

УДК 615.32:615.074

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2023.1.25 EDN: UBMWUX

ЗАКОНОМЕРНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ В НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *CENTAUREA CYANUS* L.© Ханина М.А.¹, Лежнина М.Г.¹, Подолина Е.А.², Зинин Д.С.¹, Кузнецова Ю.А.¹,
Родин А.П.¹¹Государственный гуманитарно-технологический университет, Россия, 142611, Орехово-Зуево,
ул. Зеленая, 22²Московский политехнический университет (филиал в г. Электросталь), Россия, 144000, Электросталь,
ул. Первомайская, 7*Резюме*

Цель. Выявить закономерности в распределении элементов по органам *C. cyanus* (листья, стебли, корзинки, краевые цветки, трава) в зависимости от их концентрации и атомного порядкового номера.

Методика. Элементный состав образцов *C. cyanus* исследовали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с использованием масс-спектрометра ELAN DRC-e ICP-MS и оптико-эмиссионного спектрометра Agilent 715 ICP-OES. Пробоподготовка для анализа элементов включала обработку навески растительного материала азотной кислотой с последующим использованием микроволновых систем разложения Speedwave TM MWS-3+ и BERGHOF. Статистическую обработку полученных результатов химического анализа осуществляли в программе Microsoft® Excel 2010 с вычислением погрешностей косвенных измерений, на основе опорных значений концентраций элементов и их погрешностей. Сопоставление концентраций 60 элементов проводили с использованием метода наименьших квадратов.

Результаты. В исследуемых образцах травы и морфологических частей *C. cyanus* обнаружено 66 элементов. Исследуемые образцы идентичны по составу элементов, но различаются по их содержанию. Составлены аккумулятивные ряды элементов по убыванию их концентраций для каждого объекта исследования. Сопоставление концентраций 60 элементов (в соответствии с логарифмической шкалой) в объектах исследования показали высокие корреляционные связи ($R^2 = 0,99$). Для травы и морфологических частей *C. cyanus* рассчитаны среднегеометрические значения содержания 60 химических элементов, их логарифмы. Выявлена однотипная закономерность, отложенная в логарифмической шкале, в распределении элементов в зависимости от их концентрации и атомного порядкового номера в траве и морфологических частях *C. cyanus*.

Заключение. Выявлена однотипная закономерность в распределении химических элементов в траве и морфологических органах (краевые цветки, стебли, листья, корзинки) *C. cyanus* в зависимости от концентрации и атомного порядкового номера элемента.

Ключевые слова. *Centaurea cyanus* L., логарифмы концентраций, корреляция, элементный профиль

REGULARITIES IN THE DISTRIBUTION OF ELEMENTS IN THE ABOVEGROUND PART OF *CENTAUREA CYANUS* L.Khanina M.A.¹, Lezhnina M.G.¹, Podolina E.A.², Zinin D.S.¹, Kuznetsova Yu.A.¹, Rodin A.P.¹¹State University of Humanities and Technology, 22, Zelenaya St., 142611, Orekhovo-Zuyevo, Russia²Moscow Polytechnic University (branch in Elektrostal), 7, Pervomayskaya St., 144000, Elektrostal, Russia*Abstract*

Objective. To identify patterns in the distribution of elements by organs of *C. cyanus* (leaves, stems, baskets, edge flowers, grass) depending on their concentration and atomic order number.

Methods. The elemental composition of the *C. cyanus* specimens has been investigated using inductively bound plasma mass spectrometer ELAN DRC-e ICP-MS and the Agilent 715 ICP-OES optical emission spectrometer. Sample preparation for element analysis included attachment treatment of plant material with nitric acid followed by microwave decomposition systems Speedwave TM MWS-3+ and BERGHOF. Statistical processing of the obtained chemical analysis results was carried out in Microsoft® Excel 2010 with calculation of errors of indirect measurements, on the basis of reference values of element concentrations and their errors. Concentrations of 60 elements were compared using the least squares method.

Results. 66 elements were found in the studied herbal specimens and morphological parts of *C. cyanus*. The specimens are identical in composition but differ in content. Accumulative series of elements with decreasing concentrations for each object of study have been compiled. A comparison of 60 element concentrations (according to a logarithmic scale) showed high correlation ($R^2 = 0.99$) in the study subjects. For grass and morphological parts of *C. cyanus*, geometric mean values of 60 chemical elements, their logarithms have been calculated. It reveals a similar pattern, deposited in the logarithmic scale, in the distribution of elements depending on their concentration and atomic sequence number in the grass and morphological parts of *C. cyanus*.

Conclusions. A same type of regularity in the distribution of chemical elements in the grass and morphological organs (edge flowers, stems, leaves, baskets) of *C. cyanus* has been identified, depending on the concentration and atomic sequence number of the element.

Keywords: *Centaurea cyanus* L., concentration logarithms, correlation, elemental profile

Введение

Василек синий *Centaurea cyanus* L. (Asteraceae) широко распространенное лекарственное растение [9]. В диком виде зарослей не образует, но легко вводится в культуру [5]. В медицинской практике используют краевые и срединные цветки *C. cyanus* как диуретическое и желчегонное средство [7, 14]. В народной медицине применяют все части растения при широком спектре заболеваний [2]. Экспериментально установлено, что проявление противовоспалительного и гастропротективного действия экстрактов из цветков и надземной части *C. cyanus* обусловлено наличием биоэлементного комплекса [15, 16, 17].

Возросший в последнее время интерес к исследованию элементного состава лекарственных растений обусловлен тем, что элементы играют важную роль в проявлении биологической активности фитопрепаратов [13], а также выявлением закономерностей в их распределении в растениях [6, 11]. Известно, что окружающая среда (химический состав почвы, воды, воздуха), в которой происходило развитие и становление определенного вида растения может в дальнейшем определять состав и содержание химических элементов в представителях данного таксона [1, 6]. В процессе филогенеза состав, содержание и соотношение химических элементов в определенных концентрациях оказались генетически закрепленными для каждого вида [1, 13]. Устойчивость растений при изменяющихся условиях среды обитания обеспечивается постоянством их внутренней среды (гомеостазом), что в свою очередь обеспечивается определенным соотношением состава и содержания элементов в них [1, 6]. Выявлено, что для растений, относящихся к разным видам, при совместном их произрастании на определенной территории, в одинаковых условиях, отмечается видовая специфичность в элементном составе, что получило подтверждение исследованиями в лабораторных условиях [3].

Целью настоящей работы является выявление закономерностей в распределении элементов по органам *C. cyanus* (листьев, стеблей, корзинок, цветков, травы) в зависимости от их концентрации и атомного порядкового номера.

Методика

Исследовались трава *C. cyanus* (объект 1) и ее морфологические части: краевые цветки (объект 2), листья (объект 3), стебли (объект 4) и корзинки (объект 5). Растения выращены на опытных

участках «Аптекарского огорода ГГТУ» (г. Орехово-Зуево Московская область) в 2018 г. Образцы для исследований собраны в фазе цветения растений, высушены воздушно-теневогой сушкой.

Элементный состав образцов исследовали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) с использованием масс-спектрометра ELAN DRC-e ICP-MS и оптико-эмиссионного спектрометра Agilent 715 ICP-OES на базе испытательного центра ООО ХАЦ «Плазма» (г. Томск).

Таблица 1. Диапазоны измерений, относительные значения показателей воспроизводимости и точности при доверительной вероятности $P=0,95$

Определяемые элементы	Диапазон измерений определяемого элемента, мкг/г	Показатель воспроизводимости, σ_R , мкг/г	Показатель точности, $\pm \Delta$, мкг/г	Диапазон измерений определяемого элемента, мкг/г	Показатель воспроизводимости, σ_R , мкг/г	Показатель точности, $\pm \Delta$, мкг/г
Na	14,0-100	0,10×C _{Me}	0,20×C _{Me}	100-100000	0,08×C _{Me}	0,15×C _{Me}
Mg	1,0-100					
Al	4,0-100					
P	9,0-100					
S	10,0-100					
K	27,0-100					
Ca	7,0-100					
Ti, Mn	1,0-100	0,10×C _{Me}	0,20×C _{Me}	100-10000	0,08×C _{Me}	0,15×C _{Me}
Fe	8,0-100					
Li	0,020-10,0	0,13×C _{Me}	0,25×C _{Me}	10-100	0,10×C _{Me}	0,20×C _{Me}
B	1,0-10					
Sc	0,90-10,0					
V	0,040-10,0					
Cr	0,30-10,0					
Co, Ga, Rh, Pd, Cd, Bi	0,010-10,0					
Ni, Rb	0,10-10,0					
Cu, Zn, As, Se, Sn	0,4-10,0					
Sr	0,080-10,0					
Mo, Sb	0,030-10,0					
Ag, Pb	0,020-10,0					
Te	0,070-10,0					
Ba	0,060-10,0					
Be	0,0080-1,0	0,15×C _{Me}	0,30×C _{Me}	1-10	0,13×C _{Me}	0,25×C _{Me}
Cs, Nd, Sm, Eu, Tb, Tm	0,0040-1					
Y, La, Ce, Ir, Au, Hg, Th	0,0030-1					
Pr, Lu, Tl, U	0,0020-1					
Gd, Pt	0,0070-1					
Dy	0,0090-1					
Ho, Er, Yb	0,0050-1					

Пробоподготовка для анализа элементов заключалась в обработке навески измельченного растительного образца азотной кислотой с дальнейшим использованием микроволновых систем разложения Speedwave TM MWS-3+ и BERGHOF. Используемая методика ИСП-МС для количественного мультиэлементного анализа растительных объектов характеризуется высокой чувствительностью и возможностью определения одновременно более 60 элементов при анализе одной пробы. Точность и правильность данного анализа обеспечивается использованием государственных стандартных образцов (ГСО) для построения градуировочных графиков. Методики, разработанные в ООО «ХАЦ «Плазма», аттестованы в соответствии с ГОСТ Р 8.563-96 «ГСИ. Методики выполнения измерений» и аккредитованы метрологической службой ФГУП «УНИИМ». Погрешности установленных концентраций элементов соответствуют методике ИСАМ № 512-МС (ред. 2017 г.) «Определение элементного состава образцов растительного происхождения (травы, листья) атомно-эмиссионным (АЭС) и масс-спектральным (МС) методами анализа», аттестованной метрологической службой ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья имени Н.М. Федоровского» в соответствии с

ГОСТ Р 8.563-2009 г. В табл. 1 представлены усредненные и обобщенные показатели качества измерений при определении элементов в пробах растительного происхождения методами АЭС – ИСП и МС – ИСП. Статистическую обработку полученных результатов химического анализа осуществляли в программе Microsoft® Excel 2010 с вычислением погрешностей косвенных измерений, на основе опорных значений концентраций элементов и их погрешностей. Сопоставление концентраций 60 элементов проводили с использованием метода наименьших квадратов.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате анализа обнаружено 66 химических элементов за исключением органоидов (Н, С, О, N, S). Количественное содержание установлено для 60 элементов, кроме Sc, Ge, Ru, Re, Tl, Pt, концентрации которых оказались ниже предела обнаружения. При сравнительном анализе состава и содержания элементов, в исследуемых объектах установлено, что трава и ее морфологические части (краевые цветки, стебли, листья и корзинки) различий по составу элементов не имеют, но по их содержанию различаются (табл. 2). Наибольшие концентрации биогенных элементов (Mg, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Mo) отмечается для листьев и краевых цветков.

Таблица 2. Результаты анализа элементов травы *C. cyanus* и ее морфологических частей (в мкг/г), где 1 – трава, 2 – цветки краевые, 3 – листья, 4 – стебли, 5 – корзинки

	Объекты исследования						Объекты исследования				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Li	0,061	0,16	0,23	0,062	0,077	In	0,0016	0,0032	0,0012	0,0022	0,001
Be	0,012	0,0086	0,0069	0,006	0,006	Sn	1,26	0,79	1,44	0,76	1,00
B	7,3	17,2	13,3	7,1	9,05	Sb	0,01	0,022	0,05	0,01	0,02
Na	1159,2	603,1	821,1	846,0	1328,0	Te	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0004
Mg	1606,0	2254,0	2360,2	1597,0	1660,0	I	0,072	0,045	0,075	0,052	0,143
Al	77,7	241,2	330,5	75,6	86,2	Cs	0,008	0,03	0,037	0,009	0,0098
P	2600,0	2905,0	3400,0	3200,0	2100,0	Ba	24,3	2,98	5,7	10,0	51,3
K	14401,0	28852,0	9870,0	19300,0	18691,0	La	0,0295	0,092	0,130	0,027	0,026
Ca	4552,0	6311,0	6072,0	2731,0	6881,0	Ce	0,055	0,18	0,258	0,050	0,049
Sc	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	Pr	0,008	0,021	0,027	0,007	0,007
Ti	3,94	13,8	14,6	4,29	5,35	Nd	0,029	0,083	0,114	0,025	0,027
V	0,13	0,39	0,35	0,3	0,3	Sm	0,004	0,017	0,022	0,003	0,004
Cr	1,41	1,54	1,41	1,52	1,49	Eu	0,01	0,007	0,008	0,007	0,017
Mn	19,0	24,4	36,1	18,4	24,2	Gd	0,004	0,016	0,020	0,004	0,004
Fe	78,8	260,2	303,0	78,3	91,3	Tb	0,0005	0,0022	0,002	0,001	0,001
Co	0,11	0,20	0,27	0,11	0,20	Dy	0,003	0,012	0,014	0,003	0,003
Ni	2,07	3,47	4,72	1,71	2,34	Ho	0,001	0,0024	0,003	0,001	0,001
Cu	9,8	16,8	26,8	14,9	8,6	Er	0,002	0,0066	0,008	0,002	0,002
Zn	73,9	74,4	89,8	94,6	65,1	Tm	0,0003	0,001	0,002	0,0003	0,0004
Ga	0,027	0,058	0,076	0,027	0,029	Yb	0,002	0,0062	0,007	0,002	0,003
Ge	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	Lu	0,0003	0,0009	0,001	0,0003	0,0004
As	0,05	0,045	0,059	0,06	0,04	Hf	0,001	0,006	0,008	0,002	0,002
Br	28,20	17,3	26,3	25,6	27,3	Ta	0,007	0,012	0,02	0,009	0,011
Se	0,20	0,087	0,13	0,2	0,2	W	0,01	0,025	0,04	0,01	0,01
Rb	12,8	16,07	12,1	19,5	14,5	Re	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Sr	22,6	8,21	14	14,2	37,1	Pt	<0,0005	0,00067	0,00037	<0,0005	0,0002
Y	0,02	0,072	0,09	0,02	0,02	Au	0,01	0,0028	0,007	0,017	0,014
Zr	0,04	0,17	0,22	0,05	0,06	Hg	0,0006	0,0044	0,0012	0,0004	0,0006
Nb	0,01	0,032	0,05	0,01	0,01	Tl	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Mo	0,35	0,57	1,16	0,29	0,42	Pb	0,13	0,19	0,29	0,07	0,15
Ru	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	Bi	0,0013	0,0041	0,0087	0,0035	0,0020
Ag	0,03	0,011	0,02	0,02	0,03	Th	0,0095	0,031	0,0367	0,0084	0,0078
Cd	0,27	0,11	0,24	0,41	0,46	U	0,0026	0,0091	0,0101	0,0023	0,0028

Содержание каждого элемента в исследуемых образцах колеблется в достаточно широких пределах (от 2-4 до 15 раз). После распределения элементов по убыванию их концентраций (до 0,5 мкг/г) в исследуемых объектах получены следующие ряды, включающие 18 элементов (табл. 3).

Сравнительный анализ аккумулятивных рядов элементов по убыванию концентраций еще раз подтвердил, что по составу и содержанию элементов исследуемые объекты очень близки, однако можно выделить две группы по наибольшему сходству последовательности элементов в них: первая включает образцы травы, стеблей и корзинок, вторая – образцы краевых цветков и листьев.

Таблица 3. Аккумулятивные ряды элементов по убыванию их концентраций в траве и морфологических частях *C. cyanus*

Объекты исследования	Аккумулятивные ряды элементов по убыванию их концентраций в мкг/г
1	K > Ca > P > Mg > Na > Fe > Al > Zn > Br > Ba > Sr > Mn > Rb > Cu > B > Ti > Ni > Cr
2	K > Ca > P > Mg > Na > Fe > Al > Zn > Mn > Br > B > Cu > Rb > Ti > Sr > Ni > Cr > Mo
3	K > Ca > P > Mg > Na > Al > Fe > Zn > Mn > Cu > Br > Ti > Sr > B > Rb > Ni > Cr > Mo
4	K > P > Ca > Mg > Na > Zn > Fe > Al > Br > Rb > Mn > Cu > Sr > Ba > B > Ti > Ni > Cr
5	K > Ca > P > Mg > Na > Fe > Al > Zn > Ba > Sr > Br > Mn > Rb > B > Cu > Ti > Ni > Cr

Поскольку в содержании ряда элементов в исследуемых образцах наблюдается значительный разброс величин от 10^4 до 10^{-4} (например, [K] = 28 852 мкг/г и [Hg] = 0,0009 мкг/г), поэтому для возможности проведения дальнейшего сравнительного статистического анализа полученных данных использовали десятичную логарифмическую шкалу для выражения их концентраций.

Для выявления общих закономерностей в распределении элементов по концентрациям в траве и морфологических частях *C. cyanus* проведено сопоставление концентраций 60 элементов (в соответствии с логарифмической шкалой) в исследуемых объектах попарно. Сопоставление концентраций 60 элементов в объектах, показавших наибольшее сходство в последовательности элементов в аккумулятивных рядах элементов по убыванию их концентраций (пары: «травя – стебли», «листья – цветки краевые») показали высокие корреляционные связи ($R^2 = 0,99$) (рис. 1).

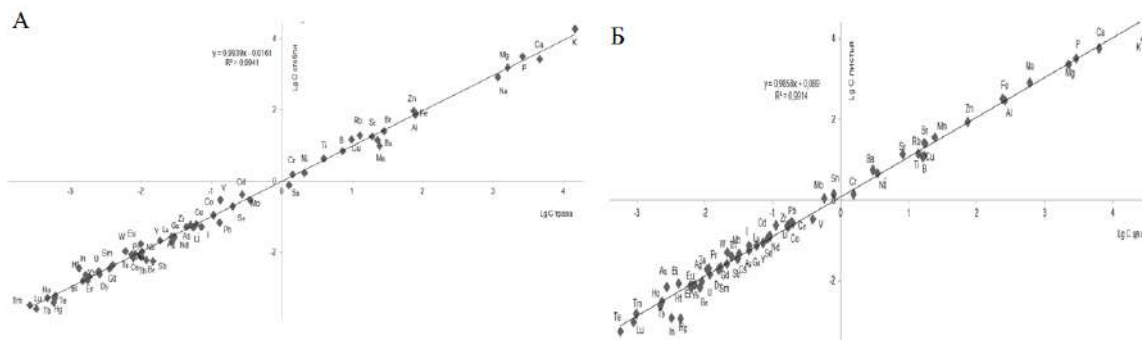


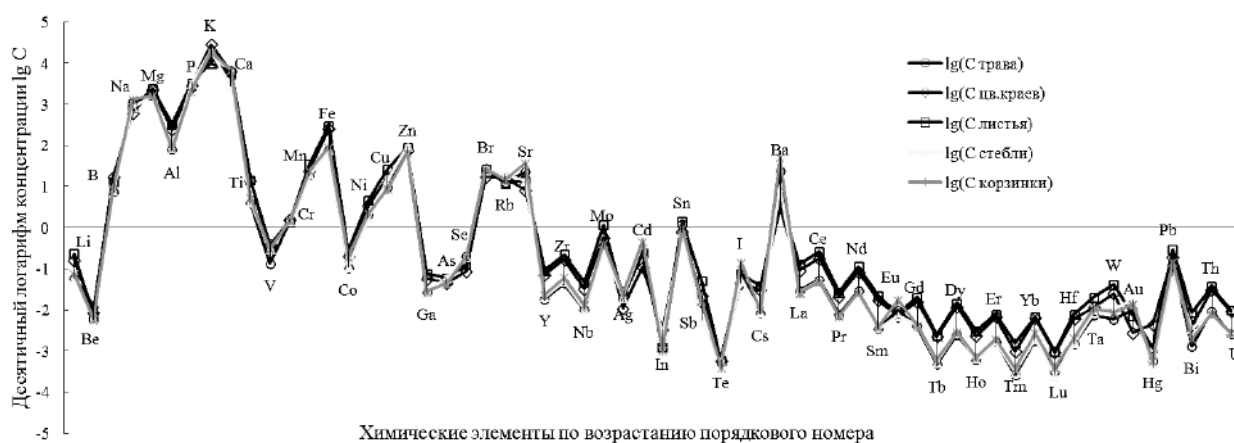
Рис. 1. Корреляционная зависимость между концентрациями 60 элементов, содержащихся в образцах *C. cyanus*: стеблей и травы (А), листьев и краевых цветков (Б) в логарифмической шкале

При сравнительном анализе данных, приведенных в работе [11] и полученных нашими исследованиями, выявлено, что среднегеометрические значения концентраций для *P. fruticosa* и *C. cyanus* близки только по содержанию калия и существенно отличаются по другим элементам (P, Mg, Na, Fe, Al, Zn, Br, Mn, Sr, Rb, Cu, Ba, B). Данный факт может подтверждать предположение о возможности использования результатов статистического анализа концентраций элементов (среднегеометрических значений концентраций элементов \bar{C} (мкг/г), их десятичных логарифмов $\lg \bar{C}$ и дисперсий $\pm \Delta \lg \bar{C}$) для диагностики видовой принадлежности исследуемого растения или его сырья. Следует отметить, что *P. fruticosa* и *C. cyanus* относятся к разным семействам – Rosaceae и Asteraceae, соответственно, что также обуславливает различие в элементном составе этих видов.

Таблица 5. Среднегеометрические значения концентраций элементов \bar{C} (мкг/г), их десятичные логарифмы $\lg \bar{C}$ и погрешности $\pm \Delta \lg \bar{C}$ в траве и морфологических частях *S. suanus*

	\bar{C} , мкг/г	$\lg \bar{C}$	$\pm \Delta \lg \bar{C}$		\bar{C} , мкг/г	$\lg \bar{C}$	$\pm \Delta \lg \bar{C}$		\bar{C} , мкг/г	$\lg \bar{C}$	$\pm \Delta \lg \bar{C}$
K	17140,4225	4,2340	0,0291	V	0,2766	-0,5582	0,0486	Pr	0,0117	-1,9321	0,0583
Ca	5047,9003	3,7031	0,0291	Cd	0,2680	-0,5719	0,0486	Ta	0,0111	-1,9554	0,0583
P	2801,5440	3,4474	0,0291	Co	0,1662	-0,7792	0,0486	Eu	0,0094	-2,0253	0,0583
Mg	1866,4117	3,2710	0,0291	Se	0,1540	-0,8126	0,0583	Au	0,0087	-2,0623	0,0583
Na	915,8826	2,9618	0,0291	Pb	0,1491	-0,8265	0,0486	Be	0,0076	-2,1200	0,0583
Fe	134,7379	2,1295	0,0353	Li	0,1016	-0,9932	0,0486	Gd	0,0075	-2,1237	0,0583
Al	132,2120	2,1213	0,0353	Ce	0,0905	-1,0433	0,0583	Sm	0,0070	-2,1531	0,0583
Zn	78,8286	1,8967	0,0388	Zr	0,0876	-1,0573	0,0506	Dy	0,0052	-2,2862	0,0583
Br	24,5623	1,3903	0,0388	I	0,0711	-1,1484	0,0486	U	0,0043	-2,3616	0,0583
Mn	23,6721	1,3742	0,0388	As	0,0509	-1,2930	0,0583	Yb	0,0034	-2,4700	0,0583
Sr	16,8785	1,2273	0,0410	La	0,0478	-1,3207	0,0583	Bi	0,0032	-2,4946	0,0583
Rb	14,7665	1,1693	0,0388	Nd	0,0450	-1,3465	0,0583	Er	0,0031	-2,5059	0,0583
Cu	14,1524	1,1508	0,0430	Ga	0,0390	-1,4085	0,0486	Hf	0,0030	-2,5264	0,0583
Ba	11,6128	1,0649	0,0449	Y	0,0358	-1,4459	0,0583	In	0,0017	-2,7641	0,0583
B	10,0367	1,0016	0,0449	Ag	0,0198	-1,7024	0,0546	Ho	0,0011	-2,9475	0,0583
Ti	7,1160	0,8522	0,0388	Nb	0,0185	-1,7318	0,0546	Tb	0,0010	-3,0158	0,0583
Ni	2,6711	0,4267	0,0486	Sb	0,0173	-1,7629	0,0565	Hg	0,0009	-3,0328	0,0583
Cr	1,4745	0,1687	0,0486	Cs	0,0151	-1,8204	0,0583	Tm	0,0005	-3,2615	0,0583
Sn	1,0166	0,0072	0,0486	Th	0,0148	-1,8307	0,0583	Te	0,0005	-3,2799	0,0583
Mo	0,4915	-0,3085	0,0486	W	0,0140	-1,8525	0,0565	Lu	0,0005	-3,3073	0,0583

При анализе больших массивов данных, для поиска и выявления каких-либо закономерностей часто прибегают к их визуализации. Визуализация распределения химических элементов в различных объектах живой и неживой природы предпринимались и раньше [4, 10]. В настоящей работе предпринята аналогичная попытка. На рисунке 2 представлены диаграммы, отражающие зависимости концентраций химических элементов в объектах исследования от их атомного порядкового номера в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева (отложена в логарифмической шкале).

Рис. 2. Периодическая зависимость логарифма концентрации химических элементов в траве и морфологических частях *S. suanus*

Визуальный анализ диаграмм, отражающих периодическую зависимость в распределении элементов в объектах исследования, показывает их идентичность. Можно отметить, что выделяются две группы образцов по наибольшему совпадению рисунка диаграмм: 1 – травы, стеблей и корзинок, 2 – краевых цветков и листьев. Поскольку профиль построенных диаграмм практически одинаков для всех исследованных образцов, его можно позиционировать в качестве маркера («отпечатков пальцев») не только для краевых цветков *S. suanus*, но и для всей надземной части данного растения.

Заключение

В результате проведенного исследования содержания 60 элементов в надземной части *C. cyanus* L. выявлены закономерности распределения их по концентрациям в зависимости от органа растения. Наблюдаются высокие корреляционные связи логарифмов концентраций элементов в краевых цветках с логарифмами концентраций элементов в траве, стеблях, листьях, корзинках ($R=0,98-1,00$). Вычислены среднегеометрические значения содержания 60 элементов в образцах *C. cyanus*. Визуализация элементных профилей травы и морфологических частей *C. cyanus* показала однотипную периодическую закономерность в распределении элементов. Диаграмму, отражающую периодическую зависимость логарифма концентрации содержания элементов в траве и морфологических органах можно рекомендовать в качестве маркера для диагностики видовой принадлежности сырья *C. cyanus*.

Литература (references)

1. Бгатов А.В. Биогенная классификация химических элементов // *Философия науки*. – 1999. – №2. – С. 29-37. [Bgatov A.V. *Filosofija nauki*. Philosophy of Science– 1999. – N2. – P. 29-37. (in Russian)]
2. Буданцев А.Л. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. – СПб-М: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – Т.5. Часть 1. – 317 с. [Budancev A.L. *Rastitel'nye resursy Rossii: Dikorastushhie cvetkovye rastenija, ih komponentnyj sostav i biologicheskaja aktivnost'*. Wild flower plants, its composition and biological activity. – Saint-Petersburg-Moscow: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2012. – V. 5. Part 1. – 317 p. (in Russian)]
3. Валеева Г.Р. Роль отдельных факторов формирования элементного состава растений: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Казань, 2004. – 24 с. [Valeeva G.R. *Rol' otdel'nyh faktorov formirovanija jelementnogo sostava rastenij* (kand. dis.). The role of individual factors in the formation of the elemental composition of plants (Author's Abstract of Candidate Thesis). – Kazan', 2004. – 24 p. (in Russian)]
4. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – Т.1. – 607 с. [Grinvud N., Jernsho A. *Himija jelementov*. Chemistry of the elements. – Moscow: BINOM. Laboratorija znaniy, 2008. – V. 1. – 607 p. (in Russian)]
5. Загоруйко С.П., Пospelова А.Д. Влияние сроков сева на продуктивность василька синего // *Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы: Материалы I Международной научной конференции*. – Новосибирск, 2013. – С. 285-287. [Zagorul'ko S.P., Pospelova A.D. *Lekarstvennye rastenija: fundamental'nye i prikladnye problem: Materialy I Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii*. Medicinal Plants: Fundamental and Applied Problems: Proceedings of the I International Scientific Conference. – Novosibirsk, 2013. – P. 285-287. (in Russian)]
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М: Мир, 1989. – 439 с. [Kabata-Pendias A., Pendias H. *Mikrojelementy v pochvah i rastenijah*. Trace elements in soil and plants. – Moscow: Mir, 1989. – 439 p. (in Russian)]
7. Куркин В.А. Основы фитотерапии. – Самара: Офорт, 2009. – 963 с. [Kurkin V.A. *Osnovy fitoterapii*. Fundamentals of herbal medicine. – Samara: Ofort, 2009. – 963 p. (in Russian)]
8. Лисянская Д.К., Ханина М.А., Родин А.П. Аспекты фармакогностического исследования *Centaurea cyanus* L. // *Студенческая наука Подмоскoвью: материалы Международной научной конференции молодых ученых*. – Орехово-Зуево, 2016. – С. 390-394. [Lisjanskaja D.K., Khanina M.A., Rodin A.P. *Studencheskaja nauka Podmoskov'ju: materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh*. Student Science for Moscow Region: Proceedings of the International Scientific Conference of Young Scientists. – Orehovo-Zuevo, 2016. – P. 390-394. (in Russian)]
9. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. – М: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 636 с. [Maevskij P.F. *Flora srednej polosy evropejskoj chasti Rossii*. Flora of the middle zone of the European part of Russia. – Moscow: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2014. – 636 p. (in Russian)]
10. Отмахов В.И., Саркисов Ю.С., Павлова А.Н. и др. Периодические зависимости распределения химических элементов в биологических объектах // *Вестник Томского государственного университета*. – 2019. – № 14. – С. 6-25. [Otmahov V.I. Sarkisov Ju.S., Pavlova A.N. i dr. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. Tomsk State University Journal. – 2019. – N14. – P. 6-25. (in Russian)]
11. Павлов В.Е., Храмова Е.П., Хвостов И.В. и др. Обобщенная модель распространенности ряда химических элементов *Pentaphylloides fruticosa* // *Химия растительного сырья*. – 2008. – № 3. – С. 163-

168. [Pavlov V.E., Hramova E.P., Hvostov I.V. i dr. *Khimija rastitel'nogo syr'ja*. Chemistry of plant raw material. – 2008. – N3. – P. 163-168. (in Russian)]
12. Подолина Е.А., Ханина М.А., Лежнина М.Г., Кузнецова Ю.А. Vortex-экстракция и спектрофотометрическое определение танина, и рутина в растительном сырье // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2019. – № 4. – С. 33-38. [Podolina E.A., Khanina M.A., Lezhnina M.G., Kuznecova Ju.A. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. Serija: Himija. Biologija. Farmacija. Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. – 2019. – N4. – P. 33-38. (in Russian)]
13. Решетов Я.Е., Белоусов М.В., Авдеева Е.Ю., Шурупова М.Н. Сравнительное исследование элементного состава и биологически активных веществ растений рода *Saussurea* DC. флоры Восточной Сибири // Химия растительного сырья. – 2018. – № 4. – С. 205-214. [Reshetov Ja.E., Belousov M.V., Avdeeva E.Ju., Shurupova M.N. *Khimija rastitel'nogo syr'ja*. Chemistry of plant raw material. – 2018. – N4. – P. 205-214. (in Russian)]
14. Фармакопейная статья 2.5.0064.18. Василька синего цветки *Centaureae cyani flores*. // Государственная фармакопея Российской Федерации XIV изд. – М: ФЭМБ, 2018. – Т.4. – С. 5960-5964. [Pharmacopoeia article 2.5.0064.18 // The State Pharmacopoeia of Russian Federation XIV edition – Moscow: FEMB, 2018. – V. 4. – P. 5960-5964. (in Russian)]
15. Al-Snafi A.E. The pharmacological importance of *Centaurea cyanus* – a review // International Journal Pharmacy Review & Research. – 2015. – V. 5. N4. – P. 379-384.
16. Carola C., Salazar A., Rakers C., Himbert F., Do Q.T., Bernard P., von Hagen J. A cornflower extract containing n-feruloylserotonin reduces inflammation in human skin by neutralizing CCL17 and CCL22 and inhibiting COX-2 and 5-LOX // Mediators of Inflammation. – 2021. – V. 2021. Article ID 6652791 – 13 p.
17. Mlcek J., Rop O. Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods // Trends in Food Science & Technology. – 2011. – V. 22. N10. – P. 561-569.

Информация об авторах

Ханина Миниса Абдуллаевна – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой химии ГОУ ВО Государственного гуманитарно-технологического университета Министерства образования Московской области. E-mail: khanina06@mail.ru

Лежнина Марина Георгиевна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры химии ГОУ ВО Государственного гуманитарно-технологического университета Министерства образования Московской области. E-mail: xm_86@mail.ru

Подолина Елена Алексеевна – доктор химических наук, доцент, профессор кафедры безопасности и здоровья ФГОУ ВО Московский политехнический университет (филиал в г. Электросталь), E-mail: podolina70@mail.ru

Зинин Дмитрий Сергеевич – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры химии ГОУ ВО Государственного гуманитарно-технологического университета Министерства образования Московской области. E-mail: csreo4@mail.ru

Кузнецова Юлия Александровна – старший преподаватель биолого-химического факультета ГОУ ВО Государственного гуманитарно-технологического университета Министерства образования Московской области. E-mail: hronoksia@mail.ru

Родин Анатолий Петрович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры фармакологии и фармацевтических дисциплин ГОУ ВО Государственного гуманитарно-технологического университета Министерства образования Московской области. E-mail: rodinar@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.