


DOI 10.22363/2312-797X-2021-16-4-337-352  
УДК 635.92:549.2: 582.6:504.05

Научная статья / Research article

## Содержание тяжелых металлов в сырье некоторых представителей рода *Paeonia* L. в условиях урбанизированной среды

А.А. Реут  , С.Г. Денисова 

Южно-Уральский ботанический сад-институт — обособленное структурное подразделение федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Российская Федерация

 [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)

**Аннотация.** Тяжелые металлы являются основными загрязнителями почв, при этом самыми агрессивными считаются их подвижные формы, способные переходить из твердых фаз в почвенные растворы и поглощаться растениями. Выявлено, что вегетативная масса сельскохозяйственных культур способна накапливать большое количество тяжелых металлов. Декоративные цветочные культуры, которые прочно занимают свою экологическую нишу, практически не рассматриваются с данной точки зрения. Цель исследования — изучение особенностей накопления тяжелых металлов в надземных и подземных органах некоторых представителей рода *Paeonia* L. в условиях урбанизированной среды города Уфы. Объектами исследований являлись четыре вида *P. peregrina* Mill., *P. lactiflora* Pall., *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. delavayi* Franch. (сем. *Paeoniaceae* Rudolphi) и три сорта пиона гибридного Аппассионата, Мустай Карим, Jeanne d'Arc. Изучение элементного состава надземной и подземной частей проводили по методике «Определение As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в пробах пищевых продуктов и пищевого сырья атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией». Математическую обработку данных осуществляли с помощью методов вариационной статистики с использованием пакета программ AgCStat в виде надстройки Excel. Для каждой группы сырья проведены исследования по восьми элементам, содержание которых приведено к ммоль/кг воздушно-сухого сырья. Выявлено, что в изученных образцах содержание меди в 4,15...2520,00 раз выше, а содержание кадмия в 0,43...2520,0 раз ниже, чем других элементов. Отмечено, что минимальные концентрации мышьяка (0,0035...0,0064 ммоль/кг), хрома (0,0019...0,0046 ммоль/кг), марганца (0,0174...0,0219 ммоль/кг) и железа (0,0059...0,0125 ммоль/кг) отмечены в корнях; свинца (0,003...0,037 ммоль/кг), кадмия (0,0002...0,001 ммоль/кг) и меди (0,1477...0,2134 ммоль/кг) — в листьях; никеля (0,0082...0,0179 ммоль/кг) — в цветках изучаемых пионов. Максимальное содержание мышьяка (0,0062...0,0123 ммоль/кг) и хрома (0,0028...0,0063 ммоль/кг) обнаружено в листьях; свинца (0,0027...0,0223 ммоль/кг), никеля (0,0167...0,0209 ммоль/кг), марганца (0,0173...0,0212 ммоль/кг) и железа (0,0087...0,0138 ммоль/кг) — в стеблях; кадмия (0,0002...0,0009 ммоль/кг) и меди (0,144...0,244 ммоль/кг) — в цветках. Срезка пионов в осенний период перед уходом на покой позволяет избежать накопления данных микроэлементов в почве. Результаты корреляционного анализа показали, что абсолютные значения

© Реут А.А., Денисова С.Г., 2021

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

концентраций изучаемых элементов у рассматриваемых таксонов пионов коррелируют между собой в средней и сильной степени.

**Ключевые слова:** *Paeonia*, тяжелые металлы, надземные органы, подземная масса, Республика Башкортостан

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование. Благодарности.** Исследование выполнено 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.


**Вклад авторов:** Реут А.А. — сбор и обработка результатов, Денисова С.Г. — анализ полученных данных, написание текста.

**История статьи:** поступила в редакцию 29 октября 2021 г.; принята к публикации 2 декабря 2021 г.

**Для цитирования:** Реут А.А., Денисова С.Г. Содержание тяжелых металлов в сырье некоторых представителей рода *Paeonia* L. в условиях урбанизированной среды // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16. № 4. С. 337—352. doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-4-337-352

## The content of heavy metals in the raw materials of some representatives of the genus *Paeonia* L. in an urbanized environment

Antonina A. Reut  , Svetlana G. Denisova 

South-Ural Botanical Garden-Institute  
of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation  
 cvetok.79@mail.ru

**Abstract.** At present, heavy metals are generally recognized as priority soil pollutants, while the most active pollutants are their mobile forms, which can pass from solid phases into soil solutions and be absorbed by plants. It is known that the vegetative mass of agricultural crops is capable of accumulating large amounts of heavy metals. Ornamental flower crops, which firmly occupy their ecological niche, are practically not considered from this point of view. The aim of this work was to study the features of the accumulation of heavy metals in the aboveground and underground organs of some representatives of the genus *Paeonia* L. in the urbanized environment of the city of Ufa. The objects of research were four species (*P. peregrina* Mill., *P. lactiflora* Pall., *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. delavayi* Franch.) (Family *Paeoniaceae* Rudolphi) and three varieties of hybrid peony ('Appassionata', 'Mustai Karim', 'Jeanne d'Arc'). The study of the elemental composition of the aboveground and underground parts was carried out according to the method «Determination of As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn and Ni in samples of food products and food raw materials by the atomic absorption method with electrothermal atomization». Mathematical data processing was carried out using generally accepted methods of variation statistics using the AgCStat software package in the form of an Excel add-in. Eight element studies are presented for each raw material group. Quantitative indicators of elements are given in mmol/kg of air-dry raw materials. It was revealed that in the studied samples the copper content was 4.15...2520.00 times higher than that of other elements. The minimum concentrations of arsenic (0.0035...0.0064 mmol/kg), chromium (0.0019...0.0046 mmol/kg), manganese (0.0174...0.0219 mmol/kg) and iron (0.0059...0.0125 mmol/kg) were noted in the roots; lead (0.003...0.037 mmol/kg), cadmium (0.0002...0.001 mmol/kg) and copper (0.1477...0.2134 mmol/kg) — in the leaves; nickel (0.0082...0.0179 mmol/kg) — in the flowers of the studied paeonies. The maximum content of arsenic (0.0062...0.0123 mmol/kg) and chromium (0.0028...0.0063 mmol/kg)

was found in the leaves; lead (0.0027...0.0223 mmol/kg), nickel (0.0167...0.0209 mmol/kg), manganese (0.0173...0.0212 mmol/kg) and iron (0.0087...0.0138 mmol/kg) — in stems; cadmium (0.0002...0.0009 mmol/kg) and copper (0.144...0.244 mmol/kg) — in flowers. Therefore, cutting paeonies in the autumn before retirement avoids the accumulation of these microelements in the soil. The results of the correlation analysis showed that the absolute values of the concentrations of the studied elements in the considered taxon of paeonies correlate with each other to a moderate and strong degree.

**Key words:** Paeonia, heavy metals, aboveground organs, underground mass, Republic of Bashkortostan

**Conflicts of interest.** The authors declared no conflicts of interest.

**Acknowledgments.** The study was carried out according to the Program of Fundamental Research of the Presidium of the Russian Academy of Sciences «Biodiversity of Natural Systems and Biological Resources of Russia» and within the framework of the state assignment of South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences (AAAA-A18-118011990151-7).

**Article history:**

Received: 29 October 2021. Accepted: 2 December 2021.

**For citation:**

Reut AA, Denisova SG. The content of heavy metals in the raw materials of some representatives of the genus *Paeonia* L. in an urbanized environment. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2021; 16(4):337—352. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2021-16-4-337-352

## Введение

С ростом градостроительства происходит трансформация городской среды, которая значительно отличается от природной. Существенной характеристикой урбанизированной территории является загрязнение почв тяжелыми металлами, так как они обладают токсическим и мутагенным эффектом на растения. Приоритетное место среди других техногенных токсичных элементов принадлежит именно тяжелым металлам, которые могут концентрироваться в плодородном слое почвы и менять ее свойства, так как не подвергаются процессам биогенного и физико-химического распада. Таким образом, поллютанты длительное время остаются свободными для всасывания корнями растений, а в последствии активно перемещаются по цепям питания в биогеоценозах [1, 2]. Так, известно, что вегетативная масса сельскохозяйственных культур способна накапливать значительно больше тяжелых металлов, чем клубни и корнеплоды, что представляет особую важность в выращивании таких овощных культур [3]. Декоративные цветочные культуры, прочно занимающие свою экологическую нишу, практически не рассматриваются с данной точки зрения [4, 5].

В связи с вышеизложенным **цель исследования** — изучение особенностей накопления тяжелых металлов в надземных и подземных органах некоторых представителей рода *Paeonia* L. в условиях урбанизированной среды города Уфы.

## Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе Южно-Уральского ботанического сада-института — обособленного структурного подразделения федерального государственного

бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (далее — ЮУБСИ УФИЦ РАН) в весенне-летний период 2018—2021 гг.

Объектами исследований являлись четыре вида *P. peregrina* Mill., *P. lactiflora* Pall., *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. delavayi* Franch. (сем. *Paeoniaceae*) и созданные на основе *P. lactiflora* Pall. три сорта пиона Аппассионата, Мустай Карим, Jeanne d'Arc, интродуцированные и выращенные на базе ЮУБСИ УФИЦ РАН [6].

Климатические показатели района исследований: зима — продолжительная и холодная, лето — умеренно теплое; наблюдается большая изменчивость температуры воздуха, особенно весной и осенью. Среднегодовая температура воздуха составляет +2,6 °С, среднемесячная температура воздуха в январе — -14,3 °С, в июле — +19,3 °С; абсолютный минимум — -53,0 °С, абсолютный максимум — +37,0 °С; среднегодовое количество осадков — 580 мм [7]. Почва отличается большой уплотненностью и образована из элювиальных и делювиальных желто-бурых суглинков [8].

Изучение микроэлементного состава растительного сырья (цветки, стебли, листья и корни) проводили на базе аналитической лаборатории научно-исследовательского института сельского хозяйства. Для проведения анализа использовали 10 средневозрастных культиваров каждого таксона генеративной стадии развития в фазе цветения (май — июнь). Сбор надземных частей (цветки, листья, стебли) объектов исследования проводили в утренние часы. Корни выкапывали в конце сентября — начале октября (до первых заморозков); их очищали от примесей, промывали в проточной, а затем — в дистиллированной воде. Для количественного анализа сырье высушивали до воздушно-сухого состояния, затем измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 1 мм [9].

Изучение элементного состава образцов проводили по методике «Определение As, Pb, Cd, Sn, Cr, Cu, Fe, Mn и Ni в пробах пищевых продуктов и пищевого сырья атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией» [10, 11].

Математическую обработку данных осуществляли с помощью общепринятых методов вариационной статистики с использованием пакета программ AgCStat в виде надстройки Excel и пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа AGROS2.09 [12—16].

## Результаты исследования и обсуждение

Проанализированы результаты исследования микроэлементного состава цветков, листьев, стеблей и корней семи разных таксонов пионов Аппассионата, Мустай Карим, Jeanne d'Arc, *P. delavayi*, *P. lactiflora*, *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. peregrina*. Для каждой группы сырья проведены исследования по восьми элементам. Количественные показатели элементов приведены к ммольям/кг воздушно-сухого сырья (табл. 1—4).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в цветках некоторых таксонов рода Paeonia, ммоль/кг

Элементы	Таксоны							
	Аппассионата	Мустай Карим	Jeanne d'Arc	P. delavayi	P. lactiflora	P. lactiflora f. rosea	P. peregrina	
As	0,007902±0,000204	0,005232±0,000104	0,005121±0,000108	0,005677±0,000058	0,006211±0,000173	0,008956±0,000003	0,006242±0,000173	
Pb	0,002896±0,000028	0,003898±0,000049	0,003661±0,000001	0,005466±0,000007	0,002860±0,000007	0,003151±0,000028	0,003657±0,000049	
Cd	0,000255±0,000006	0,000427±0,000001	0,000195±0,000009	0,000355±0,000001	0,000338±0,000001	0,000934±0,000001	0,000409±0,000008	
Cr	0,006282±0,00013	0,003808±0,000005	0,005667±0,000009	0,003500±0,000000	0,003757±0,000008	0,002942±0,000001	0,002359±0,000001	
Cu	0,244117±0,00351	0,213142±0,00208	0,187497±0,0011	0,144006±0,00051	0,173937±0,00087	0,161584±0,00327	0,149870±0,00216	
Ni	0,008212±0,000001	0,008366±0,00009	0,012313±0,00007	0,010558±0,00018	0,017078±0,00021	0,017884±0,00038	0,016947±0,00058	
Mn	0,017547±0,00004	0,020659±0,00001	0,022734±0,00012	0,018136±0,00006	0,01782±0,00005	0,01782±0,00001	0,018433±0,00024	
Fe	0,010260±0,00003	0,010224±0,00004	0,012570±0,00009	0,08822±0,00006	0,012916±0,00009	0,013107±0,00003	0,013859±0,00005	

Table 1

The content of heavy metals in flowers of some taxon of the genus Paeonia, mmol/kg

The elements	Taxon							
	Appassionata	Mustay Karim	Jeanne d'Arc	P. delavayi	P. lactiflora	P. lactiflora f. rosea	P. peregrina	
As	0.007902±0.000204	0.005232±0.000104	0.005121±0.000108	0.005677±0.000058	0.006211±0.000173	0.008956±0.000003	0.006242±0.000173	
Pb	0.002896±0.000028	0.003898±0.000049	0.003661±0.000001	0.005466±0.000007	0.002860±0.000007	0.003151±0.000028	0.003657±0.000049	
Cd	0.000255±0.000006	0.000427±0.000001	0.000195±0.000009	0.000355±0.000001	0.000338±0.000001	0.000934±0.000001	0.000409±0.000008	
Cr	0.006282±0.00013	0.003808±0.000005	0.005667±0.000009	0.003500±0.000000	0.003757±0.000008	0.002942±0.000001	0.002359±0.000001	
Cu	0.244117±0.00351	0.213142±0.00208	0.187497±0.0011	0.144006±0.00051	0.173937±0.00087	0.161584±0.00327	0.149870±0.00216	
Ni	0.008212±0.000001	0.008366±0.00009	0.012313±0.00007	0.010558±0.00018	0.017078±0.00021	0.017884±0.00038	0.016947±0.00058	
Mn	0.017547±0.00004	0.020659±0.00001	0.022734±0.00012	0.018136±0.00006	0.01782±0.00005	0.01782±0.00001	0.018433±0.00024	
Fe	0.010260±0.00003	0.010224±0.00004	0.012570±0.00009	0.08822±0.00006	0.012916±0.00009	0.013107±0.00003	0.013859±0.00005	

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в листьях некоторых таксонов рода *Paeonia*, ммоль/кг

Элементы	Таксоны						
	Аппассионата	Мустай Карим	Jeanne d'Arc	<i>P. delavayi</i>	<i>P. lactiflora</i>	<i>P. lactiflora f. rosea</i>	<i>P. peregrina</i>
As	0,006166±0,000050	0,007581±0,000116	0,008858±0,000007	0,007443±0,000096	0,012279±0,000008	0,011083±0,000135	0,008142±0,000004
Pb	0,006729±0,000095	0,003018±0,000021	0,008624±0,000066	0,037440±0,00026	0,003834±0,000001	0,004225±0,000035	0,007847±0,000046
Cd	0,000166±0,000006	0,000439±0,000006	0,000311±0,000001	0,000205±0,000001	0,000205±0,000001	0,001023±0,000001	0,000255±0,000005
Cr	0,005385±0,00033	0,004955±0,00012	0,003609±0,000002	0,006359±0,000003	0,002859±0,000004	0,004007±0,000003	0,002936±0,000005
Cu	0,152850±0,0036	0,165827±0,00086	0,213362±0,00189	0,155368±0,00258	0,147675±0,00051	0,154864±0,00026	0,171062±0,00102
Ni	0,010689±0,00022	0,016925±0,00009	0,023599±0,00013	0,017720±0,00023	0,015289±0,00019	0,019407±0,00014	0,014011±0,00009
Mn	0,017820±0,00012	0,021321±0,00006	0,020550±0,0002	0,020204±0,00004	0,017225±0,00002	0,018633±0,00007	0,018457±0,00005
Fe	0,011549±0,00012	0,011728±0,00014	0,009490±0,00026	0,011227±0,00012	0,013071±0,00005	0,010815±0,00004	0,010061±0,00016

Table 2

The content of heavy metals in the leaves of some taxon of the genus *Paeonia*, mmol/kg

The elements	Taxon						
	Appassionata	Mustay Karim	Jeanne d'Arc	<i>P. delavayi</i>	<i>P. lactiflora</i>	<i>P. lactiflora f. rosea</i>	<i>P. peregrina</i>
As	0.006166±0.000050	0.007581±0.000116	0.008858±0.000007	0.007443±0.000096	0.012279±0.000008	0.011083±0.000135	0.008142±0.000004
Pb	0.006729±0.000095	0.003018±0.000021	0.008624±0.000066	0.037440±0.00026	0.003834±0.000001	0.004225±0.000035	0.007847±0.000046
Cd	0.000166±0.000006	0.000439±0.000006	0.000311±0.000001	0.000205±0.000001	0.000205±0.000001	0.001023±0.000001	0.000255±0.000005
Cr	0.005385±0.00033	0.004955±0.00012	0.003609±0.000002	0.006359±0.000003	0.002859±0.000004	0.004007±0.000003	0.002936±0.000005
Cu	0.152850±0.0036	0.165827±0.00086	0.213362±0.00189	0.155368±0.00258	0.147675±0.00051	0.154864±0.00026	0.171062±0.00102
Ni	0.010689±0.00022	0.016925±0.00009	0.023599±0.00013	0.017720±0.00023	0.015289±0.00019	0.019407±0.00014	0.014011±0.00009
Mn	0.017820±0.00012	0.021321±0.00006	0.020550±0.0002	0.020204±0.00004	0.017225±0.00002	0.018633±0.00007	0.018457±0.00005
Fe	0.011549±0.00012	0.011728±0.00014	0.009490±0.00026	0.011227±0.00012	0.013071±0.00005	0.010815±0.00004	0.010061±0.00016

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в стеблях некоторых таксонов рода Paeonia, ммоль/кг

Элементы	Таксоны							
	Аппассионата	Мустай Карим	Jeanne d'Arc	P. delavayi	P. lactiflora	P. lactiflora f. rosea	P. peregrina	
As	0,005664±0,000123	0,005646±0,000154	0,005819±0,000005	0,006478±0,000135	0,005775±0,000006	0,00921±0,000000	0,008142±0,000004	
Pb	0,005346±0,000021	0,002727±0,000000	0,003895±0,000024	0,005455±0,000007	0,002659±0,000005	0,022307±0,000029	0,002889±0,000003	
Cd	0,000267±0,000001	0,000667±0,000001	0,000382±0,000001	0,000267±0,000001	0,000261±0,000005	0,001041±0,000008	0,000374±0,000008	
Cr	0,005026±0,000023	0,005148±0,000004	0,003911±0,000006	0,002622±0,000003	0,004141±0,000005	0,001974±0,00001	0,002750±0,000004	
Cu	0,172882±0,000074	0,242465±0,000034	0,227316±0,000245	0,183903±0,000036	0,138414±0,000061	0,217501±0,000066	0,151884±0,000155	
Ni	0,016726±0,000022	0,016981±0,000046	0,016800±0,000024	0,018572±0,000008	0,017005±0,000009	0,020917±0,000031	0,017283±0,000032	
Mn	0,019616±0,00001	0,021024±0,00001	0,020355±0,00001	0,021224±0,00001	0,017274±0,00001	0,018615±0,000014	0,018299±0,000003	
Fe	0,011442±0,000006	0,012248±0,000025	0,013859±0,000194	0,01377±0,000014	0,011937±0,000013	0,009078±0,000006	0,008756±0,000005	

Table 3

The content of heavy metals in the stems of some taxon of the genus Paeonia, mmol/kg

The elements	Taxon							
	Appassionata	Mustay Karim	Jeanne d'Arc	P. delavayi	P. lactiflora	P. lactiflora f. rosea	P. peregrina	
As	0.005664±0.000123	0.005646±0.000154	0.005819±0.000005	0.006478±0.000135	0.005775±0.000006	0.00921±0.000000	0.008142±0.000004	
Pb	0.005346±0.000021	0.002727±0.000000	0.003895±0.000024	0.005455±0.000007	0.002659±0.000005	0.022307±0.000029	0.002889±0.000003	
Cd	0.000267±0.000001	0.000667±0.000001	0.000382±0.000001	0.000267±0.000001	0.000261±0.000005	0.001041±0.000008	0.000374±0.000008	
Cr	0.005026±0.000023	0.005148±0.000004	0.003911±0.000006	0.002622±0.000003	0.004141±0.000005	0.001974±0.00001	0.002750±0.000004	
Cu	0.172882±0.000074	0.242465±0.000034	0.227316±0.000245	0.183903±0.000036	0.138414±0.000061	0.217501±0.000066	0.151884±0.000155	
Ni	0.016726±0.000022	0.016981±0.000046	0.016800±0.000024	0.018572±0.000008	0.017005±0.000009	0.020917±0.000031	0.017283±0.000032	
Mn	0.019616±0.00001	0.021024±0.00001	0.020355±0.00001	0.021224±0.00001	0.017274±0.00001	0.018615±0.000014	0.018299±0.000003	
Fe	0.011442±0.000006	0.012248±0.000025	0.013859±0.000194	0.01377±0.000014	0.011937±0.000013	0.009078±0.000006	0.008756±0.000005	



Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в корнях некоторых таксонов рода Раеониа, ммоль/кг

Элементы	Таксоны						
	Аппассионата	Мустай Карим	Jeanne d'Arc	<i>P. delavayi</i>	<i>P. lactiflora</i>	<i>P. lactiflora f. rosea</i>	<i>P. peregrina</i>
As	0,003484±0,000065	0,00298±0,000004	0,006447±0,000007	0,006255±0,000009	0,003706±0,000006	0,004204±0,000008	0,004778±0,000008
Pb	0,00243726±0,000000	0,003258±0,000000	0,004063±0,000038	0,00445624±0,00016	0,003633±0,000007	0,005933±0,000067	0,004075±0,000003
Cd	0,00016±0,000001	0,000107±0,000001	0,000172±0,000001	0,00009±0,000000	0,000255±0,000005	0,004538±0,000088	0,000267±0,000001
Cr	0,004564±0,000006	0,004109±0,000005	0,002962±0,000003	0,004019±0,000001	0,002289±0,000004	0,001936±0,000002	0,001942±0,000003
Cu	0,169567±0,00013	0,253821±0,00131	0,211558±0,00144	0,226864±0,00144	0,165402±0,00041	0,160750±0,00142	0,156296±0,00027
Ni	0,014329±0,00014	0,016800±0,00004	0,021713±0,00032	0,012699±0,00002	0,019492±0,00051	0,015278±0,00022	0,017152±0,00015
Mn	0,018499±0,00007	0,021891±0,00002	0,018706±0,00003	0,018524±0,00006	0,018614±0,00014	0,017413±0,00013	0,018542±0,00002
Fe	0,012534±0,00011	0,011692±0,00002	0,010367±0,00107	0,011711±0,00022	0,009019±0,00002	0,01014±0,00003	0,005867±0,00002

Table 4

The content of heavy metals in the roots of some taxon of the genus *Paeonia*, mmol/kg

The elements	Taxon						
	Appassionata	Mustay Karim	Jeanne d'Arc	<i>P. delavayi</i>	<i>P. lactiflora</i>	<i>P. lactiflora f. rosea</i>	<i>P. peregrina</i>
As	0.003484±0.000065	0.00298±0.000004	0.006447±0.000007	0.006255±0.000009	0.003706±0.000006	0.004204±0.000008	0.004778±0.000008
Pb	0.00243726±0.000000	0.003258±0.000000	0.004063±0.000038	0.00445624±0.00016	0.003633±0.000007	0.005933±0.000067	0.004075±0.000003
Cd	0.00016±0.000001	0.000107±0.000001	0.000172±0.000001	0.00009±0.000000	0.000255±0.000005	0.004538±0.000088	0.000267±0.000001
Cr	0.004564±0.000006	0.004109±0.000005	0.002962±0.000003	0.004019±0.000001	0.002289±0.000004	0.001936±0.000002	0.001942±0.000003
Cu	0.169567±0.00013	0.253821±0.00131	0.211558±0.00144	0.226864±0.00144	0.165402±0.00041	0.160750±0.00142	0.156296±0.00027
Ni	0.014329±0.00014	0.016800±0.00004	0.021713±0.00032	0.012699±0.00002	0.019492±0.00051	0.015278±0.00022	0.017152±0.00015
Mn	0.018499±0.00007	0.021891±0.00002	0.018706±0.00003	0.018524±0.00006	0.018614±0.00014	0.017413±0.00013	0.018542±0.00002
Fe	0.012534±0.00011	0.011692±0.00002	0.010367±0.00107	0.011711±0.00022	0.009019±0.00002	0.01014±0.00003	0.005867±0.00002



Выявлено достаточно высокое содержание меди во всех видах сырья всех изучаемых растений: в 4,15...2520,00 раз выше по сравнению с другими элементами. Максимальное содержание отмечено в корнях, минимальное — в листьях растений.

Таким образом, анализ полученных данных выявил, что минимальные концентрации мышьяка, хрома, марганца и железа отмечены в корнях; свинца, кадмия и меди — в листьях; никеля — в цветках изучаемых пионов. Максимальное содержание мышьяка и хрома обнаружено в листьях; свинца, никеля, марганца и железа — в стеблях; кадмия и меди — в цветках. Поэтому срезка пионов в осенний период перед уходом на покой позволяет избежать накопление данных микроэлементов в почве.

Для удобства расчетов при двухфакторном дисперсионном анализе данные были прологарифмированы. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показали значимые различия по содержанию тяжелых металлов по таксонам и частям растения. Выявлено, что основное влияние на содержание кадмия, хрома, марганца оказывают таксоны, с долей влияния 56,45...70,83 %; на долю второго фактора (часть растения) приходится 2,37...14,87 %; вклад взаимодействия таксон — часть растения составил 17,11...29,23 % (табл. 5). На содержание мышьяка, свинца, меди, никеля и железа основной вклад внесло взаимодействие таксон — часть растения (41,16...68,87 %); на долю первого фактора приходится 14,43...44,19 %, на долю второго — 9,19...33,22 % (табл. 5).

Таблица 5

#### Результаты двухфакторного дисперсионного анализа элементного состава пионов

Элементы	Источники варьирования	SS	Df	ms	Fфакт	Доля, %
Мышьяк As	Общее	34,57	83,00	—	—	—
	Таксон (А)	7,74	6,00	1,29	1605,87	22,39
	Часть растения (Б)	11,48	3,00	3,83	4764,83	33,22
	Взаимодействие (АБ)	15,30	18,00	0,85	1057,89	44,26
	Случайное	0,04	54,00	0,0008	—	—
Свинец Pb	Общее	30,67	83,00	—	—	—
	Таксон (А)	9,21	6,00	1,53	5353,04	30,01
	Часть растения (Б)	5,74	3,00	1,91	6678,85	18,72
	Взаимодействие (АБ)	15,71	18,00	0,87	3044,60	51,21
	Случайное	0,02	54,00	0,0003	—	—
Кадмий Cd	Общее	36,95	83,00	—	—	—
	Таксон (А)	21,32	6,00	3,55	51,83	57,71
	Часть растения (Б)	5,49	3,00	1,83	26,71	14,87
	Взаимодействие (АБ)	6,32	18,00	0,35	5,12	17,11
	Случайное	3,70	54,00	0,0686	—	—

Окончание табл. 5

Элементы	Источники варьирования	SS	Df	ms	Fфакт	Доля, %
Хром Cr	Общее	10,06	83,00	—	—	—
	Таксон (А)	5,68	6,00	0,95	709,62	56,45
	Часть растения (Б)	1,36	3,00	0,45	339,60	13,51
	Взаимодействие (АБ)	2,94	18,00	0,16	122,48	29,23
	Случайное	0,072	54,00	0,00133	—	—
Медь Cu	Общее	2,68	83,00	—	—	—
	Таксон (А)	1,18	6,00	0,20	668,02	44,19
	Часть растения (Б)	0,25	3,00	0,08	277,82	9,19
	Взаимодействие (АБ)	1,23	18,00	0,07	231,78	46,00
	Случайное	0,016	54,00	0,00030	—	—
Никель Ni	Общее	5,48	83,00	—	—	—
	Таксон (А)	1,66	6,00	0,28	421,16	30,25
	Часть растения (Б)	1,53	3,00	0,51	777,33	27,92
	Взаимодействие (АБ)	2,25	18,00	0,13	191,00	41,16
	Случайное	0,035	54,00	0,00066	—	—
Марганец Mn	Общее	0,50	83,00	—	—	—
	Таксон (А)	0,35	6,00	0,06	836,37	70,83
	Часть растения (Б)	0,01	3,00	0,00	55,97	2,37
	Взаимодействие (АБ)	0,13	18,00	0,01	102,48	26,04
	Случайное	0,004	54,00	0,00007	—	—
Железо Fe	Общее	2,95	83,00	—	—	—
	Таксон (А)	0,43	6,00	0,07	21,20	14,43
	Часть растения (Б)	0,30	3,00	0,10	30,25	10,30
	Взаимодействие (АБ)	2,03	18,00	0,11	33,73	68,87
	Случайное	0,181	54,00	0,00335	—	—

Table 5

Results of two-factor analysis of variance of the elemental composition of paeonies

The elements	Sources of variation	SS	Df	ms	Ffact	Share, %
Arsenic (As)	General	34.57	83.00	—	—	—
	Taxon (A)	7.74	6.00	1.29	1605.87	22.39
	Part of the plant (B)	11.48	3.00	3.83	4764.83	33.22
	Interaction (AB)	15.30	18.00	0.85	1057.89	44.26
	Random	0.04	54.00	0.0008	—	—
Lead (Pb)	General	30.67	83.00	—	—	—
	Taxon (A)	9.21	6.00	1.53	5353.04	30.01
	Part of the plant (B)	5.74	3.00	1.91	6678.85	18.72
	Interaction (AB)	15.71	18.00	0.87	3044.60	51.21
	Random	0.02	54.00	0.0003	—	—

Ending of table 5

The elements	Sources of variation	SS	Df	ms	Ffact	Share, %
Cadmium (Cd)	General	36.95	83.00	–	–	–
	Taxon (A)	21.32	6.00	3.55	51.83	57.71
	Part of the plant (B)	5.49	3.00	1.83	26.71	14.87
	Interaction (AB)	6.32	18.00	0.35	5.12	17.11
	Random	3.70	54.00	0.0686	–	–
Chromium (Cr)	General	10.06	83.00	–	–	–
	Taxon (A)	5.68	6.00	0.95	709.62	56.45
	Part of the plant (B)	1.36	3.00	0.45	339.60	13.51
	Interaction (AB)	2.94	18.00	0.16	122.48	29.23
	Random	0.072	54.00	0.00133	–	–
Copper (Cu)	General	2.68	83.00	–	–	–
	Taxon (A)	1.18	6.00	0.20	668.02	44.19
	Part of the plant (B)	0.25	3.00	0.08	277.82	9.19
	Interaction (AB)	1.23	18.00	0.07	231.78	46.00
	Random	0.016	54.00	0.00030	–	–
Nickel (Ni)	General	5.48	83.00	–	–	–
	Taxon (A)	1.66	6.00	0.28	421.16	30.25
	Part of the plant (B)	1.53	3.00	0.51	777.33	27.92
	Interaction (AB)	2.25	18.00	0.13	191.00	41.16
	Random	0.035	54.00	0.00066	–	–
Manganese (Mn)	General	0.50	83.00	–	–	–
	Taxon (A)	0.35	6.00	0.06	836.37	70.83
	Part of the plant (B)	0.01	3.00	0.00	55.97	2.37
	Interaction (AB)	0.13	18.00	0.01	102.48	26.04
	Random	0.004	54.00	0.00007	–	–
Iron (Fe)	General	2.95	83.00	–	–	–
	Taxon (A)	0.43	6.00	0.07	21.20	14.43
	Part of the plant (B)	0.30	3.00	0.10	30.25	10.30
	Interaction (AB)	2.03	18.00	0.11	33.73	68.87
	Random	0.181	54.00	0.00335	–	–

В результате проведенного корреляционного анализа выявлены соотношения содержания изучаемых элементов друг с другом в разных частях растения (табл. 6—9). Так показано, что количество свинца и кадмия в стеблях, кадмия в цветках находится в прямой зависимости от содержания мышьяка с корреляцией в диапазоне 0,62...0,74. Также выявлена обратная зависимость содержания хрома в листьях, свинца и марганца в цветках, марганца в корнях, хрома в стеблях от количества мышьяка с корреляцией в диапазоне 0,49...0,83.

Таблица 6

**Матрица корреляций содержания элементов в цветках пиона**

Элементы	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Mn	Fe
As	1,00							
Pb	-0,49*	1,00						
Cd	0,63**	-0,03	1,00					
Cr	-0,05	-0,26	-0,61**	1,00				
Cu	0,09	-0,48*	-0,41	0,78**	1,00			
Ni	0,32	-0,32	0,50*	-0,63**	-0,66**	1,00		
Mn	-0,65**	0,15	-0,36	0,33	0,16	-0,29	1,00	
Fe	0,21	-0,60**	0,25	-0,34	-0,31	0,84**	0,04	1,00

Примечание. \* – значимо на 5 % уровне; \*\* – значимо на 1 % уровне; отсутствие символа \* указывает на незначимость коэффициента.

Table 6

**Correlation matrix of the content of elements in flowers of peony**

Indicators	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Mn	Fe
As	1.00							
Pb	-0.49*	1.00						
Cd	0.63**	-0.03	1.00					
Cr	-0.05	-0.26	-0.61**	1.00				
Cu	0.09	-0.48*	-0.41	0.78**	1.00			
Ni	0.32	-0.32	0.50*	-0.63**	-0.66**	1.00		
Mn	-0.65**	0.15	-0.36	0.33	0.16	-0.29	1.00	
Fe	0.21	-0.60**	0.25	-0.34	-0.31	0.84**	0.04	1.00

Note. \* – significant at the 5 % level; \*\* – significant at the 1 % level; the absence of the \* indicates the insignificance of the coefficient.

Таблица 7

**Матрица корреляций содержания элементов в листьях пиона**

Элементы	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Mn	Fe
As	1,00							
Pb	-0,34	1,00						
Cd	0,38	-0,18	1,00					
Cr	-0,66**	0,65**	-0,02	1,00				
Cu	-0,14	-0,09	-0,14	-0,27	1,00			
Ni	-0,02	-0,03	-0,10	-0,27	0,17	1,00		
Mn	-0,39	0,29	0,08	0,40	0,53*	-0,01	1,00	
Fe	0,30	-0,13	-0,20	0,02	-0,78**	-0,14	-0,47*	1,00

Примечание. \* – значимо на 5 % уровне; \*\* – значимо на 1 % уровне; отсутствие символа \* указывает на незначимость коэффициента.

Table 7

**Correlation matrix of the content of elements in leaves of peony**

Indicators	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Mn	Fe
As	1.00							
Pb	-0.34	1.00						
Cd	0.38	-0.18	1.00					
Cr	-0.66**	0.65**	-0.02	1.00				
Cu	-0.14	-0.09	-0.14	-0.27	1.00			
Ni	-0.02	-0.03	-0.10	-0.27	0.17	1.00		
Mn	-0.39	0.29	0.08	0.40	0.53*	-0.01	1.00	
Fe	0.30	-0.13	-0.20	0.02	-0.78**	-0.14	-0.47*	1.00

Note. \* – significant at the 5 % level; \*\* – significant at the 1 % level; the absence of the \* indicates the insignificance of the coefficient.

Таблица 8

**Матрица корреляций содержания элементов в стеблях пиона**

Элементы	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Mn	Fe
As	1,00							
Pb	0,74**	1,00						
Cd	0,62**	0,77**	1,00					
Cr	-0,83**	-0,60**	-0,32	1,00				
Cu	-0,03	0,27	0,64**	0,12	1,00			
Ni	-0,13	-0,05	-0,04	-0,00	0,26	1,00		
Mn	-0,38	-0,22	0,01	0,23	0,66**	0,13	1,00	
Fe	-0,20	-0,08	-0,20	0,38	-0,08	-0,06	0,10	1,00

Примечание. \* – значимо на 5 % уровне; \*\* – значимо на 1 % уровне; отсутствие символа \* указывает на незначимость коэффициента.

Table 8

**Correlation matrix of the content of elements in stems of paeony**

Indicators	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Mn	Fe
As	1.00							
Pb	0.74**	1.00						
Cd	0.62**	0.77**	1.00					
Cr	-0.83**	-0.60**	-0.32	1.00				
Cu	-0.03	0.27	0.64**	0.12	1.00			
Ni	-0.13	-0.05	-0.04	-0.00	0.26	1.00		
Mn	-0.38	-0.22	0.01	0.23	0.66**	0.13	1.00	
Fe	-0.20	-0.08	-0.20	0.38	-0.08	-0.06	0.10	1.00

Note. \* – significant at the 5 % level; \*\* – significant at the 1 % level; the absence of the \* indicates the insignificance of the coefficient.

Таблица 9

**Матрица корреляций содержания элементов в корнях пиона**

Элементы	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Mn	Fe
As	1,00							
Pb	0,39	1,00						
Cd	0,02	0,48*	1,00					
Cr	-0,26	-0,64**	-0,33	1,00				
Cu	-0,25	-0,17	-0,28	0,61**	1,00			
Ni	0,08	-0,08	-0,13	-0,43*	-0,04	1,00		
Mn	-0,64**	-0,19	-0,07	0,35	0,62**	-0,04	1,00	
Fe	-0,19	-0,27	-0,06	0,80**	0,52*	-0,35	0,26	1,00

Примечание. \* – значимо на 5 % уровне; \*\* – значимо на 1 % уровне; отсутствие символа \* указывает на незначимость коэффициента.

Table 9

**Correlation matrix of the content of elements in roots of paeony**

Indicators	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Mn	Fe
As	1.00							
Pb	0.39	1.00						
Cd	0.02	0.48*	1.00					
Cr	-0.26	-0.64**	-0.33	1.00				
Cu	-0.25	-0.17	-0.28	0.61**	1.00			
Ni	0.08	-0.08	-0.13	-0.43*	-0.04	1.00		
Mn	-0.64**	-0.19	-0.07	0.35	0.62**	-0.04	1.00	
Fe	-0.19	-0.27	-0.06	0.80**	0.52*	-0.35	0.26	1.00

Note. \* – significant at the 5 % level; \*\* – significant at the 1 % level; the absence of the \* indicates the insignificance of the coefficient.

## Выводы

Анализ содержания восьми элементов в разных образцах сырья некоторых представителей рода *Raeonia* позволил выявить, что минимальные концентрации мышьяка, кадмия, хрома, марганца и железа наблюдаются в корнях; свинца и никеля — в цветках; меди — в листьях изучаемых пионов. Максимальное содержание мышьяка, свинца, хрома обнаружено в листьях; кадмия, никеля, марганца — в стеблях; железа — в цветках. Показано, что все изучаемые растения имеют достаточно высокое содержание меди (в 4,15...2520,00 раз выше по сравнению с другими элементами) во всех видах сырья. Максимальное содержание отмечено в корнях, минимальное в листьях растений. Отмечена видо- и сортоспецифичность в содержании элементов в надземных и подземных частях растений.

Результаты корреляционного анализа показали, что абсолютные значения концентраций изучаемых элементов у рассматриваемых таксонов пионов коррелируют между собой в средней и сильной степени. Так, положительная сильная связь выявлена между количеством хрома и меди (0,78), никеля и железа (0,84) в цветках; мышьяком и свинцом (0,74), свинцом и кадмием (0,77) в стеблях; хромом и железом в корнях (0,80). Отрицательная сильная связь отмечена между железом и медью (–0,78) в листьях; мышьяком и хромом (–0,83) в стеблях.

Корреляционное исследование пар элементов разрешает выявить синергизм накопления и его отсутствие, что соответствует мнению других авторов.

## Библиографический список

1. Седельникова Л.Л., Чанкина О.В. Содержание тяжелых металлов в вегетативных органах красноднева гибридного (*Neomerocallis hybrida*) в урбанизированной среде // Вестник КрасГАУ. 2016. № 2 (113). С. 34—43.
2. Михальчук Н.В. Тяжелые металлы и микроэлементы в фоновых почвах и агроландшафтах юго-запада Беларуси // Агроэкологічний журнал. 2017. № 3. С. 27—31.
3. Ильинский А.В. Анализ коэффициентов биологического поглощения тяжелых металлов для кормовой свеклы // Евразийский союз ученых. 2020. № 2—6 (71). С. 9—12. doi: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.6.71.612
4. 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.
5. Елагина Д.С., Архипова Н.С., Сибгатуллина М.Ш. Изучение особенностей накопления тяжелых металлов растениями *Amaranthus retroflexus* L. // Молодые ученые и фармацевтика XXI века. Москва, 2016. С. 189—195.
6. Миронова Л.Н., Реут А.А. Пионы. Коллекции ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уфа: Башк. энцикл., 2017. 152 с.
7. Реут А.А., Миронова Л.Н. Редкие виды рода *Raeonia* L. при культивировании в Башкирском Предуралье // Аграрная Россия. 2018. № 2. С. 30—34.
8. Абрамова Л.М., Анищенко И.Е., Вафин Р.В., Голованов Я.М., Жигунов О.Ю., Зарипова А.А., Кашиева Г.Г., Лебедева М.В., Полякова Н.В., Реут А.А., Шиганов З.Х. Растения Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН / под общ. ред. Л.М. Абрамовой. Уфа: Мир печати, 2019. 304 с.
9. Фотев Ю.В., Шевчук О.М., Сысо А.И. Изучение вариативности элементного состава семян сортообразцов *Vigna unguiculata* (L.) Walp. на юге Западной Сибири и в Крыму // Химия растительного сырья. 2021. № 2. С. 217—226. doi: 10.14258/JCPRM.2021027543
10. 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. № 2 (205). С. 79—90. doi: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-79-90

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. Гончар-Зайкин П.П., Чертов В.Г. Надстройка к Excel для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов. Режим доступа: <http://vniioh.ru/nadstrojka-k-excel-dlya-statisticheskoy-ocenki-i-analiza-rezultatov-polevux-i-laboratornyx-opytov/> Дата обращения: 28.10.2021.
13. Чекин Г.В., Никифоров В.М. Развитие корневой системы яровой пшеницы на ранних стадиях онтогенеза при предпосевной обработке семян хелатными препаратами // Актуальные проблемы агротехнологий XXI века и концепции их устойчивого развития: материалы национальной заочной научно-практической конференции / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Департамент научно-технологической политики и образования; Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I; под общ. ред. Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, В.А. Гулевского. Воронеж, 2016. С. 34—38.
14. Нестеров М.И., Кривохижина Л.В., Ермолаева Е.Н., Кантюков С.А. Влияние степени и срока кровопотери на уровень триглицеридов, фосфолипидов, общего холестерина, холестерина в липопротеинах // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25632> Дата обращения: 27.10.2021.
15. Будко Е.В., Ямпольский Л.М., Жуков И.М., Черникова Д.А. Концентрационные корреляции элементной организации гемостатических растений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 7. С. 95—100.
16. Захаров В.Г., Мишенькина О.Г. Адаптивные свойства новых сортов овса в условиях Средне-волжского региона // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (52). С. 100—107. doi: 10.18286/1816-4501-2020-4-100-107

## References

1. Sedelnikova LL, Chankina OV. The content of heavy metals in the vegetative organs of *Hemerocallis hybrida* in urban environment. *Bulletin of KSAU*. 2016; (2):34—43. (In Russ.).
2. Mihalchuk NV. Heavy metals and microelements in background soils and agricultural landscapes in southwestern Belarus. *Agroecological journal*. 2017; (3):27—31. (In Russ.).
3. Ilnskiy AV. Analysis of biological absorption coefficients of heavy metals for fodder beet. *Eurasian Union of Scientists*. 2020; (2—6):9—12. (In Russ.). doi: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.6.71.612
4. Mazhaysky YA, Galchenko SV, Guseva TM, Cherdakova AS. Accumulation of heavy metals by decorative flower crops. *Success of modern science and education*. 2016; 3(9):203—205. (In Russ.).
5. Elagina DS, Arkhipova NS, Sibgatullina MS. Study of the features of the accumulation of heavy metals in *Amaranthus retroflexus* L. In: *Young scientists and pharmacy of the XXI century: conference proceedings*. Moscow: Nauka publ.; 2016. p.189—195. (In Russ.).
6. Mironova LN, Reut AA. *Piony. Kollekcii botanicheskogo sada-instituta Ufimskogo nauchnogo centra RAN [Peonies. Collections of the Botanical Garden-Institute of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]*. Ufa: Bashk. entsikl. publ.; 2017. (In Russ.).
7. Reut AA, Mironova LN. Rare species of the genus *Paeonia* L. cultivated in the Bashkir Urals region. *Agrarian Russia*. 2018; (2):30—34. (In Russ.).
8. Abramova LM, Anishhenko IE, Vafin RV, Golovanov YM, Zhigunov OY, Zaripova AA, et al. *Rastenija Juzhno-Ural'skogo botanicheskogo sada-instituta UFIC RAN [Plants of the South Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences]*. Ufa: Mir pečhati publ.; 2019. (In Russ.).
9. Fotev YV, Shevchuk OM, Syso AI. Variability of macro- and microelement composition of accessions of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. in the south of western Siberia and in the Crimea. *Chemistry of plant raw material*. 2021; (2):217—226. (In Russ.). doi: 10.14258/JCPRM.2021027543
10. Reut AA, Biglova AR, Allayarova IN. 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; (2):79—90. (In Russ.). doi: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-79-90
11. Simonova OA, Simonov MV, Tovstik EV. Varietal features of bioaccumulation of iron in barley plants. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2020; (3):142—150. (In Russ.). doi: 10.33952/2542-0720-2020-3-23-142-151



12. Gonchar-Zaykin PP, Chertov VG. Excel add-in for statistical evaluation and analysis of the results of field and laboratory experiments. In: *Development of adaptive systems of environmental protection technologies for agricultural products in arid regions of Russia: conference proceedings*. Moscow; 2003. p.559—565. (In Russ.).

13. Chekin GV, Nikiforov VM. Development of the root system of spring wheat at the early stages of ontogenesis during pre-sowing treatment of seeds with chelate products. In: Bukhtoyarov NI, Derkanosova NM, Gulevsky VA. (eds.) *Current problems of agrotechnologies of the XXI century and concepts of their sustainable development: conference proceedings*. Voronezh; 2016. p.34—38. (In Russ.).

14. Nesterov MI, Krivohizhina LV, Ermolaeva EN, Kantuyukov SA. The influence duration and degree blood loss on triglycerides, phospholipids, total cholesterol, cholesterol in lipoproteins. *Modern Problems of Science and Education*. 2016; (6):101. (In Russ.).

15. Budko EV, Yampolskiy LM, Zhukov IM, Chernikova DA. Concentration correlations of the elemental organization of hemostatic plants. *International journal of applied and fundamental research*. 2018; (7):95—100. (In Russ.).

16. Zakharov VG, Mishenkina OG. Adaptive properties of new oat varieties in the Middle Volga region. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2020; (4):100—107. (In Russ.). doi: 10.18286/1816-4501-2020-4-100-107

#### Об авторах:

Реут Антонина Анатольевна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, Южно-Уральский ботанический сад-институт — обособленное структурное подразделение федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450080, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева, д. 195/3; e-mail: [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)  
ORCID 0000-0002-4809-6449, SPIN-код: 3175-7700

Денисова Светлана Галимулловна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, Южно-Уральский ботанический сад-институт — обособленное структурное подразделение федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450080, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева, д. 195/3; e-mail: [svetik-7808@mail.ru](mailto:svetik-7808@mail.ru)  
ORCID 0000-0002-9005-9377, SPIN-код: 2003-5299

#### About authors:

Reut Antonina Anatolyevna — Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory for the Introduction and Selection of Floral Plants, South-Ural Botanical Garden-Institute, Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, 195/3 Mendeleev st., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450080, Russian Federation; e-mail: [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)  
ORCID 0000-0002-4809-6449, SPIN-code: 3175-7700

Denisova Svetlana Galimullovna — Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory for the Introduction and Selection of Floral Plants, South-Ural Botanical Garden-Institute, Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, 195/3 Mendeleev st., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450080, Russian Federation, e-mail: [svetik-7808@mail.ru](mailto:svetik-7808@mail.ru)  
ORCID 0000-0002-9005-9377, SPIN code: 2003-5299