

УДК 581.192:582.573.76

DOI: 10.15372/ChUR2019170

Элементный состав листьев и корневищ лилейника гибридного (*Hemerocallis hybrida hort.*)

Л. Л. СЕДЕЛЬНИКОВА¹, О. В. ЧАНКИНА²¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
Новосибирск (Россия)

E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

²Институт кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН,
Новосибирск (Россия)

(Поступила 01.04.19; после доработки 10.06.19)

Аннотация

Методом рентгенофлуоресцентного анализа с синхротронным излучением впервые определено количественное содержание 22 химических элементов (As, Br, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sc, Se, Sr, Ti, Zn, Zr, V, Y, Ca, Fe, K) в вегетативных органах лилейника гибридного *Hemerocallis hybrida hort.* Представлены сравнительные данные элементного состава листьев и корневищ растений сортов *Speak to me* и *Regal Air*, произрастающих в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Выявлена специфика содержания 19 микроэлементов и 3 макроэлементов в надземных и подземных органах. Концентрация всех элементов в листьях и корневищах растений *Speak to me* и *Regal Air* имела предельно допустимое значение. Более высоким (в 1.5–7 раз) содержанием молибдена, брома, хрома, рубидия, селена отличались листья *Regal Air*. Концентрация свинца, стронция, иттрия, циркония, ниобия была в 1.5–6 раз выше в листьях *Speak to me*. Определено, что наиболее богаты микроэлементами подземные органы. Показано, что суммарное содержание микроэлементов в 1.5–3 раза выше в органах сорта *Regal Air*. Отмечена сортоспецифичность количественного содержания химических элементов в вегетативных органах.

Ключевые слова: лист, корневище, элементный состав, рентгенофлуоресцентный анализ, *Hemerocallis hybrida hort.*, Западная Сибирь

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время особое внимание уделяется исследованию элементного состава в биологических объектах с использованием современных методов, в том числе рентгенофлуоресцентного анализа с синхротронным излучением (РФА СИ) [1–3]. Этот метод позволяет достоверно определять содержание элементов независимо от их соотношения в материале без предварительного озоления пробы [4, 5], что обеспечивает точные репрезентативные сведения. Элементный состав растений отличается видо- и сортоспецифичностью, зависит от эко-

логических факторов среды и служит показателем их стабильного состояния [6–8].

Известно, что красодневы, лилейники (род *Hemerocallis* L. сем. Красодневоцветных – *Hemerocallidaceae*), обладают спектром биологически активных (пектиновых, фенольных) и запасных веществ. Подземные и надземные органы этого растения используются в официальной и народной медицине при лечении различных заболеваний печени, желчного пузыря, опухолей, гепатита, ревматизма, дизурии [9–12]. Элементный состав вегетативных органов представителей этого рода изучен недостаточно. Определена концентрация 14 элементов в органах только

у красоднева малого (*H. minor* Mill.) [13–15]. Причем наибольшее содержание Ca, Fe, Mn, Br, Ba обнаружено в листьях; Ni, As, I, Pb – в стеблях; Ti, Cr, Sr – в корневищах, Cu, Zn – в цветках. Сведений о концентрации микро- и макроэлементов у лилейника гибридного – *Hemerocallis hybrida hort.* – нет, что определяет актуальность и новизну данной работы.

Цель исследования – количественное определение элементного состава листьев и корневищ лилейника гибридного, произрастающего в условиях лесостепной зоны Западной Сибири.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе использованы листья и корневища двух сортов многолетних растений *Hemerocallis hybrida hort.* – *Speak to me* (Спик ту ми) и *Regal Air* (Регал Айр), материалы Биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН “Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте”, УНУ № USU 440534. Данные растения имеют высокий адаптивный потенциал по хозяйственно-биологическим качествам [16]. Образцы выращивали на коллекционном участке лаборатории интродукции декоративных растений ЦСБС СО РАН в одинаковых почвенно-климатических условиях. Сбор сырья (листья и корневища с корнями) проведен в сентябре 2014 г. Этот год отличался избыточно-увлажненным прохладным вегетационным периодом, с холодной ранней весной. Одновременно методом “конверта” отбирали почву с почвенного горизонта A_0-A_1 на глубине до 10–15 см, соответствующей залеганию подземных органов каждого сорта.

Содержание элементов определяли методом РФА СИ, основанным 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) [4]. Основные характеристики станции и методические аспекты эксперимента описаны в [17, 18]. Пробы готовили из воздушно-сухого растительного сырья (1 г). Предварительно их растирали в агатовой ступке до порошкообразного состояния, далее прессовали в специально сконструированной пресс-форме при давлении 100–150 кг/см² в таблетку массой 30 мг и диаметром 1 см, используя гидравлический пресс.

Затем образец в виде таблетки упаковывали во фторопластовые кольца между двумя фторопластовыми пленками толщиной 5 мкм. Измерения проводили при энергии возбуждения 23 кэВ, время измерения спектра каждого образца составляло 300–500 с. Полученные флуоресцентные спектры обрабатывали с использованием пакета программного обеспечения AXIL, предназначенного для обработки сложных спектров. Концентрацию элементов определяли методом внешнего стандарта. Основное требование при использовании данного метода – близость химического состава матриц исследуемого и стандартного образцов, а также уровней содержания элементов в них. В качестве стандартных образцов сравнения, как наиболее близких по составу к определяемым образцам, использовали российские сертифицированные стандарты: для растительных образцов – ГСО СОРМ1 (травозлаковая смесь) [19]. Валовое содержание химических элементов определяли путем суммирования полученных по каждому элементу данных в образце в соответствии с методиками, указанными в [1–3]. Коэффициент биологического накопления (КБН) рассчитывали как отношение содержания элемента в сухой массе листьев и корневищ к его содержанию в почве [2, 20, 21]. Предел обнаружения элементов и относительное стандартное отклонение для данных условий эксперимента (энергия возбуждения 23 кэВ) определены по 20 параллельным измерениям стандартного образца СОРМ1. Статистический анализ данных выполнен с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.1 и Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты сравнительного анализа содержания трех макроэлементов (K, Ca, Fe) и 19 микроэлементов (As, Br, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sc, Se, Sr, Ti, Zn, Zr, V, Y) в почве, листьях и корневищах с опытного участка и в эталонных образцах приведены в табл. 1, 2. Содержание химических элементов в почвенных образцах из места произрастания двух сортов *Hemerocallis hybrida hort.* в ЦСБС представлено в сравнении с литературными данными [8]. Видно (см. табл. 1), что опытные образцы слабо различаются по валовому содержанию элементов, а по ряду элементов (Ti, Co, Y, Se, Sc, Nb, Mo, Pb) сопоставимы между собой.

Макроэлементы

В листьях отмечено неравнозначное распределение макроэлементов (К, Са, Fe) (см. табл. 2). Калий, как подвижный элемент сильного захвата, хорошо проникает в листья, и его концентрация вдвое больше у сорта *Regal Air*, чем у *Speak to me*. В отличие от *Speak to me*, концентрация в 1.5 раза выше в листьях *Regal Air*, чем в корневищах. Кальций активно аккумулируется листьями растений обоих сортов, на что указывает двукратное превышение его концентрации в листьях по сравнению с корневищами (см. табл. 2). Необходимо также отметить сопоставимое содержание кальция в листьях обоих сортов (12 742–13 101 мг/кг). Железо, как элемент среднего захвата, играет значительную роль в фотосинтезе растений. Тем не менее его концентрация в подземных органах по сравнению с надземными выше в 6 раз в случае *Regal Air* и в 1.5 раза для *Speak to me*. Такое преобладание накопления железа в корнях наблюда-

ется для большинства растений [22] и необходимо для их нормального роста и развития.

Микроэлементы

Как правило, наиболее богаты микроэлементами (As, Br, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sc, Se, Sr, Ti, Zn, Zr, V, Y) подземные органы *Hemerocallis hybrida* hort. (см. табл. 2). Для обоих сортов растений корневища характеризуются высокой концентрацией (23.0–181.0 мг/кг) таких жизненно важных элементов, как марганец, титан, хром, цинк, и невысокой (0.1–3.6 мг/кг) – молибдена, иттрия, рубидия и брома. При этом более высокие концентрации элементов в корневищах определены для сорта *Regal Air* (см. табл. 2). Одинаковое содержание микроэлементов – кобальта, ванадия, мышьяка, молибдена, скандия – отмечено в органах сорта *Speak to me*. В целом, корневища *Hemerocallis hybrida* hort. хорошо аккумулируют Mn, Cu, Zn, Cr, Ti, причем их концентрация в 2–6 раз выше, чем в листьях (141.0–181.9 мг/кг). Для ряда элементов концентрация была ниже предела обнаружения (0.01 мг/кг): для Se, Sc в корневищах и для Y, Se в листьях сорта *Regal Air*, для Pb, Se, Sc в корневищах и для Se, Sc в листьях сорта *Speak to me* (см. табл. 2).

Как видно из табл. 2, концентрация большинства исследованных элементов в 1.5–8 раз (*Regal Air*) и 1.5–3 раза (*Speak to me*) ниже в листьях, чем в корневищах. Исключение составляют Br, Sr, Mo, концентрация которых в 1.4–4 раза выше в листьях, чем в корневищах обоих сортов. Отмечено неравнозначное распределение Pb, Zr, Nb по органам растений: у сорта *Speak to me* их содержание больше в листьях, а у сорта *Regal Air*, напротив, в корневищах. Например, концентрация циркония (45 мг/кг) в 6 раз выше в листьях сорта *Speak to me* 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 в 1.5–6 раз выше в листьях *Speak to me*. Одинаковое содержание в листьях кобальта, меди, мышьяка, скандия определено у обоих сортов. Содержание в органах *H. hybrida* таких опасных элементов-токсикантов для растений и человека, как свинец, составляло 1.0–2.0 мг/кг, мышьяка – 0.02–0.09, что не превышало уровень ПДК для чая (Pb – 10 мг/кг, As – 1.0 мг/кг), взятого за стандарт [23].

ТАБЛИЦА 1

Валовое содержание химических элементов в почвенных образцах из места произрастания *Hemerocallis hybrida* hort. в ЦСБС, мг/кг

Элемент	Сорт		Земная почва [8]
	<i>Regal Air</i>	<i>Speak to me</i>	
As	1.5±0.1	2.9±0.3	1.7
Br	4.5±0.5	9.0±0.9	10.0
Ca	13 242.0±107.4	14 012.0±104.1	15 000.0
Co	11.0±0.9	12.0±1.0	18.0
Cr	40.0±2.0	69.0±3.5	83.0
Cu	17.0±1.0	27.0±1.6	47.0
Fe	21 218.0±106.1	21 213.0±102.1	40 000.0
K	13 615.0±68.1	14 011.0±70.0	14 000.0
Mn	705.0±35.3	764.0±37.2	1000.0
Mo	0.4±0.0	0.3±0.0	1.1
Nb	12.0±3.6	13.0±3.9	20.0
Ni	32.0±3.2	38.0±3.8	58.0
Pb	96.0±9.6	97.0±9.7	16.0
Rb	59.0±7.1	74.0±8.9	35.0
Sc	5.0±0.3	5.0±0.3	10.0
Se	0.2±0.0	0.2±0.0	0.1
Sr	174.0±23.1	175.0±22.9	340.0
Ti	4009.0±200.5	4001.0±360.0	4500.0
V	67.0±3.4	88.0±9.1	90.0
Y	20.0±3.0	21.0±3.2	20.0
Zn	41.0±2.9	67.0±4.7	83.0
Zr	304.0±60.8	368.0±73.6	170.0

Примечание. Валовое содержание приведено как среднее значение ± стандартная ошибка среднего.

ТАБЛИЦА 2

Содержание элементов в листьях и корневищах растений *Hemerocallis hybrida hort.*, мг/кг от воздушно-сухой массы

Элемент	<i>Regal Air</i>		<i>Speak to me</i>	
	листья	корневища	листья	корневища
K	16 752.0±345.6	10 599.0±318.0	8153.0±244.6	11 544.0±346.6
Ca	13 101.0±786.0	6763.0±405.8	12 742.0±764.5	6749.0±404.9
Fe	233.0±18.6	1547.0±123.8	566.0±45.6	924.0±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±0.0	0.3±0.0
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±0.1	2.0±0.2	0.5±0.1
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±3.5	38.0±0.4
Y	–	2.0±0.2	2.0±0.2	1.0±0.0
Zr	7.0±2.8	40.0±8.0	45.0±9.0	17.0±3.0
Se	0.02±0.01	–	–	–
Sc	–	–	–	–
As	0.02±0.01	0.04±0.01	0.02±0.01	0.1±0.0
Nb	2.0±0.8	2.9±0.9	8.0±4.0	1.8±0.2
Mo	0.7±0.1	0.2±0.1	0.1±0.0	0.1±0.0
Pb	1.0±0.1	1.6±0.2	2.0±0.7	–
Сумма микроэлементов	120.5	452.5	61.1	301.0

Примечания. 1. Обозн. см. табл. 1. 2. Прочерк – концентрация элемента ниже предела обнаружения (0.01 мг/кг).

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. В целом, в корневищах обоих сортов суммарное содержание микроэлементов в 2–3.5 раза больше по сравнению с листьями. При этом суммарное содержание микроэлементов и в листьях, и корневищах в 1.5–2 раза выше у сорта *Regal Air* (в листьях 120.54 мг/кг, корневищах 452.49 мг/кг), чем у *Speak to me* (61.06 и 301.01 мг/кг соответственно).

Индивидуальным показателем способностей растений к концентрированию химических элементов служит КБН [21]. При классификации элементов по КБН выделяют следующие группы [20]: 1 – энергичного накопления ($100 > \text{КБН} \geq 10$), 2 – сильного накопления ($10 > \text{КБН} \geq 1$), 3 – слабого накопления и среднего захвата ($1 > \text{КБН} \geq 0.1$), 4 – слабого захвата ($0.1 > \text{КБН} \geq 0.01$), 5 – очень слабого захвата ($0.01 > \text{КБН} \geq 0.001$). Лис-

тья и корневища *H. hybrida* аккумулируют большинство элементов, но с разными значениями КБН (табл. 3). К элементам слабого захвата в органах обоих сортов (КБН = 0.011–0.092) можно отнести Fe, V, Mn, Co, Y, Zr, Pb. Такие элементы, как Ca, Cu, Zn, Sr, Nb, относятся к третьей группе слабого и среднего захвата (КБН = 0.989–0.138). Однозначность очень слабого захвата Sc выражена органами *H. hybrida* (КБН = 0.002). Однако аккумуляция элементов в органах даже в пределах одного сорта происходит неравномерно. Сильное накопление K и Mo (КБН = 0.989–1.750) выражено в листьях сорта *Regal Air*, при слабом накоплении его корневищами и органами *Speak to me* (КБН = 0.333–0.824). Согласно [21], концентраторами элементов при КБН, близком к 1 и >1 , можно считать Mo (1.750), K (1.230), Ca (0.989), Br (0.800) в листьях и Cr (0.875), K (0.777) в корневищах сорта *Regal Air*, а также Ca в листьях (0.909) и K в корневищах (0.824) сорта *Speak to me*. Накопление K в

ТАБЛИЦА 3

Коэффициент биологического накопления (КБН) химических элементов вегетативными органами *Nemerocallis hybrida hort.*

Элемент	<i>Regal Air</i>		<i>Speak to me</i>	
	листья	корневища	листья	корневища
K	1.230	0.777	0.582	0.824
Ca	0.989	0.511	0.909	0.482
Fe	0.011	0.073	0.027	0.044
Ti	0.004	0.045	0.019	0.035
V	0.004	0.024	0.008	0.011
Cr	0.228	0.875	0.097	0.333
Mn	0.057	0.113	0.065	0.068
Co	0.018	0.055	0.025	0.025
Ni	0.084	0.122	0.026	0.092
Cu	0.218	0.612	0.148	0.211
Zn	0.463	0.658	0.410	0.707
Br	0.800	0.178	0.222	0.055
Rb	0.102	0.117	0.061	0.081
Sr	0.362	0.236	0.394	0.217
Y	–	0.100	0.095	0.048
Zr	0.023	0.132	0.122	0.046
Se	0.125	–	–	0.062
Sc	0.002	–	0.002	0.002
As	0.013	0.027	0.007	0.031
Nb	0.167	0.242	0.615	0.138
Mo	1.750	0.500	0.333	0.333
Pb	0.010	0.016	0.021	–

Примечание. Прочерк – ниже предела обнаружения.

листьях выше, чем в корневищах у сорта *Regal Air*, а у *Speak to me* – наоборот. Остальные микроэлементы можно отнести к деконцентраторам, накопление которых находилось в пределах КБН (0.057–0.658) и ниже. Меньшим значением КБН характеризовались органы растений *H. hybrida* по следующим элементам: V (0.004–0.024), As (0.007–0.031), Ti (0.004–0.045), Sc (0.002), Pb (0.010–0.021) Fe (0.011–0.073), Zr (0.023–0.132), Y (0.048–0.100), Co (0.018–0.055).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом РФА СИ впервые исследован элементный состав и определено количественное содержание 22 химических элементов в листьях и корневищах для двух сортов *H. hybrida* – *Speak to me* и *Regal Air*, произрастающих в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Показано, что такие важные и жизненно необходимые микроэлементы, как никель, хром, молибден, которые относятся к элементам слабого и среднего биологического захвата, содержатся в органах

H. hybrida в достаточном количестве относительно минимальной границы значимости. Содержание свинца и мышьяка в органах исследуемых образцов значительно меньше предельно допустимого значения (0.02–2.0 мг/кг). Биологическая роль этих элементов очень мала [8], но при высоких концентрациях в экологически загрязненных техногенных территориях они проявляют токсичность [24]. Одинаковые значения концентраций в органах *H. hybrida* определены для таких элементов слабого биологического захвата, как ванадий и селен. Известно, что их недостаток в организме ведет к снижению иммунитета и функции печени, нарушению обмена холестерина и работе ферментов [6, 8].

Концентрация каждого элемента в органах *H. hybrida* характеризуется индивидуальностью и сортоспецифичностью. Хотя у растений выражено фолитарное накопление органами микроэлементов [2], концентрация большинства из них в 1.5 раза выше в корневищах, чем в листьях. Исключение составляют свинец, никель, иттрий, цирконий, ниобий для сорта *Speak to me*. Для обоих сортов концентрация брома, кальция и стронция в 1.5–4 раза выше в листьях, чем в корневищах, что свидетельствует о специфичности распределения элементов по органам растений. В максимальных количествах Mn, Ti, Sr накапливались в корневищах, а распределение Zr было неоднозначным: для *Speak to me* его концентрация была выше в листьях (в 2.5 раза), а для сорта *Regal Air* – в корневищах (в 5.7 раза). В целом, можно предположить, что характер распределения химических элементов в органах *H. hybrida* носит акропетальное и реже – базипетальное направление, что свойственно большинству растений [2]. Полученные сведения о содержании в вегетативных органах *H. hybrida* таких элементов, как скандий, ниобий, селен, как отмечают авторы [8], свидетельствуют о специфике почвенно-климатических условий лесостепной зоны Западной Сибири. Суммарное содержание 19 микроэлементов в подземных органах *H. hybrida* в 3.5–4.5 выше, чем в надземных. В листьях обоих сортов определено наибольшее содержание Br, а в корневищах Ti и Cr, что согласуется с данными [14, 15], полученными для *H. minor*.

Неравнозначность распределения макроэлементов подтверждена сравнительными данными их содержания в вегетативных органах. Такие жизненно важные эссенциальные элементы, как Ca, K, Fe, которые обеспечивают нормальное естественное развитие, обнаружены в до-

статочном большом количестве в органах *H. hybrida*. Надземная часть богата кальцием, а подземная железом, калий занимает промежуточное положение, его больше в листьях *Regal Air* и корневищах *Speak to me*. В целом, листья и корневища адаптированных сортов *H. hybrida* могут служить источником сырья в фитотерапевтических сборах.

Авторы благодарны Институту ядерной физики СО РАН за использование инфраструктуры ЦКП "СЦСТИ" на базе ВЭПП-3 при финансовой поддержке Минобрнауки России.

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН по проекту № АААА-А17-1170126100053-9 "Выявление путей адаптации растений к контрастным условиям обитания на популяционном и организменном уровнях".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Храмова Е. П., Чанкина О. В., Куценогий К. П. // Поверхность. Рентген., синхротр. и нейтр. исследования. 2010. № 8. С. 75–78.
- 2 Лобанова И. Е., Чанкина О. В. // Раст. мир Азиат. России. 2012. № 2 (10). С. 56–61.
- 3 Скуридин Г. М., Чанкина О. В., Легкододымов А. А., Багинская Н. В., Куценогий К. П. // Химия уст. разв. 2014. Т. 22, № 3. С. 301–305.
- 4 Barishev V. V., Kulipanov G. N., Scrinisky A. N. Handbook of Synchrotron Radiation / G. Brown, D. Moncton (Eds.). Amsterdam: Elsevier, 1991. Vol. 3. P. 639.
- 5 Барышев В. В., Золоторев К. В., Кобелева Н. А., Потемкин В. Л., Ходжер Т. В. // Поверхность. Рентген., синхротр. и нейтр. исследования. 2002. № 11. С. 56–60.
- 6 Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
- 7 Матвеев Н. М., Павловский В. А., Прохорова В. А. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Самар. ун-т, 1997. 220 с.
- 8 Ильин В. Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва – растение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 218 с.
- 9 Skrzypczakowa L. Flawonoidy w rodzinie *Liliaceae* // Dissert. Pharm. Pharmac. 1967. Vol. XIX, No. 5. P. 537–541.
- 10 Клышев Л. К., Бандюкова В. А., Аллюкина Л. С. Флавоноиды растений. Алма-Ата: Наука, 1978. 220 с.
- 11 Седельникова Л. Л., Кукушкина Т. А. // Химия раст. сырья. 2014. № 1. С. 177–183.
- 12 Цицилин А. Н. Лекарственные растения на даче и вокруг нас: полная энциклопедия. М.: Эксмо, 2014. 336 с.
- 13 Жапова О. И. Эколого-фитоценотическая приуроченность *Hemerocallis minor* Miller и накопление в нем биологически активных веществ (Забайкалье): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Чита, 2006. 19 с.
- 14 Чупарина Е. В., Мартынов А. М., Жапова О. М. // Сиб. мед. журн. 2008. № 3. С. 98–99.
- 15 Chuparina E. V., Aiskeva T. S. // Environ. Chem. Letters. 2011. Vol. 9, No. 1. P. 19–23.
- 16 Седельникова Л. Л. // Вестн. КГАУ. 2017. № 10. С. 114–120.
- 17 Дарьин А. В., Ракшун Я. В. // Науч. вестн. НГТУ. 2013. № 2(51). С. 112–118.
- 18 Экспериментальная станция рентгенофлуоресцентного элементного анализа. <http://src.inp.nsk.su/СКР/stations/passport/3/> (Дата обращения 10.06.2014).
- 19 Арнаутов Н. А. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ. Методические рекомендации. Новосибирск: Наука, 1990. 220 с.
- 20 Перельман А. И. Геохимия. М.: Высш. шк., 1989. 528 с.
- 21 Ловкова М. Я., Рабинович А. М., Пономарева С. М., Бузук Г. Н., Соколова С. М. Почему растения лечат. М.: Наука, 1990. 254 с.
- 22 Опекунова М. Г. // Тр. VII Конф. молодых ученых Ботан. Ин-та АН СССР. Л.: Наука, 1985. С. 127–134.
- 23 СанПиН 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М.: Книга сервис, 2005. 176 с.
- 24 Седельникова Л. Л., Чанкина О. В. // Вестн. КГАУ. 2016. № 2. С. 34–43.