

УДК 581.192:582.573.76

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ СОРТОВ *REGAL AIR* И *SPEAK TO ME HEMEROCALLIS HYBRIDA*

© Л.Л. Седельникова^{1*}, О.В. Чанкина²

¹ Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск, 630090 (Россия), e-mail: lusedelnikova@yandex.ru

² Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, ул. Институтская, 3, Новосибирск, 630090 (Россия)

Представлены данные по содержанию 22 химических элементов в листьях и корневищах растений *Hemerocallis hybrida* сортов *Speak to me* и *Regal Air*, произрастающих в почвенно-экологических условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Установлены общие закономерности накопления и распределения макро- и микроэлементов в листьях и корневищах растений двух сортов лилейников: превышение содержания многих микроэлементов (ванадий, хром, никель, рубидий) в корневищах по сравнению с листьями. Выявлено, что концентрация химических элементов в растениях различалась как в органах, так и между сортами. Особенностью минерального состава сорта *Regal Air* было превышение суммарного содержания микроэлементов в 1.5–3 раза по сравнению с сортом *Speak to me*. Концентрации отдельных элементов в листьях и корневищах лилейников существенно различались. Показано, что у обоих сортов в листьях количество брома было выше в 4 раза, чем в корневищах, стронция – 1.5–1.8 раза. Концентрация элементов-токсикантов в фитомассе сортов *Hemerocallis hybrida* была значительно ниже ПДК, что делает возможным их применение в лекарственных целях.

Ключевые слова: лист, корневище, химические элементы, рентгенофлуоресцентный анализ, сорт *Regal Air*, сорт *Speak to me*, *Hemerocallis hybrida*.

Работа выполнена с использованием инфраструктуры ЦКП «СЦСТИ» на базе ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН, поддержанного Минобрнауки России (уникальный идентификатор проекта RFMEF162117X0012). Исследование выполнено в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН № АААА-А17-1170126100053-9, с использованием биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», УНУ № USU 440534.

Введение

Химический состав вегетативных органов рода *Hemerocallis* L. (красоднев, лилейник), семейство красодневовых (*Hemerocallidaceae*) изучен недостаточно. Исследование химических элементов в растительном сырье расширяет сведения о лекарственной значимости растений, лечебные свойства которых вызваны биологически активными веществами как органического, так и минерального происхождения [1–3]. Известно, что лилейники обладают спектром биологически активных (пектиновых, фенольных) и запасных веществ. В их листьях имеются сердечные гликозиды, витамин С, флавоноиды (кверцетин, кемпферол). Корневища содержат ароматические соединения (хемерокаллин), цветки – эфирное масло. В официальной медицине используются корневища с корнями при болезнях печени и желчного пузыря, в народной медицине подземные и надземные органы применяются при лечении опухолей, гепатита, ревматизма, дизурии, болезней печени, органов пищеварения, цветки и листья используют в пищу [4–7]. По элементному составу лилейников

Седельникова Людмила Леонидовна – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Чанкина Ольга Васильевна – научный сотрудник, e-mail: chankina@kinetics.nsc.ru

имеются единичные данные, полученные для дикорастущего *H. minor* Mill. в условиях Забайкалья [8–10]. Авторами установлено наличие 14 элементов в органах красоднева малого, причем наибольшее содержание Ca, Fe, Mn, Br, Ba определено в

* Автор, с которым следует вести переписку.

листьях, Ni, As, I, Pb – в стеблях, Ti, Cr, Sr – в корневищах, Cu, Zn – в цветках. Сведения о содержании микро- и макроэлементов в органах *Hemerocallis hybrida* отсутствуют, что обуславливает актуальность и новизну данного исследования.

Цель работы – изучить содержание химических элементов в листьях и корневищах *Hemerocallis hybrida* у сортов *Regal Air* и *Speak to me*.

Экспериментальная часть

Объектом исследования служили многолетние растения *Hemerocallis hybrida*, сорт *Speak to me* (Спик ту ми) и *Regal Air* (Регал Айр). Эти сорта интродуцированы в лесостепную зону Западной Сибири (Новосибирск, окр. п. Кирово) более двадцати лет корневищами из Главного ботанического сада АН (Москва) и зарекомендовали себя как перспективные, интенсивно вегетативно размножаемые, зимостойкие [11]. Растения выращивали на коллекционном участке лаборатории интродукции декоративных растений ЦСБС СО РАН. Содержание химических элементов почвы приведено в таблице 1. За годы интродукции отрастание сортов наблюдали при переходе среднесуточных температур +5 °С (I–II декада мая, реже III декада апреля). Причем отрастание и формирование листьев у сорта *Speak to me* происходит интенсивно, сразу после схода снега и они устойчивы к весенним заморозкам, цветение во II декаде августа, высота растений 110–120 см, листья светло-зеленые, корневища продолговато-округлой формы (длина 10–15 см). Растения формируют подземные плагиотропные побеги, клон быстро разрастается и принадлежит к вегетативно-подвижным многолетникам. Сорт *Regal Air* – раннецветущий (начало цветения I–II декада июля), высота 85–100 см, листья темно-зеленые, корневища продолговатой формы (длина 8–10 см), формируются плотно в базальной части побега, имеют коротко-корневищную биоморфу и относятся к малоподвижным многолетникам. Сбор сырья (листья и корневища с корнями) проведен в сентябре 2014 г. Этот год отличался избыточно-увлажненным прохладным вегетационным периодом, с холодной ранней весной.

Элементный состав определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ), основанном на взаимодействии вещества с высокоэнергетическим электромагнитным излучением. Анализ элементного состава образцов проводили на станции элементного анализа ЦКП СЦСТИ Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (накопитель ВЭПП-3) [14]. Полученные флуоресцентные спектры обрабатывали пакетом программного обеспечения AXIL, разработанного для обработки сложных спектров. Основные характеристики экспериментальной станции, методические аспекты работы и пробоподготовка образцов описаны в работах [15–17]. Концентрацию элементов определяли с использованием метода внешнего стандарта. Основным требованием при использовании внешнего стандарта является близость химического состава матриц исследуемого и стандартного образца, а также уровней содержания элементов в них. В качестве стандартных образцов для сравнения, как наиболее близких по составу к определяемым образцам, использовали российские сертифицированные стандарты [18]. Предел обнаружения элементов и относительное стандартное отклонение для данных условий эксперимента (энергия возбуждения 23 кэВ) рассчитаны по 20 параллельным измерениям стандартного образца СОРМ1 и 15 БИЛ-1. Статистический анализ данных выполнен с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.1 и Microsoft Office Excel 2007.

Содержание 22 элементов в листьях и корневищах растений *Speak to me* и *Regal Air* представлено в таблице 2. Относительно микроэлементов высокая концентрация циркония (45 мг/кг) и стронция (69 мг/кг) отмечена в листьях сорта *Speak to me*, которая в 6 раз выше, по сравнению с *Regal Air*. Более высоким (в 1.5–7 раз) содержанием молибдена, брома, хрома, рубидия, селена отличались листья *Regal Air*. Концентрация свинца, никеля, марганца, стронция, ванадия, иттрия, циркония, ниобия была в 1.5–6 раз выше в листьях *Speak to me*. Одинаковое содержание в листьях кобальта, меди, мышьяка, скандия определено у обоих сортов. Ниже предела обнаружения (0.1 мг/кг) находился Se и Sc в корневищах *Regal Air*, в листьях Se (*Speak to me*) и Y (*Regal Air*), в корневищах Pb (*Speak to me*).

Установлено, что наиболее богаты микроэлементами подземные органы *H. hybrida*. Наибольшее количество таких элементов как марганец, титан, хром, цирконий, ниобий наблюдали в корневищах *Regal Air*. Не высокая концентрация (0.5–6.9 мг/кг) молибдена, иттрия, рубидия, брома, мышьяка, стронция, марганца определена в корневищах обоих сортов. Низким содержанием (0.01–0.7 мг/кг) кобальта, мышьяка, молибдена и скандия отличались надземные и подземные органы. Концентрация большинства исследованных элементов ниже в листьях, чем в корневищах в 1.5–8 раз (*Regal Air*) и 1.5–3 раза (*Speak to me*). Исключение составляют Br, Nb, Sr, Mo, Pb, Zr, содержание которых по органам неравнозначно и выше в корневищах первых трех элементов в 1.4–4 раза у данных сортов, Mo выше в 3 раза, Pb в 1.6 раза, Zr в 5.7 раза в корневищах сорта *Regal*

Air, тогда как содержание Pb и Zr выше в листьях сорта *Speak to me*. Определено, что наиболее богаты микро-элементами подземные органы. Высокую концентрацию элементов: марганца, титана, хрома, цинка, ниобия наблюдали в корневищах обоих сортов. Содержание таких опасных элементов-токсикантов для растений и человека, как свинца составляло в органах *H. hybrida* 1.0–2.0 мг/кг и мышьяка 0.02–0.09 мг/кг, что не превышало уровень ПДК для чая (Pb – 10 мг/кг, As – 1.0 мг/кг) взятого за стандарт [19].

Таблица 1. Содержание химических элементов в почвенных образцах ($M \pm m$) из места произрастания *Hemerocallis hybrida* в ЦСБС (мг/кг)

Химический элемент	Сорт		ПДК
	<i>Regal Air</i>	<i>Speak to me</i>	
As	1.5±0.14	2.9±0.26	2**
Br	4.5±0.5	9±0.9	10*
Ca	13242±107.4	14012±104.1	–
Co	11±0.9	12±0.96	50*
Cr	40±2.0	69±3.5	100*
Cu	17±1.0	27±1.6	55**
Fe	21218±106.1	21213±102.1	–
K	13615±68.1	14011±70.0	–
Mn	705±35.3	764±37.2	1500**
Mo	0.4±0.01	0.3±0.01	5*
Nb	12±3.6	13±3.9	–
Ni	32±3.2	38±3.8	20–80**
Pb	96±9.6	97±9.7	130**
Rb	59±7.1	74±8.9	–
Sc	5±0.25	5±0.25	–
Se	0.16±0.01	0.16±0.01	10*
Sr	174±23.1	175±22.9	–
Ti	4009±200.5	4001±360.0	5000*
V	67±3.4	88±9.1	150**
Y	20±3.0	21±3.2	–
Zn	41±2.9	67±4.7	300*
Zr	304±60.8	368±73.6	300*

Примечание. * по [12], ** по [13], прочерк – ПДК (предельно допустимая концентрация) по литературным источникам не обнаружена.

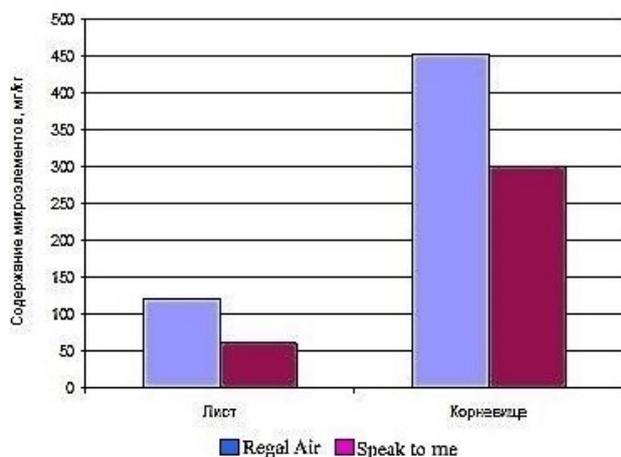
Таблица 2. Содержание элементов в листьях и корневищах растений *Hemerocallis hybrida* (мг/кг от воздушно-сухой массы)

Элемент	<i>Regal Air</i>		<i>Speak to me</i>	
	листья	корневища	листья	корневища
K	16752±345.6*	10599±318.0	8153±244.6	11544±346.6
Ca	13101±786.0	6763±405.8	12742±764.5	6749±404.9
Fe	233±18.6	1547±123.8	566±45.6	924±73.9
Ti	20.0±0.4	181.0±9.1	79.0±7.0	141.0±13.0
V	0.3±0.0	1.6±0.3	0.7±0.1	1.0±0.1
Cr	11.1±4.4	35.0±1.8	6.7±3.0	23.0±12.0
Mn	40.0±2.0	80.0±4.0	50.0±4.0	51.0±4.1
Co	0.2±0.1	0.6±0.2	0.3±0.03	0.3±0.03
Ni	2.7±0.5	3.9±0.8	3.2±0.6	3.5±0.7
Cu	3.7±0.2	10.4±0.5	4.0±0.1	5.7±0.2
Zn	19.0±1.9	27.0±2.7	17.0±1.7	29.0±2.9
Br	3.6±0.3	0.8±0.07	2.0±0.16	0.5±0.04
Rb	6.0±0.3	6.9±0.8	4.5±0.2	6.0±0.1
Sr	63.0±3.8	41.0±2.5	69.0±2.2	38.0±0.4
Y	0.2±0.0	2.0±0.2	2.0±0.2	1.0±0.0
Zr	7.0±2.8	40.0±8	45.0±9.0	17.0±3.0
Se	0.02±0.0	0.01±0.0	0.01±0.0	0.01±0.0
Sc	0.01±0.0	0.01±0.0	0.01±0.0	0.01±0.0
As	0.02±0.0	0.04±0.0	0.02±0.0	0.09±0.02
Nb	2.0±0.8	2.9±0.9	8.0±4.0	1.8±0.2
Mo	0.7±0.04	0.2±0.06	0.1±0.0	0.1±0.0
Pb	1.0±0.1	1.6±0.2	2.0±0.7	0.1±0.0

Примечание. * – среднее значение, ± ошибка средней.

При сопоставлении уровня суммарного накопления микроэлементов установлено, что в подземных органах их в 3.5 раза больше у сорта *Regal Air* и в 4.5 раза у сорта *Speak to me*, чем в надземных (рис.). В целом, в корневищах у сортов суммарное значение микроэлементов в 2–3.5 раза больше, чем в листьях. Однако, суммарное содержание микроэлементов в листьях (120.54 мг/кг) и корневищах (452.49 мг/кг) у сорта *Regal Air*, в 1.5–2 раза выше, чем у *Speak to me* (в листьях 61.06 мг/кг, корневищах 301.01 мг/кг).

Неравнозначное распределение макроэлементов (К, Са, Fe) отмечено в листьях. Калия в 2 раза больше в листьях сорта *Regal Air*, а кальция – во столько же больше в листьях обоих сортов по сравнению с корневищами. Обращает внимание, что содержание кальция в листьях у сортов относительно стабильное (12742–13101 мг/кг). Сравнение концентрации К в органах сортов показало, что в корневищах *Regal Air* она в 1.5 раза меньше, чем в листьях, а у *Speak to me*, наоборот. Выявлено, что содержание железа в 6 раз выше у *Regal Air* и 1.5 раза выше у *Speak to me* в подземных органах по сравнению с надземными. Такое преобладание накопления железа в корнях наблюдается у большинства растений [20] и необходимо для их нормального роста и развития.



Суммарное содержание микроэлементов в листьях и корневищах *Hemerocallis hybrida*, выращиваемых в Новосибирской области

Обсуждение результатов

В результате проведенного исследования впервые в листьях и корневищах *H. hybrida* *Speak to me* и *Regal Air* определено 22 химических элемента, из них 3 макроэлемента. Наши данные показали, что такие важные и жизненно необходимые микроэлементы [1, 2, 20], как никель, хром, бром, молибден имеются в органах *H. hybrida* в достаточном количестве. Содержание элементов-токсикантов, свинца и мышьяка [3], концентрация которых, как известно, повышается при возделывании растений в экологически загрязненных техногенных территориях [17], в органах наших образцов предельно допустимая и в 5–10 раз по Pb и 11–50 раз по As меньше по сравнению с допущенными Сан ПиН стандартами для чая по этим элементам [19]. Одинаковое содержание в органах *H. hybrida* занимают такие элементы слабого биологического захвата, как скандий и селен. Известно, что их недостаток в организме ведет к снижению иммунитета и функции печени, нарушению обмена холестерина и работе ферментов [3]. Показания содержания каждого элемента представляют индивидуальную концентрацию в пределах таксона. Несмотря на то, что у растений в основном наблюдается фолиарное накопление микроэлементов [2], нами выявлено, что концентрация большинства из них в 1.5 раза выше в корневищах, чем в листьях. Исключение составляют для сорта *Speak to me* свинец, никель, иттрий, цирконий, ниобий. В листьях сортов концентрация брома, кальция, стронция в 1.5–4 раза выше, что свидетельствует о специфичности распределения элементов по органам. Распределение Zr имело неоднозначность, и в листьях его концентрация была в 2.5 раза выше у *Speak to me*, а в корневищах в 5.7 раза больше у сорта *Regal Air*. По наибольшему содержанию Ti и Cr в корневищах и Са и Вг в листьях наши данные согласуются с результатами [10], полученными авторами у *H. minor*. В целом, можно предположить, что характер распределения химических элементов в органах *H. hybrida* носит акропетальное направление и реже базипетальное. Получены сведения о незначительном содержании в вегетативных органах *H. hybrida* таких элементов, как скандия, ниобия, селена, иттрия. Содержание этих элементов в почвах на территории Новосибирской области, как отмечают авторы [3], невелико. Неравнозначность распределения макроэлементов установлена в надземных и подземных органах растений. Такие жизненно важные эссенциальные

элементы, как Ca, K, Fe, которые обеспечивают нормальное естественное развитие, достаточно в большом количестве в органах *H. hybrida*. Их надземная часть богата кальцием, а подземная – железом, калий занимает промежуточное значение, его больше в листьях *Regal Air* и корневищах *Speak to me*.

Заключение

Анализ элементного состава растительного сырья *H. hybrida* показал, что приведенные концентрации 22 химических элементов (As, Br, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sc, Se, Sr, Ti, Zn, Zr, V, Y) в органах сортов *Regal Air* и *Speak to me* находятся в пределах допустимых норм и дают возможность использования их для лекарственных фитосборов. По результатам РФА-СИ была установлена специфика распределения химических элементов в листьях и корневищах. Суммарная концентрация 19 микроэлементов в подземных органах в 3.5–4.5 выше, чем в надземных. Накопление макроэлементов (железа) в 1.5–6 раз также выражено сильнее в корневищах, а кальция и калия в листьях обоих сортов.

Список литературы

1. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989. 439 с.
2. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова В.А. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара, 1997. 220 с.
3. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск, 2001. 228 с.
4. Skrzypczakowa L. Flawonoidy w rodzine *Liliaceae*. Dissertationes Pharmaceuticae et Pharmacologicae. 1967. Vol. 19. N5. Pp. 537–541.
5. Клышев Л.К., Бандюкова В.А., Алюкина Л.С. Флавоноиды растений. Алма-Ата, 1978. 220 с.
6. Седельникова Л.Л., Кукушкина Т.А. Содержание некоторых групп соединений у *Heimerocallis minor* в условиях интродукции // Химия растительного сырья. 2014. №1. С. 177–183. DOI: 10.14258/jcrpm.1401177.
7. Цицилин А.Н. Лекарственные растения на даче и вокруг нас: полная энциклопедия. Москва, 2014. 336 с.
8. Жапова О.И. Эколого-фитоценотическая приуроченность *Heimerocallis minor* Miller и накопление в нем биологически активных веществ (Забайкалье): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Чита, 2006. 19 с.
9. Чупарина Е.В., Мартынов А.М., Жапова О.М. Рентгенофлуоресцентный анализ лекарственных растений Восточной Сибири // Сибирский медицинский журнал. 2008. №3. С. 98–99.
10. Chuparina E.V., Aiskeva T.S. Determination of heavy metal levels in medicinal plant *Heimerocallis minor* Miller by x-ray fluorescence spectrometry // Environ. Chem. Letters. 2011. Vol. 9. N1. Pp. 19–23. DOI: 10.1007/s10311-009-0240-z.
11. Седельникова Л.Л. Генетические ресурсы Красодневоых (*Heimerocallidaceae*) при интродукции в Западной Сибири // Вестник КГАУ. 2017. №10. С. 114–120.
12. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. Новосибирск, 2012. 219 с.
13. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М., 2006. 15 с.
14. Varishev V.B., Kulipanov G.N., Scrinsky A.N. Handbook of Synchrotron Radiation. Elsevier, 1991. Vol. 3. P. 639.
15. Дарьин А.В., Ракшун Я.В. Методика выполнения измерений при определении элементного состава образцов горных пород методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 // Научный вестник НГТУ. 2013. №2(51). С. 112–118.
16. Экспериментальная станция Рентгенофлуоресцентного элементного анализа [Электронный ресурс]. URL: <http://ssrc.inp.nsk.su/СКР/stations/passport/3/>
17. Седельникова Л.Л., Чанкина О.В. Содержание тяжелых металлов в вегетативных органах красоднева гибридного (*Heimerocallis hybrida*) в урбанизированной среде // Вестник КГАУ. 2016. №2. С. 34–43.
18. Арнаутов Н.А. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ. Методические рекомендации. Новосибирск, 1990. 220 с.
19. СанПиН 2.3.2. 1078-01. Продовольственное сырье и пищевые продукты. М., 2005. 176 с.
20. Опекунова М.Г. Особенности накопления цинка, марганца и железа *Salvia stepposa* при различном уровне меди в среде обитания // Труды 7 конф. молодых ученых ботаников Института АН СССР. Л., 1985. С. 127–134.

Поступила в редакцию 16 ноября 2018 г.

После переработки 18 июня 2019 г.

Принята к публикации 6 августа 2019 г.

Для цитирования: Седельникова Л.Л., Чанкина О.В. Элементный состав вегетативных органов сортов *Regal Air* и *Speak to me Heimerocallis hybrida* // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 245–250. DOI: 10.14258/jcrpm.2020014612.

Sedel'nikova L.L.^{1}, Chankina O.V.²* THE ELEMENTAL COMPOSITION OF THE VEGETATIVE ORGANS OF SORTS *REGAL AIR* AND *SPEAK TO ME* OF *HEMEROCALLIS HYBRIDA*

¹ *Central Siberian Botanical Garden SB RAS, ul. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090 (Russia), e-mail: lusedelnikova@yandex.ru*

² *Institute of Chemical Kinetics and Combustion named after V.V. Voevodsky SB RAS, ul. Institutskaya, 3, Novosibirsk, 630090 (Russia)*

The data on the content of 22 chemical elements in the leaves and rhizomes of *Hemerocallis hybrida* plants of the *Speak to me* and *Regal Air* varieties growing in soil-ecological conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia are presented. The General regularities of accumulation and distribution of macro- and microelements in leaves and rhizomes of plants of two varieties of daylilies are established: excess of the content of many microelements (vanadium, chromium, nickel, rubidium) in rhizomes in comparison with leaves. It was revealed that the concentration of chemical elements in plants differed both in organs and between varieties. The peculiarity of the mineral composition of the *Regal Air* variety was the excess of the total content of trace elements in 1.5–3 times compared to the variety *Speak to me*. Concentrations of individual elements in the leaves and rhizomes of daylilies differed significantly. It is shown that in both varieties in the leaves the amount of bromine was 4 times higher than in rhizomes, strontium – 1.5–1.8 times. The concentration of toxicant elements in the phytomass of *Hemerocallis hybrida* varieties was significantly lower than permissible concentration, which makes it possible to use them for medicinal purposes.

Keywords: leaf, rhizome, chemical elements, x-ray fluorescence analysis, sort of *Regal Air*, sort of *Speak to me*, *Hemerocallis hybrida*.

References

1. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. *Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh*. [Trace elements in soils and plants]. Moscow, 1989, 439 p. (in Russ.).
2. Matveyev N.M., Pavlovskiy V.A., Prokhorova V.A. *Ekologicheskiye osnovy akkumulyatsii tyazhelykh metallov sel'skokhozyaystvennyimi rasteniyami v lesostepnom i stepnom Povolzh'ye*. [Ecological basis of the accumulation of heavy metals by agricultural plants in the forest-steppe and steppe Volga region]. Samara, 1997, 220 p. (in Russ.).
3. Il'in V.B., Syso A.I. *Mikroelementy i tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh Novosibirskoy oblasti*. [Trace elements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region]. Novosibirsk, 2001, 228 p. (in Russ.).
4. Skrzypezakowa L. *Flawonoidy w rodzine Liliaceae. Dissertationes Pharmaceuticae et Pharmacologicae*, 1967, vol. 19, no. 5, pp. 537–541.
5. Klyshev L.K., Bandyukova V.A., Alyukina L.S. *Flavonoidy rasteniy*. [Flavonoids of plants]. Alma-Ata, 1978, 220 p. (in Russ.).
6. Sedel'nikova L.L., Kukushkina T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 1, pp. 177–183, DOI: 10.14258/jcprm.1401177 (in Russ.).
7. Tsitsilin A.N. *Lekarstvennyye rasteniya na dache i vokrug nas: polnaya entsiklopediya*. [Medicinal plants in the country and around us: a complete encyclopedia]. Moscow, 2014, 336 p. (in Russ.).
8. Zhapova O.I. *Ekologo-fitotsenoticheskaya priurochennost' Hemerocallis minor Miller i nakopleniye v nem biologicheskii aktivnykh veshchestv (Zabaykal'ye). Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*. [Ecological and phytocenotic association of *Hemerocallis minor* Miller and the accumulation of biologically active substances in it (Transbaikalia). Abstract. dis. ... cand. biol. sciences]. Chita, 2006, 19 p. (in Russ.).
9. Chuparina Ye.V., Martynov A.M., Zhapova O.M. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2008, no. 3, pp. 98–99 (in Russ.).
10. Chuparina E.V., Aisheva T.S. *Envicon. Chem. Letters*, 2011, vol. 9, no. 1, pp. 19–23, DOI: 10.1007/s10311-009-0240-z.
11. Sedel'nikova L.L. *Vestnik KGAU*, 2017, no. 10, pp. 114–120 (in Russ.).
12. Il'in V.B. *Tyazhelye metally i nemetally v sisteme pochva-rasteniye*. [Heavy metals and non-metals in the soil-plant system]. Novosibirsk, 2012, 219 p. (in Russ.).
13. *GN 2.1.7.2041-06. Predel'no dopustimyye kontsentratsii (PDK) i oriyentirovochno-dopustimyye kontsentratsii (ODK) khimicheskikh veshchestv v pochve*. [GN 2.1.7.2041-06. Maximum allowable concentration (MPC) and tentatively permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil]. Moscow, 2006, 15 p. (in Russ.).
14. Barishev V.B., Kulipanov G.N., Scrinsky A.N. *Handbook of Synchrotron Radiation*. Elsevier, 1991, vol. 3, p. 639.
15. Dar'in A.V., Rakshun Ya.V. *Nauchnyy vestnik NGTU*, 2013, no. 2(51), pp. 112–118 (in Russ.).
16. *Eksperimental'naya stantsiya Rentgenofluoretsentnogo elementnogo analiza* [Experimental station of X-ray fluorescence elemental analysis] [Electronic resource]. URL: <http://ssrc.inp.nsk.su/CKP/stations/passport/3/>
17. Sedel'nikova L.L., Chankina O.V. *Vestnik KGAU*, 2016, no. 2, pp. 34–43 (in Russ.).
18. Arnautov N.A. *Standartnyye obrabotki khimicheskogo sostava prirodnykh mineral'nykh veshchestv. Metodicheskiye rekomendatsii*. [Standard samples of the chemical composition of natural mineral substances. Guidelines.]. Novosibirsk, 1990, 220 p. (in Russ.).
19. *SanPiN 2.3.2. 1078-01. Prodovol'stvennoye syr'ye i pishchevyye produkty*. [SanPiN 2.3.2. 1078-01. Food raw materials and food products]. Moscow, 2005, 176 p. (in Russ.).
20. Opekunova M.G. *Trudy 7 konferentsii Molodykh uchenykh botanicheskogo Instituta AN SSSR*. [Proceedings of the 7th conference of Young Scientists of the Botanical Institute of the USSR Academy of Sciences]. Leningrad, 1985, pp. 127–134 (in Russ.).

Received November 16, 2018

Revised June 18, 2019

Accepted August 6, 2019

For citing: Sedel'nikova L.L., Chankina O.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 245–250. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020014612.

* Corresponding author.