

<https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-3-195-201>
УДК 615.322:574.24



Оригинальная статья / Research article

Исследование элементного состава лекарственного растительного сырья Воронежской области

Н. А. Дьякова ✉

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»), 394006, Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1

✉ Контактное лицо: Дьякова Нина Алексеевна. E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

ORCID: Н. А. Дьякова – <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>.

Статья поступила: 17.01.2022

Статья принята в печать: 19.07.2023

Статья опубликована: 25.08.2023

Резюме

Введение. Имеющиеся сведения об элементном составе лекарственного растительного сырья Воронежской области показали, что исследования проводятся преимущественно по нескольким элементам, что не позволяет определить полный минеральный комплекс лекарственных растений и описать специфику накопления в них отдельных элементов.

Цель. Изучение макро- и микроэлементного состава лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере заповедной зоны.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды лекарственного растительного сырья: листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), листья подорожника большого (*Plantago major* L.), цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), траву пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), траву полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.), траву тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), траву горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), корни лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.), корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg). Заготовку сырья осуществляли в соответствии с фармакопейными правилами в естественных зарослях в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике имени В. М. Пескова в Рамонском районе. Микроэлементный состав образцов изучали масс-спектрометрически на приборе ELAN DRC (PerkinElmer Instruments, США) после кислотно-микроволнового разложения.

Результаты и обсуждение. В каждом растительном образце количественно определено 59 элементов. Содержание общего элементного комплекса в изучаемых видах ЛРС варьирует от 1,91 до 7,68 % в пересчете на сухое сырье. Изучаемые виды сырья в наибольшей степени (более 84 %) накапливают макроэлементы. Эссенциальные микроэлементы в наибольшей степени накапливаются в листьях крапивы двудомной (более 9 мг/г). Из эссенциальных микроэлементов в наибольшей степени всеми изучаемыми видами сырья аккумулируются кремний и железо. Содержание нормируемых токсичных микроэлементов не превышает требований фармакопеи.

Заключение. Результаты исследования показали сложный макро- и микроэлементный состав изучаемого лекарственного растительного сырья, что может быть использовано в медицинской и фармацевтической практике создания фитопрепаратов и биологически активных добавок для коррекции физиологических норм содержания элементов в организме человека. Наиболее количественно богатый элементный состав отмечен для травы пустырника пятилопастного, листьев крапивы двудомной и подорожника большого (более 50 мг/г).

Ключевые слова: Воронежская область, микроэлементы, макроэлементы, минеральный комплекс, лекарственное растительное сырье

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Н. А. Дьякова придумала и разработала эксперимент, написала статью.

Для цитирования: Дьякова Н. А. Исследование элементного состава лекарственного растительного сырья Воронежской области. *Разработка и регистрация лекарственных средств.* 2023;12(3):195–201. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-3-195-201>

Examination of Elemental Composition of Herbal Medicinal Raw Materials of Voronezh Region

Nina A. Dyakova ✉

Voronezh State University, 1, Universitetskaya sq., Voronezh, 394006, Russia

✉ Corresponding author: Nina A. Dyakova. E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

ORCID: Nina A. Dyakova – <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>.

Received: 17.01.2022

Revised: 19.07.2023

Published: 25.08.2023

Abstract

Introduction. The available information on the elemental composition of medicinal plant raw materials of the Voronezh region showed that studies are carried out mainly on several elements, which does not allow determining the complete mineral complex of medicinal plants and describing the specifics of the accumulation of individual elements in them.

Aim. The purpose of the study is to study the macro- and microelement composition of medicinal plant raw materials of the Voronezh region on the example of a protected area.

© Дьякова Н. А., 2023

© Dyakova N. A., 2023

Materials and methods. Pharmacopoeic types of medicinal vegetal raw materials were used as subjects of investigation: nettle leaves dioecious (*Urtica dioica* L.), plantain leaves large (*Plantago major* L.), common pajma flowers (*Tanacetum vulgare* L.), heart-shaped linden flowers (*Tilia cordata* Mill.), herb of five-lobed dumplings (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), grass of bitter wormwood (*Artemisia absinthium* L.), common millennium grass (*Achillea millefolium* L.), bird mountain grass (*Polygonum aviculare* L.), roots of the common bladder (*Arctium lappa* L.), roots of the dandelion drug (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg). Raw material harvesting was carried out in accordance with pharmacopoeic rules in natural thickets in the Voronezh State Natural Biosphere Reserve named after V. M. Peskov in the Ramonsky district. The microelement composition of the samples was studied mass-spectroscopically on an ELAN DRC device (PerkinElmer Instruments, USA) after acid-microwave decomposition.

Results and discussion. In each plant sample, 59 elements were quantified. The content of the total elemental complex in the studied types of LRs varies from 1.91 to 7.68 % in terms of dry raw materials. The studied raw materials accumulate macroelements to the greatest extent (more than 84 %). Essential trace elements accumulate most in dioecious nettle leaves (more than 9 mg/g). Of the essential trace elements, silicon and iron accumulate most of all the studied raw materials. Content of regulated toxic trace elements does not exceed requirements of pharmacopoeia.

Conclusion. The results of the study showed a complex macro- and microelement composition of the studied medicinal vegetal raw materials, which can be used in the medical and pharmaceutical practice of creating phytopreparations and biologically active additives for correcting physiological norms of the content of elements in the human body. The most quantitatively rich elemental composition is noted for the grass of five-lobed dumplings, nettle leaves of dioecious and large plantain (more than 50 mg/g).

Keywords: Voronezh region, trace elements, macroelements, mineral complex, medicinal plant raw materials

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Nina A. Dyakova invented and developed an experiment, wrote an article.

For citation: Dyakova N. A. Examination of elemental composition of herbal medicinal raw materials of Voronezh region. *Drug development & registration*. 2023;12(3):195–201. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-3-195-201>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все большее внимание уделяется изучению содержания в лекарственном растительном сырье (ЛРС) не только биологически активных веществ органической природы, но и веществ минерального происхождения, оказывающих влияние на ход жизненно важных процессов в организме, принимая участие в различных биохимических реакциях [1–3]. Известна значительная биологическая активность различных химических элементов (в частности, цинка, меди, марганца, хрома и др.), для которых установлено участие в потенцировании фармакологического действия лекарственных растительных препаратов и стимуляции биосинтеза вторичных метаболитов в растительном организме [4–8].

Известно, что биохимический состав ЛРС зависит от ряда антропогенных и абиотических факторов, в частности от особенностей грунта и сроков заготовки. При этом элементный профиль сырья несет в себе информацию об экологическом состоянии региона и минеральном составе почв [9–13]. При этом анализ имеющихся данных литературы показал, что лекарственные растения Центрального Черноземья практически не изучены на предмет содержания всего комплекса содержащихся в них элементов. Преимущественно исследования посвящаются накоплению тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути, никеля и др.), что объясняется ежегодно возрастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду, влекущей за собой увеличение содержания в ЛРС токсичных микроэлементов. Подобные исследования способности накопления различных химических эле-

ментов ЛРС дает возможность судить о безопасности его использования в медицинских целях [14–16].

Имеющиеся сведения об элементном составе ЛРС Воронежской области показали, что исследования проводятся преимущественно по нескольким элементам, что не позволяет определить полный минеральный комплекс лекарственных растений и описать специфику накопления в них отдельных элементов. Детальные исследования элементного состава дикорастущего сырья являются значимыми в силу высокой биологической доступности содержащихся в растениях макро- и микроэлементов [16–19]. В связи с этим актуальным является изучение элементного состава ЛРС на примере различных дикорастущих объектов заповедной зоны Воронежской области.

Цель исследования – изучение макро- и микроэлементного состава ЛРС естественного биоценоза Воронежской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды ЛРС: листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), листья подорожника большого (*Plantago major* L.), цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), траву полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.), траву пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), траву тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), траву горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), корни лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.), корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg). В иссле-

довании представлены разные виды ЛРС, включающие в себя различные органы или группы органов растений (листья, цветки, трава, корни) от разных форм производящих растений – травянистых и древесных форм растительности. Заготовку лекарственного растительного сырья осуществляли по фармакопейным правилам [20] в экологически чистом месте в естественных зарослях в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике имени В. М. Пескова в Рамонском районе Воронежской области. Из измельченного сырья отбирались образцы для анализа, которые подвергались кислотному разложению смесью кислот с использованием систем микроволновой пробоподготовки. Навеску образца помещали во фторопластовый вкладыш и добавляли 5 мл смеси азотной и плавиковой кислоты. Автоклав с пробой во вкладыше помещали в микроволновую печь и разлагали пробу, используя программу разложения, рекомендованную производителем печи. Растворенную пробу количественно переносили в пробирку объемом 15 мл, троекратно встряхивая вкладыш с крышкой с 1 мл деионизованной воды и перенося каждый смыв в пробирку, доводили объем до 10 мл деионизованной водой, закрывали и перемешивали. Автоматическим дозатором со сменным наконечником отбирали аликвотную часть 1 мл и доводили до 10 мл 0,5%-й азотной кислотой, закрывали защитной лабораторной пленкой. Для контроля правильности определения использовался метод добавок. Рабочие стандартные растворы для это-

го готовили путем смешивания нескольких опорных многоэлементных стандартных растворов для масс-спектрометрии («Perkin-Elmer»), содержащие разные группы элементов. Элементный состав ЛРС определяли методом масс-спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе ELAN DRC (Perkin-Elmer Instruments, США) в соответствии с 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».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты, полученные при изучении элементного состава ЛРС, приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Масс-спектроскопически определено 59 элементов, условно разделенных на макроэлементы, содержащиеся в значительных количествах (более 0,1 % массы тела человека); микроэлементы, содержание которых варьирует в пределах от 0,001 до 0,00001 %. Среди микроэлементов особую группу составляют эссенциальные микроэлементы, для которых установлена роль в обеспечении жизнедеятельности. Токсичные и малоизученные микроэлементы включают элементы, для которых биологическая роль недостаточно изучена, многие из них обладают значительной токсичностью [7–9].

Таблица 1. Элементный состав ЛРС, мкг/г

Table 1. Elemental composition of LRS, µg/g

Элемент Element	Цветки пижмы обыкновенной Common linden flowers	Цветки липы сердцевидной Heart-shaped flowers	Листья подорожника большого Big plantain leaves	Листья крапивы двудомной Nettle dioecious leaves	Трава тысячелистника обыкновенного Millennial herb	Трава пустырника пятилопастного Five-bladed dummy grass	Трава полыни горькой Bitter wormwood grass	Трава горца птичьего Mountain bird Grass	Корни лопуха обыкновенного Burdock common roots	Корни одуванчика лекарственного Dandelion medicine roots
Всего определено Total defined	42252,00	38530,97	61499,84	76757,19	32770,50	58065,73	43978,78	37045,59	48063,02	19063,72
<i>Макроэлементы Macrocells</i>										
K	29489,1	16505	26656,8	26565	14534,9	30612,1	25932,7	21498,2	31978,9	9226,2
Ca	5430,9	14203,9	24142,9	26089,5	10937,8	16905,4	10008,7	7028,6	6605,4	2414,5
Mg	2627,1	2810,6	3616,5	9227,3	2406,8	4018,9	1982,9	3237,1	1896,4	1109
Na	38,9	37,6	261,4	105,9	38,8	56,4	40,6	682,7	3041,8	911,3
P	3822,8	3521,5	3415,3	4690,6	2813,4	4329,6	4267,3	1782,5	1976,5	2478,1
Итого Total	41408,8	37078,6	58092,9	66678,3	30731,7	55922,4	42232,2	34229,1	45499,0	16139,1
<i>Эссенциальные микроэлементы Essential trace elements</i>										
Co	0,23	0,19	0,41	0,22	0,21	0,56	0,2	0,83	3,73	4,25
Cr	0,17	0,19	2,87	1,49	0,38	0,34	0,59	1,22	3,07	3,29
Cu	2,25	1,98	3,77	5,83	6,55	6,47	12,54	5,02	8,46	5,25

Элемент Element	Цветки пижмы обыкновенной Common linden flowers	Цветки липы сердцевидной Heart-shaped flowers	Листья подорожника большого Big plantain leaves	Листья крапивы двудомной Nettle dioecious leaves	Трава тысячелистника обыкновенного Millennial herb	Трава пустырника пятилопастного Five-bladed dummy grass	Трава полыни горькой Bitter wormwood grass	Трава горца птичьего Mountain bird Grass	Корни лопуха обыкновенного Burdock common roots	Корни одуванчика лекарственного Dandelion medicine roots
Fe	62,8	117,2	713,7	329,6	114,8	192,1	185	527,5	508,6	278,2
Li	0,599	0,049	0,628	0,071	1,644	0,284	0,074	0,578	0,929	0,316
Mn	41,5	28,4	49,88	90,76	38,3	60,3	45,67	24,78	28,79	19,7
Mo	0,37	1,36	1,817	7,696	1,15	0,67	0,925	0,552	0,754	0,21
Ni	0,98	0,95	1,6	1,68	0,86	1,39	1,09	1,91	2,29	1,03
Se	0,004	0,006	0,16	0,35	0,028	0,03	0,041	0,021	0,32	0,24
Si	641	1119,3	1012,4	9278,7	1622,7	1498,6	1262,4	1239,7	686,4	2070,6
V	0,54	0,28	1,79	0,54	0,58	0,76	0,25	3,33	3,18	1,16
Zn	12,8	13	18,22	17,52	19,6	27	25,27	25,76	32,43	29,5
Итого Total	763,24	1282,91	1807,25	9734,46	1806,80	1788,50	1534,05	1831,20	1278,95	2413,75
<i>Нормируемые токсичные микроэлементы</i> Normalized toxic trace elements										
As	0,03	0,012	0,332	0,098	0,21	0,19	0,364	0,08	0,281	0,13
Cd	0,003	0,002	0,027	0,012	0,022	0,034	0,025	0,093	0,053	0,034
Hg	0,0002	0,0001	0,0064	0,0626	0,0027	0,0041	0,0045	0,0027	0,0051	0,0025
Pb	0,12	0,13	0,65	0,44	0,27	0,23	0,35	0,28	0,61	1,95
Итого Total	0,15	0,14	1,02	0,61	0,50	0,46	0,74	0,46	0,95	2,12
<i>Другие малоизученные и токсичные элементы</i> Other little-studied and toxic elements										
Ag	0,02	0,026	0,029	0,015	0,073	0,028	0,014	0,01	0,018	0,021
Al	14,6	78,8	1256,6	128,4	116,5	191,4	135,6	869,7	1036,8	447,7
Au	0,0059	0,0039	0,026	0,0014	0,0013	0,0032	0,0055	0,0022	0,0021	0,0025
Ba	4,18	15,3	145,7	31,16	9,31	70,3	11,98	12	38,36	9,69
Be	0,08	0,005	0,037	0,006	0,008	0,015	0,001	0,028	0,028	0,015
Bi	0,002	0,012	0,009	0,008	0,012	0,001	0,004	0,005	0,011	0,005
Ce	0,017	0,081	0,99	0,12	0,13	0,18	0,15	0,72	0,661	0,46
Cs	0,0084	0,0082	0,09	0,01	0,022	0,019	0,04	0,06	0,075	0,042
Dy	0,009	0,009	0,066	0,006	0,011	0,011	0,01	0,049	0,052	0,031
Er	0,005	0,004	0,036	0,003	0,005	0,0069	0,005	0,024	0,026	0,015
Eu	0,004	0,002	0,018	0,004	0,002	0,001	0,003	0,017	0,015	0,0069
Ga	0,027	0,049	0,296	0,078	0,044	0,069	0,065	0,202	0,21	0,15
Gd	0,007	0,0082	0,092	0,008	0,0102	0,019	0,012	0,071	0,069	0,049
Ge	0,001	0,017	0,029	0,016	0,002	0,0087	0,003	0,028	0,021	0,015
Hf	0,002	0,0022	0,035	0,003	0,0077	0,015	0,006	0,028	0,018	0,018
Ho	0,005	0,005	0,012	0,001	0,006	0,007	0,002	0,009	0,01	0,0053
La	0,012	0,04	0,51	0,06	0,065	0,086	0,07	0,34	0,346	0,23
Lu	0,001	0,001	0,006	0,001	0,002	0,003	0,001	0,004	0,004	0,0025
Nb	0,0027	0,012	0,208	0,017	0,017	0,029	0,024	0,133	0,082	0,06
Nd	0,012	0,047	0,422	0,046	0,08	0,11	0,061	0,315	0,327	0,28
Pr	0,0024	0,0086	0,11	0,013	0,015	0,021	0,016	0,083	0,078	0,054
Rb	24,1	3,18	7,1	21,5	9,5	5,68	27,66	7,46	7,36	3,39
Sb	0,014	0,011	0,068	0,032	0,023	0,031	0,061	0,034	0,021	0,019
Sc	0,009	0,002	0,72	0,65	0,84	0,92	0,54	0,32	0,62	0,51
Sm	0,004	0,012	0,094	0,01	0,017	0,047	0,011	0,063	0,069	0,045
Sn	0,037	0,03	0,4	1,354	0,33	0,42	0,46	2,149	2,86	1,27
Sr	27,6	59,9	117,69	156,78	81,6	65,2	24,95	33,51	157,9	17,1
Tb	0,004	0,004	0,013	0,001	0,006	0,005	0,002	0,01	0,01	0,0057
Th	0,003	0,0045	0,126	0,011	0,016	0,016	0,021	0,11	0,105	0,068

Окончание таблицы 1

Элемент Element	Цветки пижмы обыкновенной Common linden flowers	Цветки липы сердцевидной Heart-shaped flowers	Листья подорожника большого Big plantain leaves	Листья крапивы двудомной Nettle dioecious leaves	Трава тысячелистника обыкновенного Millennial herb	Трава пустырника пятилопастного Five-bladed dummy grass	Трава полыни горькой Bitter wormwood grass	Трава горца птичьего Mountain bird Grass	Корни лопуха обыкновенного Burdock common roots	Корни одуванчика лекарственного Dandelion medicine roots
Ti	8,97	11,6	64,5	3,26	12,5	19,2	9,52	55,32	36,75	26,6
PI	0,0042	0,0024	0,0095	0,0074	0,0032	0,0069	0,0016	0,0134	0,015	0,0105
Tm	0,001	0,001	0,006	0,001	0,004	0,003	0,001	0,004	0,004	0,004
Ta	0,0005	0,0004	0,01	0,008	0,001	0,0017	0,002	0,014	0,004	0,0042
Te	0,003	0,001	0,057	0,001	0,061	0,053	0,004	0,4	0,033	0,041
U	0,002	0,0034	0,037	0,003	0,0052	0,0069	0,016	0,03	0,073	0,019
W	0,0052	0,0068	0,12	0,04	0,0098	0,0096	0,15	0,06	0,023	0,025
Y	0,006	0,022	0,367	0,045	0,043	0,069	0,054	0,249	0,251	0,17
Yb	0,001	0,001	0,033	0,002	0,005	0,005	0,005	0,023	0,024	0,016
Zr	0,035	0,103	2,009	0,134	0,21	0,36	0,257	1,231	0,779	0,61
Итого Total	79,80	169,33	1598,68	343,82	231,50	354,37	211,79	984,83	1284,11	508,76

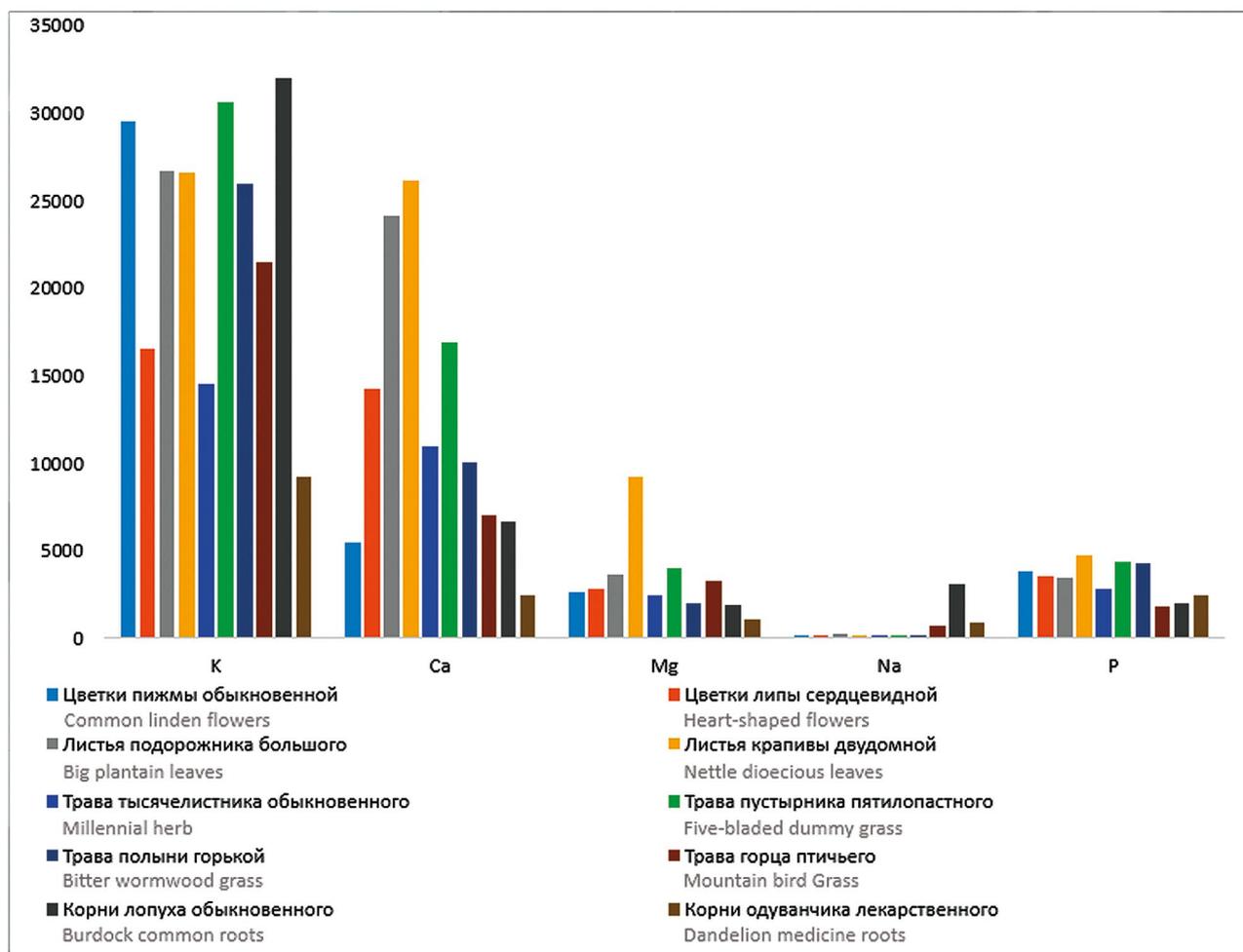


Рисунок 1. Содержание макроэлементов, мкг/г

Figure 1. Content of macroelements, µg/g

Общее определенное содержание элементов в изучаемых видах ЛРС варьирует от 1,91 до 7,68 % в пересчете на сухое сырье, наиболее богатый минеральный состав отмечен для травы пустырника пятилопастного, листьев крапивы двудомной и подорожника большого (более 50 мг/г) (см. таблица 1).

Изучаемые виды ЛРС в наибольшей степени (более 84 %) накапливают макроэлементы, что объясняется высокой биологической потребностью в них растений (см. таблица 1, рисунок 1). Наибольшие концентрации калия (более 30 мг/г) выявлены в траве пустырника пятилопастного и корнях лопуха обыкновенного (см. таблица 1, рисунок 1). Лидерами по содержанию кальция (более 20 мг/г) являются листья подорожника большого и крапивы двудомной. Резко выделяющейся на общем фоне высокой концентрацией натрия (более 3 мг/г) обладают корни лопуха обыкновенного. Лидером по содержанию магния являются листья крапивы двудомной (более 9 мг/г). Наибольшие концентрации фосфора (более 4 мг/г) отмечены в листьях крапивы двудомной, травах полыни горькой и пустырника пятилопастного.

Эссенциальные микроэлементы в наибольшей степени накапливаются в листьях крапивы двудомной (более 9 мг/г), для остальных видов ЛРС данный показатель составил менее 2,4 мг/г. Из эссенциальных микроэлементов в наибольшей степени всеми изучаемыми видами ЛРС аккумулируется кремний, варьируя от 1,01 мг/г до 9,0 мг/г. Лидером по содержанию данного элемента являются листья крапивы двудомной. Также высоким оказалось содержание железа: в наибольшей степени оно присутствовало в листьях подорожника большого (более 0,7 мг/г), наименьшая концентрация отмечена для цветков пижмы обыкновенной – около 0,06 мг/г. По содержанию марганца наибольшие результаты (более 0,06 мг/г) получены для травы пустырника пятилопастного и листьев крапивы двудомной. Цинк эффективно концентрировался в корнях изучаемых растений – 30 мкг/г и более.

Относительно высокое содержание молибдена отмечено в листьях крапивы двудомной (более 7 мкг/г), меди – в траве полыни горькой (более 12 мкг/г), лития – в траве тысячелистника обыкновенного (более 1,6 мкг/г). Кобальт и хром активно накапливаются в корнях изучаемых растений (более 3 мкг/г), ванадий – в траве горца птичьего и корнях лопуха обыкновенного (более 3 мкг/г), селен – в листьях крапивы двудомной и корнях лопуха обыкновенного (более 0,3 мкг/г).

Содержание нормируемых в ЛРС токсичных микроэлементов не превышает требований Государственной фармакопеи (ГФ). Наибольшая концентрация свинца выявлена в корнях одуванчика лекарственного (1,95 мкг/г), ртути – в листьях крапивы двудомной (0,06 мкг/г). Мышьяк эффективнее всего накапливался в траве полыни горькой и листьях подорожника большого (более 0,3 мкг/г), а кадмий – в корнях ло-

пуха обыкновенного и траве горца птичьего (более 0,05 мкг/г).

Высокое содержание в ЛРС отмечено для стронция, который в наибольшей степени аккумулируется в корнях лопуха обыкновенного, листьях крапивы двудомной, листьях подорожника большого (более 0,1 мг/г). Титан наиболее эффективно накапливается в листьях подорожника большого и траве горца птичьего (более 0,05 мг/г). Наибольшая концентрация бария выявлена в листьях подорожника большого (более 0,14 мг/г).

Наиболее высокое содержание рубидия выявлено в цветках пижмы обыкновенной, траве полыни горькой, листьях крапивы двудомной (более 0,02 мг/г). В листьях подорожника большого накапливается относительно высокое количество тория (0,12 мкг/г) и циркония (более 2 мкг/г). Вольфрам эффективнее всего накапливается в траве полыни горькой и листьях подорожника большого (более 0,12 мкг/г); олово – в траве горца птичьего и корнях лопуха обыкновенного (более 2 мкг/г), а также в корнях одуванчика лекарственного и листьях крапивы двудомной (1,27–1,35 мкг/г); иттрий – в корнях одуванчика лекарственного, листьях подорожника большого, траве горца птичьего (более 0,25 мкг/г).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показали сложный макро- и микроэлементный состав изучаемого ЛРС, что может быть использовано в медицинской и фармацевтической практике создания фитопрепаратов и биологически активных добавок для коррекции физиологических норм содержания элементов в организме человека. В каждом растительном образце количественно определено 59 элементов. Содержание общего элементного комплекса в изучаемых видах ЛРС варьирует от 1,91 до 7,68 % в пересчете на сухое сырье. Наиболее количественно богатый элементный состав отмечен для травы пустырника пятилопастного, листьев крапивы двудомной и подорожника большого (более 50 мг/г). Изучаемые виды ЛРС в наибольшей степени (более 84 %) накапливают макроэлементы. Эссенциальные микроэлементы в наибольшей степени накапливаются в листьях крапивы двудомной (более 9 мг/г). Из эссенциальных микроэлементов в наибольшей степени всеми изучаемыми видами сырья аккумулируется кремний и железо. Содержание нормируемых токсичных микроэлементов не превышает требований Государственной фармакопеи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А. И. Фронтальный элементный анализ цветков пижмы. *Фармация*. 1993;32(1):51–53.
2. Попов А. И. Фронтальный элементный анализ листьев подорожника большого. *Химико-фармацевтический журнал*. 1993;11:50–52.
3. Попов А. И. Минеральные вещества травы горца птичьего. *Вопросы питания*. 1994;1(2):38–39.

4. Hill C.H., Matrone G. Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements. *Federation Proceedings*. 1970;29(4):1474–1481.
5. Li J., Assmann S. M. Mass Spectrometry. An Essential Tool in Proteome Analysis. *Plant Physiology*. 2000;123(3):807–810.
6. Wada O., Yanagisawa H. Trace elements, with special reference to the usefulness and safety of zinc. *Medicine and Drug Journal*. 1997;33(12):126–134.
7. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементология – новый термин или новое научное направление? *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2005;2:4–8.
8. Скальный А. В. Микроэлементы: бодрость, здоровье, долголетие. Москва: Перо; 2019. 294 с.
9. Скальный А. В., Скальная М. Г., Киричук А. А., Тиньков А. А. Медицинская элементология. Москва: Наука; 2021. 199 с.
10. Гравель И. В., Иващенко Н. В., Самылина И. А. Микроэлементный состав спазмолитического сбора и его компонентов. *Фармация*. 2011;1:9–11.
11. Гудкова А. А., Чистякова А. С., Сливкин А. И., Сорокина А. А. Сравнительное изучение минерального комплекса травы горца почечуйного (*Polygonum persicaria* L.) и горца войлочного (*Persicaria tomentosa* (Schrank) E.P. Bicknell). *Микроэлементы в медицине*. 2019;20(1):35–42. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-35-42.
12. Рудая М. А., Тринева О. В., Сливкин А. И. Исследование элементного состава плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) различных сортов. *Микроэлементы в медицине*. 2018;19(3):49–59. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-3-49-59.
13. Куркин В. А. Фармакогнозия. Самара: Офорт; 2004. 1179 с.
14. Баяндина И. И., Загуская Ю. В. Взаимосвязь вторичного метаболизма и химических элементов в лекарственных растениях. *Сибирский медицинский журнал*. 2014;8:107–111.
15. Королёв А. С., Гладышев А. А., Юткина И. С. Особенности накопления биоэлементов в надземной части *Artemisia absinthium* L. на шламовом поле криолитового завода. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014;5(49):159–161.
16. Дьякова Н. А. Накопление тяжелых металлов цветками липы сердцевидной, произрастающей в агро- и урбоэкосистемах Воронежской области. *Труды Карельского научного центра Российской академии наук*. 2020;5:70–79. DOI: 10.17076/eco1150.
17. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Оценка содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье Центрального Черноземья и их влияния на накопление биологически активных веществ. *Химико-фармацевтический журнал*. 2020;54(6):49–53. DOI: 10.30906/0023-1134-2020-54-6-49-53.
18. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Чупандина Е. Е., Гапонов С. П. Выявление допустимых зон заготовки лекарственного растительного сырья вблизи транспортных магистралей. *Химия растительного сырья*. 2020;4:179–186. DOI: 10.14258/jcprm.2020047609.
19. Дьякова Н. А., Самылина И. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Мындра А. А. Анализ взаимосвязи между накоплением полифенолов и основных биологически активных групп веществ в лекарственном растительном сырье на примере травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) и листьев подорожника большого (*Plantago major* L.). *Химико-фармацевтический журнал*. 2015;49(6):25–28.
20. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. М.: ФЭМБ; 2018. 1883 с.
6. Wada O., Yanagisawa H. Trace elements, with special reference to the usefulness and safety of zinc. *Medicine and Drug Journal*. 1997;33(12):126–134.
7. Skalny A. V., Rudakov I. A. Bioelementology – a new term or a new scientific direction? *Bulletin of the Orenburg State University*. 2005;2:4–8. (In Russ.)
8. Skalny A. V. Trace elements: cheerfulness, health, longevity. Moscow: Pero; 2019. 294 p. (In Russ.)
9. Skalny A. V., Skalnaya M.G., Kirichuk A.A., Tinkov A.A. Medical elementology. Moscow: Nauka; 2021.199 p. (In Russ.)
10. Gravel I. V., Ivashchenko N. V., Samylina I. A. Trace element composition of antispasmodic collection and its components. *Pharmacy*. 2011;1:9–11. (In Russ.)
11. Gudkova A. A., Chistyakova A. S., Slivkin A. I., Sorokina A. A. Comparative study of the mineral complex *Polygonum persicaria* L. and *persicaria tomentosa* (Schrank) E.P. Bicknell). *Trace Elements in Medicine*. 2019;20(1):35–42. (In Russ.) DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-35-42.
12. Rudaya M. A., Trineeva O. V., Slivkin A. I. Research of element composition of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) fruits of various cultivars. *Trace Elements in Medicine*. 2018;19(3):49–59. (In Russ.) DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-3-49-59.
13. Kurkin V. A. *Farmakognoziya* [Pharmacognosy]. Samara: Ofort; 2004. 1179 p. (In Russ.)
14. Bayandina I. I., Zaguskaya Y. V. The relationship of secondary metabolism and chemical elements in medicinal plants. *Siberian Medical Journal*. 2014;8:107–111. (In Russ.)
15. Korolyov A. S., Gladyshev A. A., Yutkina I. S. Features of the accumulation of bioelements in the aerial part of *Artemisia absinthium* L. in the sludge field of the cryolite plant. *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2014;5(49):159–161. (In Russ.)
16. Dyakova N. A. Accumulation of heavy metals and arsenic in flowers of the small-leaved lime growing in agricultural and urban ecosystems of the Voronezh region. *Proceedings of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2020;5:70–79. (In Russ.) DOI: 10.17076/eco1150.
17. D'yakova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Assessment of maintenance of radionuclides in medicinal vegetable raw materials of the central black earth and their influence on accumulation of biologically active agents. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2020;54(6):49–53. (In Russ.) DOI: 10.30906/0023-1134-2020-54-6-49-53.
18. Dyakov N. A., Slivkin A. I., Chupandina Y. Y., Gaponov S. P. Identification of permissible areas of preparation of medicinal vegetable raw materials near transport lines. *Chemistry of plant raw materials*. 2020;4:179–186. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.2020047609.
19. D'yakova N. A., Samylina I. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Myndra A. A. Analysis of relationship between the accumulation of pollutants and main biologically active groups of substances in medicinal plant raw materials by example of the herbs of knotweed (*Polygonum aviculare* L.) and the leaves of waybread (*Plantago major* L.). *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2015;49(6):25–28. (In Russ.)
20. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Volume 4. Moscow: FEMB; 2018. 1883 p. (In Russ.)

REFERENCES

1. Попов А. И. Frontal elemental analysis of tansy flowers. *Pharmacy*. 1993;32(1):51–53. (In Russ.)
2. Попов А. И. Frontal elemental analysis of plantain leaves. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 1993;11:50–52. (In Russ.)
3. Попов А. И. Mineral substances of the herb mountaineer bird. *Nutrition issues*. 1994;1(2):38–39. (In Russ.)
4. Hill C.H., Matrone G. Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements. *Federation Proceedings*. 1970;29(4):1474–1481.
5. Li J., Assmann S. M. Mass Spectrometry. An Essential Tool in Proteome Analysis. *Plant Physiology*. 2000;123(3):807–810.