

УДК 668.52:581.135.5:582.998.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТРОДУКЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЫНИ ЯКУТСКОЙ *ARTEMISIA JACUTICA DROB.*© М.А. Ханина,^а Е.А. Серых,^а В.П. Амельченко,^б Л.М. Покровский,^в А.В. Ткачев^{в,г,*}^а Сибирский государственный медицинский университет, Томск (Россия)^б Сибирский ботанический сад при Томском государственном университете, Томск (Россия)^в Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН
Проспект Академика Лаврентьева, 9, Новосибирск, 630090 (Россия)^г Новосибирский государственный университет, кафедра органической химии
Ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090 (Россия) e-mail: atkachev@niokh.nsc.ru

Авторы благодарят Конкурсный центр фундаментального естествознания при Санкт-Петербургском университете (грант "Изучение летучих терпеноидов полезных растений Сибири и Дальнего Востока") и Российский фонд фундаментальных исследований (грант Президента РФ для молодых докторов наук № 96-15-97017)

Описаны агротехнические приемы, использованные для успешного выращивания в культуре полыни якутской (*Artemisia jacutica Drob.*). Методом хромато-масс-спектрометрии изучен состав образцов эфирного масла, полученных из различных растений полыни якутской как произрастающей в диком виде в Якутии, так и интродуцированных форм. По масс-спектрам и индексам удерживания идентифицированы все основные компоненты эфирного масла. Приведены масс-спектры неидентифицированных минорных компонентов. Изучено влияние интродукции на состав эфирного масла полыни якутской. Приведены результаты микроскопического и гистохимического исследований полыни якутской.

Полынь якутская (*Artemisia jacutica Drob.*) – одно- или двулетнее растение. Ксерогалофит. Ареал вида представляет собой крайне удаленный к северо-востоку фрагмент общего распространения полыней рода *Artemisia sieversiana*: арктическая и восточная Сибирь. Растет зарослями в степях, на галечниках по берегам рек, у дорог, на солонцах, берегах соленых озер, песках [1, 2]. Полынь якутская издавна используется в народной медицине, однако ее применение ограничивается пределами Якутии. Впервые на перспективность полыни якутской как эфирно-масличного растения было указано сотрудниками Якутского государственного университета и Ботанического сада Института биологии ЯФ СО АН СССР [3, 4, 5, 6]. Полынь якутская относится к растениям, представляющим практическую значимость для медицины в связи с высоким содержанием хамазулена (более 40%) в составе эфирного масла (или 1.5% в пересчете на воздушно-сухое сырье). Данный вид полыни, как перспективный источник азуленовых соединений, впервые был исследован в Сибирском медицинском университете совместно с сотрудниками Якутского ботанического сада [7]. Работами томских ученых доказано, что эфирное масло полыни якутской имеет высокую биологическую активность – он обладает выраженными противовоспалительными свойствами, подавляет экссудацию, снижает проницаемость капилляров, стимулирует рост соединительной ткани при регенерации ран, обладает антибактериальной и фунгицидной активностью, проявляет болеутоляющие свойства [8, 9]. Кроме того, хорошо известно, что эфирные масла, содержащие азулены, широко используются в косметике и парфюмерии. *Artemisia jacutica Drob.* – восточносибирский эндемик, имеющий весьма ограниченный ареал, поэтому введение этого вида в культуру могло бы обеспечить необходимую сырьевую базу для создания лекарственных и косметических препаратов. Полынь якутская была впервые введена в культуру в Якутском ботаническом саду, причем исследованиями было показа-

* Автор, с которым следует вести переписку.

но, что продуктивность данного вида в культуре возрастает [10]. С 1991 г. полынь якутская вошла в группу полыней, выращиваемых в Сибирском ботаническом саду при Томском государственном университете.

В настоящей работе приводятся данные по результатам интродукции полыни якутской и анализу зависимости состава эфирного масла интродуцированной полыни от различных факторов.

Агротехника

В течение 1991–1998 гг. мы проводили опыты по выращиванию в культуре полыни якутской. Полынь выращивалась на почвах двух разных типов: суглинистая почва на склоне юго-восточной экспозиции с уклоном 10–15° (*участок 1*) и ровный участок с лугово-лесной почвой (*участок 2*). Выбранные участки представляли собой неудобицу, и до посева полыни якутской там ничего не выращивалось. Участок периодически перепаживали для избавления от сорняков. Никаких химических средств (пестицидов) на выбранных участках не применялось до возделывания полыни якутской. Опытные площадки располагались сплошными полосами друг за другом. Растения росли в рядах. Расстояние между рядами – 70–80 см. Плотность посадки – 4–5 растений на 1 м².

Посев проводили свежесобранными семенами весной (в апреле) после дождя. При посеве вносились минеральные удобрения (аммиачная селитра – 100 кг/га, двойной суперфосфат – 90 кг/га, калия хлорид – 120 кг/га). Всходы появлялись в конце мая. После появления всходов проводили прополку и рыхление в рядах и междурядьях. Далее в течение всего вегетационного периода за растениями проводился агротехнический уход (прополка, рыхление, полив). В течение первого вегетационного периода полынь якутская проходит прегенеративный период и в виргинильном состоянии уходит под снег. Некоторые особи на первом году вступают в генеративный период развития. Анализ растений первого года жизни и генеративных особей показал, что закономерности в накоплении эфирного масла и хамазулена в нем, отмеченные для дикорастущих растений, сохраняются для культивируемых [11, 12, 13].

В литературе есть сведения, что использование минеральных удобрений при выращивании азулен-содержащих растений повышает урожайность и продуктивность этих растений [14]. Учитывая, что полынь якутская является ксерогалофитом и предпочитает почвы с повышенным содержанием солей, мы сочли рациональным внесение в почву минеральных удобрений при культивировании данного вида. Учитывая рекомендации, данные при выращивании полыни горькой [15], нами использовались разные варианты смеси удобрений, внесенные в разные фазы развития растений. При выращивании полыни якутской использовались следующие минеральные удобрения: калий хлористый, суперфосфат, фосфорнокислый аммоний и их смеси. По нашим данным, наилучшее воздействие оказали калийные удобрения. По наблюдениям в течение первого года жизни в культуре полыни якутской было установлено, что использование минеральных удобрений стимулирует всхожесть, рост и развитие растений, а также способствует сохранности растений в зимний период (особенно калий хлористый) и смещает максимум накопления эфирного масла и хамазулена на более поздние сроки [14]. Анализ надземной части растений первого года жизни на содержание эфирного масла и хамазулена в нем проводили на образцах сырья, собранных в два срока: август (*участки 1, 2*) и сентябрь (*участок 1*).

Второй год жизни растения начинается с отрастания весенней розетки (апрель–май). В третьей декаде мая растения вступают в фазу стеблевания. Период вегетации длится до третьей декады июня. Фаза бутонизации продолжается 2–3 недели. В культуре почти все растения отцвели до начала августа. Дессеминация происходит в течение месяца и завершается к началу сентября. В течение вегетационного периода второго года жизни за растениями проводился агротехнический уход и подкормка минеральными удобрениями, причем в почву вносили смеси удобрений, содержащие те же ингредиенты, что и в первый год жизни. Внесение минеральных удобрений по-разному влияет на рост и развитие растений. Наиболее благотворное влияние на морфометрические показатели оказала смесь удобрений, содержащая аммиачную селитру и двойной суперфосфат [14]. Внесение всех вариантов удобрений в фазу вегетационной бутонизации привело к увеличению содержания эфирного масла и основных компонентов в нем (табл. 1, 2, 3).

С культивируемых растений были собраны семена. Семена полноценные, лабораторная всхожесть – 100% [16]. При самосеве дают обильные всходы. Вес 1000 семян составляет 0.094 г.

За время культивирования полыни якутской не было отмечено нападение вредителей и заболеваний растений.

При сравнении результатов наблюдения за культивируемой полынью и полынью в природе установлено, что фенофазы полыни якутской в условиях культуры значительно сокращаются (почти на месяц). Габитус растений при внесении минеральных удобрений меняется по сравнению с контролем. Увеличивается количество корзинок, ветвление генеративных побегов, их облиственность.

Таким образом, нами разработаны агротехнические приемы выращивания в условиях Сибирского ботанического сада перспективного для медицинской промышленности вида – полыни якутской.

Таблица 1. Содержание эфирного масла в траве культивируемой полыни якутской (1-го года жизни, *участок 1*) в зависимости от сроков сбора сырья и внесения удобрений (в % от воздушно-сухого сырья)

Удобрения	Сроки сбора сырья	
	август	сентябрь
Аммиачная селитра (100 кг/га)	0.08	0.14
Двойной суперфосфат (100 кг/га)	0.21	0.32
Калия хлорид (90 кг/га)	0.12	0.23
Смесь минеральных удобрений* (120 кг/га)	0.24	0.34
Контроль	0.07	0.15

* Аммиачная селитра, двойной суперфосфат, калия хлорид (2:4:5)

Таблица 2. Содержание эфирного масла в культивируемой полыни якутской (2-й год развития, *участок 1*) в зависимости от внесенных удобрений в разные фазы развития растений (в % от воздушно-сухого сырья)

Удобрения	Фазы развития растений		
	стеблевание	бутонизация	цветение
Смесь III	1.09	0.91	0.56
Смесь II	0.91	1.06	0.87
Смесь I	0.96	1.06	0.87
Контроль	0.82	0.91	0.59

Смесь I – аммиачная селитра (450 кг/га), калий хлористый (300 кг/га), двойной суперфосфат (250 кг/га)

Смесь II – аммиачная селитра (180 кг/га) и двойной суперфосфат (160 кг/га)

Смесь III – аммиачная селитра (180 кг/га) и калий хлористый (120 кг/га)

Получение эфирного масла

Для получения образцов эфирного масла использовалась средняя проба: с опытного участка размером 1 м² собирались все растения и траву сушили в пучках в подвешенном состоянии на воздухе при обычной температуре в затененном месте. Высушенное сырье хранили не более 2–3 месяцев до момента получения эфирного масла. Перед получением эфирного масла сырье измельчалось до частиц размером 3–5 мм. Измельченное сырье перемешивалось, и бралась средняя проба массой 20.0 г. Эфирное масло из приготовленных таким образом образцов получали гидродистилляцией в течение 6 часов. Анализ проводили в трех повторностях для определения содержания эфирного масла в пробе сырья, затем все три образца объединялись. Образцы масла помещались в запаянные стеклянные ампулы, которые до анализа хранились в темноте при комнатной температуре.

Образцы эфирного масла из вегетирующих растений 1-го года были получены осенью–зимой 1993–1994 гг. Образцы эфирного масла из растений 2-го года развития – вегетации, бутонизации, цветения – были получены осенью–зимой 1994–1995 гг.

Микроскопические и гистохимические исследования

Практический интерес представляют сведения о локализации эфирного масла в тканях растения, так как это определяет технологию получения эфирного масла, а также диагностические признаки сырья, позволяющие определить качество и подлинность растительного материала при осуществлении промышленных заготовок.

При микроскопическом исследовании всей надземной части растений были выявлены диагностические признаки этого вида полыни и наличие трех типов терпеноидсодержащих структур: неспециализированные паренхимные клетки, схизогенные вместилища и эфирно-масличные железки. Лист амфистоматический, устьица анамоцитного типа. Лист обильно опушен прижатыми Т-образными волосками, железистый. Клетки верхней эпидермы прямостенные, полигональные. Клетки нижней эпидермы извилисто-стенные. Соцветие – крупная корзинка, полушаровидная, шириной 6–8 мм. Обертка многорядная, наружные листочки травянистые, продолговатой формы, внутренние – широкоэллиптические, с широкой пленчатой каймой, в срединной части – травянистые, железистые, опушены прижатыми Т-образными волосками. Клетки эпидермы прозенхимные, прямостенные. Пестичные цветки трубчатые, двузубчатые, с сильным расширением к основанию, железистые. Обилие эфирно-масличных железок в расширенной части венчика. Железки крупные, многоярусные, располагаются на «постаменте» из двух вытянутых клеток эпидермы, покрытых складчатой кутикулой. Клетки эпидермы венчика – прозенхимные, прямостенные. Обоеполые цветки – широкотрубчатые, с перехватом в средней части венчика, характеризуются также обилием эфирно-масличных железок, особенно в нижней части венчика. Строение железок и эпидермальных клеток венчика аналогично пестичным цветкам. Цветоложе – коническое, обильно опушено простыми мечевидными и длинными тонкостенными волосками. Клетки основания тонкостенных волосков – железистые. Эфирно-масличные железки прижатые.

Мы выяснили, что уже в семенах полыни якутской содержится эфирное масло в следовых количествах, но присутствие хамазулена в масле не отмечается. Синтез его предшественников* начинается немного позднее – в фазу проростков с появлением первых настоящих листьев. В результате микроскопического анализа всей надземной части растения с использованием гистохимических реакций было выявлено, что эфирные масла накапливаются не только в экзогенных образованиях (эфирно-масличные железки), но и в паренхимных неспециализированных клетках листьев, листочков обертки, обоих типов цветков, цветоложа и стебля, а также в схизогенных вместилищах.

Изучение динамики накопления эфирного масла и содержания хамазулена в нем на ранних этапах онтогенеза, включающего четыре возрастных состояния полыни якутской, показало, что у растений по мере роста усиливается процесс образования и накопления эфирного масла и увеличивается содержание хамазулена. На первом году жизни растений проявляется один максимум в начале виргинильного состояния. Такая же закономерность отмечена для растений, произрастающих в природе (Республика Саха-Якутия). Предварительный анализ генеративных особей, развившихся на первом году жизни полыни якутской, показал, что, несмотря на различия в почвенно-климатических условиях, закономерности в динамике накопления эфирного масла и хамазулена в нем, отмеченные для дикорастущих, сохраняются и для культивируемых растений. Наблюдается два максимума в накоплении данной группы биологически активных веществ – в начале бутонизации, когда бутоны небольших размеров (1–2 мм) и в период массового цветения. Такая же закономерность отмечена и для близкородственных видов полыни [17, 18].

* Хамазулен как таковой в полыни якутской (как, впрочем, и в других видах полыней и иных растениях, дающих эфирное масло синего цвета, таких как тысячелистник) не синтезируется и является вторичным продуктом, появляющимся на стадии получения эфирного масла при гидротермической деструкции *проазуленовых* соединений, содержащихся в тканях растения.

Анализ содержания эфирного масла и содержание хамазулена в растениях первого года жизни, выращиваемых с использованием разных вариантов минеральных удобрений, проводили на образцах сырья, собранных в два срока: август (оба участка) и сентябрь (участок 1) (табл. 1, 2). Установлено, что использование минеральных удобрений смещает максимум накопления эфирного масла и содержания хамазулена на более поздние сроки.

Исследование состава эфирного масла полыни якутской

Поскольку эфирное масло полыни якутской представляет собой потенциально очень ценный продукт для косметической промышленности, следует выяснить зависимость выхода эфирного масла и его состава от различных факторов и провести анализ динамики накопления эфирного масла в траве полыни якутской, что совершенно необходимо для установления сроков сбора сырья, содержащего максимальное количество эфирного масла и хамазулена в нем.

В литературе имеются сведения о составе терпеновой фракции эфирного масла полыни якутской, полученные методом газо-жидкостной хроматографии [19], в соответствии с которыми масло содержит сабинен, α -пинен, 1,8-цинеол, α -терпинен, борнилацетат, β -фарнезен, α - и β -гумулен, δ -кадинен, интермедеол, бизаболол, селиановый спирт, хамазулен. Дальнейшие исследования эфирного масла дикорастущей полыни якутской позволили получить более полные данные по качественному составу компонентов и определить состав масла: α -пинен (0.10%), сабинен (1.8%), мирцен (18.6%), п-цимол (следы), Δ^3 -карен (сл.), лимонен (18.5%), α -терпинен (следы), терпинолен (следы), α -терпинеол (0.7%), камфора (следы), β -фарнезен (1.2%), элемен (0.1%), муrolен (0.1%), гермакрен D (0.40%), γ -гумулен (0.10%), δ -кадинен (4.80%), γ -кадинен (2.4%), бизаболол (5.0%), δ -кадиол (0.8%), селиановый спирт (11.8%), интермедиол (0.80%), хамазулен (20.0%) [20].

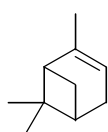
Мы исследовали образцы эфирного масла методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Hewlett-Packard 5890/II с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5971) в качестве детектора. Использовалась 30 метровая кварцевая колонка HP-5 (сополимер 5%-дифенил-95%-диметилсилоксана) с внутренним диаметром 0.25 мм и толщиной пленки неподвижной фазы 0.25 μ м. Процентный состав эфирных масел вычислялся по площадям пиков без использования корректирующих коэффициентов. Качественный анализ основан на сравнении времен удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными компонент эталонных масел и чистых соединений, если они имелись, и с данными библиотеки масс-спектрометрических данных Wiley275 (275000 масс-спектров) и каталогов [21, 22].

В составе эфирного масла полыни якутской мы обнаружили не менее 41 компонента, содержание которых в отдельных образцах составляет не менее 0.1%. Большая часть из этих веществ – 35 компонентов – легко идентифицируется. Структуры и названия этих веществ показаны на рисунке 1. Шесть компонентов идентифицировать не удалось, их масс-спектры и индексы удерживания показаны на рисунке 2. Среди компонентов эфирного масла полыни якутской можно выделить две группы веществ. Первая группа – это компоненты, которые присутствуют во всех без исключения образцах эфирного масла и являются, таким образом, характерными для данного вида. Эти компоненты выделены на рисунке 1 серым цветом. Среди этих веществ есть как основные компоненты, содержание которых очень велико (изомерные геранил- и нерилвалераты, бизаболол, γ -эвдесмол, хамазулен), так и компоненты, присутствующие в меньших количествах, но являющихся непременным атрибутом масла (интермедеол, кариофиллен, гумулен, геранилтиглат и др.). Примечательным является находящееся в довольно узких пределах во всех образцах масла соотношение кариофиллен/гумулен (от 6:1 до 10:1). Во всех образцах масла производные нерола преобладают над соответствующими производными гераниола. Содержание дегидрохамазулена непостоянно.

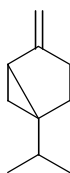
Сравнительный хромато-масс-спектрометрический анализ показал, что качественный состав основных компонентов образцов эфирных масел не зависит от типа почв, дозы и вида внесенных удобрений, сроков сбора сырья, но наблюдается динамика в количественном содержании компонентов эфирного масла. Анализ эфирного масла органов растений позволяет заключить, что все органы растения содержат

эфирное масло со значительным содержанием хамазулена, а наиболее полно все компоненты представлены в образцах, полученных из соцветий и стеблей. Установлено, что во всех образцах эфирных масел преобладающими являются компоненты, обуславливающие фармакологическую активность – бизаболол и хамазулен (табл. 3–5).

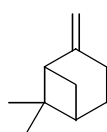
На втором году жизни в разные фазы развития растений были внесены смеси минеральных удобрений, причем внесение всех вариантов удобрений в фазу вегетации-бутионизации привело к увеличению содержания эфирного масла и хамазулена в нем (табл. 2). Анализ влияния сроков внесения различных смесей удобрений на втором году жизни полыни якутской показал, что наибольшее содержание хамазулена в эфирном масле отмечено при внесении смеси удобрений (*смесь III*) в фазу стеблевания растений (табл. 6–8). Сравнение результатов химического анализа образцов эфирных масел, полученных из сырья, собранного в природных условиях (Республика Саха) и выращенных в условиях Сибирского ботанического сада, показало, что по качественному составу и динамике накопления основных действующих веществ различия между дикими и интродуцированными формами незначительны (*таблицы 9–11*) [20].



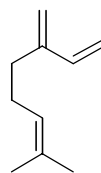
α -пинен
0.00 – 0.32%



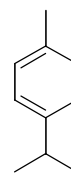
сабинен
0.00 – 1.39%



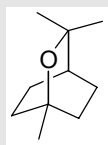
β -пинен
0.00 – 0.44%



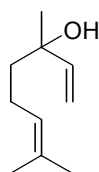
β -мирцен
0.00 – 7.62%



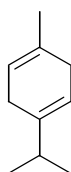
α -терпинен
0.00 – 0.13%



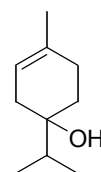
1,8-цинеол
0.02 – 7.57%



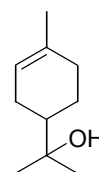
линалоол
0.00 – 0.31%



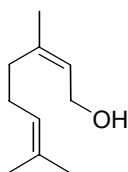
γ -терпинен
0.00 – 0.22%



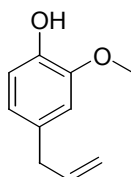
терпинеол-4
0.01 – 0.44%



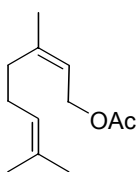
α -терпинеол
0.02 – 1.87%



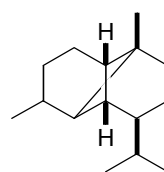
нерол
0.00 – 0.22%



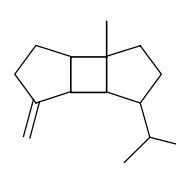
эвгенол
0.00 – 0.18%



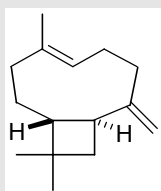
нерилацетат
0.00 – 0.04%



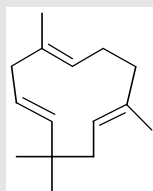
α -копаен
0.00 – 0.55%



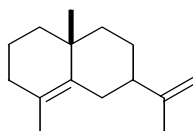
β -бурбонен
0.00 – 0.11%



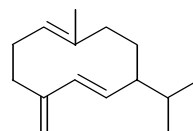
кариофиллен
0.54 – 4.48%



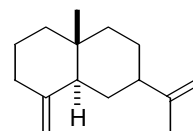
гумулен
0.03 – 0.33%



селина-4,11-диен
0.00 – 1.21%



гермакрен Д
0.00 – 1.34%



β -селинен
0.00 – 0.82%

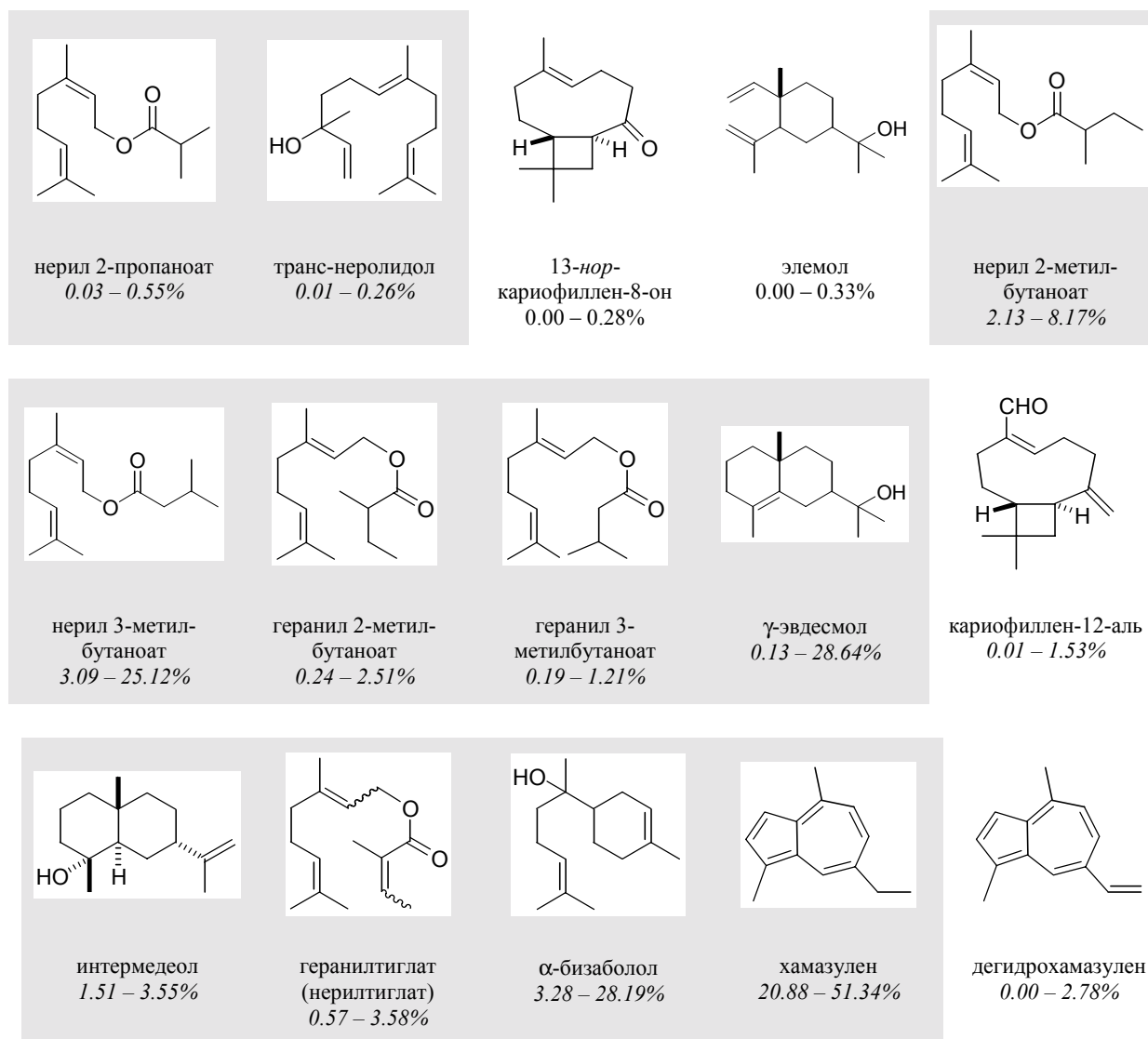
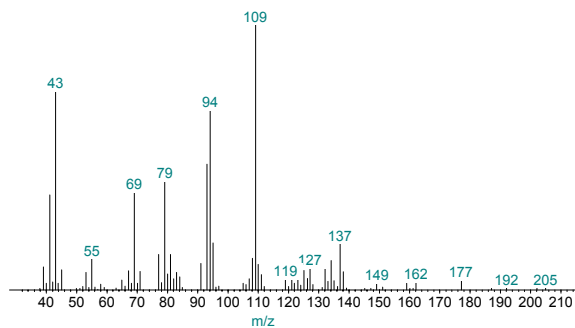
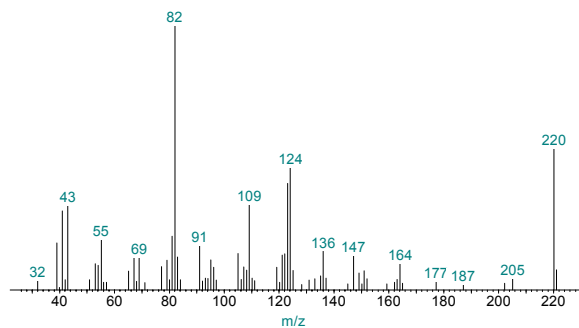


Рис. 1. Структуры компонентов эфирного масла *Artemisia jacutica Drob.* и их содержание в цельном масле. Серым цветом выделены вещества, которые, независимо от их абсолютного содержания, найдены во всех без исключения проанализированных образцах эфирного масла

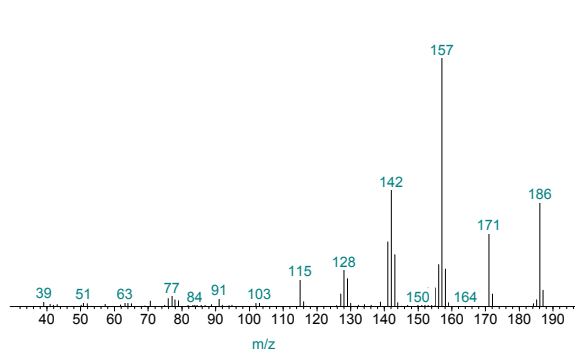
Вещество А, (0.00 – 2.32%)
Индекс удерживания = 1472



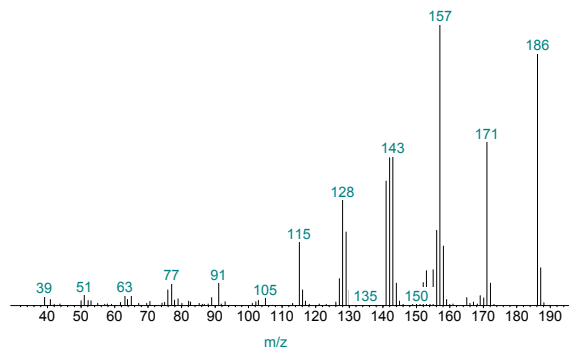
Вещество Б, (0.00 – 1.76%)
Индекс удерживания = 1500



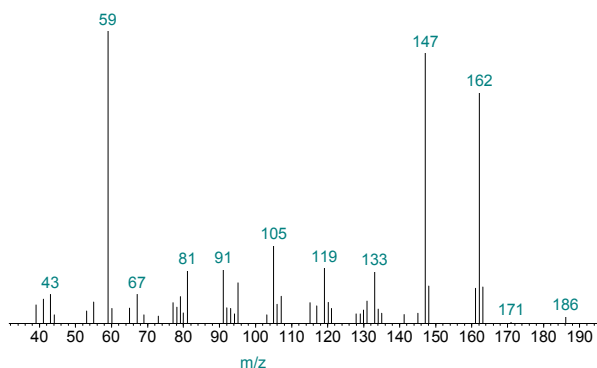
Вещество В, (0.00 – 0.87%)
Индекс удерживания = 1518



Вещество Г, (0.00 – 1.09%)
Индекс удерживания = 1623



Вещество Д, (0.00 – 2.73%)
Индекс удерживания = 1655



Вещество Е, (0.00 – 2.84%)
Индекс удерживания = 1660

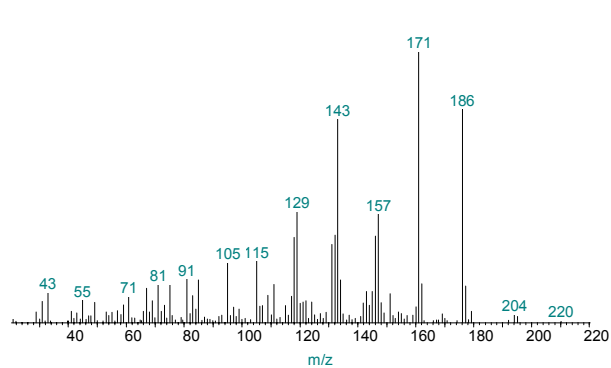


Рис. 2. Масс-спектры неидентифицированных компонентов эфирного масла *Artemisia jacutica* Drob., их содержание в цельном масле и индексы удерживания (индексы Ковача)

Таблица 3. Состав эфирного масла *Artemisia jacutica*, участок 1 (срок сбора сырья – сентябрь)

Компоненты	Содержание компонентов в % от цельного эфирного масла				
	Внесение в почву удобрений				Контроль
	двойной суперфосфат	аммиачная селитра	хлорид калия	смесь удобрений	
β-Мирцен	1.24	0.17	0.05	0.48	0.05
1,8-Цинеол	2.05	4.10	2.50	2.13	4.10
α-Терпинеол	0.05	1.43	0.05	0.02	1.02
Кариофиллен	1.54	1.56	1.41	1.68	1.67
Гермакрен Д	0.10	0.61	1.14	0.87	0.30
Селина-4,11-диен	1.21	0.21	0.05	0.05	0.27
Нерил 2-пропаноат	0.15	0.40	0.24	0.25	0.34
Нерил 2-метилбутаноат	2.99	4.63	6.21	6.56	4.53
Нерил 3-метилбутаноат	3.09	5.72	6.02	7.62	5.41
Геранил 2-метилбутаноат	0.26	0.64	0.54	0.57	0.58
Геранил 3-метилбутаноат	0.19	0.35	0.29	0.41	0.28
γ-Эвдесмол	1.27	3.45	1.28	1.80	2.17
Кариофиллен-12-аль	0.81	0.83	0.62	0.75	0.81
Интермедеол	2.70	2.04	1.94	1.67	2.12
Геранилтиглат	0.59	1.90	1.77	1.92	1.76
α-Бизаболол	23.06	24.38	26.99	23.01	22.81
Хамазулен	51.34	40.84	42.01	41.42	43.78
Дегидрохамазулен	0.82	0.18	0.42	0.21	0.33

Таблица 4. Состав эфирного масла *Artemisia jacutica*, участок 2 (срок сбора сырья – август)

Компоненты	Содержание компонентов в % от цельного эфирного масла				
	Внесение в почву удобрений				Контроль
	двойной суперфосфат	аммиачная селитра	хлорид калия	смесь удобрений	
1	2	3	4	5	6
β-Мирцен	1.02			0.61	0.67
1,8-Цинеол	5.05	3.63	1.88	4.12	4.11
α-Терпинеол	1.87	0.09	0.03	0.65	0.16
Кариофиллен	2.71	1.73	2.05	1.46	1.83
Гермакрен Д	1.34		0.75	0.24	1.20
Селина-4,11-диен	0.05	0.50	0.56	0.31	0.40
Нерил 2-пропаноат	0.35	0.03	0.02	0.36	0.39

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
Нерил 2-метилбутаноат	4.89	7.07	5.45	6.14	5.96
Нерил 3-метилбутаноат	6.45	7.35	7.35	7.36	6.66
Геранил 2-метилбутаноат	0.40	0.56	0.62	0.57	0.43
Геранил 3-метилбутаноат	0.40	0.42	0.40	0.46	0.29
γ-Эвдесмол	7.15	2.64	0.90	1.53	1.82
Кариофиллен-12-аль	1.19	0.94	0.54	0.72	0.60
Интермедеол	2.32	2.71	1.72	1.51	2.00
Геранилтиглат	2.08	1.21	1.18	1.58	1.71
α-Бизаболол	21.46	23.77	28.19	17.31	19.71
Хамазулен	31.53	40.58	44.19	35.96	45.72
Дегидрохамазулен	0.53	0.05	0.04	1.15	0.79

Таблица 5. Состав эфирного масла *Artemisia jacutica*, участок 2 (срок сбора сырья - сентябрь)

Компоненты	Содержание компонентов в % от цельного эфирного масла			
	Внесение в почву удобрений			Контроль
	двойной суперфосфат	хлорид калия	смесь удобрений	
β-Мирцен	0.81			0.40
1,8-Цинеол	3.47	1.45	1.12	1.73
α-Терпинеол	1.33	0.05	0.03	0.50
Кариофиллен	1.30	2.23	2.42	1.45
Вещество А	0.25	1.83	2.32	0.84
Гермакрен Д	0.57	0.90	0.27	0.20
Селина-4,11-диен	0.29	0.20	0.42	0.29
Нерил 2-пропаноат	0.49	0.02	0.42	0.22
Нерил 2-метилбутаноат	4.93	4.80	5.73	4.44
Нерил 3-метилбутаноат	6.10	6.84	7.97	5.34
Геранил 2-метилбутаноат	0.71	0.62	0.52	0.48
Геранил 3-метилбутаноат	0.41	0.32	0.37	0.32
γ-Эвдесмол	1.69	3.23	4.26	2.38
Кариофиллен-12-аль	0.74	1.02	1.00	0.84
Интермедеол	1.36	2.61	2.60	1.87
Геранилтиглат	1.45	1.64	3.58	1.55
α-Бизаболол	23.64	22.61	21.10	25.20
Хамазулен	26.03	45.54	36.65	37.72
Дегидрохамазулен	1.54	0.02	1.05	0.78

Таблица 6. Состав эфирного масла *Artemisia jacutica* в зависимости от внесения смеси удобрений III (см. табл. 2)

Компоненты	Содержание компонентов в % от цельного эфирного масла при внесении в почву удобрений (фазы)		
	стеблевание	бутонизация	цветение
β-Мирцен	0.64	0.18	1.62
1,8-Цинеол	3.29	6.06	2.04
Терпинеол-4	0.05	0.43	0.15
α-Терпинеол	0.43	1.39	0.43
Кариофиллен	1.73	1.97	0.97
Гермакрен Д			0.54
Нерил 2-метилбутаноат	2.88	7.38	5.69
Нерил 3-метилбутаноат	6.38	11.46	8.51
Геранил 2-метилбутаноат	0.41	0.91	0.73
Геранил 3-метилбутаноат	0.39	0.63	0.82
γ-Эвдесмол	2.03	3.56	11.83
Кариофиллен-12-аль	1.39	0.69	0.76
Интермедеол	1.08	2.00	1.42
Геранилтиглат	1.30	1.10	1.17
α-Бизаболол	16.51	20.75	12.17
Хамазулен	47.87	33.91	27.75
Дегидрохамазулен	0.96	0.01	0.50

Таблица 7. Состав эфирного масла *Artemisia jacutica* в зависимости от внесения смеси удобрений II (см. табл. 2)

Компоненты	Содержание компонентов в % от цельного эфирного масла при внесении в почву удобрений (фазы)		
	стеблевание	бутонизация	цветение
1	2	3	4
Сабинен	0.08	1.39	
β-Пинен		0.44	
β-Мирцен	0.23	7.62	0.86
1,8-Цинеол	1.20	2.18	0.43
Кариофиллен	0.36	2.12	1.46
Гермакрен Д		0.91	
Нерил 2-метилбутаноат	6.99	4.91	6.56
Нерил 3-метилбутаноат	11.34	9.43	12.73
Геранил 2-метилбутаноат	0.57	0.35	0.51

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
Геранил 3-метилбутаноат	0.94	0.22	1.06
γ-Эвдесмол	8.91	11.34	13.93
Кариофиллен-12-аль	0.45	1.53	1.20
Интермедеол	1.66	1.45	3.55
Геранилтиглат	1.64	0.48	1.64
α-Бизаболол	12.62	3.88	13.96
Хамазулен	32.55	42.46	21.68
Дегидрохамазулен	0.53	0.09	0.10

Таблица 8. Состав эфирного масла *Artemisia jacutica* в зависимости от внесения смеси удобрений I (см. табл. 2)

Компоненты	Содержание компонентов в % от цельного эфирного масла при внесении в почву удобрений (фазы)		
	стеблевание	бутонизация	цветение
Сабинен			0.71
β-Мирцен	0.44		2.50
1,8-Цинеол	0.11		2.14
α-Копаен		0.55	0.23
Кариофиллен	2.67	4.48	1.24
Селина-4,11-диен	0.51	0.55	
β-Селинен		0.82	0.13
Нерил 2-пропаноат	0.26	0.25	
Вещество Б			1.75
Нерил 2-метилбутаноат	6.67	4.87	4.98
Нерил 3-метилбутаноат	10.71	9.60	6.90
Геранил 2-метилбутаноат	0.59	2.51	0.79
Геранил 3-метилбутаноат	0.57	1.21	0.20
γ-Эвдесмол	1.42	3.82	12.74
Кариофиллен-12-аль	0.74	0.89	0.84
Интермедеол	2.54	3.43	2.52
Геранилтиглат	1.06	0.84	0.44
α-Бизаболол	27.73	27.41	18.37
Дегидрохамазулен	37.35	32.35	24.99

Таблица 9. Состав эфирного масла дикорастущей *Artemisia jacutica* в зависимости от фазы развития растения (образцы травы собраны в Республике Саха-Якутия, в окрестностях Якутска, на засоленных разнотравных степных участках)

Компоненты	Содержание компонентов в % от цельного эфирного масла (фазы)		
	стеблевание	бутонизация	цветение
Сабинен		0.71	0.23
β -Мирцен	0.23	4.96	1.72
1,8-Цинеол	0.81	3.70	2.71
α -Терпинеол	0.49	0.77	0.70
Кариофиллен	1.08	1.66	0.90
Нерил 2-пропаноат	0.55	0.34	0.26
Нерил 2-метилбутаноат	8.17	3.44	2.80
Нерил 3-метилбутаноат	14.59	5.54	6.72
Геранил 2-метилбутаноат	0.63	0.25	0.25
Геранил 3-метилбутаноат	0.50	0.20	0.50
γ -Эвдесмол	0.13	1.30	1.60
Кариофиллен-12-аль	0.05	0.64	0.20
Интермедеол	1.05	1.35	2.78
Геранилтиглат	3.05	1.15	1.09
α -Бизаболол	7.38	19.99	15.16
Хамазулен	45.38	42.30	45.75
Дегидрохамазулен	1.95	2.05	2.28

Таблица 10. Состав эфирного масла интродуцированной формы *Artemisia jacutica* в зависимости от фазы развития растений (образцы травы из Сибирского ботанического сада)

Компоненты	Содержание компонентов в % от цельного эфирного масла в стадии:					
	розетка 1-го года жизни	стеблевание	бутониза- ция	начало цветения	цветение	конец цветения
1	2	3	4	5	6	7
Сабинен		0.03	0.81	0.71	0.33	0.22
β -Мирцен	0.19	0.37	7.09	7.37	2.51	3.11
1,8-Цинеол	0.32	0.79	7.57	6.15	3.67	2.79
Терпинеол-4		0.29	0.44	0.42	0.36	0.17
α -Терпинеол	0.25	1.24	1.50	1.38	1.16	0.73
Кариофиллен	1.28	1.03	0.94	1.43	0.73	0.84
Селина-4,11-диен		0.35	0.25	0.33	0.46	0.31
Гермакрен Д		0.58	0.12	0.28	0.29	0.13

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7
β-Селинен		0.35	0.27	0.29	0.41	0.21
<i>Вещество Б</i>				0.40	1.58	1.76
<i>Вещество В</i>		0.87	0.34	0.64	0.64	0.66
Нерил 2-метилбутаноат	5.47	4.36	4.13	2.42	3.72	2.64
Нерил 3-метилбутаноат	9.97	6.40	6.28	3.94	5.26	4.58
Геранил 2-метилбутаноат	0.28	0.57	0.40	0.41	0.42	0.24
Геранил 3-метилбутаноат	0.28	0.44	0.31	0.50	0.96	1.10
<i>Вещество Г</i>		1.09	0.43	0.82	0.84	0.66
γ-Эвдесмол	1.00	3.02	3.51	14.27	21.52	28.64
Кариофиллен-12-аль	0.45	0.89	0.74	0.93	0.50	0.53
<i>Вещество Д</i>						2.73
<i>Вещество Е</i>		1.10	0.60	0.85	2.84	
Интермедеол	0.25	2.58	1.97	2.39	1.85	2.23
Геранилтиглат	1.27	1.21	0.92	0.69	1.04	0.82
α-Бизаболол	24.75	20.53	18.46	9.65	7.97	6.07
Хамазулен	40.64	43.39	36.28	32.37	24.53	27.39
Дегидрохамазулен	2.78	1.15	0.88	0.77	0.83	0.62

Таблица 11. Состав образцов эфирного масла *Artemisia jacutica*, полученных из различных органов дикорастущих растений (образцы травы собраны в Республике Саха-Якутия, в окрестностях Якутска, на засоленных разнотравных степных участках в фазе начала цветения)

Компоненты	Содержание компонентов в % от цельного эфирного масла в отдельных частях растения:			
	стебли	листья	соцветия	трава
1	2	3	4	5
β-Мирцен	0.16	0.36	2.65	1.01
1,8-Цинеол	0.14	0.22	1.51	0.51
Кариофиллен	0.55	0.94	0.78	0.95
Гермакрин Д		0.45		
Нерил 2-пропаноат	0.50	0.14		
<i>Вещество Б</i>	0.29	0.33	1.23	
Нерил 2-метилбутаноат	8.91	2.13	2.47	3.23
Нерил 3-метилбутаноат	25.12	4.23	3.58	6.27
Геранил 2-метилбутаноат	0.54	0.45	0.37	0.25
Геранил 3-метилбутаноат	1.15	0.59	0.58	0.35

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
<i>Вещество Г</i>		0.35	0.82	
γ-Эвдесмол	11.54	14.79	27.04	18.26
<i>Вещество Д</i>	0.49			
<i>Вещество Е</i>		0.98	1.75	0.68
Интермедеол	1.38	1.57	1.13	1.03
Геранилтиглат	2.56	0.69	0.57	1.08
α-Бизаболол	8.30	14.19	5.27	3.26
Хамазулен	20.88	47.58	37.08	46.78
Дегидрохамазулен	2.38	1.62	0.41	2.28

Литература

1. Красноборов И.М. *Pod Artemisia L.* // Флора Сибири. Новосибирск, 1997. Т. 13. С. 90–141.
2. Поляков П.П. *Pod Artemisia L.* // Флора СССР. М.–Л., 1961. Т. 26. С. 425–631.
3. Калиманова А.П. // Биологические проблемы Севера. Петрозаводск, 1971. С. 102–104.
4. Слепцова Л.В., Сымытова А.С. // Материалы к изучению лекарственной флоры Якутии. Якутск, 1977. С. 63.
5. Цареградская А.П. // Исследование биологических ресурсов в Якутии. Якутск, 1978. С. 44–49.
6. Цареградская А.П. // Кормовые и лекарственные растения Якутии. Якутск, 1978. С. 83–95.
7. Березовская Т.П., Цареградская А.П., Серых Е.А., Калинкина Г.И. // Растительные ресурсы. 1983. №12 (1). С. 54–60.
8. Таран Д.Д., Саратиков А.С., Прищеп Т.П., Венгеровский А.И. // Военно-медицинский журнал. 1989. №8. С. 50–52.
9. Саратиков А.С., Прищеп Т.П., Венгеровский А.И., Таран Д.Д., Березовская Т.П., Калинкина Г.И., Серых Е.А. // Химико-фармацевтический журнал. 1986. №5. С. 585–589.
10. Калиманова А.П. // Материалы VII симпозиума «Биологические проблемы Севера». Петрозаводск, 1976. С. 102–104.
11. Ханина М.А., Амелеченко В.П., Серых Е.А. // Материалы международной научной конференции «Экологические проблемы интродукции растений на современном этапе: вопросы теории и практики». Краснодар, 1993. Ч. 1. С. 240–243.
12. Ханина М.А., Серых Е.А., Амелеченко В.П., Березовская Т.П. // Материалы международной научной конференции «Экологические проблемы интродукции растений на современном этапе: вопросы теории и практики». Краснодар, 1993. Ч. 2. С. 423–426.
13. Амелеченко В.П., Серых Е.А., Ханина М.А. Информац. листок N 44–93: Опыт выращивания *Artemisia jacutica Drob.* в условиях Западной Сибири. Томск, 1993.

14. Ханина М.А., Серых Е.А., Амельченко В.П. // Сборник материалов международной конференции «Особенности акклиматизации многолетних интродуцентов, накапливающих биологически активные вещества». Краснодар, 1995. С. 251–254.
15. Шлепетис Ю. Биология и биохимическая характеристика полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Вильнюс, 1971. 21 с.
16. Ханина М.А., Амельченко В.П., Серых Е.А. // Тезисы докладов X совещания по семеноведению интродуцентов «Особенности развития и прорастания семян интродуцентов (г. Чебоксары, 1994)». М., 1994. С. 44.
17. Березовская Т.П. Хемотаксономия полыней Южной Сибири: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Новосибирск, 1978. 32 с.
18. Березовская Т.П., Амельченко В.П., Красноборов И.М. и др. Полыни Сибири (систематика, экология, химия, хемосистематика, перспективы использования). Новосибирск, 1991. 124 с.
19. Ханина М.А., Серых Е.А., Березовская Т.П., Хан В.А. // Химия природ. соедин. 1992. №2. С. 283–284.
20. Ханина М.А., Серых Е.А., Березовская Т.П., Хан В.А. // Растительные ресурсы. 1991. №27 (3). С. 90–91.
21. McLafferty F.W.; Stauffer D.B. The Wiley/NBS Registry of Mass Spectral Data; Wiley-Interscience, 1989. Vol. 1–7.
22. Eight Peak Index of Mass Spectra; Royal Society of Chemistry: University of Notinham, England, Third Edition, 1983. Vol. 1–2.

Поступило в редакцию 11 ноября 1999 г.