

УДК 615.322

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2024.3. 25 EDN: RBPWIF

ИЗУЧЕНИЕ ТРАССРЕДОВОГО ПЕРЕХОДА ПО ЦЕПИ «ПОЧВА – ЛЕКАРСТВЕННОЕ РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ – ВОДНЫЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ» ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
© Дьякова Н.А.*Воронежский государственный университет, Россия, 394006, Воронеж, Университетская площадь, 1**Резюме*

Цель. Экспериментальное изучение особенностей транссредового перехода эссенциальных элементов по цепочке «почва - лекарственное растительное сырье - настои и отвары».

Методика. В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды лекарственного растительного сырья: листья крапивы двудомной, листья подорожника большого, цветки пижмы обыкновенной, цветки липы сердцевидной, траву пустырника пятилопастного, траву полыни горькой, траву тысячелистника обыкновенного, траву горца птичьего, корни лопуха большого, корни одуванчика лекарственного. Микроэлементный состав образцов изучали масс-спектроскопическим методом после кислотно-микроволнового разложения.

Результаты. Изучаемые виды сырья содержат эссенциальные микроэлементы в количестве от 763 мкг/г до 9795 мкг/г. Резко выделяющимся содержанием эссенциальных микроэлементов выделяется настой листьев крапивы двудомной (более 120 мкг/мл), в остальных водных извлечениях показатель варьировал от 9,37 мкг/мл до 25,16 мкг/мл. Во всех исследуемых водных извлечениях отмечено высокое (относительно других элементов) содержание кремния, а также марганца, железа и цинка. Степень перехода различных элементов по цепочке «почва – лекарственное растительное сырье – водные извлечения» сильно варьирует. Сильно накапливаемые лекарственным растительным сырьем элементы переходят из почв в водные экстракты наиболее эффективно.

Заключение. Результаты исследования показали богатый микроэлементный состав изучаемого ЛРС, что может быть использовано в медицинской и фармацевтической практике для коррекции физиологических норм содержания элементов в организме человека.

Ключевые слова: почва; лекарственное растительное сырье; настои; отвары; эссенциальные микроэлементы

STUDY OF TRACRADE TRANSITION ALONG THE CHAIN "SOIL - HERBAL MEDICINAL RAW MATERIALS - WATER EXTRACTION" OF ESSENTIAL TRACE ELEMENTS
Dyakova N.A.*Voronezh State University, 1, University Square, 394006, Voronezh, Russia**Abstract*

Objective. An experimental study of the features of the trans-red transition of essential elements along the chain "soil - medicinal plant raw materials - infusions and decoctions".

Methods. Pharmacopoeial types of medicinal plant raw materials were used as study objects: dioecious nettle leaves, big plantain leaves, common fir flowers, heart-shaped linden flowers, five-lobed motherwort grass, bitter wormwood grass, common yarrow grass, avian mountain grass, common burdock roots, medicinal dandelion roots. The microelement composition of the samples was studied by mass spectroscopic method after acid-microwave decomposition.

Results. The studied raw materials contain essential trace elements in an amount from 763 $\mu\text{g/g}$ to 9795 $\mu\text{g/g}$. The infusion of dioecious nettle leaves (more than 120 $\mu\text{g/mL}$) is released by the sharply emitting content of essential trace elements; in the remaining aqueous extracts, the indicator varied from 9.37 $\mu\text{g/mL}$ to 25.16 $\mu\text{g/mL}$. In all the studied aqueous extracts, a high (relative to other elements) content of silicon, as well as manganese, iron and zinc was noted. The degree of transition of various elements along the chain "soil - medicinal plant raw materials - aqueous extracts" varies greatly. The elements strongly accumulated by medicinal plant raw materials are transferred from soils to water extracts most efficiently.

Conclusion. The results of the study showed a rich macroelement composition of the studied LMS, which can be used in medical and pharmaceutical practice to correct the physiological norms of the content of elements in the human body.

Keywords: soil; medicinal plant raw materials; infusions; decoctions; essential trace elements

Введение

В настоящее время все большее внимание уделяется изучению содержания в лекарственном растительном сырье (ЛРС) не только органических 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 [6, 7]. Причиной многих заболеваний является дефицит биологически значимых элементов и в данном случае лекарственные растения и препараты на их основе можно использовать как источник поступления данных элементов в организм человека, так как в ЛРС они содержатся в оптимальных соотношениях и биодоступной органически связанной [4, 5]. Многие эссенциальные элементы не только оказывают общее суммарное лечебно-профилактическое действие на организм человека совместно с комплексом биологически активных веществ лекарственных растений, но и влияют на биосинтез биологически активных веществ в ЛРС. Они являются компонентами сложной физиологической системы, участвующей в регулировании жизненных функций организма на всех этапах его развития [3].

ЛРС и лекарственные растительные препараты (ЛРП) могут служить важными источниками таких микроэлементов, как железо, медь, цинк, марганец, хром, селен, молибден, кобальт и другие [8, 9, 10]. Особый интерес в этом отношении представляют водные извлечения из ЛРС – отвары и настои – как наиболее доступные и часто используемые в медицинской и фармацевтической практике и народной медицине лекарственные формы, которые в настоящее время недостаточно изучены как дополнительные источники поступления микроэлементов в организм человека [2, 3].

Цель исследования – изучение особенностей транссредового перехода эссенциальных элементов по цепочке «почва - лекарственное растительное сырье - настои и отвары».

Методика

В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды ЛРС: цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), листья подорожника большого (*Plantago major* L.), 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 большого (*Arctium lappa* L.), корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg). В исследовании представлены разные виды ЛРС, включающие в себя различные органы или группы органов растений (листья, цветки, трава, корни), от разных форм производящих растений – травянистые и древесные формы растительности. Заготовку лекарственного растительного сырья осуществляли в экологически чистом месте в естественных зарослях в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике в Рамонском районе Воронежской области в 2020 году. Изучаемые травы, листья и цветки заготавливали в период цветения производящих растений, корни – в начале осени [1]. Для изучения накопления эссенциальных микроэлементов в ЛРС из почвы проводили отбор проб верхних слоев почв (0-10 см от поверхности).

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%-ной азотной кислотой, закрывали защитной лабораторной пленкой. Для контроля правильности определения использовался метод добавок. Рабочие стандартные растворы для этого готовили путем смешивания нескольких опорных многоэлементных стандартных растворов для масс-спектрометрии («Perkin-Elmer»), содержащие разные группы элементов [4, 5].

Изготовление отваров из исследуемых корней растений и настоев из остальных видов ЛРС производили по требованиям ОФС.1.4.1.0018.15 «Настои и отвары», соотношение ЛРС и воды очищенной составляло 1:10 [1]. К 1 мл водного извлечения в мерной пробирке приливали 7 мл деионизированной воды, затем 0,5 мл концентрированной азотной кислоты и проба доводили до 10 мл деионизированной водой. Элементный состав почв и ЛРС определяли методом масс-спектрографии с индуктивно связанной плазмой на приборе «ELAN-DRC» («PerkinElmer Life And Analytical Sciences», 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 аргоновой плазмой». Для контроля правильности определения использовался метод добавок. Каждое определение проводили трижды, полученные результаты статистически обрабатывали при доверительной вероятности 0,95.

Степень перехода элементов по цепочке «почва – ЛРС – водные извлечения» рассчитывали как отношение концентрации элемента на каждом предыдущем уровне миграции к последующему [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее высокий уровень накопления эссенциальных элементов их изучаемых видов ЛРС отмечен в листьях крапивы двудомной (более 9 мг/г), для остальных видов ЛРС данный показатель составил менее 2,4 мг/г (табл. 1).

Таблица 1. Содержание эссенциальных микроэлементов в образцах ЛРС, мкг/г

Элемент	Цветки пижмы обыкновенной	Цветки липы сердцевидной	Листья подорожника большого	Листья крапивы двудомной	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Трава полыни горькой	Трава горца птичьего	Корни лопуха большого	Корни одуванчика лекарственного	Почва
Ванадий (V)	0,54	0,28	1,79	0,54	0,58	0,76	0,25	3,33	3,18	1,16	78
Железо (Fe)	62,8	117,2	713,7	329,6	114,8	192,1	185,0	527,5	508,6	278,2	19100
Кобальт (Co)	0,23	0,19	0,41	0,22	0,21	0,56	0,20	0,83	3,73	4,25	3,3
Кремний (Si)	641	1119	1012	9279	1623	1499	1262	1240	686	2071	347000
Литий (Li)	0,599	0,049	0,628	0,071	1,644	0,284	0,074	0,578	0,929	0,316	8,5
Никель (Ni)	0,98	0,95	1,60	1,68	0,86	1,39	1,09	1,91	2,29	1,03	2,3
Марганец (Mn)	41,5	28,4	49,88	90,76	38,3	60,3	45,67	24,78	28,79	19,7	370
Медь (Cu)	2,25	1,98	3,77	5,83	6,55	6,47	12,54	5,02	8,46	5,25	3,1
Молибден (Mo)	0,37	1,36	1,817	7,696	1,15	0,67	0,925	0,552	0,754	0,21	0,87
Селен (Se)	0,004	0,006	0,16	0,35	0,028	0,030	0,041	0,021	0,32	0,24	8,5
Хром (Cr)	0,17	0,19	2,87	1,49	0,38	0,34	0,59	1,22	3,07	3,29	4,2
Цинк (Zn)	12,8	13,0	18,22	17,52	19,6	27,0	25,27	25,76	32,43	29,5	12
Всего эссенциальных микроэлементов	763	1283	1807	9734	1807	1789	1534	1831	1279	2414	366591
Всего определено элементов	42252	38531	61500	76757	32771	58066	43979	37046	48063	19064	34184

Наибольшее содержание эссенциальных микроэлементов отмечено в настое листьев крапивы двудомной (более 120 мкг/мл или 4,90% от всего элементного комплекса). Для других извлечений содержание эссенциальных микроэлементов составило от 9,37 мкг/мл (в отваре корней одуванчика лекарственного) до 25,16 мкг/мл (в настое травы тысячелистника обыкновенного) (от 0,51% до 1,95% общего элементного комплекса), что значительно меньше доли данных элементов в

исходном ЛРС, что объясняется общей низкой степенью экстракции – от 3,88% (в отваре из корней одуванчика лекарственного) до 14,56% (в настое из цветков пижмы обыкновенной) (табл. 2, 3).

Таблица 2. Содержание эссенциальных микроэлементов в водных извлечениях из ЛРС, мкг/мл

Элемент	Цветки пижмы обыкновенной	Цветки липы сердцевидной	Листья подорожника большого	Листья крапивы двудомной	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Трава полыни горькой	Трава горца птичьего	Корни лопуха большого	Корни одуванчика лекарственного
Ванадий (V)	0,012	0,002	0,021	0,004	0,008	0,009	0,003	0,038	0,038	0,007
Железо (Fe)	0,54	0,59	4,45	2,96	0,62	1,15	1,16	3,13	3,03	0,66
Кобальт (Co)	0,0019	0,0009	0,0083	0,0030	0,0023	0,0037	0,0026	0,0115	0,01	0,0049
Кремний (Si)	8,05	9,61	10,42	118,0	22,3	15,62	12,66	12,97	6,87	7,82
Литий (Li)	0,0350	0,0016	0,0190	0,0004	0,0180	0,0080	0,0020	0,0170	0,0290	0,0110
Никель (Ni)	0,026	0,021	0,036	0,056	0,052	0,051	0,061	0,098	0,125	0,063
Марганец (Mn)	1,08	0,29	0,85	1,67	0,65	1,03	0,78	0,42	0,47	0,23
Медь (Cu)	0,12	0,074	0,157	0,047	0,069	0,139	0,317	0,127	0,125	0,062
Молибден (Mo)	0,0014	0,0020	0,0104	0,0096	0,015	0,0036	0,0053	0,0030	0,0043	0,0017
Селен (Se)	0,0002	0,0005	0,0081	0,0104	0,0005	0,0020	0,0038	0,0018	0,0080	0,0170
Хром (Cr)	0,014	0,013	0,143	0,081	0,031	0,026	0,027	0,058	0,073	0,120
Цинк (Zn)	1,23	1,24	1,81	1,37	1,39	1,41	2,46	1,84	0,83	0,37
Всего	11,11	11,85	17,97	124,21	25,16	19,45	17,48	18,71	11,61	9,37

Таблица 3. Доля эссенциальных микроэлементов в общем элементном комплексе водных извлечений из ЛРС, %

Элемент	Цветки пижмы обыкновенной	Цветки липы сердцевидной	Листья подорожника большого	Листья крапивы двудомной	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Трава полыни горькой	Трава горца птичьего	Корни лопуха большого	Корни одуванчика лекарственного
Ванадий (V)	0,0008	0,0002	0,0010	0,0002	0,0006	0,0004	0,0002	0,0025	0,0017	0,0008
Железо (Fe)	0,0356	0,0686	0,2119	0,1167	0,0480	0,0531	0,0677	0,2073	0,1334	0,0812
Кобальт (Co)	0,0001	0,0001	0,0004	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0008	0,0004	0,0006
Кремний (Si)	0,5300	1,1181	0,4961	4,6534	1,7260	0,7217	0,7389	0,8588	0,3024	0,9616
Литий (Li)	0,0023	0,0002	0,0009	<0,0001	0,0014	0,0004	0,0001	0,0011	0,0013	0,0014
Никель (Ni)	0,0017	0,0024	0,0017	0,0022	0,0040	0,0024	0,0036	0,0065	0,0055	0,0077
Марганец (Mn)	0,0711	0,0337	0,0405	0,0659	0,0503	0,0476	0,0455	0,0278	0,0207	0,0283
Медь (Cu)	0,0079	0,0086	0,0075	0,0019	0,0053	0,0064	0,0185	0,0084	0,0055	0,0076
Молибден (Mo)	0,0001	0,0002	0,0005	0,0004	0,0012	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
Селен (Se)	<0,0001	0,0001	0,0004	0,0004	<0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0004	0,0021
Хром (Cr)	0,0009	0,0015	0,0068	0,0032	0,0024	0,0012	0,0016	0,0038	0,0032	0,0148
Цинк (Zn)	0,0810	0,1443	0,0900	0,0540	0,1076	0,0652	0,1669	0,1218	0,0365	0,0455

В исследуемых водных извлечениях отмечено относительно высокое содержание кремния, а также марганца, железа и цинка. Важнейшим источником водорастворимого кремния являются настои листьев крапивы двудомной (118 мкг/мл, или 4,65% элементного комплекса ЛФ), что объясняется, прежде всего, сравнительно высоким содержанием данного неметалла в ЛРС в силу наличия у производящего растения многочисленных полых жгучих волосков, кальцинированных у основания и силицированных на кончике стекловидным кремнием. В остальных водных

экстрактах концентрация кремния варьировала от 6,87 мкг/мл до 22,3 мкг/мл (от 0,30% до 1,72% определенного минерального комплекса). При этом степень экстракции элемента составляла от 3,87% (из корней одуванчика лекарственного) до 13,74% (из травы тысячелистника обыкновенного).

Наибольшее содержание железа выявлено в настое листьев подорожника большого (4,45 мкг/мл), наименьшее – в отваре корней одуванчика лекарственного, что составило от 0,04% до 0,21% относительного элементного комплекса. При этом, экстракцию элемента из ЛРС нельзя назвать эффективной – она варьировала от 2,37% до 8,98%.

Марганец извлекался в настои и отвары более активно – от 10,21% до 26,06%. Наибольшая концентрация металла обнаружена в настое листьев крапивы (1,67 мкг/мл), высокое его содержание (более 1 мкг/мл) отмечено в настоях цветков пижмы обыкновенной и травы пустырника пятилопастного, минимальное – в отваре корней одуванчика лекарственного (0,23 мкг/мл), что относительно общего элементного комплекса исследуемых ЛФ составило 0,02-0,07%.

Цинк хорошо экстрагировался из надземных частей растений (степень извлечения 52,23-99,34%, абсолютное содержание варьировало от 1,23 мкг/мл до 2,46 мкг/мл, относительная концентрация в элементном комплексе – от 0,05% до 0,17%), гораздо меньше – из исследуемых корней (при степени экстракции 12,54-25,52% концентрация металла в отваре составила 0,37 мкг/мл – 0,83 мкг/мл, то есть около 0,04% минерального профиля извлечений).

Сходные с цинком особенности перехода в водные извлечения отмечены для хрома, степень экстракции которого в отвары исследуемых корней составила 23,93-36,47%, что позволило создать концентрацию элемента в ЛФ на уровне 0,07-0,12 мкг/мл (0,004-0,015% всего определенного минерального комплекса). Эффективность экстракции хрома в настое надземных частей растений значительно выше – 45,01-82,35%, при этом абсолютная и относительная его концентрация ниже, чем в отварах (0,01-0,11 мкг/мл и 0,001-0,007% соответственно).

Кобальт также лучше извлекается из трав, цветков и листьев (степень перехода – от 4,58% до 20,33%), хуже элемент переходит в отвары корней (1,15-2,69%). При этом концентрации кобальта очень низки – от 0,0009 мкг/мл до 0,0115 мкг/мл, что составляет 0,0001-0,0008% элементного состава изучаемых ЛФ.

Степень перехода меди в водные извлечения составила 8,06-53,33%, а ее наибольшая концентрация отмечена в настое травы полыни горькой (0,317 мкг/мл или 0,02% элементного комплекса ЛРС). В остальных водных экстрактах содержание меди варьировало от 0,05 мкг/мл до 0,16 мкг/мл, что составляет менее 0,01% от их общего элементного состава (табл. 4).

Таблица 4. Степень экстракции эссенциальных микроэлементов из ЛРС в водное извлечение, %

Элемент	Цветки пижмы обыкновенной	Цветки липы сердцевидной	Листья подорожника большого	Листья крапивы двудомной	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Трава полыни горькой	Трава горца птичьего	Корни лопуха большого	Корни одуванчика лекарственного
Ванадий (V)	22,22	7,50	11,58	7,96	14,31	11,75	11,52	11,46	12,08	5,86
Железо (Fe)	8,60	5,03	6,23	8,98	5,40	6,00	6,25	5,93	5,96	2,37
Кобальт (Co)	8,65	4,58	20,33	13,50	10,95	6,59	12,76	13,83	2,69	1,15
Кремний (Si)	12,56	8,59	10,29	12,72	13,74	10,42	10,03	10,46	10,00	3,78
Литий (Li)	58,43	32,65	31,05	5,07	10,95	26,50	26,15	29,21	30,93	34,81
Никель (Ni)	26,53	22,11	22,52	33,33	60,47	36,82	56,26	51,15	54,37	61,17
Марганец (Mn)	26,02	10,21	17,14	18,40	16,97	17,06	17,12	16,77	16,43	11,68
Медь (Cu)	53,33	37,37	41,74	8,06	10,53	21,43	25,24	25,34	14,82	11,81
Молибден (Mo)	3,78	1,49	5,70	1,25	13,04	5,41	5,70	5,43	5,73	8,10
Селен (Se)	45,00	83,33	50,55	29,71	17,86	67,43	93,66	86,33	24,91	70,83
Хром (Cr)	82,35	68,42	29,95	54,36	81,58	75,49	45,01	47,24	23,93	36,47
Цинк (Zn)	96,09	95,38	99,34	78,20	70,92	52,23	95,13	71,40	25,52	12,54
Всего	14,56	9,23	9,94	12,76	13,92	10,88	11,65	10,22	9,08	3,88

Относительно высокая эффективность перехода в водные извлечения отмечена для никеля и селена (от 22,11% до 61,17% и от 24,91% до 93,66% соответственно). Концентрация никеля в настоях и отварах варьировала от 0,021 мкг/мл до 0,125 мкг/мл, а селена – от 0,0002 мкг/мл до 0,017 мг/кг, что составляло соответственно тысячные и десятитысячные доли процентов от определенно элементного комплекса. Содержание остальных эссенциальных микроэлементов являлось невысоким как в ЛРС, так и в водных извлечениях. Так, концентрация лития варьировала от 0,0004 мкг/мл до 0,035 мкг/мл (при степени экстракции от 5,07% до 58,43%), ванадия – от 0,002 до 0,021 мкг/мл (эффективность перехода в ЛФ – от 7,50% до 22,22%), молибдена – от 0,001 мкг/мл до 0,015 мкг/мл (эффективность экстракции от 1,25% до 13,04%). Их содержание в общем элементном комплексе не превышало 0,01%.

Исследование степени перехода определяемых элементов по цепочке «почва – ЛРС – водные извлечения» показало, что степень перехода различных элементов по изучаемой цепочке сильно варьирует (таблица 5). Сильно накапливаемые ЛРС элементы по классификации А.И. Перельмана, переходят из почв в водные экстракты наиболее эффективно. Наибольшей была степень перехода цинка - варьировала от 30,83% (в отвар корней одуванчика лекарственного) до 238,18% (в настое травы полыни горькой). Элементы, отнесенные в изучаемом ЛРС к группе среднего захвата ЛРС, также достаточно эффективно переходили по цепочке «почва – ЛРС - водные извлечения». Степень перехода меди в трассредовой цепи варьировала от 15,16% (настой листьев крапивы двудомной) до 102,10% (настой травы пустырника пятилопастного), никеля – от 9,13% (в настое цветков липы сердцевидной) до 54,13% в (в отваре корней лопуха), хрома – от 3,10% (в ЛРП липы сердцевидной) до 28,57% (в ЛРП корней одуванчика лекарственного), молибдена – от 1,61% (настой цветков липы сердцевидной) до 17,24% (настой травы тысячелистника обыкновенного), марганца – от 0,78% (ЛФ липы сердцевидной) до 4,51% (ЛФ крапивы двудомной), лития – от 0,04% (настой листьев крапивы двудомной) до 4,12% (настой цветков пижмы обыкновенной). У других эссенциальных микроэлементов степень перехода в цепи «почва - ЛРС - водные извлечения» была ниже и варьировала для кобальта в диапазоне 0,26%-3,48%, для селена – 0,02%-2,00%, для ванадия 0,03%-0,49%, для кремния – 0,02%-0,34%, для железа – 0,03%-0,16%.

Таблица 5. Степень перехода эссенциальных микроэлементов в цепочке «почва - ЛРС - водное извлечение», %

Элемент	Цветки пижмы обыкновенной	Цветки липы сердцевидной	Листья подорожника большого	Листья крапивы двудомной	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Трава полыни горькой	Трава горца птичьего	Корни лопуха большого	Корни одуванчика лекарственного
Ванадий (V)	0,15	0,03	0,27	0,06	0,11	0,11	0,04	0,49	0,49	0,09
Железо (Fe)	0,03	0,03	0,23	0,15	0,03	0,06	0,06	0,16	0,16	0,03
Кобальт (Co)	0,60	0,26	2,53	0,90	0,70	1,12	0,77	3,48	3,04	1,48
Кремний (Si)	0,02	0,03	0,03	0,34	0,06	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02
Литий (Li)	4,12	0,19	2,29	0,04	2,12	0,89	0,23	1,99	3,38	1,29
Никель (Ni)	11,30	9,13	15,67	24,35	22,61	22,25	26,66	42,48	54,13	27,39
Марганец (Mn)	2,92	0,78	2,31	4,51	1,76	2,78	2,11	1,12	1,28	0,62
Медь (Cu)	38,71	23,87	50,76	15,16	22,26	44,73	102,10	41,03	40,43	20,00
Молибден (Mo)	1,61	2,33	11,91	11,03	17,24	4,16	6,06	3,44	4,97	1,95
Селен (Se)	0,02	0,06	0,95	1,22	0,06	0,24	0,45	0,21	0,94	2,00
Хром (Cr)	3,33	3,10	20,47	19,29	7,38	6,11	6,32	13,72	17,49	28,57
Цинк (Zn)	102,50	103,33	158,26	114,17	115,83	117,52	238,18	153,26	68,97	30,83

Заключение

Таким образом, изучен трассредовой переход эссенциальных микроэлементов по цепочке «почва – ЛРС – водные извлечения». Изучаемые виды сырья содержат эссенциальные микроэлементы в количестве от 763 мкг/г до 9795 мкг/г. Резко выделяющимся содержанием эссенциальных микроэлементов выделяется настой листьев крапивы двудомной (более 120 мкг/мл), в остальных водных извлечениях показатель варьировал от 9,37 мкг/мл до 25,16 мкг/мл. Во всех исследуемых

водных извлечений отмечено высокое (относительно других элементов) содержание кремния, а также марганца, железа и цинка. Степень перехода различных элементов по цепочке «почва - ЛРС - водные извлечения» сильно варьирует. Сильно накапливаемые ЛРС элементы переходят из почв в водные экстракты наиболее эффективно. Результаты исследования показали богатый микроэлементный состав изучаемого ЛРС, что может быть использовано в медицинской и фармацевтической практике для коррекции физиологических норм содержания элементов в организме человека.

Литература (references)

1. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. – М.: ФЭМБ, 2018. – 1883 с. [*Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. Izdanie XIV, Tom 4. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. V. 4. Moscow: FEMB, 2018. – 1883 p. (in Russian)*]
2. Гравель И.В., Иващенко Н.В., Самылина И.А. Микроэлементный состав спазмолитического сбора и его компонентов // Фармация. – 2011. – №1. – С. 9-11. [Gravel' I.V., Ivashchenko N.V., Samylina I.A. *Farmaciya. Pharmacy.* – 2011. – N1. – P. 9-11. (in Russian)]
3. Гравель И.В., Нгуен Т.Н.К., Алексеева Н.А., Тарасенко О.А. Изучение минерального состава сырья и водных извлечений двух видов мяты // Фармация. – 2013. – №3. – С. 24-27. [Gravel' I.V., Nguen T.N.K., Alekseeva N.A., Tarasenko O.A. *Farmaciya. Pharmacy.* – 2013. – N3. – P. 24-27. (in Russian)]
4. Дьякова Н.А. Изучение минерального комплекса корней лопуха обыкновенного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2022. – Т.21, №1. – С. 175-180. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy.* – 2022. – V.21, N1. – P. 175-180. (in Russian)]
5. Дьякова Н.А. Изучение минерального комплекса корней одуванчика лекарственного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2022. – Т.21, №2. – С. 171-186. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy.* – 2022. – V.21, N2. – P. 171-176. (in Russian)]
6. Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой горца птичьего, произрастающего в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области // Вестник Смоленской государственной медицинской академии – 2020. – №4. – С. 158-163. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy.* – 2020. – N4. – P. 158-163. (in Russian)]
7. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях одуванчика лекарственного синантропной флоры Воронежской области // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2020. – №4. – С. 152-157. [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy.* – 2020. – N4. – P. 152-157. (in Russian)]
8. Hill C. H., Matrone G. Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements // Federation Proceedings. – 1970. – N29(4). – P. 1474-1481.
9. Li J., Assmann S.M. Mass Spectrometry. An Essential Tool in Proteome Analysis // Plant Physiology. – 2000. – N123(3). – P. 807-810.
10. Wada O., Yanagisawa H. Trace elements, with special reference to the usefulness and safety of zinc // Medicine and Drug Journal. – 1997. – N33(12). – P. 126-134.

Информация об авторах

Дьякова Нина Алексеевна – доктор фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 15.06.2024

Принята к печати 20.09.2024