

УДК 547.913:581.13:582.71

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ РАСТЕНИЙ РОДА *ARTEMISIA* L.

© Д.С. Круглов*, Д.Л. Прокушева

Новосибирский государственный медицинский университет, Красный проспект, 52, Новосибирск, 630091 (Россия), e-mail: kruglov_ds@mail.ru

В представленной работе проведено исследование микроэлементного состава наиболее распространенных растений рода полыней (*A. abrotanum* L., *A. absintium* L., *A. annua* L., *A. austriaca* Jacq., *A. bargusinensis* Spreng, *A. caucasica* Willd., *A. cericea* Weber, *A. commutata* Bess, *A. campestris* L., *A. dracunculus* L., *A. frigida* Willd., *A. glauca* Pall, *A. gmelinii* Web, *A. hololeuca* M.Bieb., *A. jacutica* Drob, *A. lagocephala* DC, *A. latifolia* Ledeb, *A. leucophylla* Turcz, *A. macrantha* Ledeb, *A. macrocephala* Jacq, *A. mongolica* Fisch, *A. obtusiloba* Ledeb, *A. opulenta* Pampan, *A. pontica* L., *A. rupestris* L., *A. santolinifolia* Turcz, *A. scoparia* Waldst, *A. siversiana* Willd, *A. tanacetifolia* L., *A. tomentella* Trantv, *A. vulgaris* L.). С использованием метода масс-спектрографии с индуктивно связанной плазмой определено содержание 58 элементов. Проведен кластерный анализ полученных результатов и построена дендрограмма. Разделение растений по кластерам коррелирует с их систематическим положением. Кроме того, эти кластеры оказались значимо различными по содержанию и микроэлементов цветочного комплекса. В результате был сделан вывод, что полыни секции *Artemisia*, в том числе широко распространенный вид полынь обыкновенная, обладают оптимальным содержанием микроэлементов цветочного комплекса, что позволяет предполагать их перспективность как источника антианемического лекарственного растительного сырья.

Ключевые слова: растения рода *Artemisia*, микроэлементный состав, кластерный анализ, цветочный комплекс.

Введение

Растения рода *Artemisia* L. издавна применяются в народной и научной фитотерапии для лечения различных патологий. В основном специфический фармакологический эффект от применения лекарственных растительных препаратов (ЛРП) полыни связывают с эфирным маслом, основными компонентами которого (в зависимости от вида) являются α - и β -гуйоны, камфора, сабилацетат, артемизиа-кетон, метилхавикол, гермакрен D, хамазулен и другие [1]. В то же время и минорные компоненты могут модифицировать и изменять вектор специфической активности, или фармакона, полыней различных видов.

В мировой флоре насчитывается более 500 видов полыней [2], представленных, главным образом, травянистыми и полукустарниковыми формами. Распространены по всему северному полушарию, в умеренном поясе Евразии, в Северной и Южной Африке, Северной Америке.

На территории России и сопредельных стран отмечено около 200 видов, встречающихся практически повсеместно, часто создающих сплошной покров, являющихся эдификаторами степных фитоценозов. Распространенные виды полыней сгруппированы в три подрода: *Artemisia* Less., *Dracunculus* (Bess.) Rouy, *Seriphidium* (Bess.) Rydb. [3]. Такое многообразие видов, произрастающих в различных условиях, с неизбежностью характеризуется широким спектром индивидуальных соединений в химическом составе полыней и обуславливает полиморфизм их фармакологического действия [4, 5]. Разнообразная специфическая активность объясняет и широту терапевтического применения фитопрепаратов полыни в народной медицине антигельминтное [6], антибактериальное [7], противовоспалительное [8], противомалярийное [9], гепатопротекторное [10], противоопухолевое [11], антиоксидантное [12].

Круглов Дмитрий Семенович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: kruglov_ds@mail.ru

Прокушева Дарья Леонидовна – кандидат фармацевтических наук, доцент, e-mail: mak_dl@mail.ru

Вместе с тем наряду с разнообразием органических соединений, обуславливающих вышеприведенные активности суммарных извлечений из полыней, ряд авторов указывает и на вклад в

* Автор, с которым следует вести переписку.

суммарный фармакологический эффект микроэлементного состава растений, это влияет на возможность и вероятную целесообразность применения препаратов полыни для лечения весьма распространенных в современном мире микроэлементозов [13, 14]. Кроме того, микроэлементный состав коррелирует с компонентным составом эфирного масла, продуцируемого клетками эфирномасличных растений [15]. Имеющиеся на настоящий момент данные по исследованию микроэлементного состава полыней носят неполный и несистематический характер. В частности, в работе [16] было определено содержание 13 макро- и микроэлементов в *Artemisia elegantissima* и установлено содержание Cu, Co, Fe, Mg, Mn и Zn, являющихся эссенциальными для живых организмов. Более полное исследование микроэлементного состава было проведено позднее и определены составы 17 видов полыни (*A. scoparia*, *A. absinthium*, *A. indica*, *A. santolinifolia*, *A. maritima*, *A. vulgaris*, *A. japonica*, *A. nilagirica*, *A. herba-alba*, *A. annua*, *A. brevifolia*, *A. moorcroftiana*, *A. dracuncululus*, *A. roxburghiana* и *A. dubia*), произрастающих в Пакистане, методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, который позволил количественно определить только 9 микроэлементов (Zn, Cu, Cr, Ni, Co, Cd, Pb, Mn, Fe) [17]. При таком несистемном подходе выявить какие-либо закономерности весьма проблематично.

В этой связи представляется актуальным проведение исследования полного элементного состава наиболее распространенных на территории России и ряда сопредельных стран растений рода *Artemisia* L. с целью выявления растений перспективных для использования в фитопрофилактике микроэлементозов.

Экспериментальная часть

Объектами исследования служили надземные части растений рода *Artemisia* L., собранные в фазе цветения в типичных местах произрастания на территории Сибири, Дальнего Востока, Казахстана и Монголии (табл. 1).

После сбора сырье доводилось в естественных условиях до воздушно-сухого состояния (влажность ~8%) и измельчалось. Далее точную навеску измельченного сырья (0.1–0.2 г) помещали во фторопластовый вкладыш в автоклаве и добавляли 5 мл концентрированной азотной кислоты [18]. Автоклав герметично закрывают и помещают в микроволновую печь. Разложение пробы проводили в в следующем режиме нагрева: подъем температуры до 200 °С в течение 5 мин, выдерживание в течение 5 мин при 200 °С, охлаждение до 45 °С. Охлажденный автоклав встряхивают для перемешивания содержимого и растворенную пробу количественно переносят в пробирку объемом 15 мл, троекратно встряхивая вкладыш с крышкой с 1 мл деионизированной воды и, перенося каждый смыв в пробирку, доводят объем до 10 мл деионизированной водой, закрывают и перемешивают. Автоматическим дозатором со сменным наконечником отбирают аликвотную часть 1 мл и доводят до 10 мл 0.5%-ной азотной кислотой, далее передают на анализ на масс-спектрометре ELAN 9000. Содержание микроэлементов определялось методом масс-спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой [19]. Для контроля правильности определения использовался метод добавок. Все измерения проводились на пяти пробах и полученные значения усреднялись.

Таблица 1. Объекты исследования

| № | Вид | Место произрастания | LAT | LON |
|---|--------------------------------|---|------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | <i>A. abrotanum</i> L. | Смоленская область, Гагаринский район, 4 км на северо-запад от с. Пречистое, пойменный луг | 55°31'71" | 32°02'78" |
| 2 | <i>A. absinthium</i> L. | Республика Адыгея, Майкопский район, 2 км на восток от пос. Удобный, вдоль дороги | 44°33.12' | 40°10.70' |
| 3 | <i>A. annua</i> L. | Иркутская область, Слюдянский район, 7.5 км на восток от дер. Быстрая, обочина дороги | 51°44.43' | 103°35.04' |
| 4 | <i>A. austriaca</i> Jacq. | Курская область, Щигровский район, 2 км на северо-восток от с. Полевое, оstepненный склон | 51°53.14' | 37°04.15' |
| 5 | <i>A. bargusinensis</i> Spreng | Республика Бурятия, Баргузинский район, 10 км на северо-восток от пос. Журавлиха, галечный склон горы | 53°35.85' | 105°26.93' |
| 6 | <i>A. caucasica</i> Willd | Краснодарский край, Северский район, 5 км на юг от пгт. Афипский, правобережный каменистый склон р. Афипс | 44°50.90' | 38°50.94' |
| 7 | <i>A. cericea</i> Weber | Республика Горный Алтай, Кош-Агачский район, по правому берегу р. Коксу, разнотравно-ковыльная степь | 49°39'957" | 87°08'22" |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--|--|-----------|-----------|
| 8 | <i>A. commutata</i> Bess | Читинская область, Балейский район, 8 км на северо-восток от пос. Этыка, опушка соснового бора | 51°03'95 | 116°56'70 |
| 9 | <i>A. campestris</i> L. | Иркутская область, Слюдянский район, 7 км. на юго-запад от г. Слюдянка, у дороги | 51°37'76 | 103°36'50 |
| 10 | <i>A. dracuncululus</i> L. | Республика Алтай, Кош-Агачский район, по правому берегу р. Джазатор | 49°38'354 | 87°51'05 |
| 11 | <i>A. frigida</i> Willd | Республика Горный Алтай, верховье р. Кокоря, каменистый склон, полынно-ковыльная степь | 49°32'614 | 88°12'79 |
| 12 | <i>A. glauca</i> Pall | Иркутская область, Заларинский район, 4 км на юг от с. Семеновское, степь | 53°41'98 | 102°30'48 |
| 13 | <i>A. gmelinii</i> Web | Республика Тыва, Каа-хемский район, 4 км на северо-восток от пос. Авыйган, луг в долине р. Бурен | 51°20'60 | 95°38'19 |
| 14 | <i>A. hololeuca</i> M. Bieb. ex Besser | Ростовская область, 5 км на запад от г. Верхний Сулин, меловая степь | 47°54'25 | 40°05'34 |
| 15 | <i>A. jacutica</i> Drob | Республика Саха (Якутия), Оймяконский район, по левому берегу р. Улахан | 63°15'55 | 143°12'47 |
| 16 | <i>A. lagocephala</i> DC | Красноярский край, Ирбейский район, 5 км на юго-восток от пос. Агул, каменистый берег р. Агул | 55°28'12 | 95°57'28 |
| 17 | <i>A. latifolia</i> Ledeb | Читинская область, Забайкальский район, 4.5 км на юг от пос. Степной, остепненный луг | 49°58'04 | 117°28'1 |
| 18 | <i>A. leucophylla</i> Turcz | Республика Алтай, Кош-Агачский район, правый приток р. Коксу – Кужуртубулак, галечники по руслу пересыхающего водотока | 49°41'383 | 87°11'61 |
| 19 | <i>A. macrantha</i> Ledeb | Республика Алтай, Кош-Агачский район, долина р. Дара, каменистый склон, разнотравно-полынная степь | 49°39.44' | 88°49.09' |
| 20 | <i>A. macrocephala</i> Jacq | Республика Горный Алтай, Кош-Агачский район, 4 км на юго-запад от пос. Тобелер, степь | 49°52.92' | 88°45.85' |
| 21 | <i>A. mongolica</i> Fisch | Монголия, Баян-Улэгэйский аймак, в 10 км на восток от г. Куйтэн-Уул, остепненный склон сопки | 49°08'95 | 87°08'22 |
| 22 | <i>A. obtusiloba</i> Ledeb | Республика Горный Алтай, Онгудайский район, 4.5 км на юго-восток от пос. Иня, скальный склон | 50°25'33 | 86°41'75 |
| 23 | <i>A. opulenta</i> Pampan | Камчатская область, 9 км на юго-восток от г. Петропавловск-Камчатский, березовое криволесье | 52°55'32 | 158°45'87 |
| 24 | <i>A. pontica</i> L. | Новосибирская область, Каргатский район, в 8 км на северо-восток от с. Верх-Каргат, лесостепь | 55°23'89 | 80°48'36 |
| 25 | <i>A. rupestris</i> L. | Республика Алтай, Кош-Агачский район, 67–68 км дороги Кош-Агач – Джазатор, увлажненный луг | 49°35'14 | 88°17'4 |
| 26 | <i>A. santolinifolia</i> Turcz | Республика Алтай, Кош-Агачский район, в 30 км от с. Джазатор по правому берегу р. Джазатор | 49°38'35 | 87°51'05 |
| 27 | <i>A. scoparia</i> Waldst | Республика Саха (Якутия), Олекминский район, 2.5 км на запад от пос. Куранда, по правому берегу р. Черепаниха | 60°23'97 | 120°11'42 |
| 28 | <i>A. siversiana</i> Willd | Новосибирская область, Тогучинский район, 3 км на запад от пос. Усть-Каменка, вдоль дороги | 54°59'88 | 83°47'76 |
| 29 | <i>A. tanacetifolia</i> L. | Республика Алтай, Кош-Агачский р-н, 77 км дороги Кош-Агач-Джазатор, зарастающая обочина дороги. | 49°37'62 | 88°12'17 |
| 30 | <i>A. tomentella</i> Trantv | Республика Казахстан, Жамбыльский район, 10 км на юг от г. Тараз, опустыненная степь | 42°46'91 | 71°22'36 |
| 31 | <i>A. vulgaris</i> L. | Омская область, Нижнеомский район, 2 км на юг от пос. Локти, вдоль дороги | 55°22'71 | 75°01'58 |

Обсуждение результатов

Полученные результаты определения микроэлементного состава растений приведены в таблице 2.

В результате кластерного анализа с использованием пакета прикладных программ Statistica-8 было получено иерархическое дерево, приведенное на рисунке.

Кластеры считались обоснованно различными, если относительное расстояние между ними в 58-мерном пространстве превышало 20%, что заведомо превышало изменчивость содержания микроэлементов по заросли, определенную ранее в размере 15%.

Таблица 2. Содержание элементов в растениях рода *Artemisia*, мкг/г

| Элемент | <i>A. abrotanum</i> | <i>A. absinthium</i> | <i>A. annua</i> | <i>A. austriaca</i> | <i>A. bargu-sinensis</i> | <i>A. caucasica</i> | <i>A. cericea</i> | <i>A. commutata</i> | <i>A. campestris</i> | <i>A. dracuncululus</i> | <i>A. frigida</i> |
|-----------|---------------------|----------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|
| Литий | 0.61 | 0.87 | 0.91 | 0.33 | 0.13 | 0.52 | 0.45 | 0.1 | 0.29 | 0.03 | 0.6 |
| Бор | 34.9 | 52.4 | 32.2 | 43.0 | 16.2 | 31.8 | 21.7 | 10.4 | 15.3 | 43.7 | 35.5 |
| Натрий | 4483.7 | 239.1 | 460.2 | 125.0 | 54.4 | 220.3 | 85.7 | 78.5 | 103.8 | 21.6 | 6402.8 |
| Магний | 2965.1 | 2372.4 | 2447.6 | 3404.2 | 3698.9 | 6635.4 | 2519.2 | 1446.9 | 2010.5 | 1636.5 | 3298.5 |
| Алюминий | 532.4 | 606.3 | 1857.8 | 497.6 | 137.0 | 668.0 | 497.9 | 95.7 | 347.9 | 63.3 | 424.7 |
| Фосфор | 2957.7 | 3426.1 | 3110.6 | 4193.3 | 1710.5 | 2401.6 | 3027.4 | 2044.3 | 3782.4 | 2280.9 | 2837.9 |
| Калий | 29861.3 | 33127.7 | 19900.4 | 51321.1 | 14391.1 | 29606.2 | 20903.4 | 17351.3 | 22827.1 | 43073.7 | 22215.2 |
| Кальций | 13873.7 | 10118.7 | 12741.0 | 18360.2 | 11749.2 | 10121.3 | 8409.1 | 6476.5 | 7491.1 | 9074.0 | 4783.2 |
| Титан | 32 | 32.3 | 45.2 | 27.8 | 7.9 | 42.3 | 35.5 | 8.4 | 15.6 | 6.2 | 26.1 |
| Ванадий | 1.05 | 1.11 | 2.46 | 0.86 | 0.28 | 1.14 | 0.89 | 0.17 | 0.81 | 0.11 | 0.81 |
| Хром | 37.3 | 1.93 | 3.94 | 1.52 | 1.45 | 1.95 | 2.05 | 1.27 | 2.13 | 1.42 | 1.77 |
| Марганец | 124.2 | 75.6 | 139.5 | 64.0 | 49.2 | 76.6 | 65.1 | 29.8 | 48.0 | 210.9 | 50.8 |
| Железо | 680.1 | 367.5 | 1062.9 | 328.4 | 177.8 | 541.4 | 381.0 | 134.6 | 298.4 | 68.6 | 243.8 |
| Кобальт | 0.67 | 0.32 | 0.54 | 0.31 | 0.2 | 0.37 | 0.3 | 0.14 | 0.26 | 0.15 | 0.18 |
| Никель | 15.7 | 3.67 | 3.18 | 1.99 | 0.33 | 3.27 | 1.51 | 0.88 | 1.37 | 0.49 | 2.72 |
| Медь | 11.1 | 11.6 | 13.3 | 14.0 | 7.0 | 13.9 | 13.8 | 10.5 | 8.9 | 11.1 | 13.2 |
| Цинк | 80.2 | 22.9 | 54.3 | 31.1 | 15.3 | 19.9 | 24.8 | 30.8 | 42.5 | 46.9 | 20.3 |
| Галлий | 0.15 | 0.14 | 0.4 | 0.12 | 0.05 | 0.17 | 0.15 | 0.04 | 0.12 | 0.04 | 0.11 |
| Германий | 0.09 | 0.05 | 0.13 | 0.05 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.001 | 0.04 |
| Мышьяк | 0.15 | 0.24 | 0.25 | 0.15 | 0.12 | 0.148 | 0.01 | 0.12 | 0.35 | 0.13 | 0.16 |
| Бром | 12.1 | 14.6 | 11.0 | 71.9 | 5.2 | 10.8 | 29.3 | 4.8 | 8.1 | 5.9 | 51.7 |
| Селен | 0.09 | 0.23 | 0.07 | 0.56 | 0.11 | 0.06 | 0.79 | 0.39 | 0.67 | 0.05 | 0.97 |
| Рубидий | 20 | 5.3 | 23.4 | 21.3 | 11.7 | 3.5 | 8.3 | 14.6 | 12.7 | 2.8 | 4.6 |
| Стронций | 49.3 | 54.8 | 26.9 | 101.1 | 38.4 | 107.7 | 76.9 | 20.7 | 14.3 | 28.7 | 72.8 |
| Иттрий | 0.18 | 0.16 | 0.34 | 0.16 | 0.05 | 0.24 | 0.16 | 0.05 | 0.08 | 0.02 | 0.13 |
| Цирконий | 1.27 | 0.65 | 1.52 | 0.94 | 0.2 | 0.91 | 0.78 | 0.2 | 0.5 | 0.06 | 0.56 |
| Ниобий | 0.09 | 0.064 | 0.129 | 0.052 | 0.019 | 0.09 | 0.077 | 0.02 | 0.031 | 0.006 | 0.055 |
| Молибден | 0.87 | 0.98 | 0.34 | 1.05 | 0.51 | 0.75 | 0.77 | 0.16 | 0.93 | 0.2 | 2.02 |
| Серебро | 0.008 | 0.010 | 0.009 | 0.007 | 0.005 | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.004 | 0.005 | 0.013 |
| Кадмий | 0.195 | 0.16 | 0.41 | 0.24 | 0.14 | 0.17 | 0.06 | 0.54 | 0.39 | 0.2 | 0.08 |
| Олово | 37.4 | 5.19 | 16.37 | 6.09 | 0.05 | 4.43 | 0.53 | 0.05 | 0.02 | 6.32 | 9.92 |
| Сурьма | 0.046 | 0.03 | 0.08 | 0.16 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.04 |
| Цезий | 0.094 | 0.05 | 0.23 | 0.04 | 0.1 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.01 | 0.03 |
| Барий | 14.76 | 7.04 | 28.51 | 26.12 | 8.44 | 11.93 | 22.58 | 16.17 | 12.86 | 8.91 | 12.86 |
| Лантан | 0.32 | 0.22 | 0.46 | 0.21 | 0.1 | 0.3 | 0.21 | 0.09 | 0.11 | 0.03 | 0.17 |
| Церий | 0.6 | 0.45 | 0.96 | 0.4 | 0.11 | 0.6 | 0.44 | 0.11 | 0.23 | 0.06 | 0.34 |
| Празеодим | 0.066 | 0.052 | 0.116 | 0.048 | 0.016 | 0.072 | 0.051 | 0.018 | 0.028 | 0.006 | 0.041 |
| Неодим | 0.235 | 0.21 | 0.46 | 0.18 | 0.04 | 0.29 | 0.18 | 0.06 | 0.11 | 0.03 | 0.16 |
| Самарий | 0.044 | 0.04 | 0.098 | 0.037 | 0.008 | 0.058 | 0.041 | 0.008 | 0.018 | 0.006 | 0.033 |
| Европий | 0.008 | 0.01 | 0.02 | 0.008 | 0.001 | 0.014 | 0.006 | 0.001 | 0.004 | 0.001 | 0.007 |
| Гадолиний | 0.041 | 0.042 | 0.094 | 0.038 | 0.007 | 0.062 | 0.039 | 0.013 | 0.02 | 0.006 | 0.032 |
| Тербий | 0.006 | 0.006 | 0.013 | 0.005 | 0.002 | 0.009 | 0.006 | 0.002 | 0.003 | 0.001 | 0.005 |
| Диспрозий | 0.032 | 0.029 | 0.068 | 0.027 | 0.006 | 0.046 | 0.032 | 0.009 | 0.016 | 0.004 | 0.025 |
| Гольмий | 0.006 | 0.0058 | 0.0126 | 0.0056 | 0.0011 | 0.0091 | 0.0062 | 0.0016 | 0.0026 | 0.0006 | 0.0049 |
| Эрбий | 0.019 | 0.017 | 0.041 | 0.017 | 0.003 | 0.027 | 0.014 | 0.004 | 0.006 | 0.002 | 0.014 |
| Тулий | 0.003 | 0.0023 | 0.0068 | 0.0025 | 0.001 | 0.0037 | 0.0024 | 0.0006 | 0.0012 | 0.0003 | 0.0021 |
| Иттербий | 0.019 | 0.014 | 0.042 | 0.015 | 0.004 | 0.024 | 0.016 | 0.003 | 0.006 | 0.002 | 0.015 |
| Лютеций | 0.003 | 0.0021 | 0.0056 | 0.0025 | 0.0007 | 0.0036 | 0.0074 | 0.0008 | 0.0011 | 0.0003 | 0.0021 |
| Гафний | 0.034 | 0.021 | 0.054 | 0.026 | 0.004 | 0.027 | 0.018 | 0.004 | 0.01 | 0.003 | 0.018 |
| Тантал | 0.01 | 0.0047 | 0.0074 | 0.0053 | 0.001 | 0.0048 | 0.0057 | 0.0013 | 0.0029 | 0.0005 | 0.0031 |
| Вольфрам | 0.049 | 0.018 | 0.036 | 0.02 | 0.012 | 0.055 | 0.065 | 0.008 | 0.015 | 0.016 | 0.059 |
| Золото | 0.007 | 0.004 | 0.002 | 0.002 | 0.013 | 0.001 | 0.013 | 0.008 | 0.014 | 0.001 | 0.009 |
| Ртуть | 0.017 | 0.008 | 0.011 | 0.025 | 0.001 | 0.024 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.01 | 0.027 |
| Таллий | 0.008 | 0.0046 | 0.0156 | 0.007 | 0.0067 | 0.0109 | 0.004 | 0.0024 | 0.0156 | 0.0013 | 0.0039 |
| Свинец | 1.09 | 0.67 | 0.42 | 0.63 | 0.14 | 0.79 | 0.38 | 0.27 | 0.28 | 0.41 | 0.71 |
| Висмут | 0.011 | 0.008 | 0.014 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.007 | 0.01 | 0.009 | 0.01 | 0.040 |
| Торий | 0.08 | 0.069 | 0.172 | 0.059 | 0.013 | 0.089 | 0.062 | 0.015 | 0.041 | 0.006 | 0.055 |
| Уран | 0.031 | 0.018 | 0.08 | 0.017 | 0.005 | 0.028 | 0.018 | 0.009 | 0.01 | 0.001 | 0.029 |

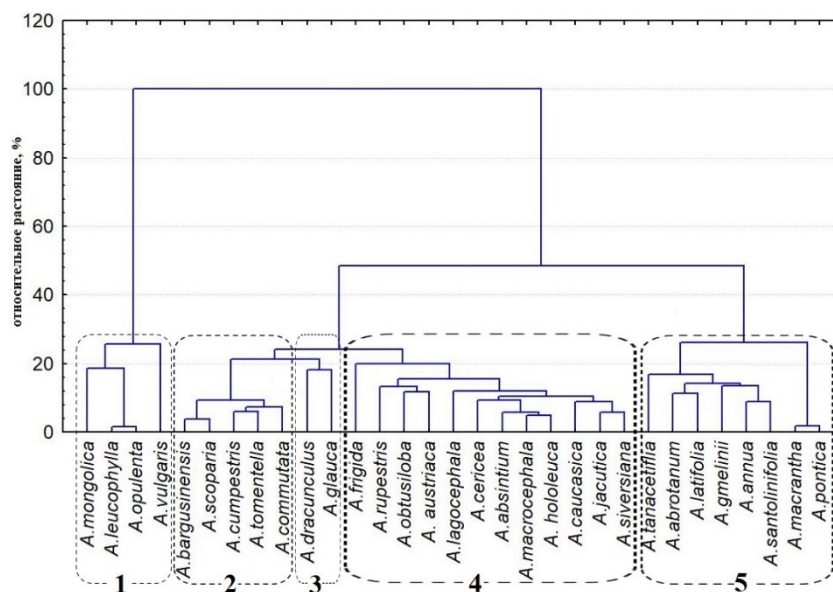
Продолжение таблицы 2

| Элемент | <i>A. glauca</i> | <i>A. gmelinii</i> | <i>A. hololeuca</i> | <i>A. jacutica</i> | <i>A. lagocephala</i> | <i>A. latifolia</i> | <i>A. leucophylla</i> | <i>A. macrantha</i> | <i>A. macrocephala</i> | <i>A. mongolica</i> | <i>A. obtusiloba</i> |
|-----------|------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| Литий | 0.21 | 0.51 | 0.27 | 0.23 | 0.41 | 1.68 | 1.63 | 0.45 | 0.38 | 2.38 | 0.17 |
| Бор | 0.01 | 22.7 | 12.7 | 44.1 | 16.9 | 22.4 | 15.7 | 46.2 | 28.3 | 38.3 | 76.7 |
| Натрий | 84.6 | 254.7 | 144.9 | 66.0 | 144.7 | 198.1 | 651.0 | 1180.3 | 241.1 | 842.0 | 35.1 |
| Магний | 2757.9 | 2166.1 | 2033.6 | 4235.1 | 4663.8 | 2899.9 | 3450.8 | 4166.5 | 2792.5 | 3630.5 | 3148.9 |
| Алюминий | 176.1 | 843.4 | 484.3 | 394.4 | 570.6 | 1078.3 | 2988.6 | 59.4 | 840.9 | 4051.5 | 203.0 |
| Фосфор | 3393.9 | 4745.9 | 2375.3 | 2671.4 | 1550.4 | 2701.1 | 2168.6 | 2893.4 | 2734.7 | 3197.2 | 3778.6 |
| Калий | 29367.6 | 39371.9 | 29997.3 | 24569.4 | 14651.7 | 36546.5 | 28057.6 | 7219.5 | 31032.5 | 32842.2 | 23370.7 |
| Кальций | 7672.2 | 10614.6 | 9534.8 | 14984.3 | 14907.5 | 13833.6 | 10448.4 | 13166.5 | 10875.9 | 10649.5 | 19706.6 |
| Титан | 13.8 | 54.6 | 29.6 | 21.2 | 33.7 | 40.5 | 133.5 | 20.8 | 32.6 | 81.4 | 18.4 |
| Ванадий | 0.38 | 1.05 | 0.89 | 0.7 | 1.13 | 1.68 | 4.3 | 0.87 | 1.44 | 6.53 | 0.38 |
| Хром | 1.09 | 1.92 | 1.71 | 1.44 | 2.6 | 3.85 | 4.38 | 5.04 | 2.23 | 10.59 | 1.5 |
| Марганец | 68.8 | 85.2 | 51.6 | 55.1 | 63.0 | 100.3 | 106.5 | 187.8 | 59.1 | 100.1 | 94.2 |
| Железо | 171.4 | 561.4 | 372.3 | 254.1 | 485.7 | 673.7 | 1792.7 | 119.8 | 603.6 | 2621.0 | 157.5 |
| Кобальт | 0.17 | 0.30 | 0.27 | 0.28 | 0.36 | 0.48 | 0.89 | 0.87 | 0.36 | 1.38 | 0.3 |
| Никель | 4.99 | 1.19 | 2.13 | 1.13 | 1.77 | 4.16 | 5.31 | 8.70 | 3.66 | 6.58 | 0.97 |
| Медь | 9.5 | 9.8 | 9.1 | 11.2 | 7.0 | 13.2 | 16.9 | 14.0 | 12.8 | 19.8 | 18.6 |
| Цинк | 34.7 | 40.3 | 18.5 | 30.2 | 31.3 | 32.6 | 26.0 | 31.7 | 27.9 | 27.3 | 20.6 |
| Галлий | 0.07 | 0.23 | 0.13 | 0.1 | 0.14 | 0.27 | 0.58 | 0.15 | 0.18 | 0.96 | 0.07 |
| Германий | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.09 | 0.22 | 0.02 | 0.07 | 0.36 | 0.002 |
| Мышьяк | 0.21 | 0.05 | 0.01 | 0.16 | 0.32 | 0.068 | 0.11 | 0.39 | 0.34 | 0.099 | 0.12 |
| Бром | 3.0 | 4.1 | 32.6 | 2.3 | 2.5 | 10.3 | 27.9 | 216.4 | 12.5 | 8.6 | 19.3 |
| Селен | 0.08 | 0.09 | 0.33 | 0.05 | 0.07 | 0.33 | 0.44 | 0.65 | 0.17 | 0.09 | 0.16 |
| Рубидий | 2.8 | 14.2 | 8.3 | 4.3 | 7.3 | 5.5 | 8.2 | 9.3 | 6.6 | 36.0 | 10.6 |
| Стронций | 13.6 | 46.3 | 49.1 | 41.3 | 9.6 | 43.5 | 51.6 | 83.5 | 37.3 | 33.5 | 45.1 |
| Иттрий | 0.04 | 0.22 | 0.18 | 0.13 | 0.23 | 0.27 | 0.77 | 0.32 | 0.22 | 0.68 | 0.08 |
| Цирконий | 0.03 | 0.3 | 0.56 | 0.55 | 0.68 | 1.21 | 2.54 | 0.82 | 0.73 | 4.38 | 0.43 |
| Ниобий | 0.014 | 0.146 | 0.068 | 0.045 | 0.054 | 0.094 | 0.233 | 0.074 | 0.048 | 0.16 | 0.034 |
| Молибден | 0.88 | 2.48 | 0.75 | 0.68 | 0.07 | 0.62 | 0.58 | 0.11 | 0.62 | 0.99 | 0.71 |
| Серебро | 0.006 | 0.015 | 0.009 | 0.004 | 0.01 | 0.007 | 0.013 | 0.018 | 0.015 | 0.017 | 0.006 |
| Кадмий | 0.03 | 0.13 | 0.15 | 0.1 | 0.23 | 0.21 | 0.22 | 0.18 | 0.14 | 0.08 | 0.25 |
| Олово | 2.72 | 6.68 | 7.9 | 15.93 | 19.98 | 12.54 | 9.66 | 7.37 | 10.61 | 36.86 | 6.74 |
| Сурьма | 0.21 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.08 | 0.06 | 0.19 | 0.04 | 0.03 | 0.15 | 0.02 |
| Цезий | 0.02 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.08 | 0.14 | 0.36 | 0.24 | 0.08 | 0.48 | 0.43 |
| Барий | 8.16 | 23.49 | 11.44 | 7.14 | 7.95 | 17.18 | 22.82 | 32.44 | 9.78 | 25.91 | 5.17 |
| Лантан | 0.07 | 0.88 | 0.26 | 0.15 | 0.26 | 0.33 | 0.75 | 0.61 | 0.22 | 1.08 | 0.08 |
| Церий | 0.14 | 1.48 | 0.47 | 0.27 | 0.52 | 0.66 | 1.57 | 0.57 | 0.42 | 2.34 | 0.16 |
| Празеодим | 0.017 | 0.152 | 0.058 | 0.033 | 0.064 | 0.073 | 0.188 | 0.1 | 0.057 | 0.273 | 0.019 |
| Неодим | 0.07 | 0.52 | 0.22 | 0.13 | 0.26 | 0.32 | 0.76 | 0.38 | 0.22 | 1.1 | 0.08 |
| Самарий | 0.015 | 0.078 | 0.042 | 0.029 | 0.051 | 0.061 | 0.166 | 0.09 | 0.05 | 0.224 | 0.015 |
| Европий | 0.003 | 0.015 | 0.009 | 0.006 | 0.013 | 0.013 | 0.04 | 0.02 | 0.014 | 0.049 | 0.004 |
| Гадолиний | 0.016 | 0.077 | 0.043 | 0.029 | 0.052 | 0.064 | 0.184 | 0.084 | 0.053 | 0.208 | 0.018 |
| Тербий | 0.002 | 0.009 | 0.006 | 0.004 | 0.007 | 0.009 | 0.026 | 0.01 | 0.008 | 0.026 | 0.002 |
| Диспрозий | 0.01 | 0.043 | 0.031 | 0.023 | 0.043 | 0.051 | 0.132 | 0.058 | 0.042 | 0.127 | 0.013 |
| Гольмий | 0.0022 | 0.0075 | 0.0063 | 0.0045 | 0.0074 | 0.0095 | 0.025 | 0.0091 | 0.0087 | 0.0263 | 0.0027 |
| Эрбий | 0.006 | 0.023 | 0.02 | 0.014 | 0.021 | 0.03 | 0.077 | 0.023 | 0.026 | 0.091 | 0.008 |
| Тулий | 0.0008 | 0.003 | 0.0026 | 0.002 | 0.0027 | 0.0042 | 0.01 | 0.0036 | 0.0038 | 0.0115 | 0.0012 |
| Иттербий | 0.006 | 0.02 | 0.018 | 0.014 | 0.017 | 0.029 | 0.068 | 0.016 | 0.025 | 0.085 | 0.007 |
| Лютеций | 0.001 | 0.0027 | 0.0028 | 0.0021 | 0.0022 | 0.0041 | 0.0105 | 0.0037 | 0.003 | 0.013 | 0.001 |
| Гафний | 0.009 | 0.013 | 0.017 | 0.016 | 0.019 | 0.031 | 0.081 | 0.023 | 0.02 | 0.123 | 0.005 |
| Тантал | 0.0005 | 0.0164 | 0.0038 | 0.0026 | 0.0024 | 0.0059 | 0.0138 | 0.0029 | 0.0023 | 0.0095 | 0.0055 |
| Вольфрам | 0.089 | 0.058 | 0.018 | 0.009 | 0.021 | 0.156 | 0.043 | 0.052 | 0.013 | 0.056 | 0.031 |
| Золото | 0.002 | 0.005 | 0.004 | 0.001 | 0.009 | 0.002 | 0.001 | 0.031 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| Ртуть | 0.025 | 0.009 | 0.031 | 0.011 | 0.006 | 0.033 | 0.037 | 0.024 | 0.063 | 0.006 | 0.018 |
| Таллий | 0.0018 | 0.0075 | 0.0054 | 0.0061 | 0.0259 | 0.0087 | 0.0164 | 0.006 | 0.0051 | 0.029 | 0.0076 |
| Свинец | 0.58 | 0.61 | 1.03 | 0.1 | 1.26 | 0.88 | 0.89 | 1.56 | 0.39 | 0.63 | 1.15 |
| Висмут | 0.006 | 0.01 | 0.016 | 0.006 | 0.013 | 0.012 | 0.011 | 0.016 | 0.016 | 0.028 | 0.006 |
| Торий | 0.028 | 0.173 | 0.066 | 0.039 | 0.046 | 0.104 | 0.24 | 0.069 | 0.071 | 0.386 | 0.022 |
| Уран | 0.008 | 0.047 | 0.018 | 0.018 | 0.019 | 0.028 | 0.071 | 0.019 | 0.015 | 0.099 | 0.005 |

Окончание таблицы 2

| Элемент | <i>A. opulenta</i> | <i>A. pontica</i> | <i>A. rupestris</i> | <i>A. santolinifolia</i> | <i>A. scoparia</i> | <i>A. siversiana</i> | <i>A. tanacetifolia</i> | <i>A. tomentella</i> | <i>A. vulgaris</i> |
|-----------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| Литий | 1.57 | 0.54 | 0.35 | 0.59 | 0.08 | 0.27 | 2.91 | 0.25 | 0.9 |
| Бор | 15.1 | 47.2 | 40.4 | 26.0 | 16.4 | 40.4 | 51.8 | 20.0 | 61.8 |
| Натрий | 684.6 | 1075.0 | 616.7 | 363.7 | 37.8 | 84.7 | 8376 | 72.1 | 830.7 |
| Магний | 3605.9 | 3922.0 | 2670.4 | 2662.2 | 2459.8 | 5304 | 2414.8 | 1075.0 | 9107.7 |
| Алюминий | 2932.8 | 67.4 | 632.3 | 1465.0 | 71.1 | 440.4 | 883.3 | 351.1 | 2404.1 |
| Фосфор | 2329.4 | 2620.0 | 3208.4 | 2784.1 | 2273.0 | 4062.5 | 4096.9 | 2827.3 | 1612.5 |
| Калий | 30040.2 | 7562.0 | 37375.6 | 27346.6 | 15664.9 | 30072.8 | 43817.6 | 21920.0 | 18592.3 |
| Кальций | 10131.6 | 13392.0 | 13511.2 | 10951.8 | 7701.5 | 16419.2 | 16039.3 | 6290.0 | 21355.8 |
| Титан | 123.1 | 22.0 | 39.3 | 80.2 | 5.6 | 28 | 53.4 | 19.2 | 87.4 |
| Ванадий | 4.26 | 0.99 | 1.07 | 2.02 | 0.19 | 0.72 | 1.73 | 0.44 | 2.3 |
| Хром | 4.44 | 4.80 | 1.92 | 7.69 | 1.31 | 1.75 | 68.87 | 1.65 | 3.3 |
| Марганец | 109.3 | 199.0 | 66.6 | 73.4 | 55.3 | 81.3 | 191.3 | 26.7 | 99.5 |
| Железо | 1815.1 | 137.0 | 403.6 | 841.3 | 126.7 | 323 | 1125.9 | 253.4 | 1822.1 |
| Кобальт | 0.85 | 0.81 | 0.32 | 0.42 | 0.13 | 0.21 | 1.08 | 0.17 | 0.67 |
| Никель | 5.55 | 9.7 | 2.78 | 2.86 | 0.2 | 1.77 | 29.28 | 0.67 | 3.16 |
| Медь | 17.0 | 13.8 | 16.8 | 14.7 | 7.5 | 6.8 | 14.9 | 10.6 | 22.3 |
| Цинк | 25.6 | 31.9 | 35.0 | 24.6 | 16.3 | 33.4 | 137.6 | 23.7 | 18.1 |
| Галлий | 0.62 | 0.16 | 0.17 | 0.36 | 0.02 | 0.11 | 0.24 | 0.12 | 0.46 |
| Германий | 0.22 | 0.02 | 0.06 | 0.09 | 0.004 | 0.04 | 0.16 | 0.01 | 0.24 |
| Мышьяк | 0.112 | 0.22 | 0.18 | 0.25 | 0.21 | 0.09 | 0.27 | 0.008 | 0.056 |
| Бром | 28.2 | 226.0 | 9.6 | 9.4 | 2.0 | 7.6 | 18.3 | 8.2 | 34.0 |
| Селен | 0.45 | 0.78 | 0.12 | 0.06 | 0.28 | 0.19 | 0.08 | 0.37 | 0.71 |
| Рубидий | 8.2 | 10.6 | 14.0 | 5.2 | 15.0 | 9.1 | 27.7 | 5.3 | 5.2 |
| Стронций | 48.7 | 83.6 | 65.8 | 48.9 | 26.6 | 78.4 | 59.9 | 12.9 | 192.6 |
| Иттрий | 0.72 | 0.29 | 0.22 | 0.44 | 0.02 | 0.16 | 0.3 | 0.11 | 0.75 |
| Цирконий | 2.68 | 0.79 | 0.83 | 1.99 | 0.12 | 0.4 | 2.22 | 0.81 | 1.79 |
| Ниобий | 0.225 | 0.067 | 0.075 | 0.178 | 0.01 | 0.055 | 0.16 | 0.041 | 0.255 |
| Молибден | 0.6 | 0.13 | 0.92 | 0.82 | 0.38 | 1.27 | 1.2 | 0.7 | 1.77 |
| Серебро | 0.012 | 0.019 | 0.009 | 0.012 | 0.002 | 0.004 | 0.01 | 0.008 | 0.015 |
| Кадмий | 0.21 | 0.33 | 0.19 | 0.15 | 0.11 | 0.12 | 0.25 | 0.15 | 0.13 |
| Олово | 9.68 | 6.8 | 6.94 | 10.61 | 0.01 | 9.13 | 70.18 | 0.51 | 13.07 |
| Сурьма | 0.18 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.01 | 0.02 | 0.08 | 0.03 | 0.06 |
| Цезий | 0.37 | 0.23 | 0.04 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.09 | 0.08 | 0.08 |
| Барий | 23.63 | 34.9 | 23.32 | 23.23 | 5.07 | 14.56 | 20.53 | 13.66 | 30.38 |
| Лантан | 0.78 | 0.56 | 0.29 | 0.58 | 0.03 | 0.21 | 0.52 | 0.17 | 2.35 |
| Церий | 1.66 | 0.54 | 0.54 | 1.18 | 0.06 | 0.39 | 1.03 | 0.36 | 3.93 |
| Празеодим | 0.202 | 0.097 | 0.063 | 0.139 | 0.007 | 0.046 | 0.11 | 0.044 | 0.412 |
| Неодим | 0.8 | 0.38 | 0.25 | 0.56 | 0.03 | 0.18 | 0.41 | 0.16 | 1.5 |
| Самарий | 0.172 | 0.079 | 0.052 | 0.113 | 0.007 | 0.036 | 0.076 | 0.031 | 0.253 |
| Европий | 0.039 | 0.019 | 0.011 | 0.024 | 0.001 | 0.007 | 0.015 | 0.005 | 0.065 |
| Гадолиний | 0.171 | 0.086 | 0.053 | 0.108 | 0.005 | 0.037 | 0.071 | 0.025 | 0.251 |
| Тербий | 0.024 | 0.011 | 0.007 | 0.016 | 0.001 | 0.005 | 0.01 | 0.004 | 0.031 |
| Диспрозий | 0.135 | 0.053 | 0.042 | 0.087 | 0.004 | 0.03 | 0.056 | 0.021 | 0.153 |
| Гольмий | 0.0261 | 0.0098 | 0.0076 | 0.0164 | 0.0051 | 0.0054 | 0.0104 | 0.0046 | 0.0268 |
| Эрбий | 0.080 | 0.024 | 0.023 | 0.05 | 0.002 | 0.016 | 0.033 | 0.01 | 0.077 |
| Тулий | 0.0107 | 0.0035 | 0.0032 | 0.0068 | 0.0003 | 0.0021 | 0.0045 | 0.002 | 0.009 |
| Иттербий | 0.071 | 0.019 | 0.022 | 0.047 | 0.002 | 0.016 | 0.032 | 0.011 | 0.057 |
| Лютеций | 0.0098 | 0.0033 | 0.003 | 0.0071 | 0.0005 | 0.002 | 0.0047 | 0.0015 | 0.0078 |
| Гафний | 0.085 | 0.022 | 0.023 | 0.059 | 0.002 | 0.012 | 0.06 | 0.014 | 0.052 |
| Тантал | 0.0138 | 0.0029 | 0.0043 | 0.0129 | 0.0007 | 0.003 | 0.0171 | 0.0029 | 0.0172 |
| Вольфрам | 0.045 | 0.061 | 0.025 | 0.029 | 0.008 | 0.017 | 0.082 | 0.028 | 0.094 |
| Золото | 0.001 | 0.031 | 0.003 | 0.002 | 0.01 | 0.002 | 0.003 | 0.01 | 0.001 |
| Ртуть | 0.0093 | 0.023 | 0.0073 | 0.0221 | 0.003 | 0.018 | 0.031 | 0.004 | 0.04 |
| Таллий | 0.0168 | 0.0067 | 0.0057 | 0.0104 | 0.0024 | 0.0046 | 0.0095 | 0.004 | 0.0132 |
| Свинец | 0.94 | 1.4 | 1.0 | 1.03 | 0.22 | 0.64 | 1.93 | 0.42 | 1.68 |
| Висмут | 0.011 | 0.019 | 0.013 | 0.013 | 0.005 | 0.006 | 0.017 | 0.009 | 0.019 |
| Торий | 0.24 | 0.067 | 0.072 | 0.187 | 0.009 | 0.053 | 0.139 | 0.049 | 0.167 |
| Уран | 0.066 | 0.022 | 0.028 | 0.056 | 0.004 | 0.013 | 0.054 | 0.015 | 0.065 |

Примечание. Относительные доверительные интервалы, рассчитанные по 5 измерениям в зависимости от определяемого элемента, составили от 3 до 7%.



Дендрограмма видов рода *Artemisia* L. по микроэлементному статусу

Анализ полученного распределения растений в иерархическом дереве позволяет сделать вывод о соответствии распределения исследуемых растений их систематическому положению. В частности, согласно полученной дендрограмме (рис.), исследуемые растения можно объединить в 5 кластеров по степени близости элементного состава:

- 1 – *A. mongolica* Fisch, *A. leucophylla* Turcz, *A. opulenta* Pampan, *A. vulgaris* L.;
- 2 – *A. scoparia* Waldst, *A. commutata* Bess, *A. bargusinensis* Spreng, *A. tomentella* Trantv.;
- 3 – *A. dracunculus* L., *A. glauca* Pall.;
- 4 – *A. absintium* L., *A. austriaca* Jacq., *A. caucasica* Willd, *A. cericea* Weber, *A. campestris* L., *A. frigida* Willd, *A. jacutica* Drob, *A. lagocephala* DC, *A. macrocephala* Jacq, *A. obtusiloba* Ledeb, *A. rupestris* L., *A. siversiana* Willd , *A. hololeuca* M.Bieb.;
- 5 – *A. tanacetifolia* L., *A. gmelinii* Web, *A. latifolia* Ledeb, *A. santolinifolia* Turcz, *A. macrantha* Ledeb, *A. pontica* L. *A. abrotanum* L., *A. annua* L.

Такое разделение видов по кластерам коррелирует с систематическим положением рассмотренных видов и соответствует их распределению по секциям: *Artemisia* Less, *Dracunculus* Bess., *Campestris* Krasch., *Absintium* DC. и *Abrotanum* Bess соответственно [20].

В дальнейшем, считая кластеры статистически однородными, были посчитаны средние и дисперсии по отдельным группам элементов (табл. 3). Были выделены следующие группы элементов:

- макроэлементы (магний, калий, кальций и фосфор) – которые необходимы для формирования и функционирования структур любой растительной клетки;
- микроэлементы (железо, марганец, хром и медь) – которые необходимы для функционирования ферментных систем и являются в определенной степени видоспецифичными. Кроме того, именно эти элементы являются микроэлементами цветочного комплекса и необходимы в препаратах для лечения и профилактики железодефицитной анемии;
- элементы-токсиканты (мышьяк, кадмий, ртуть и свинец), содержание которых определяет безопасность применения растительных препаратов и строго нормируется в лекарственном растительном сырье Государственной Фармакопеей IV издания [21].

Значимость различия содержания микроэлементов определяли с использованием t-критерия Стьюдента при уровне значимости 0.95 [22]. Полученные данные показали, что по содержанию токсикантов все образцы не превышают нормы, установленные в Государственной фармакопее, значимо не отличаются от средних значений по выборке и не имеют каких-либо закономерностей по кластерам, что в свою очередь свидетельствует о стохастичном характере распределения токсикантов по кластерам. Данное обстоятельство может быть связано с тем, что растения не имеют специфических переносчиков данных элементов по симпласту, и наличие токсикантов обусловлено сугубо экзогенным характером контаминации, которое заведомо носит случайный характер.

Таблица 3. Содержание макро- и микроэлементов в полученных кластерах

| Элемент | Кластер | | | | | по всем видам |
|----------------------|--------------|-------------|------------|-------------|-------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| макроэлементы, мг/г | | | | | | |
| Mg | 4.95±2.8 | 2.2±1.2 | 2.2±0.8 | 3.47±1.4 | 2.96±0.72 | 3.3±1.5 |
| K | 27.4±6.2 | 17.3±3.3 | 36.2±9.7 | 28.5±9.1 | 25.0±13.9 | 26.9±10.1 |
| Ca | 13.15±5.5 | 8.1±2.5 | 8.4±1.0 | 12.2±4.5 | 13.0±1.7 | 11.8±3.9 |
| P | 2.33±0.46 | 2.2±0.47 | 2.84±0.79 | 3.08±0.76 | 3.3 ±0.8 | 2.9±0.8 |
| микроэлементы, мкг/г | | | | | | |
| Fe | 2012.0±406.0 | 173.0±58.0 | 120.0±73.0 | 366.0±123.0 | 647.0±376.0 | 611.0±611.0 |
| Mn | 104.0±5.0 | 40.2±15.1 | 140.0±5.0 | 65.5±13.5 | 143.0±50.0 | 90.5±48.2 |
| Cr | 5.7±3.3 | 1.42±0.17 | 1.25±0.23 | 1.9±0.3 | 18.5±24.0 | 6.1±13.0 |
| Cu | 19.0±2.6 | 8.9±1.9 | 10.9±1.1 | 12.1±3.5 | 13.1±1.8 | 12.7±3.8 |
| токсиканты, мкг/г | | | | | | |
| As | 0.19±0.12 | 0.11±0.06 | 0.17±0.06 | 0.16±0.12 | 0.21±0.05 | 0.19±0.04 |
| Cd | 0.15±0.05 | 0.235±0.35 | 0.115±0.12 | 0.18±0.3 | 0.23±0.25 | 0.16±0.1 |
| Pb | 1.1±0.8 | 0.26±0.2 | 0.5±0.12 | 0.75±1.3 | 1.12±1.32 | 0.78±0.46 |
| Hg | 0.021±0.031 | 0.003±0.002 | 0.018±0.01 | 0.015±0.057 | 0.021±0.02 | 0.02±0.017 |

Макроэлементы также отличаются статистически незначимыми изменениями содержания элементов, что обусловлено уже, напротив, целенаправленным поглощением данных элементов из почвы в связи с необходимостью поддержания конституционного и энергетического гомеостаза растительного организма.

Видоспецифичные элементы значимо отличаются от среднего значения по выборке и между кластерами. Кластеры, сформированные в дендрограмме, оказались значимо различными по содержанию и микроэлементов кроветворного комплекса. С позиций профилактики железодефицитной анемии важно не только абсолютное содержание элементов, но и соотношение Fe/Mn, которое должно быть эквимолярным [23]. С учетом на порядок меньшей извлекаемости железа из сухого сырья [24], наиболее перспективными для использования при производстве антианемических ЛРП являются полыни 1-го кластера *A. mongolica* Fisch, *A. leucophylla* Turcz, *A. opulenta* Pampan, *A. vulgaris* L.

Выводы

В результате проведенного исследования было установлена корреляция между элементным составом полыней и их систематическим положением:

- полученное по дендрограмме распределение видов по кластерам значимо различается по содержанию основных видоспецифичных элементов;
- полыни секции *Artemisia*, в т.ч. широко распространенный вид полынь обыкновенная, обладают оптимальным содержанием микроэлементов кроветворного комплекса, что позволяет предполагать их перспективность как источника антианемического лекарственного растительного сырья.

Список литературы

1. Ткачев А.В., Прокушева Д.Л., Домрачев Д.В. Дикорастущие эфирномасличные растения Южной Сибири. Новосибирск, 2017. 575 с.
2. Коробков А.А. Полыни Северо-Востока СССР. Л., 1981. 120 с.
3. Поляков П.П. Род Полынь – *Artemisia* L. // Флора СССР. М., Л., 1961. Т. 26. С. 425–630.
4. Bisht D., Kumar D., Dua K., Chellappan D.K. Phytochemistry and pharmacological activity of the genus *Artemisia* // Arch. Pharm. Res. 2021. Vol. 44. Pp. 439–474. DOI: 10.1007/s12272-021-01328-4.
5. Kikhanova Zh.S., Iskakova Zh.B., Dzhalmakhanbetova R.I., Seilkhanov T.M., Ross S.A., Suleimen E.M. Constituents of *Artemisia austriaca* and their biological activity // Chemistry of Natural Compounds. 2013. Vol. 49. N5. Pp. 967–968.
6. Amirmohammadi M., Khajoenia S., Bahmani M., Rafieian-Kopaei M., Eftekhari Z., Qorbani M. In vivo evaluation of antiparasitic effects of *Artemisia abrotanum* and *Salvia officinalis* extracts on *Syphacia obvelata*, *Aspiculoris tetrapetra* and *Hymenolepis nana* parasites // Asian Pacific Journal of Tropical Disease. 2014. Vol. 4. Pp. 250–254.
7. Munda S., Pandey S.K., Dutta S., Baruah J., Lal M. Antioxidant activity, antibacterial activity and chemical composition of essential oil of *Artemisia vulgaris* L. leaves from Northeast India // Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2019. Vol. 22. Pp. 368–379. DOI: 10.1080/0972060X.2019.1602083.
8. Afsar S., Kumar K.R., Gopal J.V., Raveesha P. Assessment of anti-inflammatory activity of *Artemisia vulgaris* leaves by cotton pellet granuloma method in Wistar albino rats // Journal of Pharmacy Research. 2013. Vol. 7. N6. Pp. 463–467.

9. Kane N.F., Kyama M.C., Nganga J.K., Hassanali A., Diallo M., Kimani F.T. Comparison of phytochemical profiles and antimalarial activities of *Artemisia afra* plant collected from five countries in Africa // South African Journal of Botany. 2019. Vol. 125. Pp. 126–133. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.07.001.
10. Amat N., Upur H., Blazekovic B. In vivo hepatoprotective activity of the aqueous extract of *Artemisia absinthium* L. against chemically and immunologically induced liver injuries in mice // Journal of Ethnopharmacology. 2010. Vol. 131. N2. Pp. 478–484.
11. Lang S.J., Schmiech M., Hafner S., Paetz C., Steinborn C., Huber R., Gaafary M.E., Werner K., Schmidt C.Q., Syrovets T., Simmet T. Antitumor activity of an *Artemisia annua* herbal preparation and identification of active ingredients // Phytomedicine. 2019. Vol. 62. 152962. DOI: 10.1016/j.phymed.2019.152962.
12. Megdiche-Ksouri W., Trabelsi N., Mkadmini K., Bourgou S., Noumi A., Snoussi M., Barbria R., Tebourbi O., Ksouri R. *Artemisia campestris* phenolic compounds have antioxidant and antimicrobial activity // Industrial Crops and Products. 2015. Vol. 63. Pp. 104–113.
13. Чимитцыренова Л.И. Фармакогностическое исследование *Artemisia gmelinii* Web.ex Stechm. и разработка лекарственных средств на ее основе: дисс. ... канд. фарм. наук. Улан-Удэ, 2017. 195 с.
14. Березовская Т.П., Амельченко В.П., Красноборов И.М., Серых Е.А. Полыни Сибири: систематика, экология, химия, хемосистематика, перспективы использования. Новосибирск, 1991. 125 с.
15. Kruglov D.S., Kruglova M.Yu., Olennikov D.N. Interrelation of the microelement status and component composition of essential oil taken from plants of *Filipendula* genus // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2020. Vol. 46. N7. Pp. 1378–1384.
16. Kaneez F.A., Qadiruddin M., Kalhor M.A., Shirin K., Badar Y. Determination of major and trace elements in *Artemisia elegantissima* and *Rhazya stricta* and their relative medicinal uses // Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research. 2001. Vol. 44(5). Pp. 291–293.
17. Ashraf M., Hayat M.Q., Mumtaz A.S. A study on elemental contents of medicinally important species of *Artemisia* L. (*Asteraceae*) found in Pakistan // Journal of Medicinal Plants Research. 2010. Vol. 4(21). Pp. 2256–2263. DOI: 10.5897/JMPR10.460.
18. МУК 4.1.1483-03. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой: методические указания. М., 2003. 36 с.
19. Kishi Y., Kawabata K. The best way to measure the perform 15 ance of an ICP-MS // Semiconductor News. 2001. Vol. 2. N1. Pp. 4–5.
20. Флора Сибири. Т. 13: *Asteraceae* (Compositae) / под ред. И.М. Красноборова. Новосибирск, 1997. 472 с.
21. Государственная Фармакопея, XIV издание. М., 2018. Т. 2. URL: <https://docs.ruclm.ru/feml/pharma/v14/vol2/>.
22. Никитин В.И. Первичная статистическая обработка экспериментальных данных. Самара, 2017. 80 с.
23. Круглов Д.С. Создание сборов для фитотерапии железодефицитной анемии: Методологические подходы // Фармация. 2008. №2. С. 17–19.
24. Круглов Д.С., Ханина М.А. Влияние условий экстрагирования на элементный состав извлечения из надземной части *Pulmonaria mollissima* // Тезисы докладов IV Всероссийской научной конференции. Сыктывкар, 2006. С. 255.

Поступила в редакцию 21 декабря 2021 г.

После переработки 8 марта 2022 г.

Принята к публикации 3 апреля 2022 г.

Для цитирования: Круглов Д.С., Прокушева Д.Л. Микроэлементный состав наиболее распространенных растений рода *Artemisia* L. // Химия растительного сырья. 2022. №3. С. 139–149. DOI: 10.14258/jcrpm.20220310800.

Kruglov D.S.*, Prokusheva D.L. THE TRACE-ELEMENT CONSTITUENTS OF THE MOST WIDESPREAD PLANTS OF GENUS ARTEMISIA

Novosibirsk State Medical University, Krasny prospect, 52, Novosibirsk, 630091 (Russia), e-mail: kruglov_ds@mail.ru

In the presented work, research of the trace element composition of the most common plants of the genus *Artemisia* (*A. abrotanum* L., *A. absintium* L., *A. annua* L., *A. austriaca* Jacq., *A. bargusinensis* Spreng, *A. caucasica* Willd, *A. cericea* Weber, *A. commutata* Bess, *A. campestris* L., *A. dracunculus* L., *A. frigida* Willd, *A. glauca* Pall, *A. gmelinii* Web, *A. hololeuca* M.Bieb., *A. jacutica* Drob, *A. lagocephala* DC, *A. latifolia* Ledeb, *A. leucophylla* Turcz, *A. macrantha* Ledeb, *A. macrocephala* Jacq, *A. mongolica* Fisch, *A. obtusiloba* Ledeb, *A. opulenta* Pampan, *A. pontica* L., *A. rupestris* L., *A. santolinifolia* Turcz, *A. scoparia* Waldst, *A. siversiana* Willd, *A. tanacetifolia* L., *A. tomentella* Trantv, *A. vulgaris* L.) was done. The content of 58 elements was determined by mass-spectroscopy with inductively coupled plasma. At next stage the dendrogram was constructed with using cluster analysis of the obtained data. The division of plants into clusters correlates with their taxonomy positions. In addition, built clusters turned out to be significantly different in content and trace elements of the hematopoietic complex. As a result, it was concluded that species of *Artemisia* section, including the widespread *Artemisia vulgaris*, have an optimal relation of hematopoietic complex trace elements.

Keywords: plants of *Artemisia* genus, trace element composition, cluster analysis, hematopoietic complex.

References

1. Tkachev A.V., Prokusheva D.L., Domrachev D.V. *Dikorastushchiye efirnomaslichnyye rasteniya Yuzhnoy Sibiri*. [Wild essential oil plants of Southern Siberia]. Novosibirsk, 2017, 575 p. (in Russ.).
2. Korobkov A.A. *Polyni Severo-Vostoka SSSR*. [Artemisia of the North-East of the USSR]. Leningrad, 1981, 120 p. (in Russ.).
3. Polyakov P.P. *Flora SSSR*. [Flora of the USSR]. Moscow, Leningrad, 1961, vol. 26, pp. 425–630. (in Russ.).
4. Bisht D., Kumar D., Dua K., Chellappan D.K. *Arch. Pharm. Res.*, 2021, vol. 44, pp. 439–474. DOI: 10.1007/s12272-021-01328-4.
5. Kikhanova Zh.S., Iskakova Zh.B., Dzhalmakhanbetova R.I., Seilkhanov T.M., Ross S.A., Suleimen E.M. *Chemistry of Natural Compounds*, 2013, vol. 49, no. 5, pp. 967–968.
6. Amirmohammadi M., Khajoenia S., Bahmani M., Rafeian-Kopaei M., Eftekhari Z., Qorbani M. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2014, vol. 4, pp. 250–254.
7. Munda S., Pandey S.K., Dutta S., Baruah J., Lal M. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2019, vol. 22, pp. 368–379. DOI: 10.1080/0972060X.2019.1602083.
8. Afsar S., Kumar K.R., Gopal J.V., Raveesha P. *Journal of Pharmacy Research*, 2013, vol. 7, no. 6, pp. 463–467.
9. Kane N.F., Kyama M.C., Nganga J.K., Hassanali A., Diallo M., Kimani F.T. *South African Journal of Botany*, 2019, vol. 125, pp. 126–133. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.07.001.
10. Amat N., Upur H., Blazekovic B. *Journal of Ethnopharmacology*, 2010, vol. 131, no. 2, pp. 478–484.
11. Lang S.J., Schmiech M., Hafner S., Paetz C., Steinborn C., Huber R., Gaafary M.E., Werner K., Schmidt C.Q., Syrovets T., Simmet T. *Phytomedicine*, 2019, vol. 62, 152962. DOI: 10.1016/j.phymed.2019.152962.
12. Megdiche-Ksouri W., Trabelsi N., Mkadmini K., Bourgou S., Noumi A., Snoussi M., Barbria R., Tebourbi O., Ksouri R. *Industrial Crops and Products*, 2015, vol. 63, pp. 104–113.
13. Chimitstyrenova L.I. *Farmakognosticheskoye issledovaniye Artemisia gmelinii Web.ex Stechm. i razrabotka lekarstvennykh sredstv na yeye osnove: diss. ... kand. farm. nauk*. [Pharmacognostic study of *Artemisia gmelinii* Web.ex Stechm. and the development of medicinal products based on it: diss. ... cand. farm. Sciences]. Ulan-Ude, 2017, 195 p. (in Russ.).
14. Berezovskaya T.P., Amel'chenko V.P., Krasnoborov I.M., Serykh Ye.A. *Polyni Sibiri: sistematika, ekologiya, khimiya, khemosistematika, perspektivy ispol'zovaniya*. [Wormwood of Siberia: systematics, ecology, chemistry, chemosystematics, prospects for use]. Novosibirsk, 1991, 125 p. (in Russ.).
15. Kruglov D.S., Kruglova M.Yu., Olennikov D.N. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 2020, vol. 46, no. 7, pp. 1378–1384.
16. Kaneez F.A., Qadiruddin M., Kalhor M.A., Shirin K., Badar Y. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 2001, vol. 44(5), pp. 291–293.
17. Ashraf M., Hayat M.Q., Mumtaz A.S. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2010, vol. 4(21), pp. 2256–2263. DOI: 10.5897/JMPR10.460.
18. MUK 4.1.1483-03. *Opreleniye sodержaniya khimicheskikh elementov v diagnostiruyemykh biosubstratakh, pre-par-atakh i biologicheskii aktivnykh dobavkakh metodom mass-spektrometrii s induktivno-svyazannoy argonovoy plazmoy: metodicheskoye ukazaniya*. [MUK 4.1.1483-03. Determination of the content of chemical elements in diagnosed bio-substrates, preparations and biologically active additives by mass spectrometry with inductively coupled argon plasma: guidelines]. Moscow, 2003, 36 p. (in Russ.).
19. Kishi Y., Kawabata K. *Semiconductor News*, 2001, vol. 2, no. 1, pp. 4–5.
20. *Flora Sibiri. T. 13: Asteraceae (Compositae)* [Flora of Siberia. Vol. 13: Asteraceae (Compositae)], ed. I.M. Krasnoborov. Novosibirsk, 1997, 472 p. (in Russ.).
21. *Gosudarstvennaya Farmakopeya, XIV izdaniye*. [State Pharmacopoeia, XIV edition]. Moscow, 2018, vol. 2. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol2/>. (in Russ.).

* Corresponding author.

22. Nikitin V.I. *Pervichnaya statisticheskaya obrabotka eksperimental'nykh dannyykh*. [Primary statistical processing of experimental data]. Samara, 2017, 80 p. (in Russ.).
23. Kruglov D.S. *Farmatsiya*, 2008, no. 2, pp. 17–19. (in Russ.).
24. Kruglov D.S., Khanina M.A. *Tezisy докладов IV Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii*. [Abstracts of the IV All-Russian Scientific Conference]. Syktyvkar, 2006, p. 255. (in Russ.).

Received December 21, 2021

Revised March 8, 2022

Accepted April 3, 2022

For citing: Kruglov D.S., Prokusheva D.L. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 3, pp. 139–149. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20220310800.

