

Сиромля Т.И.¹, Загурская Ю.В.², Баяндина И.И.³¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск,
E-mail: tatiana@issa.nsc.ru² Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово,
E-mail: syjil@mail.ru³ Новосибирский государственный аграрный университет,
E-mail: bayandina@ngs.ru

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ТРАВЫ *HYPERICUM PERFORATUM* L., ВЫРАЩЕННОЙ В РЕГИОНАХ С ВЫСОКОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Содержание Cd в сырье *Hypericum perforatum* L. часто превышает ПДК, так как данный вид является концентратом кадмия. Однако степень извлечения Cd не превышает 23%, в настойки – 5% от валового содержания в сырье. Выявлена высокая извлекаемость Pb и Ni, очень низкая – Fe и Sr. Содержание практически всех исследованных химических элементов в настойках ниже, чем в отварах. Растения *Hypericum perforatum* L. выращивали рассадным способом из генетически однородного материала в трех регионах юга Западной Сибири, сильно различающихся по уровню антропогенного загрязнения. Общее содержание химических элементов определяли в лекарственном сырье, водных отварах (сырье: дистиллированная вода – 1: 20) и спиртовых настойках (сырье: 40% этанол – 1: 10) методами атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного анализа.

Общая зольность (3,75–4,87%) и количество нерастворимого остатка золы (0,31–0,73%) соответствовала требованиям ГФ XI и была ниже, чем в исследованном аптечном сырье – 5,60 и 1,15% соответственно. В *H. perforatum*, выращенном в условиях антропогенного воздействия, концентрация калия (5910–10690 мг/кг) и свинца (0,3–0,4) была значительно ниже, чем у фармацевтического сырья (18662 и 1,4 соответственно). Концентрация никеля (2,6–5,0), марганца (94–114), цинка (49–60) была значительно больше, чем у фармацевтического сырья (0,7, 17 и 22 соответственно). Валовое содержание кадмия в растениях *H. perforatum* исследуемых регионов изменялось от 0,42 до 1,64 мг/кг, средние значения в целом превышают ПДК, установленные СанПиН 2.3.2.1078-01 для БАД на растительной основе. Содержание кадмия в сырье зверобоя продырявленного часто превышает предельно допустимые концентрации, так как этот вид является концентратом кадмия. Однако степень извлечения Cd в отвары не превышает 23%, в настойки – 5% от валового содержания в сырье.

Очень низкая извлекаемость была определена для железа и стронция, высокая – для никеля и свинца, калий имеет максимальную извлекаемость. Практически все исследованные химические элементы в растениях Западной Сибири переходят в водное извлечение в среднем в 1,3–3,4 раза (Cd – 4–5, Sr – 7–8) больше, чем в водно-спиртовой экстракт. Степень извлечения химических элементов из сырья, выращенного в регионах Западной Сибири, значительно отличается. Для растений, выращенных в техногенно загрязненных регионах, отмечена тенденция к увеличению содержания легкодоступных форм химических элементов.

Ключевые слова: *Hypericum perforatum* L., зверобой продырявленный, лекарственное растительное сырье, химические элементы, настойки, отвары.

Оценка экологической чистоты и перспектив применения сырьевых запасов в индустриально развитых регионах уже долгое время находится в списке первоочередных задач при изучении лекарственного растительного сырья (ЛРС). *Hypericum perforatum* L. (зверобой продырявленный) – одно из наиболее популярных растений официальной медицины, обладающих богатым составом биологически активных веществ и разнообразием фармакологических свойств [1]. Ранее нами было показано, что сырье *H. perforatum* при выращивании в техногенно нарушенных районах юга Западной Сибири соответствует требованиям Государственной фармакопеи [1] и Deutsche Arzneimittel-Codex

[10] к содержанию БАВ (флавоноиды 2,2–3,0%, гиперицины 0,05–0,07%) и может применяться для создания лекарственных средств [3].

Растения выращивали рассадным способом из генетически однородного материала в трех регионах юга Западной Сибири на опытных участках: 1) Кузбасский ботанический сад ИЭЧ СО РАН (г. Кемерово), находящийся на окраине одного из центров химической и угольной промышленности с высоким уровнем загрязнения окружающей среды; 2) Сад Мичуринцев НГАУ (г. Новосибирск), расположенный в радиусе действия нескольких крупных автомагистралей; 3) Горно-Алтайский ботанический сад (с. Камлак, Республика Алтай), выбранный в каче-

стве контрольной территории с минимальной техногенной нагрузкой. Сбор образцов травы проводили в 2012 г. В фазу цветения согласно требованиям ГФ XI [1].

Общую зольность и количество золы, нерастворимой в 10% HCl, анализировали по стандартной методике [1]. Определяли общее содержание химических элементов (ХЭ) в лекарственном сырье, водных отварах (сырье / дистиллированная вода – 1/20) и спиртовых настояках (сырье / 40% этанол – 1/10), приготовленных по общепринятым методикам [1]. В работе использовались методы атомно-эмиссионного спектрографического анализа (с дуговым аргоновым двухструйным плазмотроном) и атомно-абсорбционной спектроскопии (прибор Квант-2А). Содержание ХЭ приведено в пересчете на воздушно-сухие образцы. Все анализы выполнены в трех аналитических повторностях. Для оценки степени перехода ХЭ в фитопрепараты была рассчитана степень извлечения α (отношение содержания ХЭ в извлечении (мг/кг) к валовому содержанию ХЭ в растительном сырье (мг/кг) $\times 100\%$).

Общая зольность (3,75–4,87%) и количество нерастворимого остатка золы (0,31–0,73%) соответствует требованиям ГФ XI [1] и ниже, чем в исследованном аптечном сырье – 5,60 и 1,15% соответственно (причем последнее значение выше допустимого норматива – ме-

нее 1%). В исследованных образцах травы *H. perforatum* обнаружены пониженные средние концентрации общего содержания (мг/кг) К (5910–10690) и Рb (0,3–0,4) по сравнению с аптечным сырьем (18662 и 1,4 соответственно), другие ХЭ содержатся в больших количествах – Ni (2,6–5,0 и 0,7), Mn (94–114 и 17), Zn (49–60 и 22) и т. д.

При исследовании элементного состава *H. perforatum* следует обратить внимание на Cd, один из наиболее токсичных элементов, поскольку зверобой является его сверхконцентратом [5], [15]. Валовое содержание Cd в растениях исследуемых регионов изменяется от 0,42 до 1,64 мг/кг, средние значения в целом превышают ПДК, установленные СанПиН 2.3.2.1078-01 для БАД на растительной основе (1 мг/кг), максимальное среднее содержание Cd обнаружено в образцах, выращенных в Горном Алтае (1,29 мг/кг), в аптечном сырье ПДК не превышено (0,77 мг/кг). Следует отметить, что превышение ПДК отмечают для образцов *H. perforatum* достаточно часто в зависимости от pH почвы и содержания органических соединений в ней [9]. В отношении других ХЭ превышения ПДК валового содержания не наблюдалось. Лекарственное растительное сырье используется в медицине в виде различных лекарственных форм (отвары, настойки и т. д.), поэтому информации только о валовом

Таблица 1. Содержание ХЭ в отварах *H. perforatum*, мг/кг воздушно-сухого вещества

ХЭ	Месторасположение опытных участков						Аптечное сырье	
	г. Кемерово		г. Новосибирск		с. Камлак (Респ. Алтай)		М	σ
	М	σ	М	σ	М	σ		
Ca	1513	320	1320	183	1107	205	880	142
Cd	0,25	0,05	0,18	0,02	0,16	0,04	0,07	0,03
Cu	2,61	0,53	2,96	0,43	3,79	0,72	1,65	0,31
Fe	1,89	0,56	1,79	0,18	1,93	0,26	0,50	0,10
K	4507	500	5720	567	5987	583	7400	754
Li	0,12	0,01	0,08	0,01	0,10	0,02	0,09	0,01
Mg	1773	241	1013	115	813	50	830	68
Mn	61,7	6,7	33,9	1,8	28,1	1,9	5,1	0,7
Na	81,7	6,4	80,4	14,7	57,4	16,2	48,0	9,1
Ni	1,72	0,10	2,06	0,10	2,73	0,17	0,35	0,05
Pb	0,23	0,02	0,17	0,02	0,20	0,03	0,80	0,07
Sr	4,16	1,50	3,94	1,02	4,09	0,61	0,50	0,10
Zn	17,5	2,0	12,5	0,9	12,6	0,8	7,7	0,5

Примечание. Здесь и далее: М – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение.

содержание ХЭ в растениях недостаточно, важно учитывать степень извлечения ХЭ. Литературные данные по этому вопросу достаточно многочисленны, но весьма противоречивы. Так, по степени извлечения в водные экстракты ХЭ подразделяют на три группы: извлекается более 55% (К), извлекается 20–55% (Mg, Na, P, B, Zn и Cu), извлекается менее 20% Al, Fe, Mn, Ba, Ca и Sr [13]. С.А. Листов и др. [4] отмечают, что степень извлечения колеблется в значительной степени в зависимости от степени измельчения ЛРС, свойств ХЭ и т. д., и изменяется в пределах от 8 до 28%. Приводят данные, что при настаивании извлекаемость ХЭ может находиться

в пределах (%): Mg – 14,4–37,3; Cu – 13,1–21,8; Fe – 5,1–9,7 [12], [14]. В работе Falco et al. [11] для травы зверобоя отмечалось наибольшее из растений 41 вида извлечение Cu в водный экстракт: 154,5 мкг / 500 мл.

H. perforatum применяется в лекарственных целях в основном в виде отваров и настоев (водное извлечение) или настоек (водно-спиртовое извлечение). Практически все исследованные ХЭ в растениях региона переходят в водное извлечение в больших количествах, чем в водно-спиртовое, в среднем в 1,3–3,4 раза (Cd – 4-5, Sr – 7–8), однако для аптечного сырья разница менее существенна – в 1,0–3,1 раза (табл. 1, 2).

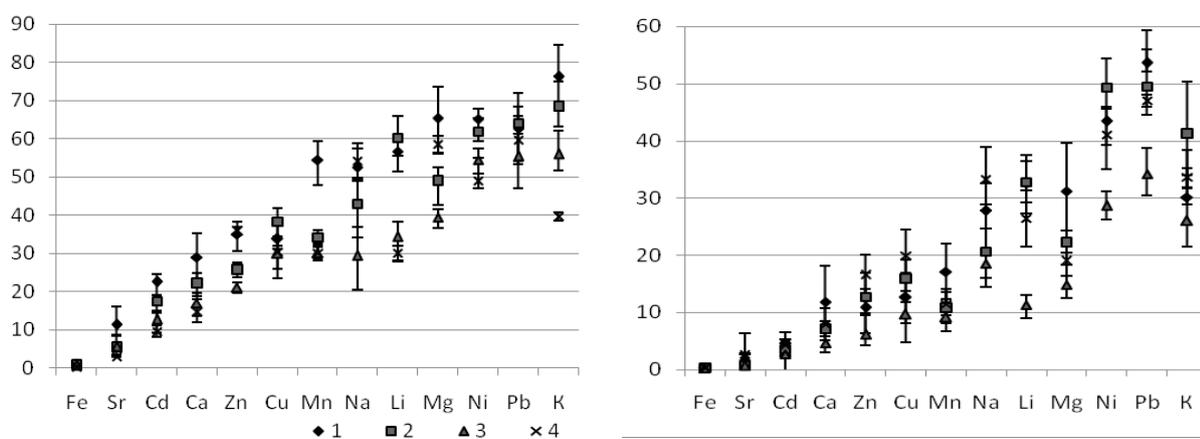


Рисунок 1. Степень извлечения ХЭ (средние значения и пределы варьирования) в отвары (слева) и настоики (справа), % (1 – г. Кемерово, 2 – г. Новосибирск, 3 – с. Камлак (Респ. Алтай), 4 – аптечное сырье)

Таблица 2. Содержание ХЭ в настояках *H. perforatum*, мг/кг воздушно-сухого вещества

ХЭ	Месторасположение опытных участков						Аптечное сырье	
	г. Кемерово		г. Новосибирск		с. Камлак (Респ. Алтай)			
	М	σ	М	σ	М	σ	М	σ
Ca	620	125	427	186	300	115	480	147
Cd	0,05	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01
Cu	0,98	0,12	1,23	0,22	1,22	0,24	1,09	0,17
Fe	0,81	0,27	0,63	0,12	0,79	0,05	0,50	0,08
K	1780	570	3447	781	2780	746	6271	987
Li	0,07	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01	0,08	0,02
Mg	847	50	460	40	307	64	272	46
Mn	19,4	6,0	10,8	3,1	8,5	2,7	2,0	0,5
Na	42,7	7,6	38,7	13,3	36,0	10,6	29,5	9,0
Ni	1,14	0,13	1,64	0,15	1,44	0,12	0,29	0,05
Pb	0,19	0,03	0,13	0,02	0,12	0,02	0,63	0,12
Sr	0,62	0,18	0,55	0,05	0,50	0,03	0,50	0,04
Zn	5,4	1,9	6,2	1,8	3,7	1,7	3,6	1,5

Степень извлечения ХЭ в экстракты значительно варьирует даже в пределах одного опытного участка (рис. 1). Минимальная степень извлечения выявлена для Fe и Sr, максимальная – для К. Ранее низкую извлекаемость Fe и Sr (1,87–5,93%) из лекарственных растений Горного Алтая отмечали И.В. Гравель и др. [2]. Высокой оказалась степень извлечения Pb и Ni, причем как в отвары, так и в настойки. В отварах *Plantago major* L. и *Artemisia sieversiana* Willd, исследованных нами ранее [7], Pb практически не обнаруживался, хотя в значительной степени переходил в настойки. Есть данные [2] и о высокой степени извлечения Ni – 50,9–96,3% в настои и 24,4–27,1% в отвары.

Как известно, Cd – один из наиболее подвижных тяжелых металлов [8], однако максимальная степень извлечения Cd в отвары не превышала 23%, а в настойки – 5% от валового содержания в сырье *H. perforatum*. Таким образом, устойчивость и способность к аккумуляции Cd у растений *H. perforatum* обусловлена образованием физиологически неактивных комплексов [6]. Степень извлечения ХЭ из сырья собранного в различных регионах Запад-

ной Сибири, значительно отличается, причем минимальная извлекаемость ХЭ, независимо от экстрагента, отмечена для алтайских растений, у которых самое высокое содержание золы и нерастворимого остатка – то есть, ХЭ находятся в прочносвязанных формах, вероятно, это мелкодисперсные почвенные частицы, оседающие на поверхности растений. Извлекаемость большинства ХЭ из кемеровских растений выше по сравнению с новосибирскими.

Таким образом, валовое содержание кадмия в растениях *H. perforatum*, зачастую превышает ПДК, но в лекарственные формы переходит лишь небольшая часть от его общего количества. При изучении безопасности травы *H. perforatum* необходимо учитывать содержание Pb и Ni в связи с их высокой извлекаемостью. Для растений, выращенных в техногенно загрязненных регионах, отмечена тенденция к увеличению содержания легкодоступных форм ХЭ, переходящих в отвары и настойки. Содержание практически всех исследованных ХЭ (включая Cd, Pb и Ni) в настойках ниже, чем в отварах.

07.09.2015

Список литературы:

1. Государственная фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. М.: Медицина, 1990. 400 с.
2. Гравель И.В., Шойхет Я.Н., Яковлев Г.П., Самылина И.А. Фармакогнозия. Экотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 304 с.
3. Загурская Ю.В. и др. 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.
4. Листов С.А., Непесов Г.А., Сахатов Э.С. 1992. Содержание тяжелых металлов в настоях и отварах из лекарственного растительного сырья // Фармация. №4. С. 37-41.
5. Ловкова М.Я. и др. Почему растения лечат. М.: Ленанд, 2014. 288 с.
6. Серегин И.В. Фитохелатины и их роль в детоксикации кадмия у высших растений // Успехи биологической химии. 2001. Т. 41. С. 283-300.
7. Сиромля Т.И., Мяделец М.А. Формы соединений химических элементов в лекарственных растениях // Труды IX международной биогеохимической школы «Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии». Барнаул, 2015. Т. 2. С. 182-185.
8. Титов А. Ф., Казнина Н. М., Таланова В. В. Устойчивость растений к кадмию (на примере семейства злаков). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. 55 с.
9. Chizzola R., Lukas B. Variability of the cadmium content in *Hypericum* Species collected in eastern Austria // Water, Air and Soil Pollution. 2006. V. 170. I. 1-4. P. 331-343.
10. Deutsche Arzneimittel Codex 1986: Johanniskraut – *Hyperici herba*. (DAC). DIC 3. 1991. S. 1–5.
11. Falco G., Llobet J.M., Zareba S., Krzysiak K., Domingo J.L. Risk assessment of trace elements intake through natural remedies in Poland // Trace Elements and Electrolytes. 2005. V. 22 (I. 3). P. 222-226.
12. Konieczynski P., Wesolowski M., Radecka I., Rafalski P. Bioavailable inorganic forms of essential elements in medicinal plants from Northern Poland // Chemical Speciation And Bioavailability. 2011. V. 23 (I. 2). P. 61-70.
13. Pytlakowska K. et al. Multi-element analysis of mineral and trace elements in medicinal herbs and their infusions // Food Chemistry. 2012. V. 135 (I. 2). P. 494-501.
14. Raczuk J., Biardzka E., Daruk J. Zawartosc Ca, Mg, Fe i Cu w wybranych gatunkach ziol i ich naparach. [The content of Ca, Mg, Fe and Cu in selected species of herbs and herb infusions]. // Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny. 2008. V. 59 (I. 1). P. 33-40.
15. Schneider M., Marquard R. Investigations on the uptake of cadmium in *Hypericum perforatum* L. (St. John's wort) // Acta Horticulturae. 1996. V. 426. P. 435-442.

Сведения об авторах:

Сиромля Татьяна Ивановна, научный сотрудник лаборатории биогеохимии почв
Института почвоведения и агрохимии СО РАН, кандидат биологических наук, 03.02.13, 03.02.08
630090, г. Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 8/2, тел.: 8(383)363-90-15, e-mail: tatiana@issa.nsc.ru

Загурская Юлия Васильевна, научный сотрудник лаборатории экологического биомониторинга
Института экологии человека СО РАН, кандидат биологических наук, 03.02.01, 03.01.05
650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10., тел.: 8(384-2)57-51-20, e-mail: syjil@mail.ru

Баяндина Ирина Ивановна, доцент кафедры ботаники и ландшафтной архитектуры
Новосибирского государственного аграрного университета, кандидат биологических наук, 03.02.01, 03.01.05
630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, тел.: 8 (383) 264-20-74, e-mail: bayandina@ngs.ru