

Мяделец М.А., Сиромля Т.И., Сысо А.И.  
 Институт почвоведения и агрохимии СО РАН  
 E-mail: marinamyadelets@yandex.ru

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ CHELIDONIUM MAJUS L. ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ Г. НОВОСИБИРСКА И Г. ИСКИТИМА)

Исследовано и оценено по гигиеническим и биогеохимическим критериям содержание 30 макро- и микроэлементов в почвах и растениях *Chelidonium majus* L. (надземная и подземная части) антропогенно измененных территорий. Превышения содержания химических элементов, нормируемых по ГН и СанПиН, не обнаружено. Рассчитаны коэффициенты биологического накопления и корневого барьера. Проведено сравнение с литературными данными и элементным составом аптечного сырья. Содержание химических элементов (ХЭ) в исследованных почвенных образцах соответствует фоновым количествам в почвах юга Западной Сибири. Превышения ориентировочно-допустимых концентраций валового содержания ХЭ по ГН 2.1.7.2511-09 и предельно-допустимых концентраций их подвижных форм по ГН 2.1.7.2041-06 не обнаружено. В почвах г. Искитим статистически значимо выше валовое содержание В, Са, Сu, Р, Sr, Zn, но ниже – Na; также обнаружена повышенная концентрация подвижных форм Са и Sr, что служит причиной снижения подвижности группы тяжелых металлов – Cd, Со, Сu и др. В надземной части *Chelidonium majus* L. статистически значимая разница в содержании ХЭ отсутствует. Вероятно, на содержание ХЭ в растениях *Ch. majus* в большей степени влияет относительное постоянство элементного состава данного вида. Содержание тяжелых металлов в исследуемых образцах растительного сырья (таблица) не превышает предельно допустимых значений, нормируемых по СанПиН 2.3.2.1078-01. Все исследуемое растительное сырье соответствует нормам Государственной фармакопеи по общей зольности и содержанию золы, нерастворимой в 10% HCl. При сравнении с кларковыми значениями в растениях суши, в исследуемых образцах отмечается более высокое содержание Al, Cd, Со, Ga, K, Pb, Sr и пониженное – Cr, Mg, Mn, Na, Zn, Zr. Вместе с тем, содержание ХЭ соответствует таковому в образцах растений *Ch. majus* из Европейской части России, Белоруссии и Украины. Образцы аптечного сырья *Ch. majus* отличаются по содержанию Со, La, Cr, Ni, Mn и Zn. Полученные нами результаты подтвердили концентрирование в надземной части *Ch. majus* Cu и Zn. Высокие значения коэффициента биологического поглощения отмечаются для К, Р, В, Mg, Са, Sr и Cd. Коэффициент корневого барьера меньше единицы для В, Са, К, La, Р, максимальные значения характерны для Al, Cr, Fe, Na, Ti (при этом сильно варьируют).

Ключевые слова: *Chelidonium majus* L., химические элементы, почва, загрязнение окружающей среды, Новосибирская область.

Чистотел большой (*Chelidonium majus* L.) – травянистое многолетнее растение с европео-восточно-азиатским ареалом, широко распространено во всех областях Средней России. В основном произрастает по сорным местам, обочинам дорог, оврагам [4]. Рассматривается как индикатор урбанизированных флор [14].

Надземная часть *Ch. majus* используется в научной и народной медицине как в России, так и за рубежом [3]. Применяется в качестве анальгезирующего, антихолинэстеразного, дерматопротективного, иммунодепрессивного, противовоспалительного, противотуберкулезного, седативного и спазмолитического средства [12].

Цель работы – изучение влияния содержания химических элементов (ХЭ) в почвах на их количество в растении *Ch. majus*. его экологическую безопасность и качество, как аптечного сырья, в условиях антропогенно загрязненных территорий г. Новосибирска и г. Искитима. В качестве объектов исследования были использо-

ваны образцы растений *Ch. majus* (надземная и подземная части), собранные в фазу цветения, и почв (из слоя 0–20 см – основной зоны минерального питания и сосредоточения корней данного вида растения).

В г. Новосибирске образцы отбирались на 6 пробных площадках в правобережной части города – в зоне влияния ТЭЦ-5 и возле крупных автомагистралей. В г. Искитиме, где сосредоточены разнопрофильные производства стройиндустрии, вызывающие полиметалльное загрязнение почв [5], образцы были отобраны на 3 пробных площадках, расположенных в зоне влияния Искитимского завода железобетонных изделий №5. Объем выборок в целом небольшой (это связано с ограниченной распространённостью данного вида на исследуемых территориях), однако полученные данные дают определенное представление о содержании ХЭ в системе почва – растения *Ch. majus*.

На каждой площадке отбиралось не менее 5 индивидуальных проб почв и растений, из

которых составлялась средняя проба. Дополнительно были проанализированы 4 образца аптечного сырья *Ch. majus* различных производителей. Исследования выполнены в трех аналитических повторностях.

Содержание частиц менее 0,01 мм определяли по ГОСТ 12536-79, реакцию среды –  $pH_{\text{сол}}$  – по ГОСТ 26483-85, подвижную форму ХЭ в почвах – по РД 52.18.289-90. Измерение общего количества ХЭ проводили методом атомно-эмиссионного спектрографического анализа с дуговым аргоновым двухструйным плазмотроном. Содержание ХЭ приведено в пересчете на абсолютно-сухое вещество. Для оценки доступности ХЭ растениям из почвы рассчитывали:

1) коэффициент биологического поглощения –  $A_x$ , как отношение содержания ХЭ в золе растения к общему их количеству в почве [11];

2) степень накопления ХЭ растениями по коэффициенту корневого барьера –  $K_{\text{кб}}$ , как отношение содержания элементов в подземной части к их концентрации в надземных органах.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью пакета программ SNEDECOR [9]. При подтверждении нормальности распределения содержания исследуемых ХЭ и равенстве дисперсий для сравнительных оценок использовали критерий Стьюдента, в остальных случаях применяли непараметрические критерии Манна-Уитни, Вальда-Вольфовица, Колмогорова-Смирнова. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости  $p$  принимался равным 0,05.

Изученные почвы имели легкосуглинистый гранулометрический состав и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды. Содержание ХЭ соответствует фоновым количествам в почвах юга Западной Сибири [8]. Превышения ориентировочно-допустимых концентраций валового содержания ХЭ по ГН 2.1.7.2511-09 и предельно-допустимых концентраций их подвижных форм по ГН 2.1.7.2041-06 не обнаружено. В почвах г. Искитима статистически значимо выше валовое содержание В, Са, Сu, Р, Sr, Zn, но ниже – Na (табл. 1), что характерно для почв зоны воздействия предприятий по производ-

ству цемента [9]. В почвах обнаружена повышенная концентрация подвижных форм Са и Sr, что служит причиной снижения подвижности группы тяжелых металлов – Cd, Со, Сu и т. д. Анализ данных (табл. 1) показал, что в подземной части растений статистически значимо различается содержание меньшего количества ХЭ, а в надземной части подобная разница вообще отсутствует. Возможно, на содержание ХЭ в растениях *Ch. majus* в большей степени влияет относительное постоянство элементного состава данного вида.

Содержание тяжелых металлов в исследуемых образцах растительного сырья (табл.) не превышает предельно допустимых значений, нормируемых по СанПиН 2.3.2.1078-01.

Все исследуемое растительное сырье соответствует нормам Государственной фармакопеи [3] по общей зольности ( $\leq 15\%$ ) и содержанию золы, нерастворимой в 10% HCl ( $\leq 2\%$ ): в аптечных образцах –  $12,4 \pm 1,2$  и  $0,7 \pm 0,1\%$ , в образцах пробных площадок –  $14,2 \pm 0,6$  и  $0,7 \pm 0,2\%$  в надземной части,  $10,7 \pm 1,1\%$  в подземной части.

При сравнении с кларковыми значениями в растениях суши [8], в исследуемых образцах отмечается более высокое содержание Al, Cd, Со, Ga, К, Pb, Sr и пониженное – Cr, Mg, Mn, Na, Zn, Zr. Вместе с тем, содержание ХЭ соответствует таковому в образцах растений *Ch. majus* из Европейской части России, Белоруссии и Украины [2]. Образцы аптечного сырья *Ch. majus* содержат значительно меньше Со, La, больше – Cr, Ni, количество Mn и Zn трудно сравнить из-за сильного варьирования, содержание остальных ХЭ существенно не отличается.

Известно, что *Ch. majus* характеризуется наибольшими коэффициентами накопления по отношению к Pb, Zn и Сu [1] и рекомендуется в качестве вида-индикатора загрязнения окружающей среды. *Ch. majus*, являясь одним из видов растений, синтезирующих алкалоиды, характеризуется повышенным накоплением не только Zn и Сu, но и Cr, Fe и Со [7].

Полученные нами результаты подтвердили концентрирование в надземной части *Ch. majus* Сu и Zn. Высокие значения  $A_x$  отмечаются для К, Р, В, Mg, Са, Sr и Cd. Коэффициент корневого барьера меньше единицы для В, Са, К, La, Р, максимальные значения характерны

Таблица 1. Химические элементы в системе почва-растения *Ch. majus*

ХЭ	Почва, мг/кг	Ах	Растительное сырье, мг/кг			Ккб	
			Подземная часть	Надземная часть	Аптечное сырье	Новосибирск	Искитим
			М±m	М±m	М±m	М (min-max)	М
Al	43425±5192	0,1	2659±535	628±128	369±18	8,6 (3,9-12,4)	1,7
B	40,1±6,2	4,7	14,2±0,3	26,6±4,5	15,5±0,6	0,6 (0,4-0,8)	0,7
	74,4±12,3	3,1	19,9±1,2				
Ba	437±54	0,6	50,8±8,0	34,8±7,5	27,8±9,2	1,6 (1,1-2,1)	1,6
Be	2,0±0,1	0,3	0,09±0,01	0,08±0,01	0,05±0,01	1,3 (1,2-1,3)	1,1
Ca	17900±4140	7,8	8673±1308	18515±2709	13864±710	0,5 (0,3-0,8)	0,8
	132000±15300	1,2	16640±2314				
Cd	0,39±0,03	3,9	0,55±0,13	0,43±0,09	0,36±0,02	1,3 (1,2-1,5)	1,1
Co	9,6±1,7	0,4	0,47±0,05	0,45±0,08	0,16±0,02	1,1 (0,8-1,3)	1,0
Cr	53,5±9,4	0,05	2,61±0,20	0,34±0,05	(0,81-4,64)*	9,9 (8,5-18,2)	3,7
Cu	15,5±4,3	5,9	19,1±4,5	11,1±1,7	6,8±1,8	1,5 (1,1-2,1)	2,3
	31,8±6,4	1,8					
Fe	22875±3781	0,1	908±167	328±81	291±82	4,2 (2,6-5,2)	1,6
Ga	10,2±0,7	0,2	0,44±0,05	0,32±0,03	0,27±0,03	1,4 (1,2-1,8)	1,4
K	16475±1116	20	31990±4990	47125±5399	45058±2340	0,6 (0,4-0,8)	0,9
La	19,0±1,8	0,7	1,05±0,17	1,92±0,18	0,53±0,11	0,5 (0,4-0,6)	0,5
Mg	5040±1049	3,2	2395±131	1975±188	2098±71	1,3 (0,8-1,6)	1,1
Mn	525±44	0,4	85,3±14,4	30,9±5,5	(28,7-131,4)*	2,7 (2,0-3,2)	2,4
Na	14767±233	0,1	965±240	196±37	135±15	5,2 (3,5-6,8)	3,3
	9280±184	0,2	540±115				
Ni	34,7±6,3	0,3	2,39±0,20	1,56±0,10	2,58±0,61	1,6 (1,4-1,8)	1,3
P	425±81	62	3060±230	3789±175	3711±926	0,9 (0,8-0,9)	0,6
	1310±143	26					
Pb	21,3±2,9	0,2	1,13±0,13	0,71±0,15	0,81±0,17	1,9 (1,6-2,3)	1,3
Sc	7,7±1,8	0,2	0,44±0,06	0,23±0,02	0,24±0,01	2,1 (1,7-2,5)	1,5
Si	240250±15887	0,1	5464±834	2297±504	2120±226	3,0 (2,3-4,0)	1,6
Sn	3,3±1,2	–	0,73±0,07	(< 0,1-0,22)*	(< 0,1-0,26)*	–	–
Sr	160±19	4,3	72±7	94,6±14,6	52,2±14,4	1,0 (0,5-1,1)	1,2
	340±47	2,0	104±9				
Ti	2393±319	0,1	87±14	34,5±7,1	19,1±3,2	4,5 (2,1-7,1)	1,1
V	65,7±11,1	0,1	2,62±0,28	1,26±0,30	0,76±0,13	2,7 (1,6-3,9)	1,5
Y	22,1±0,9	0,2	1,06±0,14	0,71±0,07	0,38±0,05	1,6 (1,4-1,9)	1,1
Yb	2,1±0,2	0,2	0,08±0,01	0,06±0,01	0,03±0,01	1,5 (1,4-1,6)	1,2
Zn	60±5	2,7	43,1±5,9	22,6±2,5	(27,2-102,6)*	2,0 (1,5-2,3)	1,7
	170±22	0,9					
Zr	143±17	0,1	5,19±0,80	2,82±0,36	2,31±0,4	2,2 (1,8-2,4)	1,1

Примечания:

М – среднее арифметическое, m – ошибка среднего арифметического, min-max – минимальное и максимальное значение. В дробных выражениях приведены статистически значимо отличающиеся показатели: в числителе для образцов г. Новосибирска, в знаменателе – г. Искитима. \* – размах варьирования (расчет средних арифметических значений некорректен, т. к. коэффициент вариации более 100%). Ах и Ккб для Sn рассчитать не представляется возможным.

для Al, Cr, Fe, Na, Ti (при этом Ккб сильно варьирует).

Таким образом, статистически значимые различия в элементном химическом составе исследуемых почв не проявляются в содержании ХЭ в надземных органах *Ch. majus*, что, возможно, является следствием относительного

постоянства элементного состава данного вида. Наблюдается концентрирование в надземных органах Cu и Zn, свойственное растениям-алколоидоносам. Превышения предельно допустимых концентраций ХЭ в почвах и растениях не выявлено.

11.09.2015

**Работа выполнена при частичной поддержке Российского научного фонда  
(проект №15-16-30003)»**

**Список литературы:**

1. Анищенко Л.Н., Шапурко В.Н., Сафранкова Е.А. Особенности аккумуляции тяжелых металлов растениями и лишайниками в условиях сочетанной антропогенной нагрузки // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – №9. – С. 1527-1531.
2. Бузук Н.Г., Ловкова М.Я., Соколова С.М., Тюекин Ю.В. Взаимосвязь изохиноновых алкалоидов чистотела большого с макро- и микроэлементами // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2001. – Т. 37. – №5. – С. 586-592.
3. Государственная фармакопея СССР XI издания. Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. М.: Медицина. – 1990. – 399 с.
4. Губанов И.А. Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Определитель сосудистых растений центра европейской России. М.: Аргус. – 995. – 560 с.
5. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2001. – 229 с.
6. Ильин В.Б., Сысо А.И., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А., Черевко А.С. Фоновое количество тяжелых металлов в почвах Юга Западной Сибири // *Почвоведение*. – 2003. – №5. – С. 550-556.
7. Ловкова М.Я., Соколова С.М., Пономарева С.М., Бузук Н.Г., Климентьева Н.И. Специфичность элементного состава лекарственных растений, синтезирующих алкалоиды // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 1999. – Т. 35. – №1. – С. 75-84.
8. Романкевич Е.А. Живое вещество Земли (биогеохимические аспекты проблемы) // *Геохимия*. – 1988. – №2. – С.292-306.
9. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск, ГУП РПО СО РАСХН. – 2009. – 222 с.
10. Соколов С.Я., Замотаев И. П. Справочник по лекарственным растениям: Фитотерапия. М. – 1993. – 464 с.
11. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000 – 1999. – 610 с.
12. Шалимов С.А., Гриневич Ю.А., Мартыненко С.В., и др. Противоопухолевое и иммуномодулирующее действие препарата на основе тиофосфорных производных алкалоидов чистотела большого // *Экспериментальная онкология*. – 2001. – №23. – С. 282-286.
13. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: дис. д-ра геолого-минерал. наук. Томск. – 2006. – 423 с.
14. Fanelli G., Tesarrolla P., Tosti A. Ecological indicators applied to urban and suburban floras // *Ecolog. indicators*. – 2006. – Vol. 6 – №2. – P. 444-467.

**Сведения об авторах:**

**Мяделец Марина Александровна**, 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, факс: 8(383)363-90-25, e-mail: MarinaMyadelets@yandex.ru

**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, факс: 8(383)363-90-25, e-mail: tatiana@issa.nsc.ru

**Сысо Александр Иванович**, заведующий лабораторией биогеохимии почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН, доктор биологических наук, 03.02.13, 03.02.08 630102, г. Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 8/2, тел.: 8(383)363-90-26, факс: 8(383)363-90-25, e-mail: soils@issa.nsc.ru