

Оригинальная статья / Original article

УДК 581.135.51: 547.913

DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-2



Изменчивость компонентного состава эфирного масла *Artemisia salsoloides* Willd. из природных популяций флоры Дагестана

Фазина А. Вагабова, Аслан М. Алиев, Гаджи К. Раджабов, Максим М. Маллалиев

Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Фазина А. Вагабова, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаборатория фитохимии и медицинской лаборатории, Горный ботанический сад ДФИЦ РАН; 365000 Россия, г. Махачкала, ул. Ярагского, 75. Тел. +79288334151

Email fazina@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0003-3315-3874>

Формат цитирования

Вагабова Ф.А., Алиев А.М., Раджабов Г.К., Маллалиев М.М. Изменчивость компонентного состава эфирного масла *Artemisia salsoloides* Willd. из природных популяций флоры Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2024. Т.19, N 1. С. 18-29. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-2

Получена 22 декабря 2023 г.

Прошла рецензирование 9 января 2024 г.

Принята 15 января 2024 г.

Резюме

Цель — изучить изменчивость накопления и компонентного состава эфирного масла из надземной части малоизученного вида — полыни солянковидной (*Artemisia salsoloides* Willd.) в зависимости от абиотических факторов среды (высота над уровнем места произрастания).

Надземная часть *A. salsoloides* собрана в фазу цветения в четырех дагестанских природных популяциях для получения эфирного масла методом Клевенджера. Для определения компонентного состава полученных образцов эфирных масел полыни солянковидной использовался хромато-масс-спектрометрический анализ. Идентификацию компонентов проведена с помощью библиотек масс-спектров NIST08 и FFNSC.

В целом в образцах эфирного масла идентифицировано 55 соединений, где монотерпеноиды составляют 59,92 % — 75,98 %, сесквитерпеноиды — от 23,24 % до 37,81 %. При этом, выявлены 15 мажорных соединений. Так, надо отметить большой разброс значений монотерпеноидов: *β*-пинена, транс-*β*-оцимена, *цис*-алло-оцимена, бензен, 2,4-пентадинил, а среди сесквитерпеноидов — *α*-копаен, *β*-сесквириландрен, спатуленол. Количественный выход эфирного масла в изучаемых образцах варьирует в пределах от 0,68 % до 1,36 % от воздушно-сухого сырья в зависимости от места произрастания вида. Путем кластерного анализа по компонентному составу изученных эфирных масел выделены четыре обособленные популяции *A. salsoloides*.

Впервые изучен состав эфирного масла надземной части дикорастущих дагестанских образцов *A. salsoloides* в зависимости от абиотических факторов (высота над уровнем моря) среды. Полученные результаты по компонентному составу эфирного масла образцов *A. salsoloides* показали наличие ряда ценных соединений, что позволяет использовать эфирные масла в качестве их источников.

Ключевые слова

Полынь солянковидная, *Artemisia salsoloides* Willd., надземная часть, эфирное масло, популяция, ГХ/МС, терпеноиды, высотный градиент.

Variability of the component composition of the essential oil of *Artemisia salsoloides* Willd. from natural populations of the flora of Dagestan

Fazina A. Vagabova, Aslan M. Aliev, Gadzhi K. Radzhabov and Maxim M. Mallaliev

Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Fazina A. Vagabova, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Phytochemistry and Medical Laboratory, Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 75 Yaragsky St, Makhachkala, Russia 365000.
Tel. +79288334151
Email fazina@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3315-3874>

How to cite this article

Vagabova F.A., Aliev A.M., Radzhabov G.K., Mallaliev M.M. Variability of the component composition of the essential oil of *Artemisia salsoloides* Willd. from natural populations of the flora of Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2024; 19(1):18-29. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-2

Received 22 November 2023

Revised 9 January 2024

Accepted 15 January 2024

Abstract

To study the variability of the gathering locality and component composition of essential oil from the aerial part of a little-studied species – *Artemisia salsoloides* Willd. depending on abiotic environmental factors, such as height above the level of the place of growth.

Aerial parts of *A. salsoloides* were collected during the flowering phase in four Dagestan natural populations to obtain essential oil using the Clevenger method. To determine the component composition of the samples obtained of essential oils of *A. salsoloides*, chromatography-mass spectrometric analysis was used. The components were identified using the NIST08 and FFNSC mass spectral libraries.

In total, 55 compounds were identified in the essential oil samples, where monoterpenoids account for 59.92 % – 75.98 % and sesquiterpenoids – for 23.24 % to 37.81 %. At the same time, 15 major compounds were identified. Thus, it should be noted that there was found to be a wide range of values for monoterpenoids: β -pinene, trans- β -ocimene, *cis*- α -ocimene, benzene, 2,4-pentadienyl, and among sesquiterpenoids – α -copaene, β -sesquiphilandrene, spathulenol. The quantitative yield of essential oil in the studied samples varied from 0.68 % to 1.36 % of air-dried raw materials, depending on the growth location of the species. Four separate populations of *A. salsoloides* were identified by means of cluster analysis based on the component composition of the studied essential oils. For the first time, the composition of the essential oil of the aerial part of wild Dagestan samples of *A. salsoloides* was studied as depending on an abiotic factor (height above sea level) of the environment. The results obtained of the component composition of the essential oil of *A. salsoloides* samples showed the presence of a number of valuable compounds, which allow the use of essential oils as their sources.

Key Words

Artemisia salsoloides Willd., aerial part, essential oil, population, GC/MS, terpenoids, altitude gradient.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема поиска растительных ресурсов для создания лекарственных средств остается актуальной до сих пор.

Полыни – дву- и многолетние (реже однолетние) травы и полукустарники высотой 3–150 см. Род *Artemisia* L. (*Asteraceae*) включает более 500 видов растений, произрастающих в диком виде в умеренном северном полушарии Земли [1–3]. Полыни как лекарственные растения широко используются в традиционной медицине [4–13]. Кроме того, разные виды полыней используются и как пряные растения; сырье для производства различных напитков (чаи, вина, крепкие алкоголи), для получения эфирных масел, применяемых в парфюмерии и косметике; кормовые растения; как пескоукрепители; сорные растения. Полыни добились повышенного фитохимического внимания из-за широкого спектра биологической активности, благодаря наличию нескольких классов активных соединений, таких как терпеноиды эфирного масла, фенольные соединения, флавоноиды и сесквитерпеновые лактоны и другие [1–3; 10; 14; 15]. Представители рода *Artemisia*, прежде всего, характеризуются большим содержанием эфирного масла, которое проявляет широкий спектр фармакологических свойств, а именно: антимикробную, антибактериальную, инсектицидную, антифунгальную, антиоксидантную, кокцидиостатическую, антирадикальную, цитотоксичную, антигерпервирусную, фитотоксичную активности и ряд других свойств [2; 3; 11–25]. Эти свойства обусловлены синергетическим действием различных компонентов эфирного масла. Надо отметить, что химический состав эфирных масел из рода полынь тщательно изучен только у некоторых видов. При этом показано, что наблюдаются внутривидовые различия в терпеновых соединениях эфирных масел полыней, которые связаны с различными факторами: онтогенез растений, места произрастания, время, сезон сбора, удобрения и pH почвы, выбор и этап условий сушки, географическое положение, высота над уровнем моря, хемотип или подвид, выбор части растения или генотипа, или метод экстракции масла [7; 15; 21; 26].

Род *Artemisia* во флоре Дагестана является одним из самых распространенных во флоре Респуб-

лики Дагестан, который представлен 21 видом, и обладает большим потенциалом неизученных биологически активных веществ [27].

Artemisia salsoloides Willd. – восточно-европейско-южносибирский вид, встречается в диком виде в Восточном Кавказе, Юго-Восточной Европе, Северной Азии. В Дагестане – на известняковых склонах, в среднем горном поясе [27]. Данный вид полыни занесен в Красные книги России, Дагестана и некоторых других регионов [28]. В Дагестане *A. salsoloides* является редким видом (общая численность по Дагестану неизвестна), которая распространена фрагментарно по предгорьям в полосе аридного редколесья и аридных котловинах Внутреннегорного Дагестана. Петрофит, кальцефит [28]. Цветет в июне–июле. По мнению авторов, для сохранения полыни солянковой в Дагестане необходимо создание особо охраняемой природной территории на хребте Чонкатау [28]. Полынь солянковая – слабо изученный вид с точки зрения химического состава, и имеется лишь небольшое число работ, посвященных исследованию содержания флавоноидов, эфирного масла, антимикробной активности эфирного масла, витаминов, микроэлементов [29–32]. Ряд работ посвящен исследованию биологии вида [28; 33].

Настоящая статья является первой в изучении компонентного состава эфирного масла полыни солянковидной во флоре Дагестана, в которой сделана попытка оценки накопления и компонентного состава эфирного масла в образцах *A. salsoloides*, собранных в разных дагестанских природных популяциях, а также изменчивости содержания основных компонентов эфирного масла от места произрастания растения (абиотические условия среды, связанные с фактором высоты над уровнем моря) с целью поиска образцов растений с высоким выходом эфирного масла с наиболее ценными компонентами с точки зрения фармакологической активности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Надземная часть *A. salsoloides* нами была собрана в период цветения в 2014 году в 4-х географических точках Дагестана (Россия) (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная оценка по накоплению эфирного масла *Artemisia salsoloides* Willd. в зависимости от места произрастания

Table 1. Comparative data on the gathering locality and composition of essential oil of *Artemisia salsoloides* Willd.

Место и время сбора Place and time of collection	Координаты сбора Collection coordinates	Высота над уровнем моря, м Altitude above sea level, m	Содержание эфирного масла, % Essential oil content, %
Окрестности села Чиркей, восточный склон, 10.07.2014 Vicinity of the village of Chirkey, 10.07.2014	СШ-42°59'33// ВД-46°54'46// NL-42°59'33// EL-46°54'46//	450	0,68 желтый цвет yellow
Губденский перевал, южный склон хребта Чонкатау, за селом Губден, 07.08.2014 Gubdensky Pass, southern slope of Chonkatau ridge, behind the village of Gubden, 07.08.2014	СШ-42°32'14,5// ВД-47°28'40// NL-42°59'33// EL-46°54'46//	800	1,36 желтый с зеленоватым оттенком yellow with a greenish tint
Окрестности села Ботлих, юго-восточный склон отрога Андийского хребта, 01.08.2014 Vicinity of the village of Botlikh, 01.08.2014	СШ-42°40'46// ВД-46°17'20// NL-42°59'33// EL-46°54'46//	1050	0,70 желтый цвет yellow

Окрестности села Цудахар, юго-западный склон хребта Чакулабек, 07.08.2014 Vicinity of the village of Tsudahar, southwestern slope of Chakulabek ridge, 07.08.2014	СШ-42°19'48// ВД-47°09'54// NL-42°59'33// EL-46°54'46//	1300	0,81 светло-желтый цвет light yellow
--	--	------	--

Высушенные до воздушно-сухой массы в проветриваемом помещении вдали от света образцы полыни солянковидной были подвергнуты гидродистилляции на аппарате Клевенджера для получения эфирного масла в течение 2 часов. Выход эфирного масла определяли в % (объемных процентах) в пересчете на массу воздушно-сухого сырья [34].

Компонентный анализ полученного образца эфирного масла проводили на хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS-QP2010plus (Japan) на колонке Supelco SLB TM – 5 ms (30 м×0,25 мм×0,25 мкм) в режиме «сплит». В качестве газа-носителя использовался гелий высокой чистоты (99,9999 %) с расходом 1 мл мин. Температуру колонки повышали от 60 °С (время выдержки 4 мин) до 150 °С со скоростью 10 °С/мин, затем до 280 °С со скоростью 5 °С/мин. Температура инжектора 280 °С, интерфейса и детектора 250 °С. Ионизация осуществлялась электронным ударом с энергией электронов 70 эВ. Ток катодной эмиссии 150 мкА, диапазон регистрируемых ионов 45–500 м/з. Идентификацию компонентов проводили с помощью библиотек масс-спектров NIST08 и FFNSC. Перед анализом навеску разбавляли н-гексаном в 500 раз, затем 1 мл разбавленной навески вводили с разделением 1:40 [35].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показывают результаты анализа (табл. 2), образцы наземной части *A. salsoloides* варьировали как по содержанию эфирного масла (от 0,68 % до 1,36 % от воздушно-сухого сырья), так и по цвету его (от зеленовато-желтого до желтого). Максимальное накопление эфирного масла наблюдается в образце полыни солянковой, собранной в окрестностях села Цудахар,

Дагестан, Россия). У большинства видов пряно-ароматических растений, экологический оптимум произрастания которых приурочен к сухим известняковым склонам в среднем горном поясе, выход эфирного масла снижается вдоль высотного градиента. В случае с данным видом полыни регрессионный анализ выявил незначительное влияние высотного фактора на выход эфирного масла ($r = -0,04$). Хромато-масс-спектральный анализ идентифицировал для всех образцов *A. salsoloides* всего 55 соединений, при этом в каждой популяции определено разное число компонентов (табл. 2).

Масс-спектры некоторых типичных компонентов эфирного масла *A. salsoloides* приведены на рисунке 1.

Исследования показали, что в компонентном составе летучих веществ растения *A. salsoloides* монотерпеноиды превышают по содержанию сесквитерпеноиды во всех пунктах сбора (59,92 % – 75,98 % и 23,24 % – 37,81 %, соответственно). Интересно отметить, что наибольший разброс в содержании монотерпеноидов и сесквитерпеноидов наблюдается в Губденской и Цудахарской популяциях, меньший в образцах, собранных в окрестностях села Чиркей. Эфирное масло изучаемого вида полыни демонстрирует 15 мажорных соединений (содержание выше 1,0 %). При этом некоторые соединения содержатся в значительном количестве в отдельных популяциях, а другие находятся в максимальном количестве в образцах всех сборов. Так, надо отметить большой разброс значений монотерпеноидов β -пинена, *транс*- β -оцимена, *цис*- β -оцимена, бензен, 2,4-пентадинил по точкам сбора. Среди сесквитерпеноидов сильный разброс по популяциям наблюдается в случае с α -копаен, β -сесквилиландрен, спатуленол (рис. 2).

Таблица 2. Компонентный состав эфирного масла в образцах *A. salsoloides* Willd. природных популяций Горного Дагестана (Дагестан, Россия), сбор 2014 года

Table 2. Component composition of essential oil in samples of *A. salsoloides* Willd. of natural populations of mountain Dagestan (Dagestan, Russia), collection 2014

Компоненты Components	Время повторения Ret. Time	1	2	3	4	Литературные источники Literary sources
Монотерпеноиды и их производные / Monoterpenoids and their derivatives						
α -пинен / α -pinene	8,376	15,49	11,20	20,74	8,09	0,66 [32]; 7,2 [33]
камфен / camphene	8,828	0,16	0,11	0,20	0,14	4,9 [31]
сабинен / sabinene	9,430	1,18	1,25	1,26	1,00	0,83 [31]; 0,5 [33]
β -пинен / β -pinene	9,579	2,64	16,88	4,54	18,78	0,52 [31]; 6,2 [33]
мирцен / myrcene	9,821	2,47	1,54	2,60	1,21	1,4 [31]; 6,3 [33]
<i>о</i> -цимен / <i>о</i> -cymene	10,697	0,14	следы traces	...	0,10	
лимонен / limonene	10,838	21,07	16,37	17,21	15,78	34,8 [33]
<i>цис</i> - β -оцимен / <i>cis</i> - β -ocimene	10,922	4,76	10,00	4,21	11,31	12,0 [33]
<i>транс</i> - β -оцимен / <i>trans</i> - β -ocimene	11,168	9,49	9,59	7,45	16,01	0,3 [31]; 20 [33]
γ -терпинен / γ -terpinene	11,453	0,12	0,07	0,09	0,09	1,0 [31]; 0,2 [33]
терпинолен / terpinolene	12,041	0,19	0,09	0,13	0,10	0,2 [33]
линалоол / linalool	12,273	0,47	0,13	0,25	0,12	0,2 [31]
<i>цис</i> , <i>транс</i> -2,4,6-октатриен,	12,826	0,62	1,36	0,58	1,86	

2,6-диметил / <i>cis, trans</i> -2,4,6-octatriene, 2,6-dimethyl лимона кетон / lemon ketone	12,940	...	0,25	...	0,29	
алло-оцимен (4Е,6Z) / allo-ocimene (4E,6Z)	13,039	следы traces	0,30	следы traces	0,27	0,3 [33]
транс-пинокарвеол / trans-pinocarveol	13,173	следы traces	0,08	следы traces	0,11	0,6 [31]
пинокарвон / pinocarvone	13,555	следы traces	0,05	следы traces	0,08	0,42 [31]
терпинен-4-ол / terpinen-4-ol	13,858	0,23	0,10	0,12	0,11	4,9 [31]
α-терпинеол / α-terpineol	14,099	0,34	0,16	0,17	0,19	0,8 [31]
миртенол / myrtenol	14,141	следы traces	0,06	следы traces	0,10	0,85 [31]
транс-карвеол / trans-carveol	14,486	0,21	следы traces	0,07	0,09	0,6 [33]
цис-изовалериат-3 гексенил / cis-isovalerate-3-hexenyl	14,643	следы traces	следы traces	0,07	0,05	
карвон / carvone	14,905	0,17	следы traces	следы traces	следы traces	0,1 [31]; 0,3 [33]
куркумин/ curcumin	15,501	1,61	5,49	0,23	Следы	
карвеол ацетат / carveol acetate	16,231	0,10	
Сесквитерпеноиды и их производные / Sesquiterpenoids and their derivatives						
γ-элемен / γ-elemene	16,341	0,07	0,14	0,18	0,17	
нерил ацетат / neryl acetate	16,902	0,38	0,09	...	0,06	
α-копаен / α-copaene	17,099	1,29	0,38	0,35	0,18	0,1 [31]
кариофиллен (Е) / caryophyllene (E)	17,900	3,41	3,37	4,45	2,43	
сесквисабинен / sesquisabinene	18,102	следы traces	следы traces	следы traces	0,66	
β-транс-фарнезен / β-trans-farnesene	18,209	1,21	0,76	1,20	0,65	
α-гумулен / α-humulene	18,513	0,24	0,24	0,29	0,18	
транс-9-эпи-кариофиллен / trans-9-epi-caryophyllene	18,602	0,10	следы traces	следы traces	следы traces	
γ-куркумен / γ-curcumin	18,742	0,13	следы traces	0,14	1,64	
α-куркумен / α-curcumin	18,790	0,38	0,12	0,26	0,84	0,4 [33]
β-транс-бергамотен / β-trans-bergamotene	18,922	0,31	0,53	0,35	0,27	
α-зингиберен / α-zingiberene	19,031	0,39	0,21	0,39	0,23	
бициклогермакрен / bicyclogermacrene	19,216	0,35	0,34	0,75	0,75	
цис-γ-бисаболен / cis-γ-bisabolene	19,368	0,16	0,12	0,19	следы traces	
β-сесквифелландрен / β-sesquiphellandrene	19,628	22,33	13,66	25,04	13,55	1,1 [33]
италиценовый эфир / italicene ether	19,909	0,07	
спатуленол / spathulenol	20,717	2,31	1,76	1,02	0,56	0,16 [31]; 0,8 [33]
оксид кариофиллена / oxide caryophyllene	20,855	1,08	0,91	1,04	0,41	0,15 [31]
неролидил ацетат / nerolidil acetate	21,565	0,39	0,13	0,25	0,15	
α-цис-транс-бергамотол / α-cis-trans-bergamotol	21,630	следы traces	следы traces	0,27	...	
α-мууролол / α-murolol	21,867	0,17	0,34	0,15	0,10	
β-эудосмол / β-eudesmol	22,183	0,49	0,47	0,64	0,13	
α-бисаболол / α-bisabolol	22,604	0,77	0,37	0,85	0,23	
Неидентифицированные вещества, % Unidentified substances, %		2,68	0,98	2,27	0,76	
Идентифицированные компоненты		52	53	50	54	

Total components identified

Неидентифицированные

4

4

4

3

Total components unidentified

Монотерпеноиды, %

61,36

75,08

59,92

75,98

Monoterpenoids, %

Сесквитерпеноиды, %

35,96

23,94

37,81

23,24

Sesquiterpenoids, %

Выход эфирного масла, %

0,68

1,36

0,70

0,81

Essential oil yield, %

Примечание: 1 – Окрестности села Чиркей, h=450 метров над уровнем моря; 2 – Губденский перевал,

h=800 метров над уровнем моря; 3 – Окрестности села Ботлих, h= 1050 метров над уровнем моря;

4 – Окрестности села Цудахар, h=1300 метров над уровнем моря; «...» – отсутствует

Note: 1 – Vicinities of the village of Chirkey, h=450 meters above sea level; 2 – Gubdensky Pass, southern slope of Chonkatau ridge, behind the village of Gubden, h=800 metres above sea level; 3 – Vicinities of the village of Botlikh, h= 1050 metres above sea level; 4 – Vicinity of the village of Tsudahar, southwestern slope of Chakulabek ridge, h=1300 metres above sea level; "..." – absent

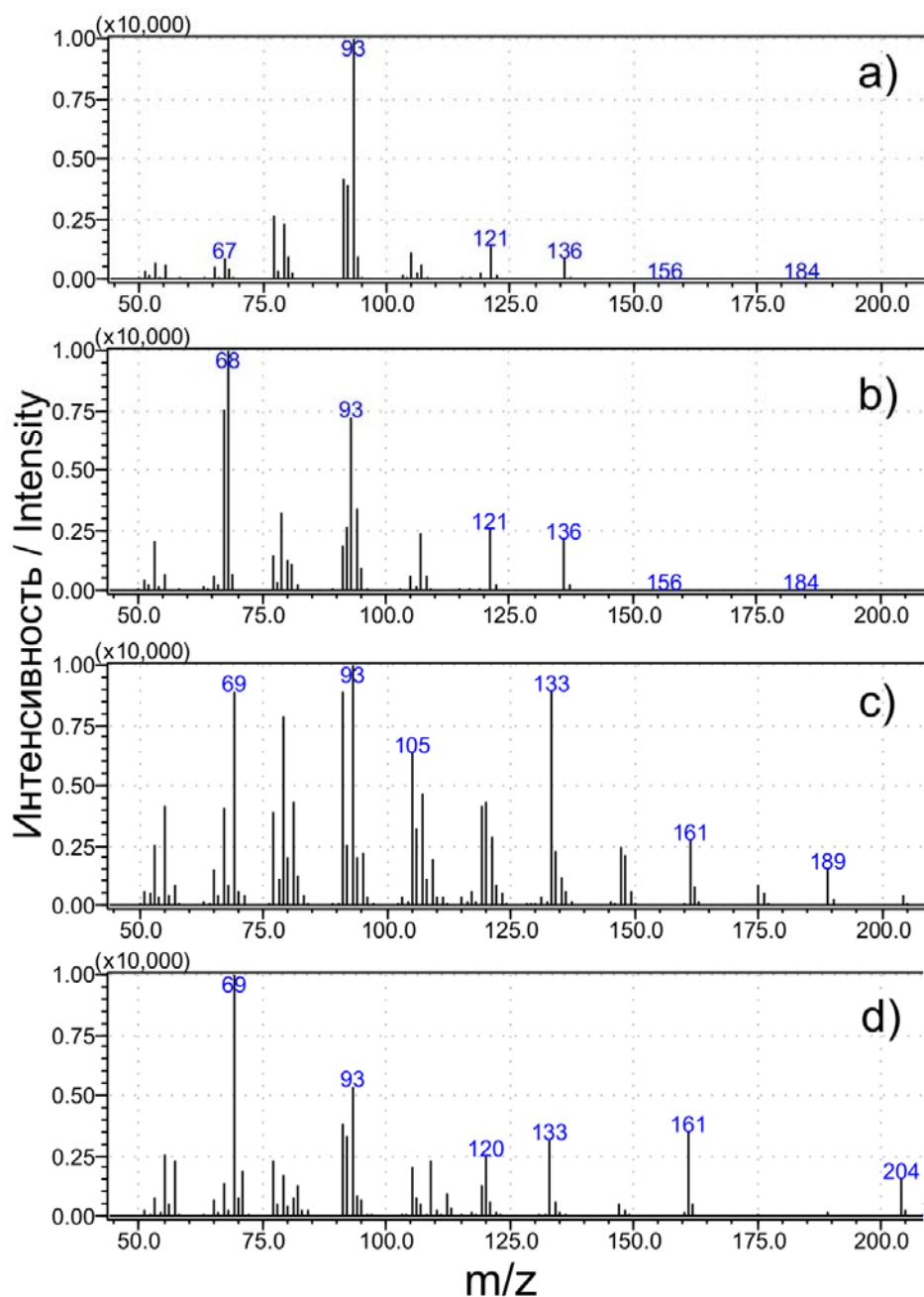


Рисунок 1. Хромато-масс-спектры: а) α-пинен; б) лимонен; в) кариофиллен; д) β-сесквифиландрен

Figure 1. Chromato-mass spectra: a) α-pinene; b) limonene; c) caryophyllene; d) β-sesquiphilandrene

Сравнение наших данных и литературных [30] показало, что компонентный состав эфирного масла дагестанских популяций полыни солянковой значительно беднее по сравнению с индийскими образцами, где обнаружено более 100 компонентов. Мажорными соединениями индийского образца полыни солянковой являются камфара (42 %), 1,8-цинеол (17,3 %), α -туйен и β -туйен (1,9 % и 3,0 %, соответственно). При этом некоторые компоненты показывают более высокий результат по сравнению с дагестанскими образцами. Так, соединения *транс*-пинокарвеол, терпинено-4-ол, α -терпинеол, миртенол, пинокарвон, γ -терпинен, камфен, гермакрен- δ D в индийском образце эфирного масла выгодно отличаются от дагестанских образцов эфирного масла, в то время как линолол, β -пинен, сабинен находятся в пределах наших результатов, а содержание других ниже значительно или вовсе не обнаружены в

эфирном масле (α -пинен, лимонен, сесквисабинен, β -оцимен и т.д.). В то же время, при сравнении с данными [31] отмечается более бедный компонентный состав эфирного масла *A. salsoloides*, собранной в природной популяции по долинам рек Иловли и Дона (24 компонента), чем дагестанского образца. В отличие от дагестанских образцов в эфирном масле *A. salsoloides*, изученной Лапкиной и др. [31], обнаруженные соединения в большинстве своем находятся в зоне низких концентраций, кроме мажорных (лимонена, *транс*- и *цис*- β -оцименов, β -мирцена, бензилацетилена, геранилформиата, β -сесквифелландрена). Кроме того, ряд компонентов (розфуран, капиллен, геранилформиат, бензилацетилен, хамазулен) полностью отсутствуют в эфирном масле дагестанского образца в отличие от волгоградского образца [31].

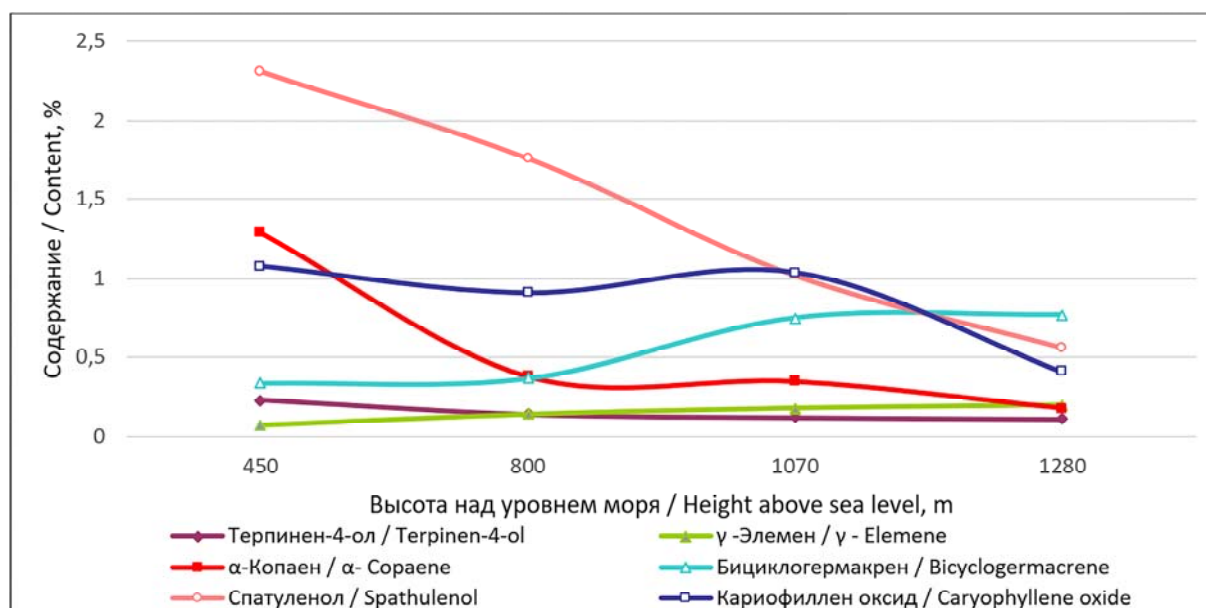


Рисунок 2. Зависимость содержания некоторых компонентов *Artemisia salsoloides* Willd. природных популяций Горного Дагестана (Дагестан, Россия) сбора 2014 года от высоты над уровнем моря места сбора сырья

Figure 2. Dependence of the content of some components of *Artemisia salsoloides* Willd. natural populations of mountain Dagestan (Russia) collected in 2014 on the height above sea level of the locality where plant materials were collected

Ранее по морфологическим признакам [28] были выделены три крупные географически изолированные популяции *A. salsoloides*: Губден (предгорная), Цудахарская и Ботлихская (внутреннегорные), из которых Цудахарская популяция является наиболее молодой и перспективной по возрастному спектру вида полыни среди изученных популяций. По нашим результатам в ходе кластерного анализа по признаку компонентного состава эфирного масла показано распределение популяций *A. salsoloides* и выделено два четко разделяющихся кластера, каждый из которых объединяет по две популяции, то есть, отмечены четыре изолированных популяций – (Губден и Цудахар) и (Чиркей и Ботлих) (рис. 3).

К настоящему времени накоплен большой материал о лечебных свойствах природных терпеноидов, синтезируемых различными растениями [36–38].

Среди компонентов эфирного масла дагестанского образца полыни солянковой можно отметить некоторые соединения, представляющие интерес для фармацевти-

ческой и парфюмерной промышленности. Так, среди мажорных соединений надо отметить следующие соединения. Например, лимонен – циклический монотерпен, представлен в виде двух изомеров: D-изомер чаще встречается в природе по сравнению с L-изомером и получают из кожуры citrusовых, так как он является основным компонентом эфирного масла citrusовых, в то время как L-лимонен в основном встречается в изобилии в сосновой хвое [39]. Среди биоактивных пищевых соединений лимонен широко используется в качестве ароматизатора в пищевых продуктах, а также в косметике, медицинских изделиях, предметах личной гигиены и чистящих средств, а также привлекает все большее внимание в качестве потенциального природного противоракового агента (может ингибировать ангиогенез и метастазирование в различные раковые клетки человека), используется в качестве инсектицида, проявляет фунгицидную и выраженную противотуберкулезную и антимикробную активность [39–41].

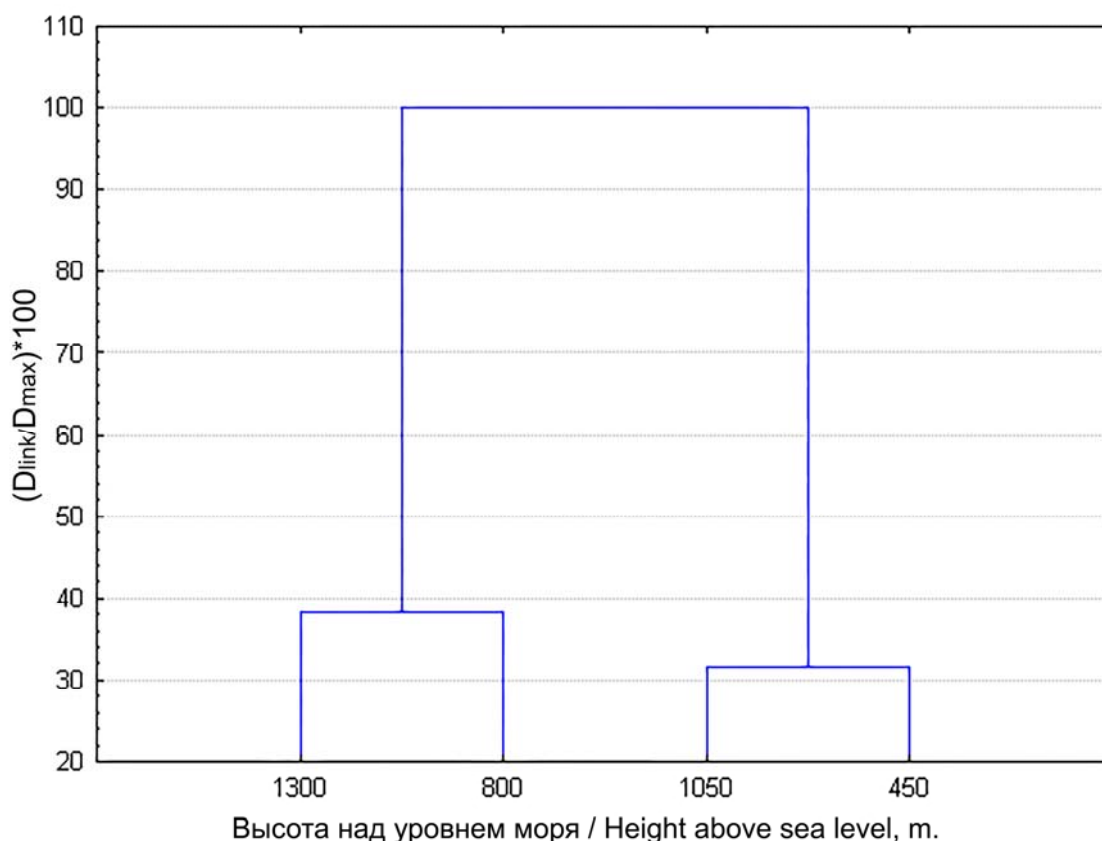


Рисунок 3. Диаграмма кластерного анализа по мажорным компонентам эфирного масла *A. salsoloides* Willd. природных популяций Горного Дагестана (Дагестан, Россия) сбора 2014 года
Figure 3. Cluster analysis diagram for major components of essential oil of *A. salsoloides* Willd. natural populations of mountain Dagestan (Russia) collected in 2014

Соединение β -сесквифеландрен – основной компонент дагестанского образца *A. salsoloides*, натуральный продукт, идентифицированный в основном в некоторых видах рода *Curcuma* L. (*Curcuma aeruginosa*, *Curcuma aromatic*, *Curcuma longa*) обладает противораковым потенциалом (при лейкемии человека, множественной миеломе и колоректального рака) [42]. β -Кариофиллен – широко распространенный в растениях сесквитерпен, присутствующий в качестве главного компонента в эфирном масле многих видов рода *Artemisia* L. Природные соединения β -кариофиллен и β -кариофилленоксид проявляют обезболивающие, противораковые, противовоспалительные, противоалкогольные, антиноцицептивные, анксиолитические, антидепрессивные, нейропротекторные, цитотоксические, антиоксидантные свойства [15; 43–47].

Итак, нами впервые изучен состав эфирного масла надземной части дикорастущих дагестанских образцов *A. salsoloides* в зависимости от абиотических факторов (высота над уровнем моря) среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, нами впервые изучен выход эфирного масла в надземной части природных дагестанских образцов *A. salsoloides* и его компонентный состав.

Содержание эфирного масла в надземной части полыни солянковидной колеблется в пределах 0,68–1,36 % от воздушно сухого сырья в зависимости от места сбора сырья. При этом не выявлена существенной линейной связи между накоплением

эфирного масла и высотой над уровнем моря (абиотические факторы).

Хромато-масс-спектрометрический анализ показал наличие в целом 55 соединений (15 мажорных) в эфирном масле *A. salsoloides*, которые представлены монотерпеноидами (59,92 % – 75,98 %) и сесквитерпеноидами (23,24 % – 37,81 %). В зависимости от абиотических факторов среды наблюдается большой разброс значений компонентов в образцах эфирного масла, собранных из надземной части природных образцов *A. salsoloides*.

Кластерный анализ по компонентному составу эфирного масла выделил четыре четко разделяющихся популяции, которые входят в два кластера.

Полученные результаты имеют несомненно важное значение с точки зрения объяснения механизмов изменчивости вторичных метаболитов в растениях с учетом абиотических факторов среды. Наличие большого количества ценных компонентов с высоким их содержанием позволяет использовать в целом растение и эфирное масло в качестве источников компонентов, пригодных для медицинской и фармацевтической промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Koul B., et al. The *Artemisia* genus: A review on traditional uses, phytochemical constituents, pharmacological properties and germplasm conservation // Journal Glycomics Lipidomics. 2017. V. 7. N 1. P. 142. <https://doi.org/10.4172/2153-0637.1000142>

2. Pieracci Y., et al. Halophyte *Artemisia caerulescens* L.: Metabolites from In Vitro Shoots and Wild Plants // Plants. 2022. V. 11. N 8. P. 1081. <https://doi.org/10.3390/plants11081081>
3. Al-Wahaibi L.H.N., et al. Comparative study on the essential oils of *Artemisia judaica* and *A. herba-alba* from Saudi Arabia // Arabian Journal of Chemistry. 2020. V. 13. N 1. P. 2053–2065. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.03.004>
4. Janacković P., et al. Composition and antimicrobial activity of essential oils of *Artemisia judaica*, *A. herba-alba* and *A. arborescens* from Libya // Archives of Biological Sciences. 2015. V. 67. N 2. P. 455–466. <https://doi.org/10.2298/ABS141203010J>
5. Kadri A., et al. Chemical constituents and antioxidant activity of the essential oil from aerial parts of *Artemisia herba-alba* grown in Tunisian semi-arid region // African Journal of Biotechnology. 2011. V. 10. N 15. P. 2923–2929. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2491>
6. Aloui Z., et al. Asteraceae *Artemisia campestris* and *Artemisia herba-alba* essential oils trigger apoptosis and cell cycle arrest in Leishman infantum promastigotes // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2016. P. 1–15. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9147096>
7. Zouari S., et al. Essential oil variation in wild populations of *Artemisia saharae* (Asteraceae) from Tunisia: chemical composition, antibacterial and antioxidant properties // Botanical Studies. 2014. V. 55. P. 1–10.
8. Ding J., et al. *Artemisia scoparia*: Traditional uses, active constituents and pharmacological effects // Journal of Ethnopharmacology. 2021. V. 273. Article id: 113960. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.113960>
9. Azimova Sh.S., Glushenkova A.I. Lipids, lipophilic components and essential oil from plant sources. London: Springer, 2012. V. 1. 992 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-323-7>
10. Bora K.S., Sharma A. The genus *Artemisia*: a comprehensive review // Pharmaceutical Biology. 2011. V. 49. N 1. P. 101–109. <https://doi.org/10.3109/13880209.2010.497815>
11. El-Massry K.F., El-Ghorab A.H., Farouk A. Antioxidant activity and volatile components of Egyptian *Artemisia judaica* L // Food Chemistry. 2002. V. 79. N 3. P. 331–336. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00164-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00164-4)
12. Singh H.P., et al. Chemical composition and antioxidant activity of essential oil from residues of *Artemisia scoparia* // Food Chemistry. 2009. V. 114. N 2. P. 642–645. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.101>
13. Chehregani A., et al. Essential oil variation in the populations of *Artemisia spicigera* from northwest of Iran: chemical composition and antibacterial activity // Pharmaceutical Biology. 2013. V. 51. N 2. P. 246–252. <https://doi.org/10.3109/13880209.2012.717631>
14. Kordali S., et al. Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Artemisia dracunculus* and of the antifungal and antibacterial activities of Turkish *Artemisia absinthium*, *A. dracunculus*, *Artemisia santonicum*, and *Artemisia spicigera* essential oils // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005. V. 53. N 24. P. 9452–9458. <https://doi.org/10.1021/jf0516538>
15. Rashmi T.R., Francis M.S., Murali S. Essential oil composition of *Artemisia japonica* Thunb. from Kerala // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2014. V. 3. N 4. P. 160–163.
16. Ouchelli Y., et al. Chemical characterization of volatile extract of *Artemisia herba-alba* and study of its antioxidant, antimicrobial and antifungal activities and its inhibitory effect on corrosion of aluminum in hydrogen chloride solution // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2022. V. 11. N 4. Article ID: e4889. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.4889>
17. Messai A., Redouane-Salah S. Dietary use of *Artemisia herba alba* Asso as a potential coccidiostat against caecal coccidiosis: haematological parameter variations // Tropical Animal Health and Production. 2022. V. 54. N 1. P. 28. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-03038-x>
18. Riahi L., et al. Variations in Tunisian wormwood essential oil profiles and phenolic contents between leaves and flowers and their effects on antioxidant activities // Industrial Crops and Products. 2013. V. 46. P. 290–296. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.01.036>
19. Feuerstein I., Danin A., Segal R. Constitution of the essential oil from an *Artemisia herba-alba* population of Spain // Phytochemistry. 1988. V. 27. N 2. P. 433–434. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(88\)83114-5](https://doi.org/10.1016/0031-9422(88)83114-5)
20. Efferth T., et al. Cytotoxic activity of secondary metabolites derived from *Artemisia annua* L. towards cancer cells in comparison to its designated active constituent artemisinin // Phytomedicine. 2011. V. 18. N 11. P. 959–969. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.06.008>
21. Martínez M.J.A., et al. The *Artemisia* L. genus: a review of bioactive sesquiterpene lactones // Studies in Natural Products Chemistry. 2012. V. 37. P. 43–65. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59514-0.00002-X>
22. Saddi M., et al. Antiherpesvirus activity of *Artemisia arborescens* essential oil and inhibition of lateral diffusion in Vero cells // Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials. 2007. V. 6. N 1. P. 1–7. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-6-10>
23. Kaur S., et al. Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide // Industrial Crops and Products. 2010. V. 32. N 1. P. 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.03.007>
24. Viuda-Martos M., et al. Chemical composition and antioxidant and anti-*Listeria* activities of essential oils obtained from some Egyptian plants // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010. V. 58. N 16. P. 9063–9070. <https://doi.org/10.1021/jf101620c>
25. Bakkali F., et al. Biological effects of essential oils—a review // Food and Chemical Toxicology. 2008. V. 46. N 2. P. 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
26. Amine S., et al. Influence of abiotic factors on the phytochemical profile of two species of *Artemisia*: *A. herba alba* Asso and *A. mesatlantica* Maire // International Journal of Plant Biology. 2022. V. 13. N 2. P. 55–70. <https://doi.org/10.3390/ijpb13020007>
27. Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана. Махачкала: Эпоха, 2009. Т. 3. 304 с.
28. Асадулаев З.М., Маллалиев М.М. Экологическая характеристика условий произрастания и структура популяций *Artemisia salsoloides* Willd. в Дагестане // Ботанический вестник Северного Кавказа. 2015. N 1. С. 18–29.
29. Weyerstahl P., et al. Terpenes and Terpene Derivatives, XXVIII. New Monoterpene Derivatives from the Essential Oil of *Artemisia salsoloides* // Liebigs Annalen der Chemie. 1992. N 3. P. 279–281. <https://doi.org/10.1002/jlac.199219920148>

30. Weyerstahl P., et al. Volatile constituents of the essential oil and of the absolute of *Artemisia salsoloides* Willd. from Ladakh // *Flavour and Fragrance Journal*. 1992. V. 7. N 6. P. 299–305. <https://doi.org/10.1002/ffj.2730070603>
31. Лапкина Е.З. и др. Компонентный состав эфирного масла полыни солянковидной (*Artemisia salsoloides* Willd) и его антимикробные свойства // *Химия Растительного Сырья*. 2017. N 3. С. 157–162. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017031627>
32. Гиреев Г.И., Салихов Ш.К., Луганова С.Г. Содержание микроэлементов и витаминов в растениях пастбищ Дагестана // *Растительные Ресурсы*. 2012. Т. 48. N 1. С. 99–110.
33. Рябинина Н.О. Перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий в степной зоне юго-востока Русской равнины (на примере Волгоградской области) // *Общественно-научный Журнал «Проблемы Региональной Экологии»*. 2013. N 4. С. 236–241.
34. Государственная фармакопея Российской Федерации, 14 изд. Общие фармакопейные статьи: ОФС.1.5.2.0001.15 Эфирные масла, ОФС.1.5.3.0010.15 Определение содержания эфирного масла в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах, МЗ РФ, Москва, 2018.
35. Majdoub S., et al. Effect of pressure variation on the efficiency of supercritical fluid extraction of wild carrot (*Daucus carota* subsp. *maritimus*) extracts // *Journal of Chromatography B*. 2019. V. 1125. Article id: 121713. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2019.121713>
36. Павлов И.Н. и др. Снижение устойчивости хвойных лесов Сибири к корневым патогенам в результате современного увеличения температуры приземного слоя воздуха и почвы // *Хвойные Бореальной Зоны*. 2011. Т. 28. N 1–2. С. 47–53.
37. Старцева В.А. и др. Синтез и биологическая активность монотерпеноидов ментанового ряда // *Химия в Интерессах Устойчивого Развития*. 2009. Т. 17. N 5. С. 539–545.
38. Степаненко И.С. и др. Антимикробная активность (+)-лимонена и его производного (+)-1, 2-оксида лимонена // *Вестник Чувашского Университета*. 2014. N 2. С. 368–374.
39. Zhou J., Azrad M., Kong L. Effect of limonene on cancer development in rodent models: a systematic review // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. V. 5. Article id: 725077. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.725077>
40. Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A. Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insect pests // *Agricultural and Food Science*. 2001. V. 10. N 3. P. 243–259. <https://doi.org/10.23986/afsci.5697>
41. Kaji I., et al. Inhibition by D-limonene of experimental hepatocarcinogenesis in Sprague-Dawley rats does not involve p21ras plasma membrane association // *International Journal of Cancer*. 2001. V. 93. N 3. P. 441–444. <https://doi.org/10.1002/ijc.1353>
42. Tyagi A.K., et al. Identification of a novel compound (β -sesquiphellandrene) from turmeric (*Curcuma longa*) with anticancer potential: comparison with curcumin // *Investigational New Drugs*. 2015. V. 33. N 6. P. 1175–1186. <https://doi.org/10.1007/s10637-015-0296-5>
43. Fidyt K., et al. β -caryophyllene and β -caryophyllene oxide–natural compounds of anticancer and analgesic properties // *Cancer Medicine*. 2016. V. 5. N 10. P. 3007–3017. <https://doi.org/10.1002/cam4.816>
44. de Oliveira C.C., et al. Anticonvulsant activity of β -caryophyllene against pentylenetetrazol-induced seizures // *Epilepsy & Behavior*. 2016. V. 56. P. 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2015.12.040>
45. Jun N.J., et al. Cytotoxic activity of [beta]-Caryophyllene oxide isolated from jeju guava (*Psidium cattleianum* sabine) leaf // *Records of Natural Products*. 2011. V. 5. N 3. P. 242–246.
46. Farzaneh M., et al. Chemical composition and antifungal effects of three species of *Satureja* (*S. hortensis*, *S. spicigera*, and *S. khuzistanica*) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit // *Postharvest Biology and Technology*. 2015. V. 109. P. 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.014>
47. Liu H., et al. Neuroprotective effects of trans-caryophyllene against kainic acid induced seizure activity and oxidative stress in mice // *Neurochemical Research*. 2015. V. 40. P. 118–123. <https://doi.org/10.1007/s11064-014-1474-0>

REFERENCES

1. Koul B., et al. The *Artemisia* genus: A review on traditional uses, phytochemical constituents, pharmacological properties and germplasm conservation. *Journal Glycomics Lipidomics*, 2017, vol. 7, no. 1, p. 142. <https://doi.org/10.4172/2153-0637.1000142>
2. Pieracci Y., et al. Halophyte *Artemisia caerulescens* L.: Metabolites from In Vitro Shoots and Wild Plants. *Plants*, 2022, vol. 11, no. 8, p. 1081. <https://doi.org/10.3390/plants11081081>
3. Al-Wahaibi L.H.N., et al. Comparative study on the essential oils of *Artemisia judaica* and *A. herba-alba* from Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry*, 2020, vol. 13, no. 1, pp. 2053–2065. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.03.004>
4. Janacković P., et al. Composition and antimicrobial activity of essential oils of *Artemisia judaica*, *A. herba-alba* and *A. arborescens* from Libya. *Archives of Biological Sciences*, 2015, vol. 67, no. 2, pp. 455–466. <https://doi.org/10.2298/ABS141203010J>
5. Kadri A., et al. Chemical constituents and antioxidant activity of the essential oil from aerial parts of *Artemisia herba-alba* grown in Tunisian semi-arid region. *African Journal of Biotechnology*, 2011, vol. 10, no. 15, pp. 2923–2929. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2491>
6. Aloui Z., et al. Asteraceae *Artemisia campestris* and *Artemisia herba-alba* essential oils trigger apoptosis and cell cycle arrest in Leishman infantum promastigotes. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, pp. 1–15. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9147096>
7. Zouari S., et al. Essential oil variation in wild populations of *Artemisia saharae* (Asteraceae) from Tunisia: chemical composition, antibacterial and antioxidant properties. *Botanical Studies*. 2014, vol. 55, pp. 1–10.
8. Ding J., et al. *Artemisia scoparia*: Traditional uses, active constituents and pharmacological effects. *Journal of Ethnopharmacology*, 2021, vol. 273, article id: 113960. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.113960>
9. Azimova Sh.S., Glushenkova A.I. Lipids, lipophilic components and essential oil from plant sources. London, Springer Publ., 2012, vol. 1, 992 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-323-7>

10. Bora K.S., Sharma A. The genus *Artemisia*: a comprehensive review. *Pharmaceutical Biology*, 2011, vol. 49, no. 1, pp. 101–109.
<https://doi.org/10.3109/13880209.2010.497815>
11. El-Massry K.F., El-Ghorab A.H., Farouk A. Antioxidant activity and volatile components of Egyptian *Artemisia judaica* L. *Food Chemistry*, 2002, vol. 79, no. 3, pp. 331–336. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00164-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00164-4)
12. Singh H.P., et al. Chemical composition and antioxidant activity of essential oil from residues of *Artemisia scoparia*. *Food Chemistry*, 2009, vol. 114, no. 2, pp. 642–645. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.101>
13. Chehregani A., et al. Essential oil variation in the populations of *Artemisia spicigera* from northwest of Iran: chemical composition and antibacterial activity. *Pharmaceutical Biology*, 2013, vol. 51, no. 2, pp. 246–252. <https://doi.org/10.3109/13880209.2012.717631>
14. Kordali S., et al. Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Artemisia dracunculus* and of the antifungal and antibacterial activities of Turkish *Artemisia absinthium*, *A. dracunculus*, *Artemisia santonicum*, and *Artemisia spicigera* essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, vol. 53, no. 24, pp. 9452–9458. <https://doi.org/10.1021/jf0516538>
15. Rashmi T.R., Francis M.S., Murali S. Essential oil composition of *Artemisia japonica* Thunb. from Kerala. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2014, vol. 3, no. 4, pp. 160–163.
16. Ouchelli Y., et al. Chemical characterization of volatile extract of *Artemisia herba-alba* and study of its antioxidant, antimicrobial and antifungal activities and its inhibitory effect on corrosion of aluminum in hydrogen chloride solution. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2022, vol. 11, no. 4, Article ID: e4889. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.4889>
17. Messaï A., Redouane-Salah S. Dietary use of *Artemisia herba alba* Asso as a potential coccidiostat against caecal coccidiosis: haematological parameter variations. *Tropical Animal Health and Production*, 2022, vol. 54, no. 1, p. 28. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-03038-x>
18. Riahi L., et al. Variations in Tunisian wormwood essential oil profiles and phenolic contents between leaves and flowers and their effects on antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, 2013, vol. 46, pp. 290–296. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.01.036>
19. Feuerstein I., Danin A., Segal R. Constitution of the essential oil from an *Artemisia herba-alba* population of Spain. *Phytochemistry*, 1988, vol. 27, no. 2, pp. 433–434. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(88\)83114-5](https://doi.org/10.1016/0031-9422(88)83114-5)
20. Efferth T., et al. Cytotoxic activity of secondary metabolites derived from *Artemisia annua* L. towards cancer cells in comparison to its designated active constituent artemisinin. *Phytomedicine*, 2011, vol. 18, no. 11, pp. 959–969. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.06.008>
21. Martínez M.J.A., et al. The *Artemisia* L. genus: a review of bioactive sesquiterpene lactones. *Studies in Natural Products Chemistry*, 2012, vol. 37, pp. 43–65. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59514-0.00002-X>
22. Saddi M., et al. Antiherpesvirus activity of *Artemisia arborescens* essential oil and inhibition of lateral diffusion in Vero cells. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 2007, vol. 6, no. 1, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-6-10>
23. Kaur S., et al. Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide. *Industrial Crops and Products*, 2010, vol. 32, no. 1, pp. 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.03.007>
24. Viuda-Martos M., et al. Chemical composition and antioxidant and anti-*Listeria* activities of essential oils obtained from some Egyptian plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58, no. 16, pp. 9063–9070. <https://doi.org/10.1021/jf101620c>
25. Bakkali F., et al. Biological effects of essential oils—a review. *Food and Chemical Toxicology*, 2008, vol. 46, no. 2, pp. 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
26. Amine S., et al. Influence of abiotic factors on the phytochemical profile of two species of *Artemisia*: *A. herba alba* Asso and *A. mesatlantica* Maire. *International Journal of Plant Biology*, 2022, vol. 13, no. 2, pp. 55–70. <https://doi.org/10.3390/ijpb13020007>
27. Murtazaliev R.A. *Konspekt flory Dagestana* [Abstract of the flora of Dagestan]. Makhachkala, Epokha Publ., 2009, vol. 3, 304 p. (In Russian)
28. Asadulaev Z.M., Mallaliev M.M. Ecological characteristics of growing conditions and population structure of *Artemisia salsoloides* Willd. in Dagestan. *Botanicheskii vestnik Severnogo Kavkaza* [Botanical Bulletin of the North Caucasus]. 2015, no. 1, pp. 18–29. (In Russian)
29. Weyerstahl P., et al. Terpenes and Terpene Derivatives, XXVIII. New Monoterpene Derivatives from the Essential Oil of *Artemisia salsoloides*. *Liebigs Annalen der Chemie*, 1992, no. 3, pp. 279–281. <https://doi.org/10.1002/jlac.199219920148>
30. Weyerstahl P., et al. Volatile constituents of the essential oil and of the absolute of *Artemisia salsoloides* Willd. from Ladakh. *Flavour and Fragrance Journal*, 1992, vol. 7, no. 6, pp. 299–305. <https://doi.org/10.1002/ffj.2730070603>
31. Lapkina E.Z., et al. Component composition of essential oil of wormwood (*Artemisia salsoloides* Willd) and its antimicrobial properties. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 2017, no. 3, pp. 157–162. (In Russian) <https://doi.org/10.14258/jcpm.2017031627>
32. Gireev G.I., Salikhov Sh.K., Luganova S.G. Content of microelements and vitamins in pasture plants of Dagestan. *Rastitel'nye Resursy* [Plant Resources]. 2012, vol. 48, no. 1, pp. 99–110. (In Russian)
33. Ryabinina N.O. Prospects for the development of a network of specially protected natural areas in the steppe zone of the southeast of the Russian Plain (using the example of the Volgograd region). *Obshchestvenno-nauchnyi Zhurnal «Problemy Regional'noi Ekologii»* [Social and Scientific Journal "Problems of Regional Ecology"]. 2013, no. 4, pp. 236–241. (In Russian)
34. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii, 14 izd. Obshchie farmakopeinye stat'i: OFS.1.5.2.0001.15 Efirnye masla, OFS.1.5.3.0010.15 Opredelenie sodержaniya efirnogo masla v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatakh*, MZ RF [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 14th ed. General pharmacopoeial monographs: GPM.1.5.2.0001.15 Essential oils, GPM.1.5.3.0010.15 Determination of essential oil content in medicinal plant raw materials and medicinal herbal preparations, Ministry of Health of the Russian Federation]. Moscow, 2018. (In Russian)
35. Majdoub S., et al. Effect of pressure variation on the efficiency of supercritical fluid extraction of wild carrot (*Daucus carota* subsp. *maritimus*) extracts. *Journal of*

- Chromatography B*, 2019, vol. 1125, article id: 121713. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2019.121713>
36. Pavlov I.N., et al. Reduced resistance of coniferous forests of Siberia to root pathogens as a result of a modern increase in the temperature of the ground layer of air and soil. *Khvoinye Boreal'noi Zony* [Conifers of the Boreal Zone]. 2011, vol. 28, no. 1–2, pp. 47–53. (In Russian)
37. Startseva V.A., et al. Reduced resistance of coniferous forests of Siberia to root pathogens as a result of a modern increase in the temperature of the ground layer of air and soil. *Khimiya v Interesakh Ustoichivogo Razvitiya* [Conifers of the Boreal Zone]. 2009, vol. 17, no. 5, pp. 539–545. (In Russian)
38. Stepanenko I.S., et al. Antimicrobial activity of (+)-limonene and its derivative (+)-1, 2-limonene oxide. *Vestnik Chuvashskogo Universiteta* [Bulletin of the Chuvash University]. 2014, no. 2, pp. 368–374. (In Russian)
39. Zhou J., Azrad M., Kong L. Effect of limonene on cancer development in rodent models: a systematic review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2021, vol. 5, article id: 725077. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.725077>
40. Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A. Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science*, 2001, vol. 10, no. 3, pp. 243–259. <https://doi.org/10.23986/afsci.5697>
41. Kaji I., et al. Inhibition by D-limonene of experimental hepatocarcinogenesis in Sprague-Dawley rats does not involve p21ras plasma membrane association. *International Journal of Cancer*, 2001, vol. 93, no. 3, pp. 441–444. <https://doi.org/10.1002/ijc.1353>
42. Tyagi A.K., et al. Identification of a novel compound (β -sesquiphellandrene) from turmeric (*Curcuma longa*) with anticancer potential: comparison with curcumin. *Investigational New Drugs*, 2015, vol. 33, no. 6, pp. 1175–1186. <https://doi.org/10.1007/s10637-015-0296-5>
43. Fidy K., et al. β -caryophyllene and β -caryophyllene oxide—natural compounds of anticancer and analgesic properties. *Cancer Medicine*, 2016, vol. 5, no. 10, pp. 3007–3017. <https://doi.org/10.1002/cam4.816>
44. de Oliveira C.C., et al. Anticonvulsant activity of β -caryophyllene against pentylenetetrazol-induced seizures. *Epilepsy & Behavior*, 2016, vol. 56, pp. 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2015.12.040>
45. Jun N.J., et al. Cytotoxic activity of [β]-Caryophyllene oxide isolated from jeju guava (*Psidium cattleianum* sabine) leaf. *Records of Natural Products*, 2011, vol. 5, no. 3, pp. 242–246.
46. Farzaneh M., et al. Chemical composition and antifungal effects of three species of *Satureja* (*S. hortensis*, *S. spicigera*, and *S. khuzistanica*) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 2015, vol. 109, pp. 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.014>
47. Liu H., et al. Neuroprotective effects of trans-caryophyllene against kainic acid induced seizure activity and oxidative stress in mice. *Neurochemical Research*, 2015, vol. 40, pp. 118–123. <https://doi.org/10.1007/s11064-014-1474-0>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Фазина А. Вагабова планировала эксперимент, собрала и проанализировала данные, интерпретировала результаты и написала статью. Аслан М. Алиев анализировал компонентный состав эфирных масел на газовом хроматографе с масс-спектрометрическим детектором. Гаджи К. Раджабов собрал образцы, провел статистическую обработку данных. Максим М. Маллалиев собрал растительного материала. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Fazina A. Vagabova planned the experiment, collected and analyzed the data, interpreted the results and wrote the article. Aslan M. Aliev analysed the component composition of essential oils using a gas chromatograph with a mass spectrometric detector. Gadzhi K. Radzhabov collected samples and processed statistical data. Maxim M. Mallaliev collected plant material. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Фазина А. Вагабова / Fazina A. Vagabova <https://orcid.org/0000-0003-3315-3874>
 Аслан М. Алиев / Aslan M. Aliev <https://orcid.org/0000-0002-2181-1801>
 Гаджи К. Раджабов / Gadzhi K. Radzhabov <https://orcid.org/0000-0001-9263-5684>
 Максим М. Маллалиев / Maxim M. Mallaliev <https://orcid.org/0000-0001-9851-2976>