский р-он) проанализированы фенольные соединения (Osmanov et al., 2021).

Так, максимальное содержание флавоноидов (1,29%), антоцианов (0,15%), а также суммарное содержание антиоксидантов (7,51 мг/г) обнаружено в листьях *M. caspica.* В то время как у *M. odoratissima* наибольшее содержание флавоноидов обнаружено в соцветиях – 3,13% (в пересчете на рутин), а содержание антоцианов также выше в листьях – 0,18%.

В условиях Крыма *M. odoratissima* является эфироносным растением (Isikov et al., 2020).

Несмотря на имеющиеся сведения о химическом составе отдельных представителей семейства Brassicaceae, виды рода *Matthiola*, произрастающие на территории Дагестана, остаются мало изученными. В особенности это касается компонентного состава экстрактов, полученных методом сверхкритической CO_2-экстракции, позволяющим наиболее полно сохранять и извлекать липофильные биологически активные вещества.

Цель работы – анализ сверхкритических CO_2-экстрактов видов рода *Matthiola*, произрастающих в пределах южной части Дагестана.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве объектов исследования были выбраны виды рода *Matthiola*: *M. caspica* и *M. daghestanica*. Сбор надземных частей растений проводили в фазе массового цветения в 2022 году (рис. 1).



Рис.1. *Matthiola caspica* в период цветения (Сулейман-Стальский район, окр. сел. Касумкент)
Fig.1. *Matthiola caspica* in bloom (Suleiman-Stalsky District, near the village of Kasumkent)

Краткая географическая характеристика местообитаний изученных видов рода *Matthiola* представлена в таблице 1.

Таблица 1 / Table 1

Краткая географическая характеристика местообитаний изученных видов рода *Matthiola*
Brief geographical characteristics of cenopopulations of species of the genus *Matthiola*

№ п/п	**Место сбора, местообитание** Collection place, habitat	**Экспозиция, крутизна склона, высота над уровнем моря, м** Exposure and steepness of the slope, height above sea level, m	**Координаты** Coordinates
	Matthiola caspica		
1.	Сулейман-Стальский район, окр. сел. Касумкент, сухие каменисто-щебнистые склоны, вблизи р. Араг Suleiman-Stalsky district, near the village Kasumkent,, dry rocky and gravelly slopes, near the Arag River	ЮЗ, 35–40°, 405 South-west, 35–40°, 405	N 41º 66' 53" E 48º 12' 50"
	Matthiola daghestanica		
2.	Магарамкентский район, окр. сел. Чах-Чах, глинистые откосы у дороги Magaramkentsky district, near the village Chakh-Chakh, clay slopes near the road	ЮЗ, 35–45°, 610 South-west, 35–45°, 610	N 41º 30' 44" E 48º 09' 14"

Сбор полевого материала осуществляли в соответствии стандартным методикам, что обеспечило однородность надземной массы для дальнейших исследований. Образцы высушивали в тени, в хорошо проветриваемом помещении в течение месяца, после чего измельчали до частиц размером 0,3–0,5 мм, а затем подвергали сверхкритической флюидной экстракции. Экстракцию проводили на экспериментальной установке с применением сверхкритического CO_2 в качестве растворителя при давлении 30 МПа и температуре 40ºС в течение 2-х часов. Скорость потока сверхкритического флюида составляла 1,5 кг/ч (Dzhartsilaev et al.,2007). Выход экстракта определяли гравиметрическим методом и пересчитывали на воздушно-сухую массу (рис. 2)



Рис. 2. Полученный экстракт из надземной части *Matthiola caspica*
Fig. 2. Extract obtained from the aerial parts of *Matthiola caspica*

Экстракты анализировали методом газовой хромато-масс-спектрометрии на приборе Shimadzu GCMS-QP2010plus с капиллярной колонкой Supelco SLB™-5 ms. В качестве газа-носителя использовали гелий чистотой 99,9999% при постоянной скорости потока 1 мл/мин. Температура колонки: 60 °С (выдержка 5 мин); нагревание до 150 °С со скоростью 10 °С/мин, а далее до 280 °С со скоростью 5 °С/мин. Температура инжектора, интерфейса и детектора составляла 250 °С. Ионизация электронным ударом с энергией электронов 70 эВ. Ток эмиссии катода составлял 60 мкА. Размах сканирования масс – m/z 45–500. Установление компонентов проводили с использованием лицензионных библиотек масс-спектров NIST08 и FFNSC (Aliev et al., 2023).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сверхкритическая экстракция с использованием диоксида углерода показала высокую эффективность при получении экстрактов из надземных частей представителей рода *Matthiola*. Выход экстрактов составил 1,2% для *M. caspica* и 2,04% для *M. daghestanica* относительно массы воздушно-сухого сырья (рис. 3). Полученные результаты подтверждают, что сверхкритический CO_2 является перспективным растворителем для выделения липофильных соединений из растительного материала, что открывает новые возможности для дальнейших исследований (Aliev et al., 2026).

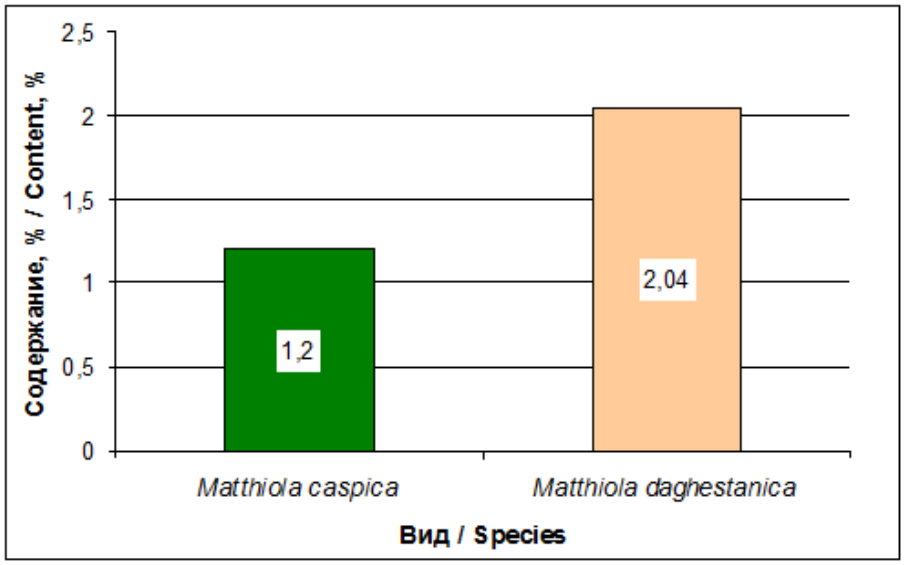


Рис. 3. Выход CO_2-экстрактов из надземной части видов рода *Matthiola*
Fig. 3. Output of CO_2 extracts from the aboveground parts of species of the genus *Matthiola*

Полученные экстракты были проанализированы с использованием метода газовой хромато-масс-спектрометрии. Хроматограммы сверхкритических CO_2-экстрактов видов рода *Matthiola* представлены на рисунках 4 и 5.

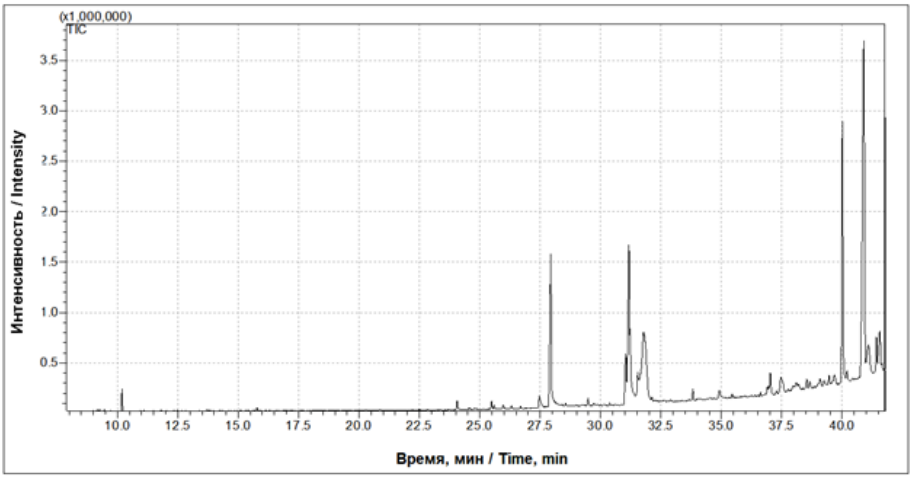


Рис. 4. Хроматограмма CO_2-экстракта *Matthiola caspica*
Fig. 4. Chromatogram of CO_2 extract of *Matthiola caspica*

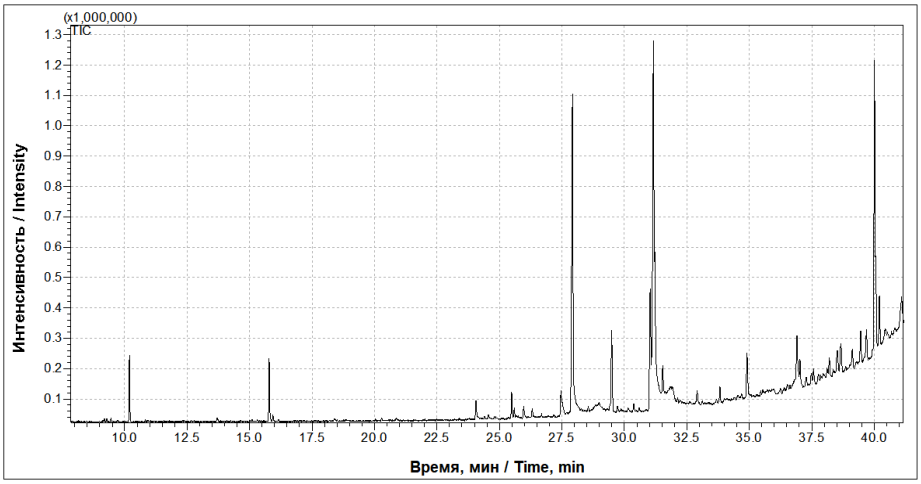


Рис. 5. Хроматограмма CO_2-экстракта *Matthiola daghestanica*
Fig. 5. Chromatogram of CO_2 extract of *Matthiola daghestanica*

Детальный компонентный состав исследованных CO_2-экстрактов, включая молекулярные формулы идентифицированных соединений и их содержание в исследованных образцах, представлен в таблице 2.

Таблица 2 / Table 2

Компонентный состав СК CO_2-экстрактов надземной части видов рода *Matthiola*
Composition of volatile organic compounds of SC CO_2 extracts of the aboveground parts of species of the genus *Matthiola*

Название соединений Name of compounds	**Формула** Formula	**Время уд, мин.** Time of blows, min.	**Содержание, %** Content, %	
			M.caspica	*M.daghestanica*
Thymol [Тимол]	$C_{10}H_{14}O$	15.779	0	2,58
Tetradecanoic acid [Миристиновая кислота]	$C_{14}H_{28}O_2$	24.063	0,41	1,01
Neophytadiene [Неофитадиен]	$C_{20}H_{38}$	25.486	0,35	1,22
Phytone [Фитон]	$C_{18}H_{36}O$	25.599	0,17	0,40
Pentadecanoic acid [Пентадекановая кислота]	$C_{15}H_{30}O_2$	25.971	0,26	0,65
3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol [3,7,11,15-тетраметилгексадецен-2-ол-1]	$C_{20}H_{40}O$	26.309	0,12	0,45
Hexadecanoic acid [Адипиновая кислота]	$C_6H_{10}O_4$	27.923	9,92	19,54
Isobergaptene [Изобергаптен]	$C_{12}H_8O_4$	29.487	0,36	0
(Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid [(Z,Z)-9,12-октадекадиеновая кислота]	$C_{18}H_{32}O_2$	31.033	3,36	7,78
(Z,Z,Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid [(Z,Z,Z)-9,12,15-октадекатриеновая кислота]	$C_{18}H_{30}O_2$	31.162	10,65	24,14
n-Octadecanoic acid [Стеариновая кислота]	$C_{18}H_{36}O_2$	31.534	1,72	1,43
n-Pentacosane [н-Пентакозан]	$C_{25}H_{52}$	33.819	0,50	0
n-Tricosane [н-Триоксан]	$C_{23}H_{48}$	37.025	1,12	0
Oxalic acid [Щавелевая кислота]	$C_2H_2O_4$	39.453	0,44	0
2H-1-Benzopyran-2-one [Кумарин]	$C_9H_2O_2$	39.121	0	1,19
n-Triacontane [н-Триаконтанол]	$C_{30}H_{62}O$	40.009	58,15	14,81
But-2-enoic acid [Кротоновая кислота]	$C_4H_6O_2$	40.052	0	3,36
γ-sitosterol [*γ*-ситостерол]	$C_{29}H_{50}O$	41.088	4,16	0
(S)-8,8-Dimethyl-2-oxo-2,8,9,10-tetrahydropyrano[2,3-f]chromen-9-yl2-methylbutanoate [2-метилбутановый эфир 8,8-диметил-2-оксо-2,8,9,10-тетрагидропирано[2,3-f]хромен-9-ил]	$C_{19}H_{22}O_5$	40.208	0	2,56
Hexacosane [Гексакозан]	$C_{26}H_{54}$	41.422	1,51	0
Vitamin E [Витамин E]	$C_{29}H_{50}O_2$	41.555	3,02	0

Сравнительный анализ сверхкритических CO_2-экстрактов выявил количественные различия в составе: *M. caspica* содержал 17 идентифицированных соединений, а *M. daghestanica* – 14. В исследуемом экстракте *M. caspica* присутствует несколько доминирующих соединений, где наибольшее содержание приходится на н-триаконтанол (58,15%), который является основным соединением, (Z,Z,Z)-9,12,15-октадекатриеновую (10,65%) и адипиновую (9,92) кислоты.

Триаконтанол входит в состав эпикутикулярного воска, покрывающего внешние части растений. Триаконтанол, является природным регулятором роста растений, участвует в различных метаболических процессах, способствуя активации защитных механизмов некоторых культур к абиотическим стрессам (засуха, засоление, высокие температуры), связанных с фотосинтезом и антиоксидантной системой (Shaistul et al., 2020). Альфа-линоленовая кислота или (Z,Z,Z)-9,12,15-октадекатриеновая – это одноосновная полиненасыщенная жирная кислота из класса омега-3, характеризующаяся наличием трёх изолированных двойных связей в молекуле.

Альфа-линоленовая кислота применяется в фармацевтике (парентеральное питание, БАДы) и дерматологии в качестве дерматопротекторов и гиполипидемических средств (Gladyshev, 2012). Адипиновая (1,4-бутандикарбоновая, гександиовая) кислота используется как сырьё в химической (производство нейлона 6,6, полиуретанов, пластификаторов) и как регулятор кислотности (Е355–359) в пищевой промышленности

(Padalka, 2015). В свою очередь надземная часть *M. daghestanica* характеризуется наибольшим содержанием альфа-линоленовой и адипиновой кислот, которое составляет 24,14% и 19,54% соответственно, а содержание триаконтанола на 3-ей позиции (14,81%). Это указывает на существенные различия в метаболизме липофильных соединений у исследуемых видов рода *Matthiola*. При анализе процентного содержания общих идентифицированных веществ (адипиновая, (Z,Z,Z)-9,12,15-октадекатриеновая, (Z,Z)-9,12-октадекадиеновая, миристиновая и пентадекановая кислоты; 3,7,11,15-тетраметилгексадецен-2-ол-1, неофитадиен, фитон) установлено, что для *M. daghestanica* характерны более высокие значения большинства компонентов. В то же время содержание н-триаконтанола и стеариновой кислоты было максимальным в экстракте *M. caspica*. Анализ CO_2-экстрактов также позволил выявить соединения, характерные только для одного из видов. Так, в экстракте *M. daghestanica* обнаружены компоненты, отсутствующие у *M. caspica*: кротоновая кислота (3,36%), тимол (2,58%), 2-метилбутановый эфир 8,8-диметил-2-оксо-2,8,9,10-тетрагидропирано[2,3-f]хромен-9-ил (dihydrojatamansin) относящийся к сесквитерпенам (2,56%) и кумарин (1,19%). Выявленное в надземной части *M. daghestanica* содержание тимола, характеризующегося широким спектром биологической активности (антисептической, противогрибковой, антиоксидантной), определяет научную ценность данного вида как объекта для последующих фитохимических и биотехнологических исследований.

В свою очередь, экстракт *M. caspica* содержит соединения, которые отсутствуют в *M. daghestanica*, такие как γ-ситостерол (4,16%), витамин Е (3,02%), гексакозан (1,51%), н-трикозан (1,12%), н-пентакозан (0,50%), щавелевая кислота (0,44%) и изобергаптен (0,36%). Содержание витамина Е (3,02%) в экстракте *M. caspica*, также свидетельствует о высокой ценности этого таксона, в особенности как источника токоферолов – мощных природных антиоксидантов, обеспечивающих защиту клеточных структур от окислительного стресса. Вместе с тем следует отметить, что в экстрактах наблюдается значительная доля неидентифицированных компонентов: в *M. daghestanica* – 42,8% (6 соединений), в *M. caspica* – 11,8% (2 соединения). Это, вероятно, связано как с биологическими, так и с техническими факторами. Во-первых, эндемичные виды могут синтезировать уникальные вторичные метаболиты, отсутствующие в библиотеках масс-спектров, что затрудняет их идентификацию. Во-вторых, среди неидентифицированных соединений могут присутствовать более тяжёлые молекулы, разделение которых на используемой колонке ограничено, что требует дальнейшего анализа с применением альтернативных методик и типов колонок для полного профилирования химического состава.

Выявленные особенности состава и высокая доля неидентифицированных компонентов в исследуемых образцах будут предметом наших последующих исследований, направленных на расширение знаний о химическом разнообразии эндемичных видов рода *Matthiola* и выявление потенциально новых биологически активных соединений.

ВЫВОДЫ

Впервые проведено исследование состава сверхкритических CO_2-экстрактов видов рода *Matthiola,* произрастающих в пределах Южного Дагестана. Установлено, что содержание липофильных соединений в *M. daghestanica* превышает аналогичный показатель для *M. caspica* и составляет 2,04 и 1,20% соответственно в пересчёте на массу воздушно-сухого сырья. Методом газовой хромато-масс-спектрометрии в исследуемых экстрактах выявлен широкий спектр липофильных соединений. Доминирующими компонентами в обоих экстрактах являются н-триаконтанол, α-линоленовая и адипиновая кислоты. Ценные биологические и органолептические свойства экстрактов обусловлены также наличием тимола (*M. daghestanica*) и витамина Е (*M. caspica*).

Полученные результаты расширяют современные представления о химическом составе представителей рода *Matthiola*, подтверждают перспективность использования технологии сверхкритической CO_2-экстракции в фитохимических исследованиях и могут представлять интерес для фармакологии, биотехнологии и пищевой промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

Feo D. M., Conte A., Nobile M. A. D. 2026. Supercritical Fluid Extraction to Valorise Fruit and Vegetable by-Products. *Foods*. 15(10): 1692. https://doi.org/10.3390/foods15101692

Kurniawan B. S., Subramaniam S. V., Hasan H. A., Imron M. F. 2026. Advances in Sustainable Lutein Production: Sources, Technologies, and Functional Applications. *Foods*. 15(10): 1717. https://doi.org/10.3390/foods15101717

[Radjabov et al.] Раджабов Г. К., Алиев А. М., Вагабова Ф. А., Мусаев А. М. 2017. Компонентный состав эфирного масла *Satureja subdentata* Boiss. в природной и интродукционных популяциях из флоры Дагестана. *Химия растительного сырья*. 1: 65–70.

[Anatov et al.] Анатов Д. М., Амирова Л. А., Раджабов Г. К. 2015. Внутривидовая изменчивость природных популяций *Delphinium crispulum* Rupr. по морфологическим признакам и суммарному содержанию флавоноидов и антоцианов в условиях Дагестана. *Ботанический вестник Северного Кавказа.* 1: 8–17.

[Osmanov et al.] Османов Р. М., Вагабова Ф. А., Исламова Ф. И. 2020. Предварительный анализ некоторых признаков морфологии, семенной продуктивности и фенольных соединений редкого вида *Matthiola caspica*. *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. 14(3): 46–54. https://doi.org/10.31161/1995-0675-2020-14-3-46-54

Alibegova A., Dibirov M. 2024. The content of phenolic compounds *Allium gunibicum* Miscz. ex Grossh. E3S Web of Conferences. X International Annual Conference “Industrial Technologies and Engineering” (ICITE 2023). Les Ulis1. 1: 03006. DOI: 10.1051/e3sconf/202447403006

[Gadzhiataev et al.] Гаджиатаев М. Г., Раджабов Г. К., Исламова Ф. И. 2022. Биологически активные вещества плодов *Nitraria schoberi* L. в Дагестане. В сборнике: Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России. По материалам XXIV Международной научной конференции *«Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России»* (г. Магас, 17–20 ноября 2022 г.). 1: 122–124.

Alibegova A., Guseinova Z., Islamova F. 2022. Study of phenolic compounds and antioxidant activity of *Nectaroscordum tripedale* Trautv in the natural conditions of Dagestan. BIO Web of Conferences 43. *Dedicated to the 101st anniversary of the discovery of the law of homological series and the 134th anniversary of the birth of N.I. Vavilov*. Saratov. 1: 01022. DOI: 10.1051/bioconf/20224301022.

[Vagabova et al.] Вагабова Ф. А., Алиев А. М., Раджабов Г. К., Маллалиев М. М. 2024. Изменчивость компонентного состава эфирного масла *Artemisia salsoloides* Willd. из природных популяций флоры Дагестана. *Юг России: экология, развитие.* 70(1): 18–29. https://doi.org/10.18470/1992-1098-2024-1-2

[Osmanov et al.] Османов Р. М., Вагабова Ф. А. 2025. Фитохимическое исследование эндемичного вида флоры Дагестана – *Dianthus awaricus* Khar. (Caryophyllaceae) при интродукции. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 28(1): 23–29.

Forkmann. G. 1979. Flavanones and dihydrofl avonols as biosynthetic intermediates in *Matthiola incana*. *Phytochemistry*. 18(12): 1973–1975.

Tatsuzawa F., Saito N., Toki K., Shinoda K., Honda T. 2012. Flower colors and their anthocyanins in *Matthiola incana* cultivars (Brassicaceae). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 81(1): 91–100. https://doi.org/10.2503/jjshs1.81.91

Rahman A. U., Khan M. S. 1961. Chemical investigation of oil of the seed of “White Todri” (*Matthiola incana*, R. Br.). *Journal of the American Oil Chemists’ Society.* 38(6): 281–282.

Heuer B., Ravina I., Davidov S. 2005. Seed yield, oil content, and fatty acid composition of stock (*Matthiola incana*) under saline irrigation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 56(1): 45–47.

Chopra R. N., Nayar S. L., Chopra I. C. 1986. *Glossary of Indian medicinal plants. (Including the supplement)*. Council Scientifi c Industrial Research. New Delhi: 330 p.

Lim T. K. 2014. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*. *Vol. 7. Flowers.* New Delhi: 1115 p.

Zeng Y., Deng M., Lv. Z., Peng Y. 2014. Evaluation of antioxidant activities of extracts from 19 Chinese edible flowers. *SpringerPlus*. 3: 315 p. https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-315

Jerves-Andrade L., Leòn-Tamariz F., Penaherrera E., Cuzco N., Tobar V., Ansaloni R., Wilches L.M. 2014. Medicinal plants used in South Ecuador for gastrointestinal problems: An evaluation of their antibacterial potential. *Journal of Medicinal Plants Research.* 8: 1310–1320.

Miceli N., Cavò E., Spadaro V., Raimondo F.M., Ragusa S., Cacciola F., Majdoub Y.O.El, Arena., Mondello L., Condurso C., Cincotta F., Taviano M.F. 2021. Phytochemical Profileand Antioxidant Activity of the Aerial Part Extractsfrom *Matthiola incana* subsp. *rupestris* and subsp. *pulchella* (Brassicaceae) Endemic to Sicily. *Chemistry & Biodiversity*. 18: e2100167. https://doi.org/10.1002/cbdv.202100167

Taviano M.F., Miceli N., Malfa G.A., Acquaviva R., Ragusa S., Giordano D., Cásedas G., Les F., López Víctor. 2020. Cytotoxic, Antioxidant, and Enzyme Inhibitory Properties of the Traditional Medicinal Plant *Matthiola incana* (L.) R. Br. *Biology*. 9: 163. https://doi.org/10.3390/biology9070163

Salehi B., Sharifi-Rad J., Seca A.M., Pinto D.C., Michalak I., Trincone A., Mishra A.P., Nigam M., Zam W., Martins N. 2019. Current trends on seaweeds: Looking at chemical composition, phytopharmacology, and cosmetic applications. *Molecules*. 24(22): 4182. https://doi.org/10.3390/molecules24224182

Taviano M.F., Cavò E., Spadaro V., Raimondo F.M., Musolino V., Cacciola F., Majdoub Y. O. El., Mondello L., Condurso C., Cincotta F., et al. 2021. Phytochemical constituents, antioxidant activity, and toxicity assessment of the aerial part extracts from the infraspecific taxa of *Matthiola fruticulosa* (Brassicaceae) endemic to Sicily. *Molecules.* 26: 4114. https://doi.org/10.3390/molecules26144114

El-Amier Y. A., Zaghloul N. S., Abd-ElGawad A. M. 2023. Bioactive chemical constituents of *Matthiola longipetala* extract showed antioxidant, antibacterial, and cytotoxic potency. *Separations*. 10: 53. https://doi.org/10.3390/separations10010053

Marzouk M. M., Hegazi N. M., Shabrawy M. O. A. El, Farid M. M., Kawashty S. A., Hussein S. R., Saleh N. A. M. 2023. Discriminative metabolomics analysis and cytotoxic evaluation of flowers, leaves, and roots extracts of *Matthiola longipetala* subsp. *livida*. *Metabolites*. 13: 909. https://doi.org/10.3390/metabo13080909

Chouikh A., Ben Ali A., Brahim A. B., Bekkouche A., Seghaier S. 2024. Phytochemical analysis and biological activities of *Matthiola livida* DC. extracts from Oued-Souf region: insights into antioxidant and anti-inflammatory potential. *Acta Periodica Technologica*. 55: 107–124. https://doi.org/10.2298/APT2455107C

[Murtazaliev] Муртазалиев Р. А. 2009. *Конспект флоры Дагестана. Т. I. (Lycopodiaceae – Urticaceae)*. Махачкала: 320 с.

[Murtazaliev] Муртазалиев Р. А. 2020a. *Левкой дагестанский – Matthiola daghestanica (Conti) N. Busch. Красная книга Республики Дагестан*. Махачкала: 277–278.

[Murtazaliev] Муртазалиев Р. А. 2020b. *Левкой каспийский – Matthiola caspica N. Busch. Grossh. Красная книга Республики Дагестан*. Махачкала: 278–279.

[Asadulaev et al.] Асадулаев З. М., Алиев Х. У., Алибегова А. Н., Гаджиатаев М. Г., Гусейнова З. А., Дибиров М. Д., Залибеков М. Д., Исмаилов А. Б., Магомедова Б. М., Магомедов М. А., Маллалиев М. М., Мусаев А. М., Омарова П. К., Османов Р. М., Садыкова Г. А., Хабибов А. Д. 2025. *Редкие виды флоры Дагестана в коллекции Горного ботанического сада*. Махачкала: 138 с.

[Magomedalieva et al.] Магомедалиева В. К., Алиева З. М. 2012. Перспективы размножения редких и исчезающих видов растений *in vitro*. *Вестник Дагестанского государственного университета.* 6: 167–171.

[Alieva] Алиева З. М. 2017. *Эколого-физиологические аспекты воспроизведения и устойчивости к абиотическим стрессорам ресурсных видов растений Дагестана*. Автореф. дис. д-ра биол. наук. Владикавказ: 49 с.

[Osmanov] Османов Р. М., Алиева З. М., Салихова М. В. 2024. Особенности естественного и клонального воспроизведения *Matthiola daghestanica* (Brassicaceae). *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. 223(3): 159–167. https://doi.org/10.18522/1026-2237-2024-3-159-167

[Osmanov] Османов Р. М., Алибегова А. Н. 2021. Оценка влияния экологических факторов на изменчивость морфологических признаков и содержание фенольных соединений *Matthiola odoratissima* (левкой душистый) в предгорных условиях Дагестана. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 88(2): 85–90. https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-85-90

[Isikov] Исиков В. П., Плугатарь Ю. В., Шевчук О. М. 2020. *Ароматические растения Крыма и их использование*. Симферополь: 330 с.

[Dzhartsilaev et al.] Джарцилаев Д. С., Алиев А. М., Расулов, Э. М., Гасанов, Р. З. 2007. Экспериментальная установка сверхкритической CO_2-экстракции. *Пищевая промышленность*. 9: 22.

[Aliev et al.] Алиев А. М., Раджабов Г. К., Вагабова Ф. А., Исламова Ф. И., Горяинов С. В., Хажжар Ф., Хаммами С. 2023. Зависимость компонентного состава сверхкритического CO2-экстракта моркови дикой от условий произрастания. *Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика*. 18(3): 3–14. https://doi.org/10.34984/SCFTP.2023.18.3.001

[Aliev et al.] Алиев А. М., Абдулагатов И. М., Гусейнова З. А. 2026. Сверхкритическая CO_2-экстракция *Salvia sclarea* L. как метод получения экстрактов, обогащённых склареолом. *Бутлеровские сообщения.* 85(3): 124–132. https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-124

Shaistul I., Firoz M. 2020. Triacontanol as a dynamic growth regulator for plants under diverse environmental conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 26(5): 871–883 https://doi.org/10.1007/s12298-020-00815-0

[Gladyshev] Гладышев М. И. 2012. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека. *Journal of Siberian Federal University. Biology.* 4(5): 352–386.

[Padalka] Падалка С. Д. 2015. Синтез апидиновой кислоты и ее диэтилового эфира. *Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Химические науки.* 6(15): 16–18.

REFERENCES

Feo D. M., Conte A., Nobile M. A. D. 2026. Supercritical Fluid Extraction to Valorise Fruit and Vegetable by-Products. *Foods.* 15(10): 1692. https://doi.org/10.3390/foods15101692

Kurniawan B. S., Subramaniam S. V., Hasan H. A., Imron M. F. 2026. Advances in Sustainable Lutein Production: Sources, Technologies, and Functional Applications. *Foods.* 15(10): 1717. https://doi.org/10.3390/foods15101717

Radjabov G. K., Aliev A. M., Vagabova F. A., Musaev A. M. 2017. Component composition of the essential oil of *Satureja subdentata* Boiss. in natural and introduced populations from the flora of Dagestan. *Chemistry of Plant Raw Materials.* 1: 65–70. (In Russ.).

Anatov D. M., Amirova L. A., Radzhabov G. K. 2015. Intraspecific variability of natural populations of *Delphinium crispulum* Rupr. by morphological traits and total content of flavonoids and anthocyanins in Dagestan. *Botanical Journal of the North Caucasus*. 1: 8–17. (In Russ.).

Osmanov R. M., Vagabova F. A., Islamova F. I. 2020. Preliminary analysis of some morphological traits, seed productivity, and phenolic compounds of the rare species *Matthiola caspica*. *Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences.* 14(3): 46–54. https://doi.org/10.31161/1995-0675-2020-14-3-46-54 (In Russ.).

Alibegova A., Dibirov M. 2024. The content of phenolic compounds *Allium gunibicum* Miscz. ex Grossh. E3S Web of Conferences. X International Annual Conference “Industrial Technologies and Engineering” (ICITE 2023). Les Ulis1. 1: 03006. DOI: 10.1051/e3sconf/202447403006

Gadzhiataev M. G., Radzhabov G. K., Islamova F. I. 2022. Biologically active substances of *Nitraria schoberi* L. fruits in Dagestan. Based on the materials of the XXIV International scientific conference *"Biological diversity of the Caucasus and Southern Russia"* (Magas, November 17–20, 2022). 1: 122–124. (In Russ.).

Alibegova A., Guseinova Z., Islamova F. 2022. Study of phenolic compounds and antioxidant activity of *Nectaroscordum tripedale* Trautv in the natural conditions of Dagestan. BIO Web of Conferences 43. *Dedicated to the 101st anniversary of the discovery of the law of homological series and the 134th anniversary of the birth of N.I. Vavilov*. Saratov. 1: 01022. https://doi.org/10.1051/bioconf/20224301022.

Vagabova F. A., Aliev A. M., Radzhabov G. K., Mallaliev M. M. 2024. Variability of the component composition of the essential oil of *Artemisia salsoloides* Willd. from natural populations of the Dagestan flora. *South of Russia: ecology, development.* 70(1): 18–29. https://doi.org/10.18470/1992-1098-2024-1-2 (In Russ.).

Osmanov R. M., Vagabova F. A., Islamova F. I. 2020. Preliminary analysis of some morphological traits, seed productivity, and phenolic compounds of the rare species *Matthiola caspica*. *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and Exact Sciences.* 14(3): 46–54. https://doi.org/10.31161/1995-0675-2020-14-3-46-54 (In Russ.).

Forkmann. G. 1979. Flavanones and dihydrofl avonols as biosynthetic intermediates in *Matthiola incana*. *Phytochemistry*. 18(12): 1973–1975.

Tatsuzawa F., Saito N., Toki K., Shinoda K., Honda T. 2012. Flower colors and their anthocyanins in *Matthiola incana* cultivars (Brassicaceae). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 81(1): 91–100. https://doi.org/10.2503/jjshs1.81.91

Rahman A. U., Khan M. S. 1961. Chemical investigation of oil of the seed of "White Todri" (*Matthiola incana*, R. Br.). *Journal of the American Oil Chemists' Society.* 38(6): 281–282.

Heuer B., Ravina I., Davidov S. 2005. Seed yield, oil content, and fatty acid composition of stock (*Matthiola incana*) under saline irrigation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 56(1): 45–47.

Chopra R. N., Nayar S. L., Chopra I. C. 1986. *Glossary of Indian medicinal plants. (Including the supplement)*. Council Scientifi c Industrial Research. New Delhi: 330 p.

Lim T.K. 2014. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Vol. 7. Flowers.* New Delhi: 1115 p.

Zeng Y., Deng M., Lv. Z., Peng Y. 2014. Evaluation of antioxidant activities of extracts from 19 Chinese edible flowers. *SpringerPlus.* 3: 315 p. https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-315

Jerves-Andrade L., Leòn-Tamariz F., Penaherrera E., Cuzco N., Tobar V., Ansaloni R., Wilches L.M. 2014. Medicinal plants used in South Ecuador for gastrointestinal problems: An evaluation of their antibacterial potential. *Journal of Medicinal Plants Research.* 8: 1310–1320.

Miceli N., Cavò E., Spadaro V., Raimondo F. M., Ragusa S., Cacciola F., Majdoub Y. O. El, Arena., Mondello L., Condurso C., Cincotta F., Taviano M. F. 2021. Phytochemical Profile- and Antioxidant Activity of the Aerial Part Extractsfrom *Matthiola incana* subsp. *rupestris* and subsp. *pulchella* (Brassicaceae) Endemic to Sicily. *Chemistry & Biodiversity*. 18: e2100167. https://doi.org/10.1002/cbdv.202100167

Taviano M. F., Miceli N., Malfa G. A., Acquaviva R., Ragusa S., Giordano D., Másedas G., Les F., López V. 2020. Cytotoxic, Antioxidant, and Enzyme Inhibitory Properties of the Traditional Medicinal Plant *Matthiola incana* (L.) R. Br. *Biology*. 9: 163. https://doi.org/10.3390/biology9070163

Salehi B., Sharifi-Rad J., Seca A.M., Pinto D.C., Michalak I., Trincone A., Mishra A. P., Nigam M., Zam W., Martins N. 2019. Current trends on seaweeds: Looking at chemical composition, phytopharmacology, and cosmetic applications. *Molecules*. 24(22): 4182. https://doi.org/10.3390/molecules24224182

Taviano M. F., Cavò E., Spadaro V., Raimondo F. M., Musolino V., Cacciola F., Majdoub Y. O. El., Mondello L., Condurso C., Cincotta F., et al. 2021. Phytochemical constituents, antioxi

dant activity, and toxicity assessment of the aerial part extracts from the infraspecific taxa of *Matthiola fruticulosa* (Brassicaceae) endemic to Sicily. *Molecules.* 26: 4114. https://doi.org/10.3390/molecules26144114

El-Amier Y. A., Zaghloul N. S., Abd-ElGawad A. M. 2023. Bioactive chemical constituents of *Matthiola longipetala* extract showed antioxidant, antibacterial, and cytotoxic potency. *Separations*. 10: 53. https://doi.org/10.3390/separations10010053

Marzouk M. M., Hegazi N. M., Shabrawy M. O. A. El, Farid M. M., Kawashty S. A., Hussein S. R., Saleh N. A. M. 2023. Discriminative metabolomics analysis and cytotoxic evaluation of flowers, leaves, and roots extracts of *Matthiola longipetala* subsp. *livida*. *Metabolites*. 13: 909. https://doi.org/10.3390/metabo13080909

Chouikh A., Ben Ali A., Brahim A. B., Bekkouche A., Seghaier S. 2024. Phytochemical analysis and biological activities of *Matthiola livida* DC. extracts from Oued-Souf region: insights into antioxidant and anti-inflammatory potential. *Acta Periodica Technologica*. 55: 107–124. https://doi.org/10.2298/APT2455107C

Murtazaliev R. A. 2009. *Konspekt flory Dagestana. T. I. (Lycopodiaceae – Urticaceae)* [Abstract of the flora of Dagestan. T. I. (Lycopodiaceae – Urticaceae)]. Makhachkala: 320 p. (In Russ.).

Murtazaliev R. A. 2020a. *Matthiola daghestanica* (Conti) N. Busch. *Krasnaya kniga Respubliki Dagestan* [Red Data Book of the Republic of Dagestan]. Makhachkala: 277–278. (In Russ.).

Murtazaliev R. A. 2020b. *Matthiola caspica* (N. Busch) Grossh. *Krasnaya kniga Respubliki Dagestan* [Red Data Book of the Republic of Dagestan]. Makhachkala: 278–279. (In Russ.).

Asadulaev Z. M., Aliev Kh. U., Alibegova A. N., Gadzhiataev M. G., Guseynova Z. A., Dibirov M. D., Zalibekov M. D., Ismailov A. B., Magomedova B. M., Magomedov M. A., Mallaliev M. M., Musaev A. M., Omarova P. K., Osmanov R. M., Sadykova G. A., Khabibov A.D. 2025. *Redkiye vidy flory Dagestana iz kollektsii Gornogo botanicheskogo sada* [Rare species of the flora of Dagestan in the collection of the Mountain Botanical Garden]. Makhachkala: 138 p. (In Russ.).

Magomedalieva V. K., Alieva Z. M. 2012. Prospects for in vitro reproduction of rare and endangered plant species. *Bulletin of Dagestan State University*. 6: 167–171. (In Russ.).

Alieva Z. M. 2017. *Ekologo-fiziologicheskiye aspekty vliyaniya i ustoychivosti k abioticheskim stressoram resursnykh vidov rasteniy Dagestana*. Doctor Diss. [Ecological and physiological aspects of reproduction and resistance to abiotic stressors of resource plant species of Dagestan]. Vladikavkaz: 49 p. (In Russ.).

Osmanov R. M., Alieva Z. M., Salikhova M. V. 2024. Features of natural and clonal reproduction of *Matthiola daghestanica* (Brassicaceae). *Bulletin of higher educational institutions. North Caucasus Region.* 223(3): 159–167. https://doi.org/10.18522/1026-2237-2024-3-159-167 (In Russ.).

Osmanov R. M., Alibegova A. N. 2021. Assessment of the influence of environmental factors on the variability of morphological traits and the content of phenolic compounds of *Matthiola odoratissima* in the foothills of Dagestan. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 88(2): 85–90. https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-85-90 (In Russ.).

Isikov V. P., Plugatar Yu. V., Shevchuk O. M. 2020. *Aromaticheskiye rasteniya Kryma i ikh ispol'zovaniye* [Aromatic plants of Crimea and their use]. Simferopol: 330 p. (In Russ.).

Dzhartsilaev D. S., Aliev A. M., Rasulov E. M., Gasanov R. Z. 2007. Experimental setup for supercritical CO_2 extraction. *Food industry.* 9: 22.

Aliev A. M., Radjabov G. K., Vagabova F. A., Islamova F. I., Goryainov S. V., Khazhzhar F., Hammami S. 2023. Dependence of the component composition of the supercritical CO2 extract of wild carrot on growing conditions. *Supercritical Fluids: Theory and Practice*. 18(3): 3–14. https://doi.org/10.34984/SCFTP.2023.18.3.001

Aliev A. M., Abdulagatov I. M., Guseynova Z. A. 2026. Supercritical CO_2 extraction of *Salvia sclarea* L. as a method for obtaining sclareol-enriched extracts. *Butlerov Communications*. 85(3): 124–132. https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-124

Shaistul I., Firoz M. 2020. Triacontanol as a dynamic growth regulator for plants under diverse environmental conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 26(5): 871–883 https://doi.org/10.1007/s12298-020-00815-0

Gladyshev M. I. 2012. Essential polyunsaturated fatty acids and their dietary sources for humans. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 4(5): 352–386.

Padalka S. D. 2015. Synthesis of apidic acid and its diethyl ester. *Eurasian Union of Scientists (ESU). Chemical Sciences.* 6(15): 16–18..

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Алиев Аслан Мурадалиевич, старший научный сотрудник Лаборатории фитохимии и медицинской ботаники Горного ботанического сада ДФИЦ РАН, Россия, 367030 г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 75;
✉ aslan4848@yahoo.com

Османов Руслан Маликович, кандидат биологических наук, научный сотрудник Лаборатории флоры и растительных ресурсов Горного ботанического сада ДФИЦ РАН, Россия, 367030 г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 75; ✉osmanov@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aliev Aslan Muradalievich, Senior Researcher of the Laboratory of Phytochemistry and Medical Botany of the Mountain Botanical Garden of Dagestan Federal Research Center of Russian Academy of Sciences, Russia, 367030, Makhachkala, M. Yaragskogo st., 75; ✉aslan4848@yahoo.com

Osmanov Ruslan Malikovich, Candidate of Biology, Researcher of the Laboratory of flora and plant resources of the Mountain Botanical Garden of Dagestan Federal Research centre, Russian academy of sciences; Russia, 367030, Makhachkala, M. Yaragskogo st., 75; ✉ru.osmanov@mail.ru

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов