

УДК 574.24:582.949.2(045)

Т.И. Сиромля, Ю.В. Загурская

**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЭКСТРАКТАХ ИЗ ТРАВЫ *LEONURUS QUINQUELOBATUS*<sup>1</sup>**

В статье представлены результаты исследования особенностей количественного перехода химических элементов (ХЭ) из растительного сырья *Leonurus quinquelobatus* Gilib., выращенного в разных регионах юго-востока Западной Сибири, в лекарственные формы – отвары и настойки. Абсолютное содержание ХЭ в водных отварах выше, чем в водно-спиртовых настойках. Между их валовым содержанием в сырье и концентрацией в экстрактах зависимость не обнаружена. Коэффициент экстракции ХЭ из запыленных растений (с повышенной зольностью и более высоким содержанием нерастворимого в 10 % HCl остатка золы) ниже вне зависимости от экстрагента. У растений из разных регионов данный коэффициент может различаться как на несколько процентов, так и в 2–3 раза, а также заметно варьирует даже в пределах одной партии материала. В наибольших количествах экстрагируются макроэлементы К, Mg и Са, в наименьших – нормируемые в лекарственном растительном сырье Pb и Cd. Экстракты из надземной части *L. quinquelobatus* могут считаться безопасными по содержанию нормируемых ХЭ и служить дополнительным источником жизненно необходимых ХЭ в растворимой (наиболее доступной для усвоения) форме.

*Ключевые слова:* *Leonurus quinquelobatus* Gilib., пустырник пятилопастной, лекарственное растительное сырье, макроэлементы, микроэлементы, экстракты, настойки, отвары.

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-2-203-209

В настоящее время отмечается рост интереса к биогеохимии как фундаментальному системному направлению современной науки. Это связано со сложными вопросами актуальных проблем загрязнения окружающей среды токсичными веществами и необходимостью разработки новых и усовершенствования действующих эколого-биогеохимических нормативов. Антропогенное воздействие на наземные экосистемы оказывает значительное влияние на почвы и растения, что может приводить к значительным изменениям их элементного химического состава [1]. Для ценных ресурсных растений, в том числе лекарственного растительного сырья (ЛРС), последствия могут быть как отрицательными [2], так и положительными [3]. За последнее время интерес к изучению ЛРС продолжает расти, число соответствующих публикаций увеличилось более чем втрое, а по данным Всемирной организации здравоохранения, доля лекарственных средств растительного происхождения скоро достигнет 60 % [4]. Для решения вопроса о безопасности и эффективности использования растительных ресурсов, произрастающих на территориях, испытывающих высокую антропогенную нагрузку, необходимы исследования элементного химического состава ЛРС.

*Leonurus quinquelobatus* Gilib. (пустырник пятилопастной) – многолетнее травянистое прямостоячее корневищное растение, опушенное длинными мягкими волосками, широко распространен как rudеральное, а также успешно культивируется [5]. Трава пустырника применяется для создания лекарственных субстанций в качестве самостоятельного седативного средства или может входить в комплексные препараты [6]. В настоящее время интерес мировой науки к видам рода *Leonurus* L. связан не только с седативным действием, но и с другими фармакологическими свойствами отдельных биологически активных веществ, входящих в состав растений, в том числе кардиотоническим, нейропротекторным, противовоспалительным, иммуномодулирующим и др. [7]. Ранее нами был изучен элементный химический состав растений *L. quinquelobatus* (на примере Западной Сибири) [8], и показано соответствие исследуемого сырья требованиям Государственной Фармакопеи (ГФ) [6] по содержанию нормируемых элементов. Однако хорошо известно, что общая концентрация химических элементов (ХЭ) слабо связана с их доступностью и токсичностью для живого организма. Эта парадигма действует не только в отношении наличия и токсичности элементов почвы для растений, но и распространяется дальше; поэтому вопрос о доступности ХЭ имеет центральное значение во всем эколого-биогеохимическом континууме [9]. ХЭ, входящие в состав ЛРС, участвуют в различных биохимических процессах, стиму-

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках проектов гос. заданий ИПА СО РАН и отдела Кузбасский ботанический сад ФИЦ УУХ СО РАН № АААА-А21-121011590010-5.

лируют и нормализуют обмен веществ, обладают высокой биологической активностью, однако могут переходить в лекарственные препараты не в полном объеме [2; 4; 10–15 и др.].

В связи с вышеизложенным, целью данной работы стало изучение особенностей количественного перехода ХЭ из растительного сырья *L. quinquelobatus* в лекарственные формы – отвары и настойки. В задачи исследования входило: 1) определить содержание ХЭ в водном отваре пустырника, 2) определить содержание ХЭ в водно-спиртовом экстракте пустырника, 3) оценить степень перехода ХЭ из растительного сырья в экстракты.

### Объект и методы исследований

Растения выращивали из генетически однородного материала в трех регионах юго-востока Западной Сибири на опытных участках в Кузбасском ботаническом саду (г. Кемерово), саду Мичуринцев (г. Новосибирск) и Горно-Алтайском ботаническом саду (с. Камлак, Республика Алтай). На каждом опытном участке рассадным способом выращивали по 70–100 индивидуальных растений [16], в фазу цветения срезали надземную часть (согласно требованиям для сбора лекарственного сырья [6]) с 12 растений на каждом экспериментальном участке в течение 2 лет [8]. После высушивания до воздушно-сухого состояния растения взвешивали, тщательно перемешивали и пропорционально массе индивидуальных растений составляли среднюю пробу. После перемешивания из каждой средней пробы случайным образом отбирали по 6 проб для анализа элементного химического состава, всего было проанализировано 36 образцов. Дополнительно в 4 повторностях были отобраны и проанализированы пробы из аптечного сырья *Leonuri herba*.

Характеристика почв ботанических садов опубликована нами ранее [17], также рассмотрены особенности элементного химического состава растительного сырья *L. quinquelobatus* (верхняя треть растений в фазе цветения) [8]. Водные отвары и водно-спиртовые (40 %  $C_2H_5OH$ ) настойки готовили по стандартным методикам, приведенным в ГФ [6]. Содержание ХЭ в экстрактах определяли атомно-абсорбционным методом на приборе Квант-2А в соответствии с ГОСТ 30178-96<sup>2</sup>, ГОСТ Р 51766-2001<sup>3</sup>, ГОСТ Р 53183-2008<sup>4</sup>. Анализы выполнены в трех аналитических повторностях, результаты приведены в пересчете на воздушно-сухое вещество. Концентрация As и Hg оказалась ниже предела обнаружения данных элементов (0,01 мг/кг). Для оценки степени перехода ХЭ в фитопрепараты был рассчитан коэффициент экстракции  $\alpha$  (отношение содержания ХЭ в извлечении (мг/кг) к валовому содержанию ХЭ в ЛРС (мг/кг)  $\times 100\%$ ).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью пакета программ Statistica 10. Подтверждение нормальности распределения исследуемых ХЭ (по Уилку-Шапиро) и равенства дисперсий (по Кохрену) позволило корректно рассчитать средние арифметические значения, их ошибки, выполнить однофакторный параметрический дисперсионный анализ и корреляционный анализ (критический уровень значимости  $p$  принимался равным 0,05).

### Результаты и их обсуждение

Как показали проведенные исследования, в наибольших количествах извлекаются в отвары К, Mg и Ca, в минимальных – Fe, Pb и Cd (табл. 1). Экстракты из растений, выращенных на различных экспериментальных участках, статистически значимо не отличаются по количеству К, Ni, Cu, Pb и Cd. Остальные элементы в больших концентрациях содержатся в отварах из кемеровских растений – от 1,2 до 13,1 раз.

Необходимо отметить, что валовое содержание элементов в растениях распределялось иначе: больше Mn и Na в кемеровских образцах, К и Cu – в алтайских, Fe, Ni, Pb и Zn – в новосибирских, Mg, Ca, Cd – примерно одинаково [8]. Это указывает на отсутствие общей зависимости между валовым содержанием ХЭ в растениях и количеством элементов, переходящих в отвар (табл. 1). Отвары

<sup>2</sup> ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.

<sup>3</sup> ГОСТ Р 51766-2001. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения мышьяка. М.: Стандартинформ, 2011. 10 с.

<sup>4</sup> ГОСТ Р 53183-2008. Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.

из аптечного сырья содержат несколько больше Cd и Fe, меньше – Mg, Mn и Ni, концентрация остальных элементов находится примерно в тех же диапазонах.

Таблица 1

**Содержание ХЭ в водных экстрактах из надземной части *L. quinquelobatus* и *Leonuri herba*, мг/кг сырья**

ХЭ	Регион			Leonuri herba
	г. Кемерово	г. Новосибирск	с. Камлак	
K	7200±680	9440±1530	8920±1320	11600±1850
Mg	2120±270	1440±230	1640±310	900±210
Ca	1800±410	1320±230	880±250	840±180
Na	200±34	36±9	15±3	68±11
Mn	33,2±6,5	26,6±5,8	15,6±4,2	8,8±2,1
Zn	6,9±1,0	5,5±1,1	3,4±0,7	3,3±0,6
Ni	2,5±0,4	2,8±0,5	2,7±0,4	1,7±0,3
Cu	1,6±0,4	2,3±0,3	2,6±0,5	1,9±0,2
Fe	1,35±0,18	0,52±0,12	0,18±0,03	2,31±0,36
Pb	0,22±0,04	0,16±0,02	0,18±0,03	0,13±0,03
Cd	0,028±0,006	0,018±0,03	0,024±0,005	0,048±0,008

В водно-спиртовые экстракты ХЭ переходят в меньших количествах, чем в водные (табл. 2). В некоторых случаях разница невелика – 10–20 %, но может достигать и 260–300 % (например, для Mn). И.В. Гравель и др. [2] также отмечали меньшую экстрагирующую способность настоек, которые извлекали в 1,6–3,5 раз меньше Cu, Mn, Zn, Ni и Cr, чем отвары.

Таблица 2

**Содержание ХЭ в водно-спиртовых экстрактах из надземной части *L. quinquelobatus* и *Leonuri herba*, мг/кг сырья**

ХЭ	Регион			Leonuri herba
	г. Кемерово	г. Новосибирск	с. Камлак	
K	4900±890	6160±1080	5640±930	6050±980
Mg	1130±210	820±180	880±220	540±110
Ca	900±120	640±90	520±80	280±50
Na	170±24	32±10	14±3	38±9
Mn	12,4±2,1	10,3±1,9	5,1±0,6	3,4±0,4
Zn	5,3±1,2	4,6±0,8	2,6±0,4	2,9±0,3
Ni	2,0±0,3	2,2±0,4	2,6±0,4	1,0±0,2
Cu	1,0±0,3	1,5±0,3	1,6±0,4	1,4±0,3
Fe	1,23±0,21	0,54±0,07	0,20±0,03	1,70±0,35
Pb	0,17±0,02	0,12±0,01	0,15±0,02	0,10±0,01
Cd	0,017±0,03	0,014±0,02	0,020±0,03	0,020±0,02

Концентрация элементов в настойках аналогично снижается от K к Cd, по содержанию токсических элементов они безопасны. В настойках из кемеровских растений содержится в 1,1–12,2 раза больше Ca, Na, Mn, Zn и Fe, т. е. зависимость от валового содержания ХЭ в растениях также отсутствует. Экстракты из аптечного сырья содержат несколько меньше Mg, Ca, Mn и Ni, концентрация остальных ХЭ укладывается в приведенные диапазоны.

В работе [2] отмечают, что концентрации ХЭ, извлекаемых в настойки и отвары, в большинстве случаев уменьшаются в ряду Fe>Mn>Zn>Cu>Ni>Cr; в работе [15] – Mn>Zn>Co>Cu>Cd=Pb. И.Г. Танцерева [18] указывает, что содержание ХЭ в водных извлечениях уменьшается в ряду: Fe>Mn>Zn>Cu>Cr>Pb>Cd>Ni, а в спиртовых извлечениях единой картины не наблюдается. Аналогичные ряды для исследованных нами экстрактов относительно близки, но резко отличаются низким содержанием Fe.

Помимо содержания ХЭ в экстрактах, значительный интерес представляет и коэффициент их экстрагируемости (рис. 1), на который оказывает влияние широкий спектр различных факторов – свойства ХЭ, степень измельчения ЛРС, режим настаивания, уровень содержания элементов в исходном сырье и т. д. [2; 4; 10; 12; 13; 15; 19; 20].

Можно отметить, что зачастую в литературе выделяют 3–4 группы элементов с разной степенью экстрагирования [2; 11], указывая при этом на значительные отличия в экстрагируемости ХЭ из различных образцов ЛРС, отличающихся видовой принадлежностью [4; 10; 14; 15; 18; 20]. Согласно предложенной ранее классификации [12], ХЭ со значением коэффициента извлечения более 55 % относятся к категории высокоизвлекаемых, 30–55 % – умеренно, а менее 30 % относятся к плохо извлекаемым элементам. Проведенные нами исследования показали, что коэффициент экстракции у отдельных ХЭ изменяется как незначительно (например, 15–22 % и 12–17 % для Zn), так и весьма существенно (например, 26–65 % и 16–56 % для Pb), а также варьирует даже в пределах одного опытного участка. Наименьшая экстрагируемость многих элементов отмечалась для аптечного сырья и новосибирских растений, что связано, вероятно, с повышенной запыленностью. Ранее [8] нами было определено количество остатка золы, нерастворимого в 10 % соляной кислоте (%): 0,28; 0,61; 0,15 и 1,09 в кемеровских, новосибирских, алтайских и аптечных пробах соответственно. Проведенный корреляционный анализ подтвердил наличие обратных статистически значимых связей ( $r \sim -0,7$  –  $(-0,8)$ ) между вышеуказанным параметром и экстрагируемостью Cu, Mg, Cd, Pb (в настойках также и для Ni). Подобное явление подтверждает, что часть ХЭ входит в состав мелкодисперсных почвенных частиц на поверхности растений, не переходит в экстракты и является фактически недоступной для метаболических превращений.

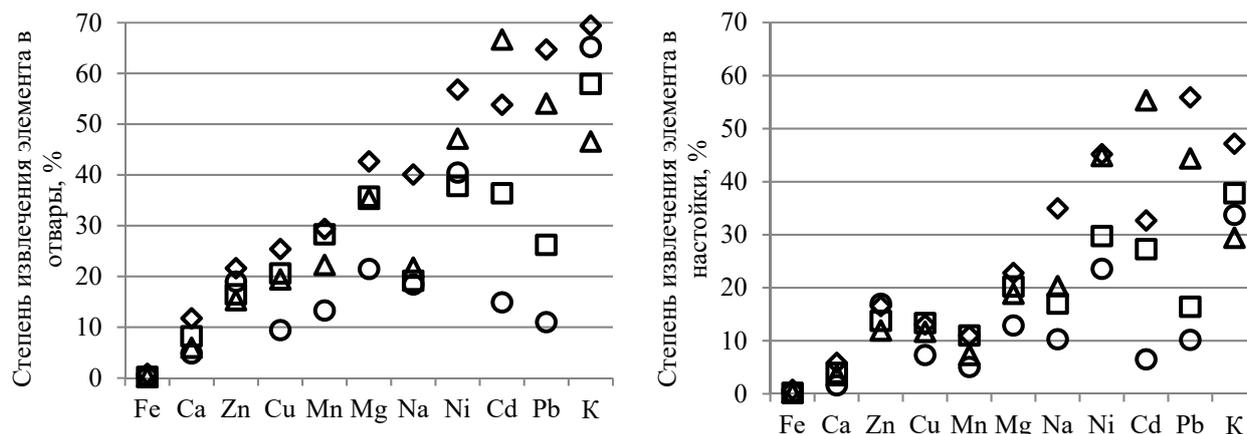


Рис. Извлечение химических элементов в отвары и настойки *L. quinquelobatus*, %.

Условные обозначения: ромб – Кемерово; квадрат – Новосибирск; треугольник – Республика Алтай; круг – лекарственный препарат *Leonuri herba*.

Как показано на рисунке, в минимальной степени из *L. quinquelobatus* извлекается Fe – менее 1 % от валового содержания. Низкое относительное содержание Fe в экстрактах уже отмечали ранее для различных видов растений Горного Алтая [2] (менее 10 %) и Кемеровской области [18] (0,14–21,95 %). В среднем в максимальной степени из исследованных растений извлекался K – до 70 % в отварах и 50 % в настойках, хотя у кемеровских и алтайских растений весьма высокой оказалась степень экстрагируемости Pb, Cd и Ni, причем как в отвары, так и в настойки. Однако, валовое содержание этих ХЭ в растениях пустыряника было достаточно низким [8], и их высокая извлекаемость на безопасность водных и водно-спиртовых извлечений не повлияла. Встречаются сведения о возможном риске для детей и других наиболее восприимчивых категорий при постоянном употреблении некоторых травяных чаев в связи с повышенным уровнем Cd [15], однако зачастую он извлекается в прочносвязанных с органическими соединениями формах, не обладающих физиологической активностью [20].

## Выводы

1. Обобщая вышеизложенное, следует обратить внимание на отсутствие прямой зависимости между валовым содержанием ХЭ в лекарственных растениях и их экстрагируемым количеством.

Водные экстракты извлекают из травы *L. quinquelobatus* больше ХЭ, чем водно-спиртовые. В наибольших количествах в отвары и настойки переходят макроэлементы К, Mg и Са, в минимальных – потенциально токсичные Pb и Cd. Таким образом, экстракты *L. quinquelobatus* являются безопасными по содержанию нормируемых токсичных ХЭ (As, Cd, Hg, Pb) и могут служить дополнительным источником некоторых макроэлементов.

2. Коэффициент экстракции ХЭ у растений из разных регионов может отличаться как на несколько процентов, так и в 2–3 раза, а также варьирует даже в пределах одного опытного участка. Из растений с повышенной запыленностью, т. е. с более высоким содержанием остатка золы, нерастворимого в 10 % HCl, извлекается меньшая доля ХЭ – коэффициент корреляции  $r \sim -0,7 - -0,8$  для Cu, Mg, Cd, Pb, а в настойках также и для Ni. Минимальная степень извлечения выявлена для Fe (менее 1 % от валового содержания), максимальная – для К (до 70 % и 50 % в зависимости от экстрагента). У кемеровских и алтайских растений оказался весьма высок коэффициент экстракции для Pb, Cd и Ni, однако их низкое содержание в растительном сырье и, как следствие, в отварах и настойках позволяет считать данные лекарственные формы полностью безопасными по содержанию ХЭ и пригодными для употребления.

### Благодарности

Авторы выражают признательность к.б.н. И.И. Баяндиной (Новосибирск) и д.б.н. А.И. Сысо (Новосибирск) за научные консультации, а также сотрудникам Новосибирского ГАУ (г. Новосибирск), Кузбасского ботанического сада ИЭЧ СО РАН (г. Кемерово) и Горно-Алтайского ботанического сада (п. Камлак) за участие в выращивании и сборе материала для исследования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. 548 p.
2. Гравель И.В., Шойхет Я.Н., Яковлев Г.Н., Самылина И.А. Фармакогнозия. Экоотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 304 с.
3. Zheljzkov V.D., Jeliakova E.A., Kovacheva N., Dzhurmanski A. Metal uptake by medicinal plant species grown in soils contaminated by a smelter // Environm. & Experim. Bot. 2008. Vol. 64. P. 207–216.
4. Vinogradova N., Glukhov A., Chaplygin V., Kumar P., Mandzhieva S., Minkina T., Rajput V.D. The Content of Heavy Metals in Medicinal Plants in Various Environmental Conditions: A Review // Horticulturae. 2023. Vol. 9 (2). P. 239–253.
5. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3 т. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2004. Т.3: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). 665 с.
6. Государственная фармакопея РФ: XIV изд. Т. IV. М.: Мин. Здрав. РФ. 2018. 719 с.
7. Zhang R.-H., Liu Z.-K., Yang D.-S., Zhang X.-J., Sun H.-D., Xiao W.-L. Phytochemistry and pharmacology of the genus *Leonurus*: The herb to benefit the mothers and more // Phytochem. 2018. Vol. 147. P. 167–183.
8. Загурская Ю.В., Сиромля Т.И. Оценка элементного химического состава растений *Leonurus quinquelobatus* (на примере Западной Сибири) // Уч. зап. Каз. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2018. Т.160. №. 3. С. 419–435.
9. Lombi E., Scheckel K.G., Kempson I.M. In situ analysis of metal(loid)s in plants: state of the art and artefacts // Environm. & Experim. Bot. 2011. Vol. 72. P. 3–17.
10. Cindrić I.J., Zeiner M., Glamuzina E., Stinger G. Elemental characterisation of the medical herbs *Salvia officinalis* L. and *Teucrium montanum* L. grown in Croatia // Microchem. J. 2013. Vol. 107. P. 185–189.
11. Pytlakowska K., Kita A., Janoska P., Połowniak M., Kozik V. Multi-element analysis of mineral and trace elements in medicinal herbs and their infusions // Food Chem. 2012. Vol. 135 (2). P. 494–501.
12. Diaconu D., Diaconu R., Navrotescu T. Estimation of heavy metals in medicinal plants and their infusions // Ovidius Univ. Ann. of Chem. 2012. Vol. 23. N. 1. P. 115–120.
13. Malandrino M., Giacomino A., Abollino O., Allio A., Toniolo R., Colombo M.L. Determination of major, minor and trace elements in Glyceric Macerates and Mother Tinctures and in the starting plant materials // J. Pharm. and Biomed. Anal. 2015. Vol. 106. P. 167–178.
14. Martín-Domingo M.C., Pla A., Hernández A.F., Olmedo P., Navas-Acien A., Lozano-Paniagua D., Gil F. Determination of metalloid, metallic and mineral elements in herbal teas. Risk assessment for the consumers // J. Food Compos. and Anal. 2017. Vol. 60. P. 81–89.
15. Akhbarizadeh R., Dobaradaran S., Spitz J., Mohammadi A., Tekle-Röttering A., De-la-Torre G.E., Keshtkar M. Metal(loid)s in herbal medicines and their infusions: Levels, transfer rate, and potential risks to human health // Hygien. and Environm. Health Adv. 2023. Vol. 5. Art. 100042.

16. Загурская Ю.В., Баяндина И.И., Сиромля Т.И., Сысо А.И., Дымина Е.В., Вронская О.О., Казанцева Л.М. Качество сырья лекарственных растений при выращивании в антропогенно нарушенных регионах Западной Сибири на примере *Hypericum perforatum* L. и *Leonurus quinquelobatus* Gilib // Химия растительного сырья. 2013. № 4. С. 141–150.
17. Сиромля Т.И., Загурская Ю.В., Баяндина И.И., Сысо А.И. Эколого-агрохимическая оценка состава и свойств почв ботанических садов юго-востока Западной Сибири // Агрохимия. 2017. № 10. С. 16–23.
18. Танцерева И.Г. Эколого-фармакогностическое исследование некоторых лекарственных растений Кемеровской области: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Томск, 2004. 24 с.
19. Abou-Arab A.A.K., Abou Donia M.A. Heavy metals in Egyptian spices and medicinal plants and the effect of processing on their levels // J. Agricult. & Food Chem. 2000. Vol. 48. P. 2300–2304.
20. Wang Zh., Wang H., Wang H., Li Q., Li Y. Heavy metal pollution and potential health risks of commercially available Chinese herbal medicines // Sci. of Total Environm. 2019. Vol. 653. P. 748–757.

Поступила в редакцию 28.02.2023

Сиромля Татьяна Ивановна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник  
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН  
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 8/2  
E-mail: siromlya@issa-siberia.ru

Загурская Юлия Васильевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник  
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН (Институт экологии человека)  
650065, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10  
E-mail: syjil@mail.ru

***T.I. Siromlya, Yu.V. Zagurskaya***

**BIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MACRO- AND MICROELEMENTS ON EXTRACTS FROM *LEONURUS QUINQUELOBATUS* HERB**

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-2-203-209

The article presents the results of the study of the features of quantitative transition of chemical elements (CE) in decoctions and tinctures. *Leonurus quinquelobatus* Gilib. plants were grown in the regions of the southeast of Western Siberia. Absolute content of CE in aqueous extracts is higher than in aqueous-alcoholic extracts. No relationship between their gross content in raw material and concentration in extracts was found. Dusted plants are characterized by higher ash content and content of ash residue insoluble in 10% HCl. The CE extraction coefficient from these samples is lower regardless of the extragent. In plants from different regions, the extraction ratio may differ either slightly or several times. It varies markedly even within a single site. The macronutrients K, Mg and Ca are extracted in the highest amounts. Standardized in medicinal plant raw materials Pb and Cd are extracted in minimal amounts. Extracts from the herb *L. quinquelobatus* can be considered safe for the content of potentially toxic Pb and Cd and use as an additional source of macronutrients.

**Keywords:** *Leonurus quinquelobatus* Gilib., motherwort, medicinal plant raw materials, macronutrients, trace elements, extracts, tinctures, decoctions.

REFERENCES

1. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010, 548 p.
2. Gravel' I.V., Shoykhet Ya.N., Yakovlev G.N., Samylina I.A. *Farmakognoziya. Ekotoksikanty v lekarstvennom rastitel'nom syr'e i fitopreparatakh* [Pharmacogonosis. Ecotoxicants in Medicinal Plant Materials and Phytopreparations], Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2013, 304 p. (in Russ.).
3. Zheljzakov V.D., Jeliakova E.A., Kovacheva N., Dzhurmanski A. Metal uptake by medicinal plant species grown in soils contaminated by a smelter, in *Environm. & Experim. Bot.*, 2008, vol. 64, pp. 207-216.
4. Vinogradova N., Glukhov A., Chaplygin V., Kumar P., Mandzhieva S., Minkina T., Rajput V.D. The Content of Heavy Metals in Medicinal Plants in Various Environmental Conditions: A Review, in *Horticulturae*, 2023, vol. 9 (2), pp. 239-253.
5. Gubanov I.A., Kiseleva K.V., Novikov V.S., Tikhomirov V.N. *Illyustrirovannyi opredelitel' rasteniy Sredney Rossii. T.3: Pokrytosemennye (dvudol'nye: razdel'nolepestnye)* [Illustrated determinant of plants of Central Russia. Vol. 3: Angiosperms (Dicotyle-dons: Choripetalae)], Moscow: Tov-vo Nauch. Izd. KMK, 2004, 665 p. (in Russ.).

6. *Gosudarstvennaya farmakopeya RF.T. IV* [State Pharmacopoeia of Russian Federation. Vol. 4], 14th ed., Moscow: Minist. Zravookhr. RF Publ., 2018, 719 p. (in Russ.).
7. Zhang R.-H., Liu Z.-K., Yang D.-S., Zhang X.-J., Sun H.-D., Xiao W.-L. Phytochemistry and pharmacology of the genus *Leonurus*: The herb to benefit the mothers and more, in *Phytochem.*, 2018, vol. 147, pp. 167-183.
8. Zagurskaya Y.V., Siromlya, T.I. [Chemical Composition of *Leonurus quinquelobatus* in Western Siberia], in *Uch. Zap. Kazan. Univ., Ser. Estestv. Nauki* [Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series], 2018, vol. 160, no. 3, pp. 419-435 (in Russ.).
9. Lombi E., Scheckel K.G., Kempson I.M. In situ analysis of metal(loid)s in plants: state of the art and artefacts, in *Environm. & Experim. Bot.*, 2011, vol. 72, pp. 3-17.
10. Cindrić I.J., Zeiner M., Glamuzina E., Stinger G. Elemental characterisation of the medical herbs *Salvia officinalis* L. and *Teucrium montanum* L. grown in Croatia, in *Microchem. J.*, 2013, vol. 107, pp. 185-189.
11. Pytlakowska K., Kita A., Janoska P., Połowniak M., Kozik V. Multi-element analysis of mineral and trace elements in medicinal herbs and their infusions, in *Food Chem.*, 2012, vol. 135 (2), pp. 494-501.
12. Diaconu D., Diaconu R., Navrotescu T. Estimation of heavy metals in medicinal plants and their infusions, in *Ovidius Univ. Ann. of Chem.*, 2012, vol. 23 (1), pp. 115-120.
13. Malandrino M., Giacomino A., Abollino O., Allio A., Toniolo R., Colombo M.L. Determination of major, minor and trace elements in Glyceric Macerates and Mother Tinctures and in the starting plant materials, in *J. Pharm. and Biomed. Analys.*, 2015, vol. 106, pp. 167-178.
14. Martín-Domingo M.C., Pla A., Hernández A.F., Olmedo P., Navas-Acien A., Lozano-Paniagua D., Gil F. Determination of metalloids, metallic and mineral elements in herbal teas. Risk assessment for the consumers, in *J. Food Compos. and Analys.*, 2017, vol. 60, pp. 81-89.
15. Akhbarizadeh R., Dobaradaran S., Spitz J., Mohammadi A., Tekle-Röttering A., De-la-Torre G.E., Keshtkar M. Metal(loid)s in herbal medicines and their infusions: Levels, transfer rate, and potential risks to human health, in *Hygien. and Environm. Health Adv.*, 2023, vol. 5, art. 100042.
16. Zagurskaya Yu.V., Bayandina I.I., Siromlya T.I., Syso A.I., Dymina E.V., Vronskaya O.O., Kazantseva L.M. [Quality of raw medicinal plants (*Hypericum perforatum* L. and *Leonurus quinquelobatus* Gilib.) cultivated in the anthropogenic disturbed areas of the Siberian cities], in *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, no. 4, pp. 141-150 (in Russ.).
17. Siromlya T.I., Syso A.I., Zagurskaya Y.V., Bayandina I.I. [Ecological and agrochemical evaluation of composition and properties of soils in botanical gardens of the south-east of Western Siberia], in *Agrokhimiya*, 2017, no. 10, pp. 16-23 (in Russ.).
18. Tantsereva I.G. [Ecological and pharmacognostic study of some medicinal plants of the Kemerovo region], Abstract of diss. Cand. (Pharm.) Sci., Tomsk, 2004. 23 p (in Russ.).
19. Abou-Arab A.A.K., Abou Donia M.A. Heavy metals in Egyptian spices and medicinal plants and the effect of processing on their levels, in *J. Agricult. & Food Chem.*, 2000, vol. 48, pp. 2300-2304.
20. Wang Zh., Wang H., Wang H., Li Q., Li Y. Heavy metal pollution and potential health risks of commercially available Chinese herbal medicines, in *Sci. of Total Environm.*, 2019, vol. 653, pp. 748-757.

Received 28.02.2023

Siromlya T.I., Doctor of Biology, Leading Researcher  
Institute of Soil Science and Agrochemistry Siberian Branch Russian Academy of Sciences  
Academician Lavrentyev Avenue, 8/2, Novosibirsk, Russia, 630090  
E-mail: siromlya@issa-siberia.ru

Zagurskaya Yu.V., Candidate of Biology, Researcher  
Federal Research Center on Coal and Coal Chemistry Siberian Branch Russian Academy of Sciences  
(Institute of Human Ecology)  
Leningradskiy prospekt, 10, Kemerovo, Russia, 650065  
E-mail: syjil@mail.ru