

Сравнительный анализ химического состава растительного сырья некоторых представителей родов *Narcissus* L. и *Camassia* Lindl.

А. А. Реут¹✉, А. Р. Биглова¹, И. Н. Аллаярова¹

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

✉ E-mail: cvetok.79@mail.ru

Аннотация. Цель. Тяжелые металлы могут оказывать отрицательное влияние на растения, животных и человека, если их допустимая концентрация превышает определенные пределы. Поэтому актуальны установление особенностей накопления тяжелых металлов и определение элементного состава надземных (листья) и подземных (луковицы) органов в растительных образцах 8 сортов *Narcissus hybridus* hort. (Actaea, Arctic Gold, Cassata, Quail, Sir Winston Churchill, White Lady, Calgary, Pink Parasol) и вида *Camassia cusickii* S. Wats. в урбанизированной среде города Уфы (Республика Башкортостан). Методы. Изучение элементного состава образцов проводили по методике количественного химического анализа «Определение As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в лабораторных пробах пищевых продуктов и пищевого сырья атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией № М-02-1009-08». Научная новизна. В работе впервые проанализированы результаты содержания отдельных элементов в надземных и подземных органах в образцах культивируемых цветочно-декоративных растений в лесостепной зоне Башкирского Предуралья. Результаты. Установлено, что содержание никеля, меди, кадмия, свинца, магния, железа, хрома во всех исследованных образцах не превышает норм, указанных в Государственной фармакопее Российской Федерации (ГФ РФ). Содержание мышьяка превышает нормативы, указанные в ГФ РФ, в 3,4 раза. Выявлена высокая интенсивность биологического поглощения меди. Отмечена особенность накопления отдельных элементов различными таксонами изученных растений. Установлено, что концентрации As, Cu, Pl, Mn, Fe в надземных органах больше, чем в подземной части растений; соотношение содержания Ni, Cr, Cd в надземных и в подземных органах совпадает. В результате проведенных исследований рекомендовано использовать изученные культивары в качестве фиторемедиатора мышьяка.

Ключевые слова: биология, интродукция, *Narcissus*, *Camassia*, тяжелые металлы, элементный состав.

Для цитирования: Реут А. А., Биглова А. Р., Аллаярова И. Н. Сравнительный анализ химического состава растительного сырья некоторых представителей родов *Narcissus* L. и *Camassia* Lindl. // Аграрный вестник Урала. 2021. № 02 (205). С. 79–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-79-90.

Дата поступления статьи: 19.01.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

Экологическое состояние городской среды оказывает существенное влияние на жизнедеятельность человека. Из большого числа разнообразных химических веществ, поступающих в окружающую среду в результате природного и техногенного воздействия, особое место занимают тяжелые металлы (ТМ) [1, с. 36]. ТМ относятся к числу наиболее распространенных и опасных для биоты загрязнителей экологической среды [2, с. 46]. С одной стороны, они необходимы для нормального протекания физиологических процессов, а с другой – при повышенных концентрациях ТМ токсичны [3, с. 42], [4, с. 138], [5, с. 159]. В связи с этим установление уровня содержания ТМ в растениях играет важную роль в оценке биогеоценной миграции и необходимо для контроля в целях экологически безопасного их применения [6, с. 116].

На сегодняшний день в научной литературе описано множество методов очистки почвы от загрязнения ТМ.

Однако большинство из них направлены на восстановление почв сельскохозяйственного назначения и не нашли практического применения в городских условиях. Декоративные цветочные культуры, которые прочно занимают свою экологическую нишу, практически не рассматриваются с данной точки зрения [7, с. 190], [8, с. 203].

В связи с вышеизложенным актуально установление особенностей накопления ТМ и определение элементного состава надземных (листья) и подземных (луковицы) органов в растительных образцах 8 сортов *Narcissus hybridus* hort. (Actaea, Arctic Gold, Cassata, Quail, Sir Winston Churchill, White Lady, Calgary и Pink Parasol) и вида *Camassia cusickii* S. Wats. в урбанизированной среде города Уфы.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследование проводилось на базе Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Уфимского федерального

исследовательского центра Российской академии наук (далее – ЮУБСИ УФИЦ РАН) в весенне-летний период 2018–2020 гг.

Нарцисс – многолетнее декоративное луковичное растение, относящееся к роду *Narcissus* L. семейства *Amaryllidaceae* J. St.-Hil. Распространен в Центральной Европе, Средиземноморье, Китае и Японии. Широко применяется в озеленении городских территорий, а также используется в медицине и парфюмерии (содержит алкалоиды и эфирные масла) [9, с. 143]. Камассия – многолетнее перспективное декоративное луковичное растение, относящееся к роду *Camassia* Lindl. семейства *Hyacinthaceae* Vatsch. Распространена в умеренных зонах Северной Америки. Название заимствовано у североамериканских индейцев, употребляющих в пищу луковицы [10, с. 68].

Изучение элементного состава образцов проводили по методике количественного химического анализа «Определение As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в лабораторных пробах пищевых продуктов и пищевого сырья атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией № М-02-1009-08» [11, с. 144]. Отбор растительных образцов проводили в период полного развития листовой пластинки в фазе цветения для сортов *Narcissus* и в фазе завязывания плодов для *Camassia cusickii* (III декада мая). Пробы высушивали до воздушно-

но-сухого состояния при комнатной температуре и затем измельчали механическим способом. Масса лабораторной пробы составляла 50 г. Исследование элементного состава проводилось атомно-абсорбционным спектрофотометром (спектрометр) Shimadzu AA-6800 (или AA-6300) с электротермическим атомизатором GFA EX-7, зарегистрированным в Государственном реестре средств измерений под № 19381-04, на базе аналитической лаборатории научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Математическую обработку данных осуществляли с помощью общепринятых методов вариационной статистики с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Результаты (Results)

Мышьяк. Анализ содержания мышьяка в исследуемых растениях показал, что в надземных органах нарцисса и камассии его концентрация варьирует от 0,24 мг/кг (Actaea) до 1,08 (Cassata), в подземных – от 0,27 мг/кг (Calgary) до 1,70 (White Lady). Среднее содержание элемента в надземных частях составляет 0,76 мг/кг, в подземных – 0,70 мг/кг. У сортов Actaea, Sir Winston Churchill, White Lady наибольшее количество мышьяка содержится в подземных органах; у Pink Parasol соотношение содержания элемента в изученных частях растения обнаружено в равном количестве; у остальных – в надземных (рис. 1).

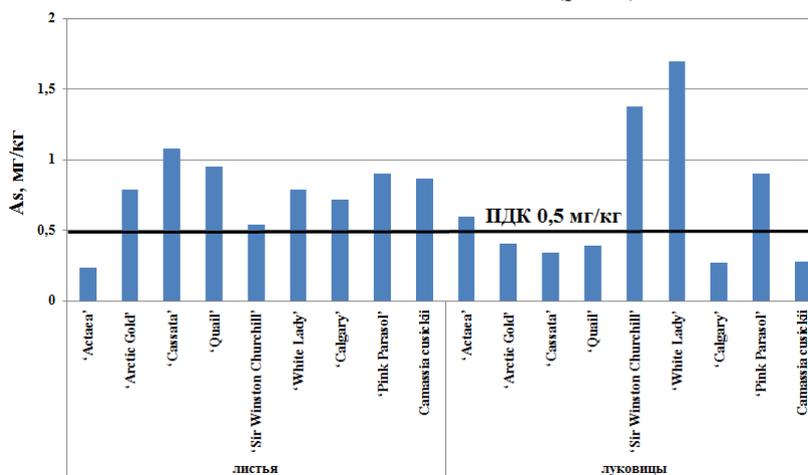


Рис. 1. Содержание мышьяка в надземных и подземных органах *Narcissus* и *Camassia*

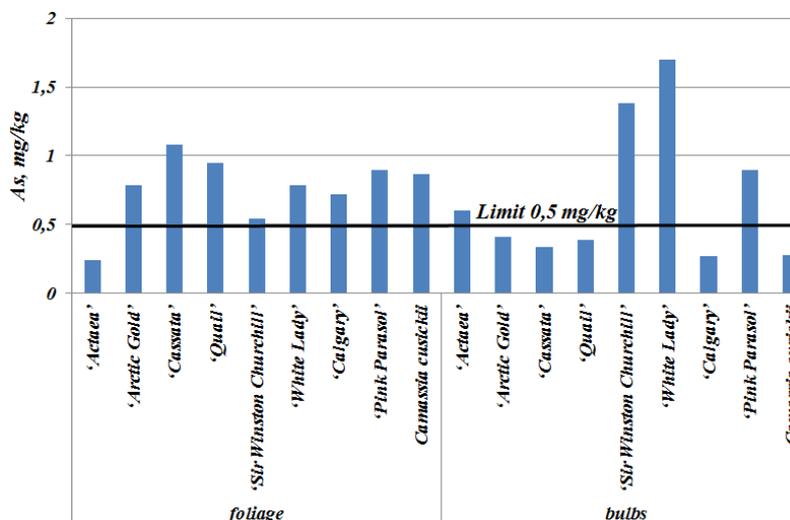
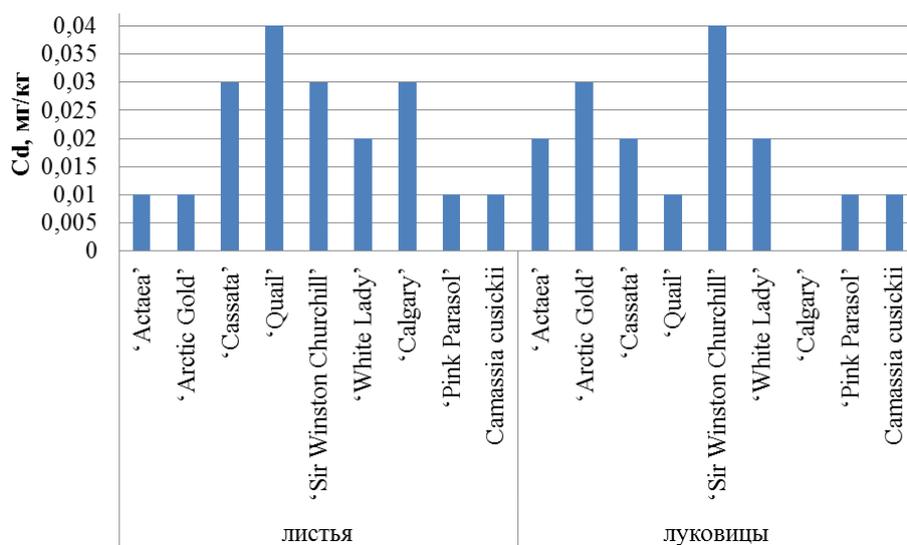
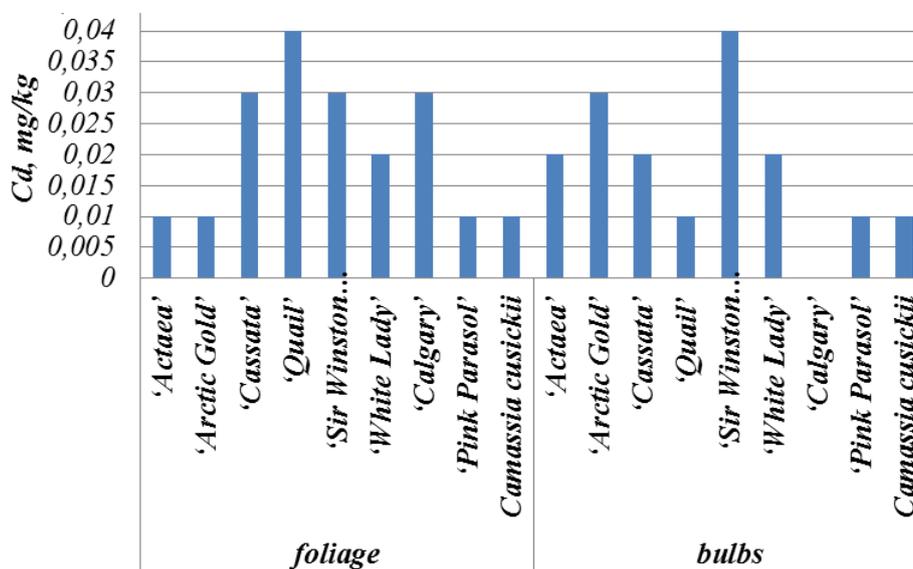


Fig. 1. Content of arsenic in the aboveground and underground organs of *Narcissus* and *Camassia*

Рис. 2. Содержание кадмия в надземных и подземных органах *Narcissus* и *Camassia*Fig. 2. Content of cadmium in the aboveground and underground organs of *Narcissus* and *Camassia*

Выявлено, что содержание мышьяка превышает нормы, указанные в отечественной фармакопее (0,50 мг/кг) [12]. Повышенная концентрация мышьяка обнаружена в листьях у большинства изученных сортов нарцисса в 2,2 раза, за исключением Actaea и вида *Camassia cusickii*. У сортов Actaea, Sir Winston Churchill, White Lady, Pink Parasol содержание мышьяка в луковицах также превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) в 3,4 раза. Предположительно, изученные культивары обладают способностью к накоплению заметного количества мышьяка в листьях и луковицах.

Кадмий. В соответствии с Государственной фармакопеей Российской Федерации (ГФ РФ) норма содержания кадмия составляет 1 мг/кг [12]. Выявлено, что концентрация кадмия у изученных таксонов не превышает ПДК: в надземных органах содержится от 0,01 мг/кг (Actaea, Arctic Gold, Pink Parasol, *Camassia cusickii*) до 0,04 (Quail); в подземных – от 0,00 мг/кг у сорта Calgary до 0,04 (Sir

Winston Churchill). Среднее содержание кадмия в надземных и подземных органах составляет 0,02 мг/кг. У сортов Cassata, Quail, Calgary наибольшее количество кадмия содержится в надземных органах; у Actaea, Arctic Gold, Sir Winston Churchill – в подземных; у остальных таксонов содержание элемента находится в равных количествах (рис. 2).

Свинец. В соответствии с ГФ РФ ПДК свинца в лекарственном растительном сырье составляет 6 мг/кг. Содержание свинца в надземных органах изученных растений варьирует от 0,63 мг/кг (*Camassia cusickii*) до 1,82 (Quail); в луковицах – от 0,59 мг/кг (Actaea) до 1,01 (Pink Parasol). Среднее содержание элемента в надземных органах составляет 0,99 мг/кг, в подземных – 0,78 мг/кг, т. е. содержание свинца не превышает ПДК [12]. У *Camassia cusickii* и сорта Arctic Gold наибольшее количество свинца содержится в подземных органах, у остальных – в надземных (рис. 3).

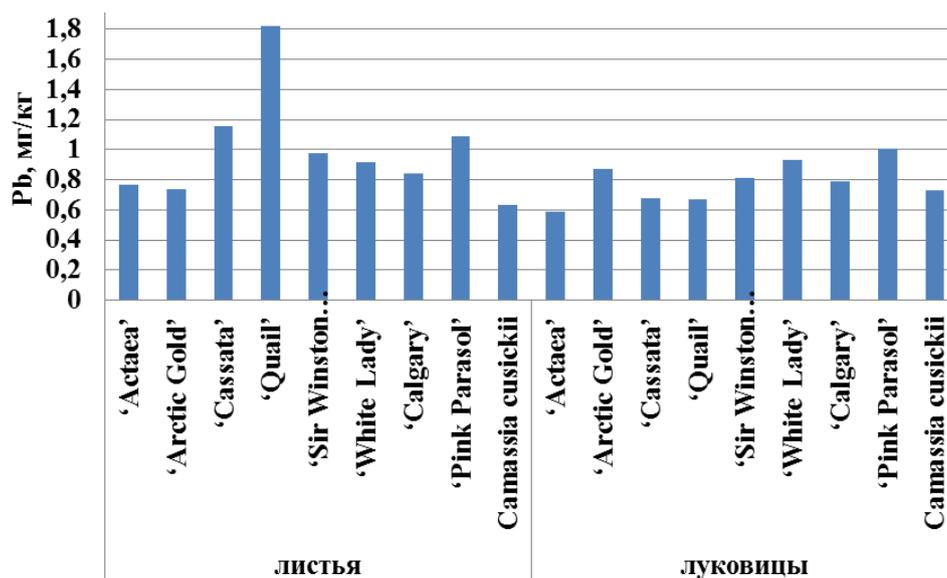


Рис. 3. Содержание свинца в надземных и подземных органах *Narcissus* и *Camassia*

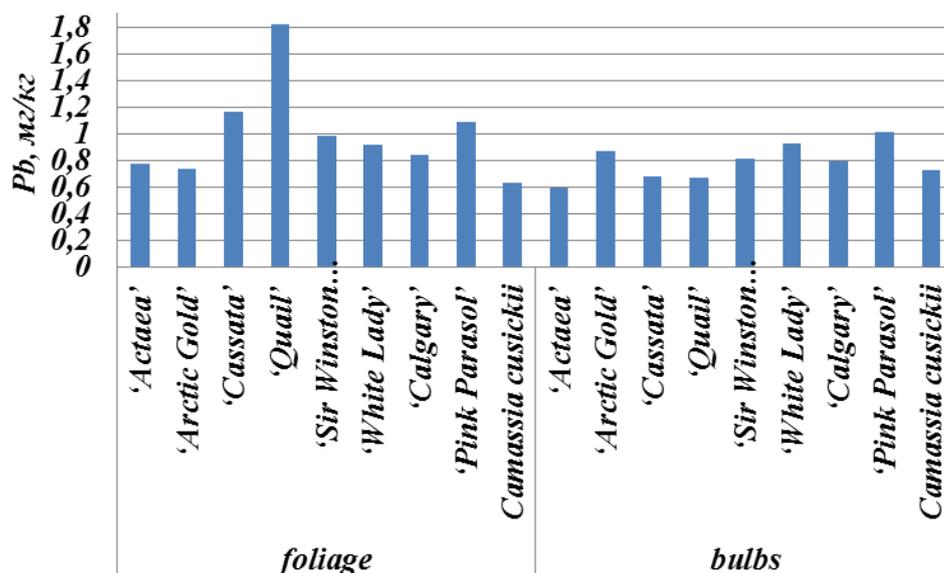


Fig. 3. Content of lead in the aboveground and underground organs of *Narcissus* and *Camassia*

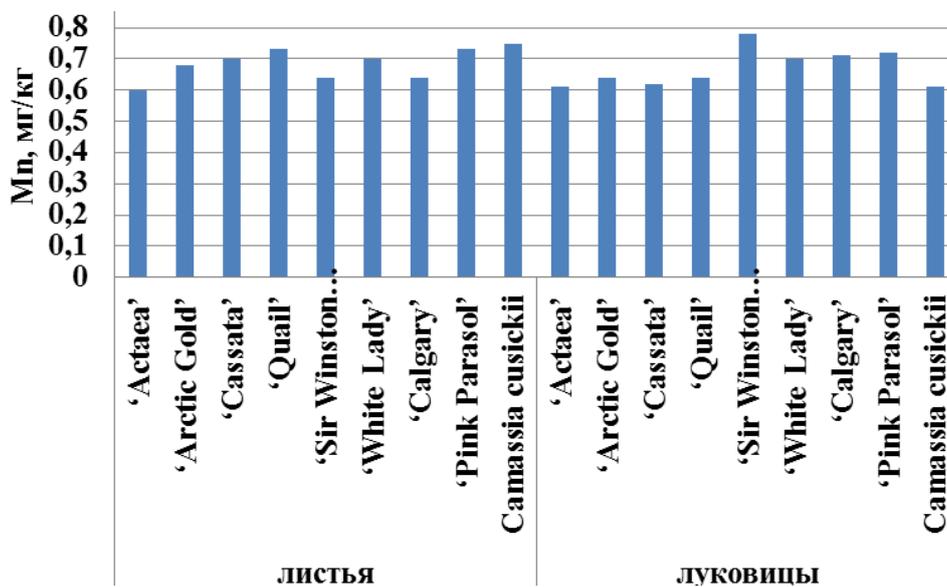


Рис. 4. Содержание магния в надземных и подземных органах *Narcissus* и *Camassia*

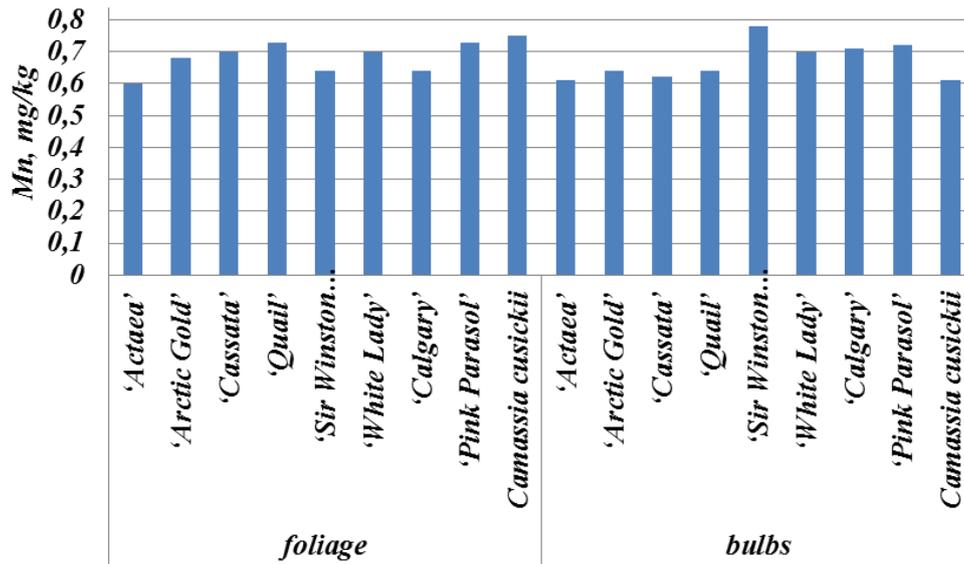


Fig. 4. Content of magnesium in the aboveground and underground organs of Narcissus and Camassia

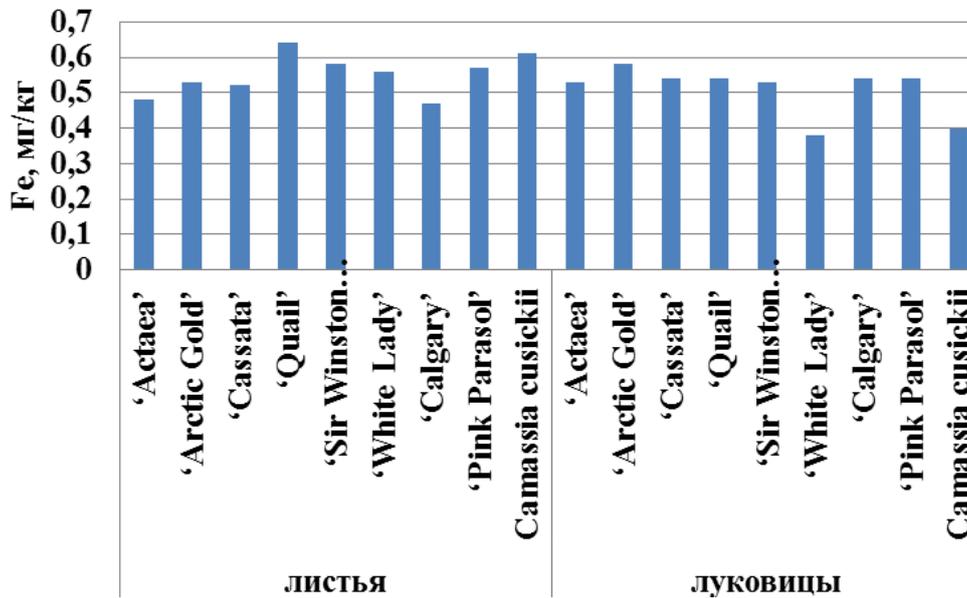


Рис. 5. Содержание железа в надземных и подземных органах Narcissus и Camassia

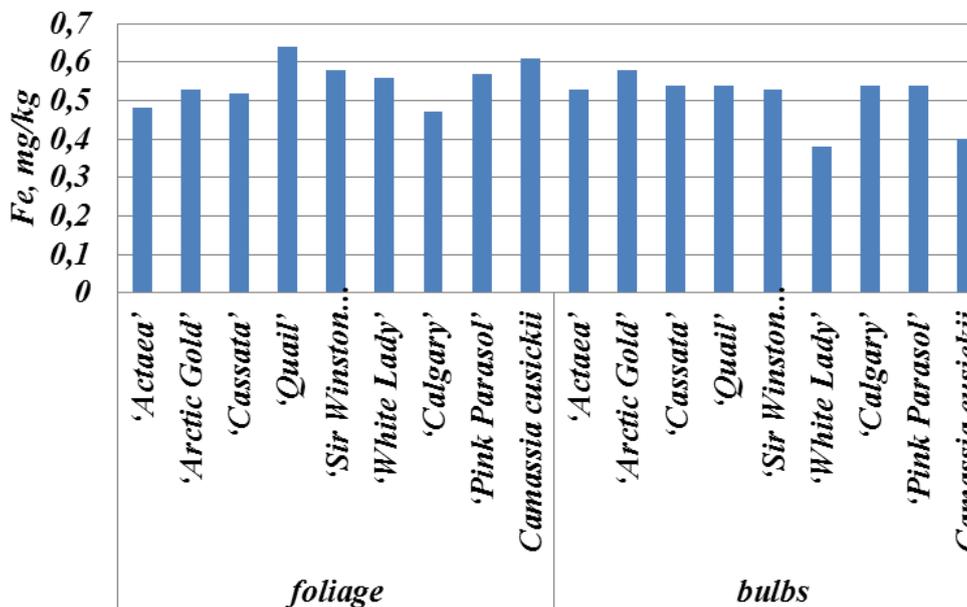


Fig. 5. Content of iron in the aboveground and underground organs of Narcissus and Camassia

Марганец. Анализ содержания марганца в растениях показал, что в надземных частях его концентрация составляет от 0,60 мг/кг (*Actaea*) до 0,75 (*Camassia cusickii*), а в подземных – от 0,61 мг/кг (*Camassia cusickii*, *Actaea*) до 0,78 (*Sir Winston Churchill*). Среднее содержание элемента в надземных органах составляет 0,69 мг/кг, в подземных – 0,67 мг/кг, т. е. отмечается дефицит марганца (ПДК – 25 мг/кг) [13, с. 44], [14, с. 125]. У сортов *Actaea*, *Sir Winston Churchill*, *Calgary* наибольшее количество марганца содержится в подземных органах; у *White Lady* содержание элемента и в подземных, и в надземных органах находится в равном количестве; у остальных преобладает в надземных (рис. 4).

Железо. Анализ содержания железа в растениях показал, что в надземных частях его концентрация варьирует от 0,47 мг/кг (*Calgary*) до 0,64 (*Quail*), а в подземных – от 0,38 мг/кг (*White Lady*) до 0,58 (*Arctic Gold*). Среднее содержание элемента в надземных органах составляет

0,55 мг/кг, в подземных – 0,51 мг/кг, т. е. отмечается дефицит железа (ПДК – 5–15 мг/кг) [15]. У сортов *Actaea*, *Arctic Gold*, *Cassata*, *Calgary* наибольшее количество железа содержится в подземных органах, у остальных – в надземных (рис. 5).

Никель. Анализ содержания никеля в растениях показал, что в надземных частях концентрация составляет от 0,37 мг/кг (*Actaea*) до 0,84 (*Quail*), а в подземных – от 0,29 мг/кг (*Camassia cusickii*) до 1,06 (*Sir Winston Churchill*). Среднее содержание элемента в надземных и подземных органах составляет 0,67 мг/кг. Выявлено, что концентрация никеля у изученных таксонов не превышает временный максимально-допустимый уровень (МДУ) в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках (1–3 мг/кг) [16]. У сортов *Actaea*, *Sir Winston Churchill*, *White Lady*, *Calgary* наибольшее количество никеля содержится в подземных органах, у остальных – в надземных (рис. 6).

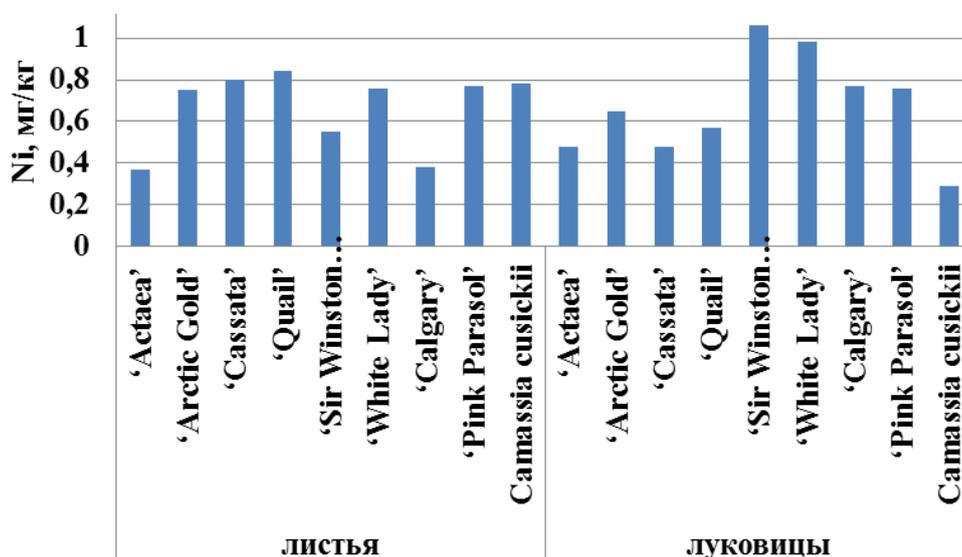


Рис. 6. Содержание никеля в надземных и подземных органах *Narcissus* и *Camassia*

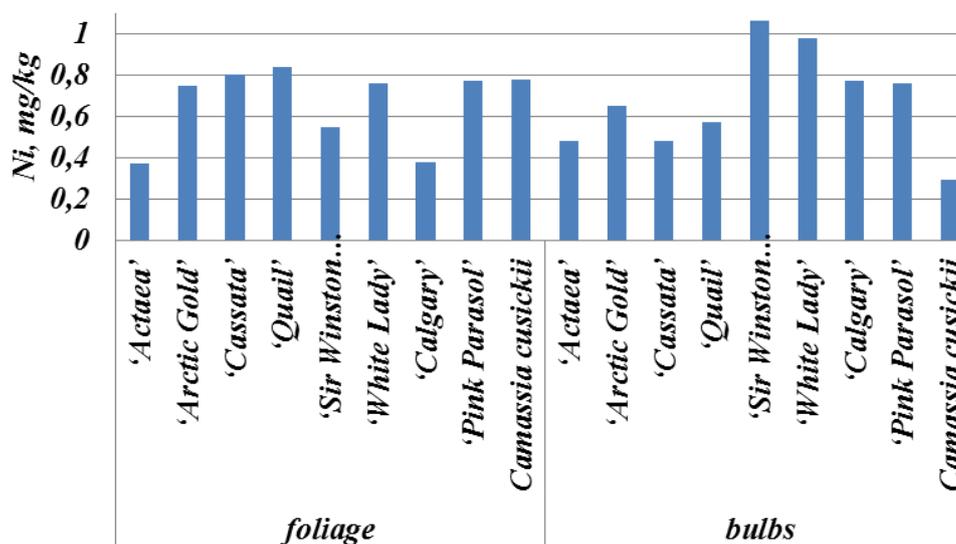
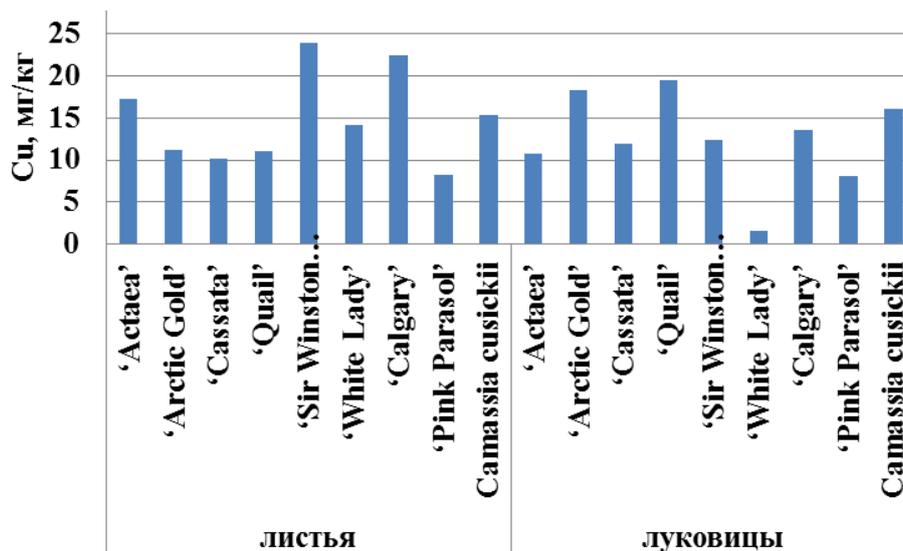
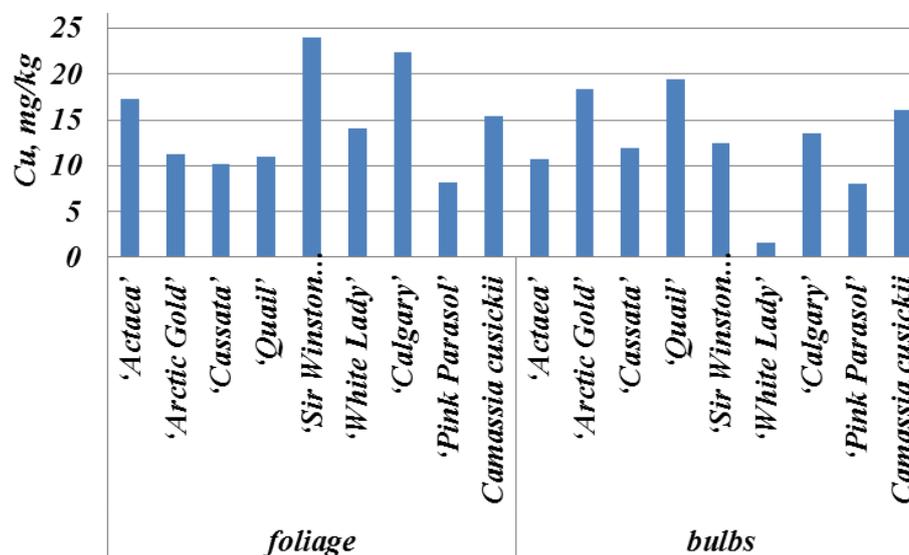


Fig. 6. Content of nickel in the aboveground and underground organs of *Narcissus* and *Camassia*

Рис. 7. Содержание меди в надземных и подземных органах *Narcissus* и *Camassia*Fig. 7. Content of copper in the aboveground and underground organs of *Narcissus* and *Camassia*

Медь. Анализ содержания меди в растениях показал, что в надземных частях концентрация варьирует от 8,28 мг/кг (Pink Parasol) до 24,02 (Sir Winston Churchill), а в подземных – от 1,60 мг/кг (White Lady) до 19,48 (Quail). Среднее содержание элемента в надземных органах составляет 14,86 мг/кг, в подземных – 12,48 мг/кг. Выявлено, что концентрация меди у изученных таксонов не превышает МДУ (20–30 мг/кг) [16] и ПДК СанПиН (25 мг/кг) [15]. У сортов Arctic Gold, Cassata, Quail и у *Camassia cusickii* наибольшее количество меди содержится в подземных органах, у остальных – в надземных (рис. 7).

Хром. Анализ содержания хрома в растениях показал, что в надземных частях концентрация варьирует от 0,04 мг/кг (Actaea) до 0,25 (Quail), в подземных – от 0,05 мг/кг (White Lady) до 0,22 (Sir Winston Churchill). Среднее содержание элемента в надземных и подземных органах составляет 0,13 мг/кг, что не превышает МДУ (0,5–1 мг/кг). У сортов White Lady, Quail и у вида *Camassia cusickii* наибольшее количество хрома содержится в надземных органах, у остальных – в подземных (рис. 8).

Результаты исследований показали следующую закономерность в изменении содержания элементов в растительных пробах. Во всех изученных образцах преобладает медь, за исключением луковиц сорта White Lady, в которых в большем количестве содержится мышьяк. Вторым по содержанию является свинец, за исключением подземных органов Actaea, где найдено больше марганца, а также луковиц Sir Winston Churchill и листьев Arctic Gold и *Camassia cusickii*, где больше мышьяка. Выявлено, что концентрация хрома и кадмия всегда минимальна.

Показано, что растения по-разному аккумулируют элементы в подземных и надземных органах. По количественному содержанию в надземных органах у сортов Cassata, Quail, White Lady, Pink Parasol, Calgary элементы располагаются в следующем порядке: Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd. Исключение составляет Calgary, где никель накапливается меньше, чем марганец и железо (таблица 1).

По величине содержания в подземных органах у сортов 'Arctic Gold', 'Calgary' элементы располагаются в следующем порядке: Cu > Pb > Ni > Mn > Fe > As > Cr > Cd (таблица 1).

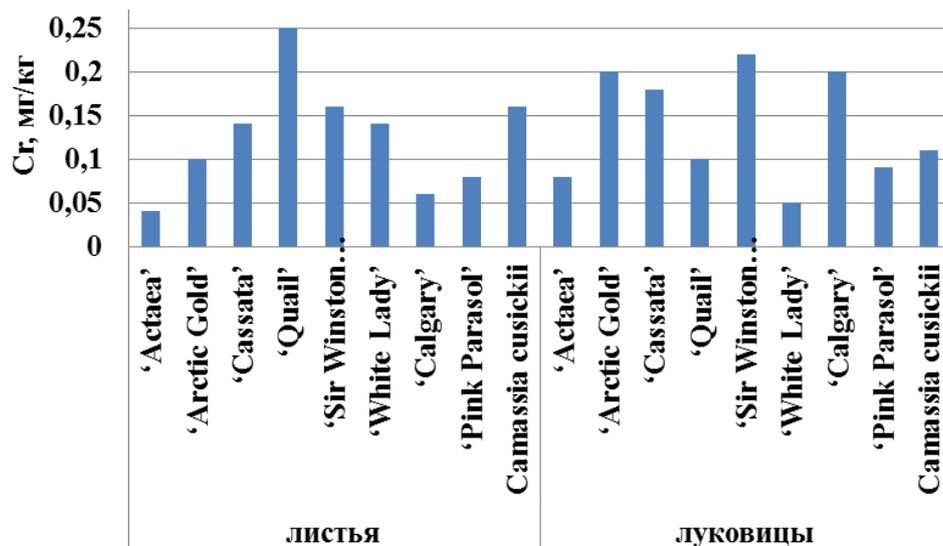


Рис. 8. Содержание хрома в надземных и подземных органах *Narcissus* и *Camassia*

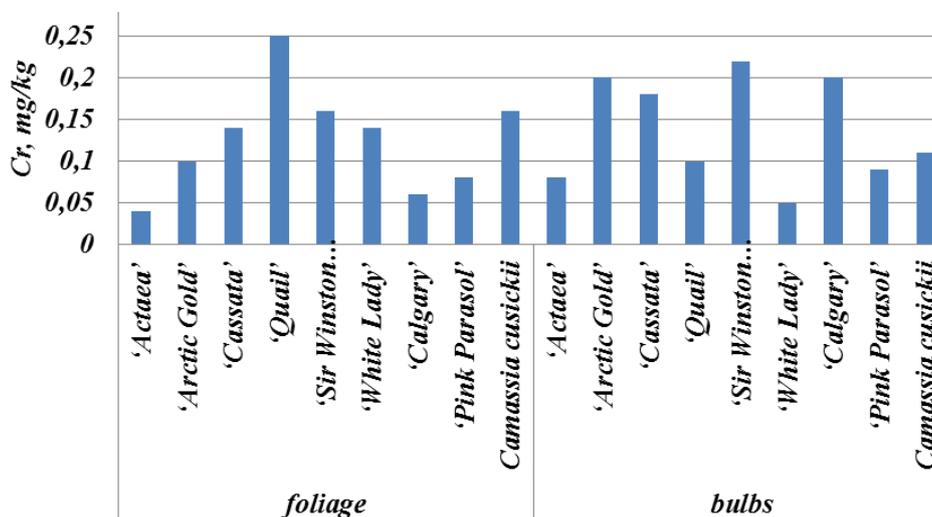


Fig. 8. Content of chromium in the aboveground and underground organs of *Narcissus* and *Camassia*

Таблица 1

Ряды накопления элементов в надземных и подземных органах *Narcissus* и *Camassia*

Таксоны	Сырье	Ряды накопления
Actaea	Листья	Cu > Pb > Mn > Fe > Ni > As > Cr > Cd
	Луковица	Cu > Mn > As > Pb > Fe > Ni > Cr > Cd
Arctic Gold	Листья	Cu > As > Ni > Pb > Mn > Fe > Cr > Cd
	Луковица	Cu > Pb > Ni > Mn > Fe > As > Cr > Cd
Cassata	Листья	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
	Луковица	Cu > Pb > Mn > Fe > Ni > As > Cr > Cd
Quail	Листья	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
	Луковица	Cu > Pb > Mn > Ni > Fe > As > Cr > Cd
Sir Winston Churchill	Листья	Cu > Pb > Mn > Fe > Ni > As > Cr > Cd
	Луковица	Cu > As > Ni > Pb > Mn > Fe > Cr > Cd
White Lady	Листья	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
	Луковица	As > Cu > Ni > Pb > Mn > Fe > Cr > Cd
Calgary	Листья	Cu > Pb > As > Mn > Fe > Ni > Cr > Cd
	Луковица	Cu > Pb > Ni > Mn > Fe > As > Cr > Cd
Pink Parasol	Листья	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
	Луковица	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
Camassia cusickii	Листья	Cu > As > Ni > Mn > Pb > Fe > Cr > Cd
	Луковица	Cu > Pb > Mn > Fe > Ni > As > Cr > Cd

Series of accumulation of elements in aboveground and underground organs of *Narcissus* and *Camassia*

Taxons	Material	The ranks of the accumulation
<i>Actaea</i>	Foliage	Cu > Pb > Mn > Fe > Ni > As > Cr > Cd
	Bulbs	Cu > Mn > As > Pb > Fe > Ni > Cr > Cd
Arctic Gold	Foliage	Cu > As > Ni > Pb > Mn > Fe > Cr > Cd
	Bulbs	Cu > Pb > Ni > Mn > Fe > As > Cr > Cd
<i>Cassata</i>	Foliage	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
	Bulbs	Cu > Pb > Mn > Fe > Ni > As > Cr > Cd
Quail	Foliage	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
	Bulbs	Cu > Pb > Mn > Ni > Fe > As > Cr > Cd
Sir Winston Churchill	Foliage	Cu > Pb > Mn > Fe > Ni > As > Cr > Cd
	Bulbs	Cu > As > Ni > Pb > Mn > Fe > Cr > Cd
White Lady	Foliage	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
	Bulbs	As > Cu > Ni > Pb > Mn > Fe > Cr > Cd
Calgary	Foliage	Cu > Pb > As > Mn > Fe > Ni > Cr > Cd
	Bulbs	Cu > Pb > Ni > Mn > Fe > As > Cr > Cd
Pink Parasol	Foliage	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
	Bulbs	Cu > Pb > As > Ni > Mn > Fe > Cr > Cd
<i>Camassia cusickii</i>	Foliage	Cu > As > Ni > Mn > Pb > Fe > Cr > Cd
	Bulbs	Cu > Pb > Mn > Fe > Ni > As > Cr > Cd

Рассматривая накопление тяжелых металлов по органам растений, можно отметить, что среднее содержание As, Cu, Pb, Mn, Fe больше в надземных частях. Соотношение среднего содержания Ni, Cr, Cd в надземных и подземных органах совпадает. Таким образом, аккумуляционная способность надземных органов выше, чем луковиц тех же таксонов, или равна им. По литературным данным установлено, что на незагрязненных почвах наименьшее количество тяжелых металлов свойственно органам запаса [14, с. 129].

Анализ визуальных наблюдений показал, что каких-либо нарушений в развитии растений не наблюдается (нет признаков угнетения или аномального увеличения роста). Установлено, что по содержанию элементов, в частности никеля, меди, кадмия, свинца, магния, железа, хрома, исследуемые образцы сырья *Narcissus* и *Camassia* соответствуют предельно допустимым концентрациям. Содержание мышьяка превышает ПДК для лекарственного растительного сырья (0,50 мг/кг) в 3,4 раза. Тем не менее изученные таксоны обладают высокой устойчивостью к накоплению токсического элемента (As) в больших количествах без заметного влияния на внешний вид и метаболизм. Отмечена сортоспецифичность в содержании элементов в луковицах и листьях.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате проведенного анализа выявлено, что содержание никеля, меди, кадмия, свинца, магния, железа, хрома во всех исследованных образцах не превышает норм, установленных в Государственной фармакопее Российской Федерации.

Рассматривая накопление ТМ по органам растений, можно отметить, что базипетальными элементами для большинства растений по усредненным данным являются As, Cu, Pb, Mn, Fe.

Выявлено, что во всех видах сырья преобладает медь, за исключением луковиц сорта White Lady. Концентрация хрома и кадмия всегда минимальна.

Результаты исследований позволяют отнести изученные сорта *Narcissus* и *Camassia cusickii* к гипераккумулятору мышьяка и использовать данные таксоны в фиторемедиационных технологиях на городских территориях.

Полученные результаты могут представлять интерес в области контроля экологической обстановки в зоне культивирования изучаемых растений.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме АААА-А18-118011990151-7.

Библиографический список

1. Седельникова Л. Л., Чанкина О. В. Содержание тяжелых металлов в вегетативных органах красоднева гибридного (*Heimerocallis hybrida*) в урбанизированной среде // Вестник КрасГау. 2016. № 2. С. 34–43.
2. Седельникова Л. Л., Чанкина О. В. Изменчивость коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов вегетативными органами *Heimerocallis hybrida* // Ученые записки ЗабГУ. 2017. Т. 12. № 1. С. 45–51.
3. Щукин В. М., Кузьмина Н. Е., Швецова Ю. Н., Лутцева А. И. Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов и мышьяка в различных лекарственных формах растительных препаратов российского фармацевтического рынка // Ведомости научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2020. Т. 10. № 1. С. 41–50. DOI: 10.30895/1991-2919-2020-10-1-41-50.

4. Базарнова Н. Г., Тихомирова Л. И., Сеницына А. А., Афанасенкова И. В. Сравнительный анализ химического состава сырья *Iris sibirica* L. // Химия растительного сырья. 2017. № 4. С. 137–144. DOI: 10.14258/jcrpm.2017042741.
5. Яцюк В. Я., Елецкая О. А. Элементный состав некоторых видов сырья *Aesculus hippocastanum* L. // Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. 2017. № 26 (275). Вып. 40. С. 158–167.
6. Кенжебаева А. В. Содержание тяжелых металлов в растениях прибрежной зоны восточного Прииссыккуля // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 1. С. 115–119.
7. Елагина Д. С., Архипова Н. С., Сибгатуллина М. Ш. Изучение особенностей накопления тяжелых металлов растениями *Amaranthus retroflexus* L. // Молодые ученые и фармация XXI века: сборник научных трудов Четвертой научно-практической конференции с международным участием. Москва, 2016. С. 189–195.
8. Мажайский Ю. А., Гальченко С. В., Гусева Т. М., Чердакова А. С. Накопление тяжелых металлов декоративными цветочными культурами // Успехи современной науки и образования. 2016. № 9. Т. 3. С. 203–205.
9. Биглова А. Р., Реут А. А. Оценка декоративных признаков представителей рода *Narcissus* L. в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 62. С. 142–151. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-62-142-151.
10. Воронин А. А., Сафонова О. Н. Разнообразие травянистых декоративных интродуцентов в коллекционном фонде Ботанического сада Воронежского госуниверситета // Прошлое, настоящее ботанического сада и его роль в науке и образовании. Воронеж, 2016. С. 66–71.
11. Симонова О. А., Симонов М. В., Товстик Е. В. Сортовые особенности биоаккумуляции железа в растениях ячменя // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 3 (23). С. 142–150. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-3-23-142-151.
12. Государственная фармакопея Российской Федерации: в 3 томах [Электронный ресурс]. URL: <http://femb.ru/feml> (дата обращения: 01.11.2020).
13. Побилат А. Е., Волошин Е. И. Марганец в почвах и растениях южной части средней Сибири // Микроэлементы в медицине. 2017. № 18 (2). С. 43–47. DOI: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-43-47.
14. Байкалова Т. В., Байкалов П. С., Коротченко И. С. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове, листьях березы под воздействием промышленности г. Красноярска // Вестник КрасГАУ. 2017. № 5. С. 123–130.
15. ПДК тяжелых металлов в продовольственном сырье и пищевых продуктах. Сан ПиН 42-123-4089-86 от 31.03.86 [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=259784> (дата обращения: 16.11.2020).
16. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293725/4293725464.htm> (дата обращения: 16.11.2020).

Об авторах:

Антонина Анатольевна Реут¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318; +7 917 465-18-89, cvetok.79@mail.ru

Айгуль Радиковна Биглова¹, младший научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений ORCID 0000-0002-5729-8261, AuthorID 961279; +7 987 146-81-86, ajgul.biglova@mail.ru

Ирина Нагимовна Аллаярова¹, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, ORCID 0000-0002-4575-7301, AuthorID 908455; +7 937 317-86-78, allayarowairina@yandex.ru

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

Comparative analysis of the chemical composition of plant materials of some representatives of the genera *Narcissus* L. and *Camassia* Lindl.

A. A. Reut¹✉, A. R. Biglova¹, I. N. Allayarova¹

¹ South-Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ E-mail: cvetok.79@mail.ru

Abstract. Purpose. Heavy metals can have a negative effect on plants, animals and humans if their concentration exceeds certain limits. Therefore, it is important to establish the characteristics of the accumulation of heavy metals and to determine the elemental composition of aboveground (leaves) and underground (bulbs) organs in plant samples of 8 varieties of *Narcissus*

hybridus hort. (Actaea, Arctic Gold, Cassata, Quail, Sir Winston Churchill, White Lady, Calgary, Pink Parasol) and *Camassia cusickii* S. Wats. in the urbanized environment of the city of Ufa (Republic of Bashkortostan). **Methods.** The study of the elemental composition of the samples was carried out according to the method of quantitative chemical analysis “Determination of As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn and Ni in laboratory samples of food products and food raw materials by the atomic absorption method with electrothermal atomization No. M-02-1009-08”. **Scientific novelty.** This work is the first to analyze the results of the content of individual elements in aboveground and underground organs in samples of cultivated floral and ornamental plants in the forest-steppe zone of the Bashkir Cis-Urals. **Results.** It was found that the content of nickel, copper, cadmium, lead, magnesium, iron, chromium in all the samples studied does not exceed the standards specified in the State Pharmacopoeia of the Russian Federation (SP RF). The arsenic content exceeds the standards specified in the SP RF by 3.4 times. Revealed a high intensity of biological absorption of copper. The peculiarity of the accumulation of individual elements by different taxa of the studied plants is noted. It has been established that the concentrations of As, Cu, Pb, Mn, Fe in the aboveground organs are higher than in the underground part of plants; the ratio of the content of Ni, Cr, Cd in aboveground and underground organs is the same. As a result of these studies, it was recommended to use the studied cultivars as a phytoremediator of arsenic.

Keywords: biology, introduction, *Narcissus*, *Camassia*, heavy metals, elemental composition.

For citation: Reut A. A., Biglova A. R., Allayarova I. N. Sravnitel'nyy analiz khimicheskogo sostava rastitel'nogo syr'ya nekotorykh predstaviteley rodov *Narcissus* L. i *Camassia* Lindl. [Comparative analysis of the chemical composition of plant materials of some representatives of the genera *Narcissus* L. and *Camassia* Lindl.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 02 (205). Pp. 79–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-79-90. (In Russian.)

Paper submitted: 19.01.2021.

References

1. Sedel'nikova L. L., Chankina O. V. Soderzhanie tyazhelykh metallov v vegetativnykh organakh krasodneva gibridnogo (*Hemerocallis hybrida*) v urbanizirovannoy srede [The content of heavy metals in the vegetative organs of *Hemerocallis hybrida* in urban environment] // Bulletin of KrasSAU. 2016. No. 2. Pp. 34–43. (In Russian.)
2. Sedel'nikova L. L., Chankina O. V. Izmenchivost' koeffitsienta biologicheskogo pogloshcheniya tyazhelykh metallov vegetativnymi organami *Hemerocallis hybrida* [Variability in the coefficient of biological absorption of heavy metals in *Hemerocallis hybrida* vegetative organs] // Scholarly Notes of Transbaikal State University. 2017. Vol. 12. No. 1. Pp. 45–51. (In Russian.)
3. Shchukin V. M., Kuz'mina N. E., Shvetsova Yu. N., Luttseva A. I. Sravnitel'nyy analiz soderzhaniya tyazhelykh metallov i mysh'yaka v razlichnykh lekarstvennykh formakh rastitel'nykh preparatov rossiyskogo farmatsevticheskogo rynka [Comparative analysis of heavy metal and arsenic content in various herbal dosage forms marketed in Russia] // The Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. 2020. Vol. 10. No. 1. Pp. 41–50. DOI: 10.30895/1991-2919-2020-10-1-41-50. (In Russian.)
4. Bazarnova N. G., Tikhomirova L. I., Sinitsyna A. A., Afanasenkova I. V. Sravnitel'nyy analiz khimicheskogo sostava syr'ya *Iris sibirica* L. [Comparative analysis of the chemical composition of plant raw material *Iris sibirica* L.] // Chemistry of plant raw material. 2017. No. 4. Pp. 137–144. DOI: 10.14258/jcprm.2017042741. (In Russian.)
5. Yatsyuk V. Ya., Eletskaya O. A. Elementnyy sostav nekotorykh vidov syr'ya *Aesculus hippocastanum* L. [Element composition of some types raw materials of *Aesculus hippocastanum* L.] // Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Meditsina. Farmatsiya. 2017. No. 26 (275). Iss. 40. Pp. 158–167. (In Russian.)
6. Kenzhebaeva A. V. Soderzhanie tyazhelykh metallov v rasteniyakh pribrezhnoy zony vostochnogo Priisyykul'ya [The content of heavy metals in plants of the coastal zone of the eastern Issyk-Kul region] // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2019. No. 1. Pp. 115–119. (In Russian.)
7. Elagina D. S., Arkhipova N. S., Sibgatullina M. Sh. Izuchenie osobennostey nakopleniya tyazhelykh metallov rasteniyami *Amaranthus retroflexus* L. [The research characteristics of accumulation of heavy metals in *Amaranthus retroflexus* L.] // Molodye uchenye i farmatsiya XXI veka: sbornik nauchnykh trudov Chetvertoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Moscow, 2016. Pp. 189–195. (In Russian.)
8. Mazhayskiy Yu. A., Gal'chenko S. V., Guseva T. M., Cherdakova A. S. Nakoplenie tyazhelykh metallov dekorativnymi tsvetochnymi kul'turami [Accumulation of heavy metals decorative floral cultures] // Success of modern science and education. 2016. No. 9. Vol. 3. Pp. 203–205. (In Russian.)
9. Biglova A. R., Reut A. A. Otsenka dekorativnykh priznakov predstaviteley roda *Narcissus* L. v Yuzhno-Ural'skom botanicheskom sadu-institute UFITs RAN [Assessment of decorative features of representatives of the genus *Narcissus* L. in the South-Ural Botanical Garden-Institute of the UFRC RAS] // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2020. Vol. 62. Pp. 142–151. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-62-142-151. (In Russian.)
10. Voronin A. A., Safonova O. N. Raznoobrazie travyanistykh dekorativnykh introdutsentov v kolleksiionnom fonde Botanicheskogo sada Voronezhskogo gosuniversiteta [Variety of herbaceous ornamental introduced species in the collection fund of the Botanical Garden of Voronezh State University] // Proshloe, nastoyashchee botanicheskogo sada i ego rol' v nauke i obrazovanii. Voronezh, 2016. Pp. 66–71. (In Russian.)

11. Simonova O. A., Simonov M. V., Tovstik E. V. Sortovye osobennosti bioakkumulyatsii zheleza v rasteniyakh yachmenya [Varietal features of iron bioaccumulation in barley plants] // Taurida herald of the agrarian sciences. 2020. No. 3 (23). Pp. 142–150. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-3-23-142-151. (In Russian.)
12. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii: v 3 tomakh [State Pharmacopoeia of the Russian Federation: in 3 volumes] [e-resource] // XIII ed. Moscow, 2015. URL: <http://femb.ru/feml> (date of reference: 01.11.2020). (In Russian.)
13. Pobilat A. E., Voloshin E. I. Marganets v pochvakh i rasteniyakh yuzhnoy chasti sredney Sibiri [Manganese in soils and plants of the southern part of central Siberia] // Trace elements in medicine. 2017. No. 18 (2). Pp. 43–47. DOI: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-43-47 (In Russian.)
14. Baykalova T. V., Baykalov P. S., Korotchenko I. S. Soderzhanie tyazhelykh metallov v pochvennom pokrove, list'yakh berezy pod vozdeystviem promyshlennosti g. Krasnoyarska [The content of heavy metals in the soil cover, birch leaves under the influence of the industry of Krasnoyarsk] // Bulletin of KrasSAU. 2017. No. 5. Pp. 123–130. (In Russian.)
15. PDK tyazhelykh metallov v prodovol'stvennom syr'e i pishchevykh produktakh. San PiN 42-123-4089-86 ot 31.03.86 [MPC of heavy metals in food raw materials and food products. Sanitary and epidemiological rules and regulations, 42-123-4089-86 of 31.03.86] [e-resource]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=259784> (date of reference: 16.11.2020). (In Russian.)
16. Vremennyy maksimal'no dopustimyy uroven' (MDU) nekotorykh khimicheskikh elementov i gossipola v kormakh dlya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Temporary maximum permissible level of some chemical elements and gossypol in feed for farm animals] [e-resource]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293725/4293725464.htm> (date of reference: 16.11.2020). (In Russian.)

Authors' information:

Antonina A. Reut¹, candidate of biological sciences, leading researcher of the laboratory for the introduction and selection of floral plants, ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318; +7 917 465-18-89, cvetok.79@mail.ru

Aygul R. Biglova¹, junior researcher of the laboratory for the introduction and selection of floral plants, ORCID 0000-0002-5729-8261, AuthorID 961279; +7 987 146-81-86, ajgul.biglova@mail.ru

Irina N. Allayarova¹, candidate of biological sciences, junior researcher of the laboratory for the introduction and selection of floral plants, ORCID 0000-0002-4575-7301, AuthorID 908455; +7 937 317-86-78, allayarowairina@yandex.ru

¹ South-Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia