

УДК 543.427.4:581.192

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВИДОВ РОДА *Pentaphylloides* (Rosaceae) ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

© 2015 г. Е. П. Храмова¹, О. В. Чанкина², Е. В. Андышева³,
Я. В. Ракшун⁴, Д. С. Сороколетов⁴

E-mail: khramova@ngs.ru

С помощью метода РФА-СИ исследован элементный состав видов рода *Pentaphylloides* Hill. Дальнего Востока России. Показано, что виды *Pentaphylloides davurica*, *P. davurica* × *P. sp.* и *Dasiphora gorovoi* накапливают повышенное количество макроэлементов, виды *P. mandshurica*, *P. fruticosa* – микроэлементов. Накопление элементов связано как с содержанием элементов в почвах, так и с видовыми особенностями растения. На основании полученных данных образцы, приготовленные из стеблей вида *P. davurica*, рекомендованы в качестве стандарта при выполнении хемотаксономических исследований растений рода *Pentaphylloides* Hill. методом РФА-СИ.

DOI: 10.7868/S0367676515010172

ВВЕДЕНИЕ

Оценка элементного состава растений привлекает внимание исследователей, поскольку макро- и микроэлементы наряду с белками, жирами, углеводами и вторичными метаболитами в значительной степени определяют пищевую и лекарственную ценность. Помимо того, данные о содержаниях элементов в растениях используются в хемотаксономических исследованиях, поскольку в оптимальных условиях произрастания элементный состав зависит от систематической принадлежности и определяется генетически закрепленными потребностями растений, что может являться показателем видовых и индивидуальных особенностей растения [1–3].

Род *Pentaphylloides* Hill. (Rosaceae) на российском Дальнем Востоке представлен тремя видами: *P. fruticosa* (L.) O. Schwarz, *P. davurica* (Nestl.) Ikonn. и *P. mandshurica* (Maxim.) Soják [4]. В 2006 г. описан новый вид *Dasiphora gorovoi* Pshennikova из рода *Dasiphora* Raf., который, по мнению автора, возник в результате естественной гибридизации между *D. mandshurica* и *D. davurica* [5]. В настоящее время в литературе используются три названия ро-

да (*Pentaphylloides* Hill. = *Potentilla* L. = *Dasiphora* Raf.), поскольку систематическое положение рода до сих пор остается спорным. В данной работе авторы придерживаются последних сводок “Флоры Сибири” [6] и “Сосудистые растения России...” [7], где кустарниковые виды лапчаток включены в род *Pentaphylloides* Hill.

Наиболее подробно в настоящее время представлены работы по изучению элементного состава одного вида – *P. fruticosa*, произрастающего в Горном Алтае, на Кавказе [8, 9]. Сведения по элементному составу растений рода *Pentaphylloides*, произрастающих на российском Дальнем Востоке, нами не обнаружены.

Для определения элементного состава в растительном материале наиболее часто используются атомно-абсорбционный анализ (ААА), масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП) и атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП), реже нейтронно-активационный анализ (НАА), рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) методом “внешнего стандарта” и конфокальная рентгеновская микроскопия (КРН). При этом следует отметить несомненные преимущества метода РФА: неdestructивность, панорамность, возможность использования малых навесок, относительно несложная пробоподготовка. Неdestructивность, возможность повторного использования растительного материала, в том числе для анализа другими методами, особенно важна при исследовании редких и новых видов, таких как *D. gorovoi*. Панорамность, возможность одновременного определения многих элементов с достаточно высокой чувствительностью, хорошей точностью и воспроизводимостью

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск.

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск.

³ Амурский филиал Федерального бюджетного учреждения науки Ботанического сада-института Дальневосточного отделения Российской академии наук, Благовещенск.

⁴ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск.

стью [10, 11] вкупе с относительной простотой обработки экспериментальных спектров позволяют достаточно оперативно получать данные о составе образцов.

Сравнительно редкое использование метода РФА для анализа растительного материала мы связываем, главным образом, с недостаточным количеством паспортизированных образцов, которые могут служить образцами сравнения при анализе методом “внешнего стандарта”, поэтому поиск оптимальных образцов сравнения (стандартов) может послужить развитию метода РФА. Использование синхротронного излучения (СИ) существенно улучшает возможности метода. Во-первых, высокая яркость источников СИ позволяет значительно сократить время набора экспериментального спектра, повысив экспрессность метода, а поляризация излучения увеличивает чувствительность, что, несомненно, важно при поиске оптимальных стандартов. Во-вторых, возможность перестройки энергии возбуждения в диапазоне рабочих энергий станции [12, 13] открывает дополнительные перспективы при анализе концентраций тех химических элементов, которые могут служить маркерами видов рода *Pentaphylloides* Hill.

Таким образом, цель работы заключалась в определении элементного состава в надземных органах дальневосточных представителей рода *Pentaphylloides* Hill. методом РФА-СИ, установлении видов с высоким содержанием макро- и микроэлементов и использовании полученных данных для выявления видоспецифичности. При этом из массива образцов предполагалось выделить те, которые могут служить стандартом при дальнейших исследованиях растений рода *Pentaphylloides* Hill. методом РФА-СИ.

ПРОБОПОДГОТОВКА И ЭКСПЕРИМЕНТ

Материалом исследований служили образцы *P. fruticosa*, *P. mandshurica*, *P. davurica* и *P. davurica* × *P. sp.*, произрастающие на Дальнем Востоке и в Забайкалье, и *D. gorovoi* из коллекции Ботанического сада-института ДВО РАН (БСИ, г. Владивосток). *P. fruticosa* и гибрид *P. davurica* × *P. sp.* имеют желтые венчики цветков, *P. mandshurica*, *P. davurica* и *D. gorovoi* – белые. Для анализа одновременно в фазе массового цветения брали среднюю пробу листьев, цветков и стеблей годичных побегов с 2–25 особей и почвы из каждого местообитания.

Образцы *P. fruticosa* отобраны из четырех географически отдаленных местообитаний, которые расположены в Амурской обл. в Бурейском (образец 1) и Тындинском районах (образец 2), в Забайкальском крае в Тунгокочинском районе (образец 3)

и Магаданской обл. в Омсукчанском районе (образец 4). Образцы *P. mandshurica* отобраны в Приморском крае в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике (образец 5). Образцы *P. davurica* взяты из трех природных ценопопуляций Партизанского района Приморского края, одна из которых находится на известковых обнажениях вершины горы Брат (образец 6), вторая – на открытых известковых скалах на хребте Чандалаз (образец 7); третья – на известковом рифе (образец 8). Гибрид *P. davurica* × *P. sp.* собран в Ольгинском районе Приморского края в мраморном карьере (образец 9), образец *D. gorovoi* (образец 10) – из коллекции БСИ ДВО РАН, куда растения были пересажены из мест естественного произрастания (Ольгинский район, Приморский край).

Навеску воздушно-сухого растительного сырья и почв (1 г) измельчали в агатовой ступке. Затем образцы прессовали в форме таблетки диаметром ~1 см, весом 30 мг (с поверхностной плотностью $0.04 \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$). Определение элементов проводили методом РФА СИ на станции элементного анализа (накопитель ВЭПП-3) Сибирского центра синхротронного и терагерцевого излучения ИЯФ СО РАН. Монохроматизацию синхротронного излучения осуществляли при помощи монохроматора на основе кремниевого кристалла типа “бабочка” с рабочими плоскостями (111). Регистрация флуоресцентного излучения осуществлялась при помощи детектора PentaFET (Oxford Instruments) с энергетическим разрешением ~135 эВ (на K_{α} -линии Fe – 5.9 кэВ). Основные характеристики экспериментальной станции и методические аспекты работы описаны в [12, 13].

Измерения образцов проводили при энергии возбуждающего излучения 23 кэВ, время каждого измерения составляло от 300 до 500 с для растительных навесок и от 200 до 300 с для образцов почв. Обработка полученных спектров проводилась в программе AXIL методом наименьших квадратов. Концентрация элементов была определена с использованием метода “внешнего стандарта”. Предел обнаружения составлял от $10^{-7} \text{ г} \cdot \text{г}^{-1}$. В качестве образцов сравнения использовали российские стандарты травяно-злаковой смеси ГСО СОРМ1 и байкальского ила БИЛ-1 [14]. Значение ошибки – воспроизводимость результатов анализа, полученная путем 15 параллельных измерений трех одинаковых образцов, для большинства элементов в растительных образцах колеблется в основном в пределах 3–11%, для никеля и циркония оно составило 40 и 60% соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наибольшее суммарное содержание макроэлементов (Са и К) отмечено в надземных органах

P. davurica, его гибрида *P. davurica* × *P. sp.* и *D. gorovoi* (рис. 1) в основном за счет повышенного накопления Ca в растениях, что может быть связано как с его высоким содержанием в почве, так и с видоспецифичностью. Почвы из мест произрастания *P. davurica* и *P. davurica* × *P. sp.* (обр. 8 и 9) отличаются высоким содержанием Ca (534 и 783 мг · г⁻¹), концентрация которого выше в 3–72 раза, чем из остальных точек отбора образцов (табл. 1, рис. 2). Однако замечено, что в почве из местообитания *P. mandshurica* на фоне значительного содержания Ca (208 мг · г⁻¹) концентрация данного элемента в растениях минимальна (4–8 мг · г⁻¹) и сопоставима с *P. fruticososa* (5–9 мг · г⁻¹), в точках отбора которого его концентрация в почве наименьшая (11–16 мг · г⁻¹). Для всех растений отмечено максимальное накопление макроэлементов в листьях и минимальное в цветках, за исключением вида *P. mandshurica*, у которого минимум установлен в стеблях.

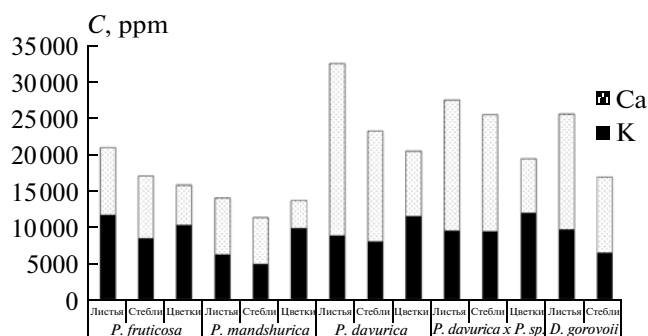


Рис. 1. Содержание макроэлементов (Ca и K) в надземных органах растений рода *Pentaphylloides*. По оси ординат – содержание элементов, ppm; по оси абсцисс – виды.

Максимальное накопление микроэлементов в растениях рода *Pentaphylloides* обнаружено в стеблях, минимальное – в цветках, что хорошо

Таблица 1. Содержание элементов в почвах из местообитаний растений дальневосточных видов рода *Pentaphylloides* (K, Ca, Fe даны в мг · г⁻¹ от сухой массы, остальные элементы – мг · кг⁻¹)

Элемент	<i>P. fruticososa</i>		<i>P. mandshurica</i>	<i>P. davurica</i>			<i>P. davurica</i> × <i>P. sp.</i>
	1	3	5	6	7	8	9
K	24 ± 1 ¹	18 ± 1	17 ± 1	14 ± 0.5	16 ± 0.6	18 ± 1	11 ± 1
Ca	11 ± 1	17 ± 1	210 ± 10	530 ± 20	66 ± 3	240 ± 10	780 ± 30
Ti	3900 ± 400	5800 ± 600	2900 ± 300	900 ± 100	3300 ± 400	2800 ± 300	500 ± 60
V	80 ± 14	130 ± 20	53 ± 9	21 ± 4	65 ± 10	57 ± 10	13 ± 2
Cr	20 ± 13	51 ± 33	35 ± 23	7 ± 5	42 ± 28	32 ± 21	6 ± 4
Mn	700 ± 20	1200 ± 40	650 ± 20	240 ± 10	1300 ± 40	880 ± 30	110 ± 3
Fe	21 ± 1	40 ± 2	25 ± 1	8 ± 0.4	31 ± 1	23 ± 1	4 ± 0.2
Co	10 ± 2	16 ± 3	11 ± 2	4.2 ± 0.8	13 ± 2	10 ± 2	2.5 ± 0.5
Ni	11 ± 5	29 ± 12	22 ± 9	14 ± 6	33 ± 14	25 ± 10	12 ± 5
Cu	11 ± 1	37 ± 2	18 ± 1	13 ± 1	28 ± 2	24 ± 1	6 ± 0.4
Zn	51 ± 2	100 ± 4	87 ± 3	70 ± 3	160 ± 6	95 ± 4	22 ± 1
As	3.7 ± 0.7	4.2 ± 0.8	16 ± 3	7 ± 1	11 ± 2	13 ± 3	н.о.
Se	н.о. ²	н.о.	н.о.	н.о.	0.1 ± 0.03	н.о.	н.о.
Br	1.9 ± 0.1	7.9 ± 0.4	11 ± 1	5.0 ± 0.3	23 ± 1	16 ± 1	1.4 ± 0.1
Rb	120 ± 10	93 ± 4	48 ± 2	19 ± 1	67 ± 3	55 ± 2	9 ± 0.4
Sr	160 ± 10	350 ± 20	130 ± 5	180 ± 10	72 ± 3	130 ± 10	560 ± 20
Y	24 ± 2	28 ± 2	20 ± 1	11 ± 1	38 ± 3	19 ± 1	13 ± 1
Zr	600 ± 370	510 ± 310	170 ± 110	46 ± 29	190 ± 120	140 ± 90	28 ± 17
Nb	10 ± 4	13 ± 5	9 ± 4	3.4 ± 1.4	20 ± 8	10 ± 4	1.8 ± 0.7
Mo	1.9 ± 0.1	2.5 ± 0.1	0.7 ± 0.03	0.2 ± 0.01	0.7 ± 0.03	0.5 ± 0.02	н.о.
Pb	34 ± 4	30 ± 3	30 ± 3	17 ± 2	47 ± 5	35 ± 4	18 ± 2

¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.

² н.о. – концентрация элемента ниже предела обнаружения (0.1 мг · кг⁻¹).

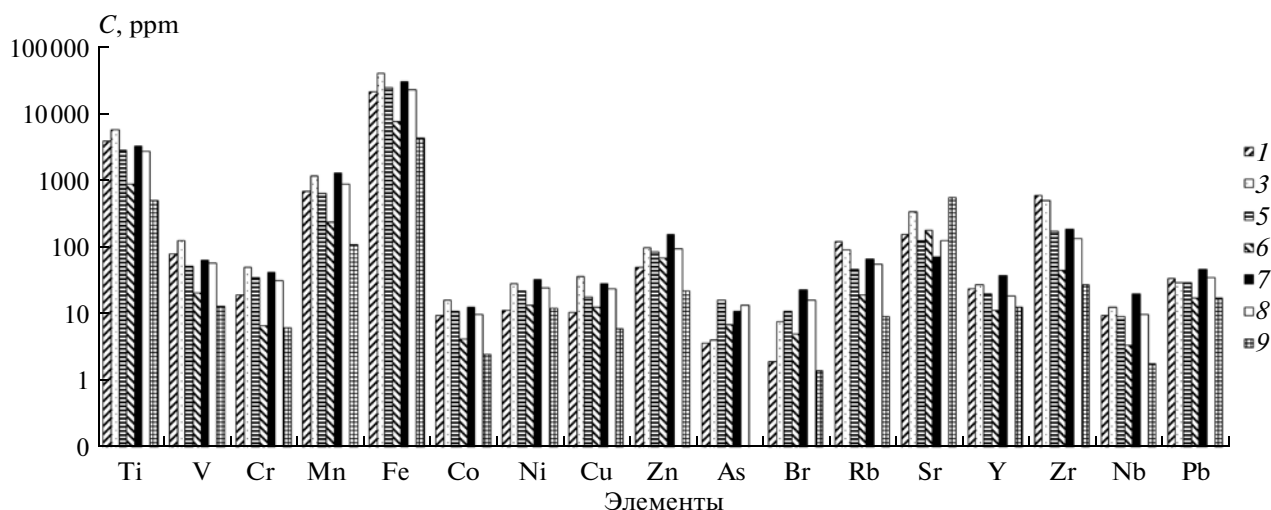


Рис. 2. Содержание элементов в почвах из местообитаний растений рода *Pentaphylloides*. 1, 3 — точки отбора образцов *P. fruticosa*, 5 — *P. mandshurica*, 6–8 — *P. davurica*, 9 — *P. davurica* × *P. sp.* По оси ординат — содержание элементов, ppm; по оси абсцисс — элементы.

согласуется с данными о специфическом распределении тяжелых металлов по органам растений: корни > стебель (листья) > органы запаса ассимилятов [2]. При сравнении видов отмечено, что суммарное содержание микроэлементов в листьях и цветках *P. mandshurica* ($511\text{--}953 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) и *P. fruticosa* ($658\text{--}780 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) значительно выше по сравнению с *P. davurica*, *D. gorovoi* и гибридом *P. davurica* × *P. sp.* (рис. 3). В стеблях всех трех видов накопление микроэлементов находится практически на одном уровне ($780\text{--}953 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$), а в стеблях гибридов снижается в 1.5–4 раза. Наименьшее содержание микроэлементов ($191\text{--}214 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$) обнаружено в растениях гибрида *P. davurica* × *P. sp.*

Лидером по накоплению в надземных органах Mn, Br, Sr, Mo, Cu, Zn и Pb является *P. mandshurica* (табл. 2, рис. 4). *P. fruticosa* выделяется по повышенному накоплению в цветках Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni и Sr при минимуме Y, Pb, Mo и Br; в листьях —

Ni, Rb и Pb; в стеблях — Ti и Rb. Практически все эти элементы (Ti, V, Cr, Fe, Co, Rb, Zr и Mo) преобладают в почвах из местообитаний *P. fruticosa* (обр. 1 и 3) (рис. 2). *P. davurica* аккумулирует Fe, Co, Ni, As, Se, Y, Zr и Nb, но не накапливает Mn и Sr, что, возможно, связано с пониженной влажностью почвы и более щелочной реакцией среды в точках отбора за счет высокого содержания Ca в почве. В листьях и цветках гибрида *P. davurica* × *P. sp.* обнаружен максимум накопления Cr, Cu, Zn, Rb и Mo по сравнению с остальными образцами на фоне повышенного содержания Ca и Sr и пониженного Ti, V, Fe, Co, Ni, As, Se, Y и Zr в почве. В стеблях *D. gorovoi* накапливаются V, Se, Sr и Mo, в листьях — Ti, V, Y и Zr, в минимальном количестве отмечены Co, Zn, Rb Nb и не обнаружены Cr и As.

Сопоставляя различные виды рода *Pentaphylloides* по соотношению между отдельными элементами, можно отметить сдвиг в соотношении Fe/Mn в пользу Fe для *P. davurica* и *D. gorovoi*. Его значение составило в листьях, стеблях и цветках *P. davurica* 4.2, 10.2 и 2.2 соответственно, в листьях и стеблях *D. gorovoi* — 1.6 и 2.2. В растениях *P. fruticosa*, *P. mandshurica* и гибрида *P. davurica* × *P. sp.* значение Fe/Mn равнялось в листьях 0.2, 0.2 и 0.7; в стеблях — 1.7, 0.4 и 1.0; в цветках — 0.3, 0.2, 1.0.

Сравнительный анализ цветков показал, что у видов с белым окрасом венчиков (*P. mandshurica* и *P. davurica*) обнаружен As в следовых количествах, что может быть связано с повышенным содержанием этого элемента в почве в точках отбора образцов.

Следует отметить, что образцы, приготовленные из стеблей вида *P. davurica*, содержат весь набор элементов, представленных в почвах, включая

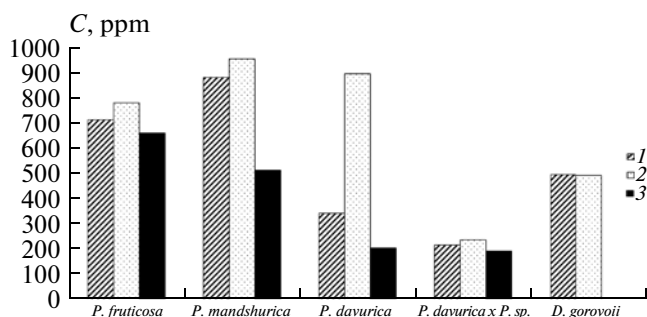


Рис. 3. Суммарное содержание микроэлементов в надземных органах растений рода *Pentaphylloides*. 1 — листья, 2 — стебли, 3 — цветки. По оси ординат — содержание элементов, ppm; по оси абсцисс — виды.

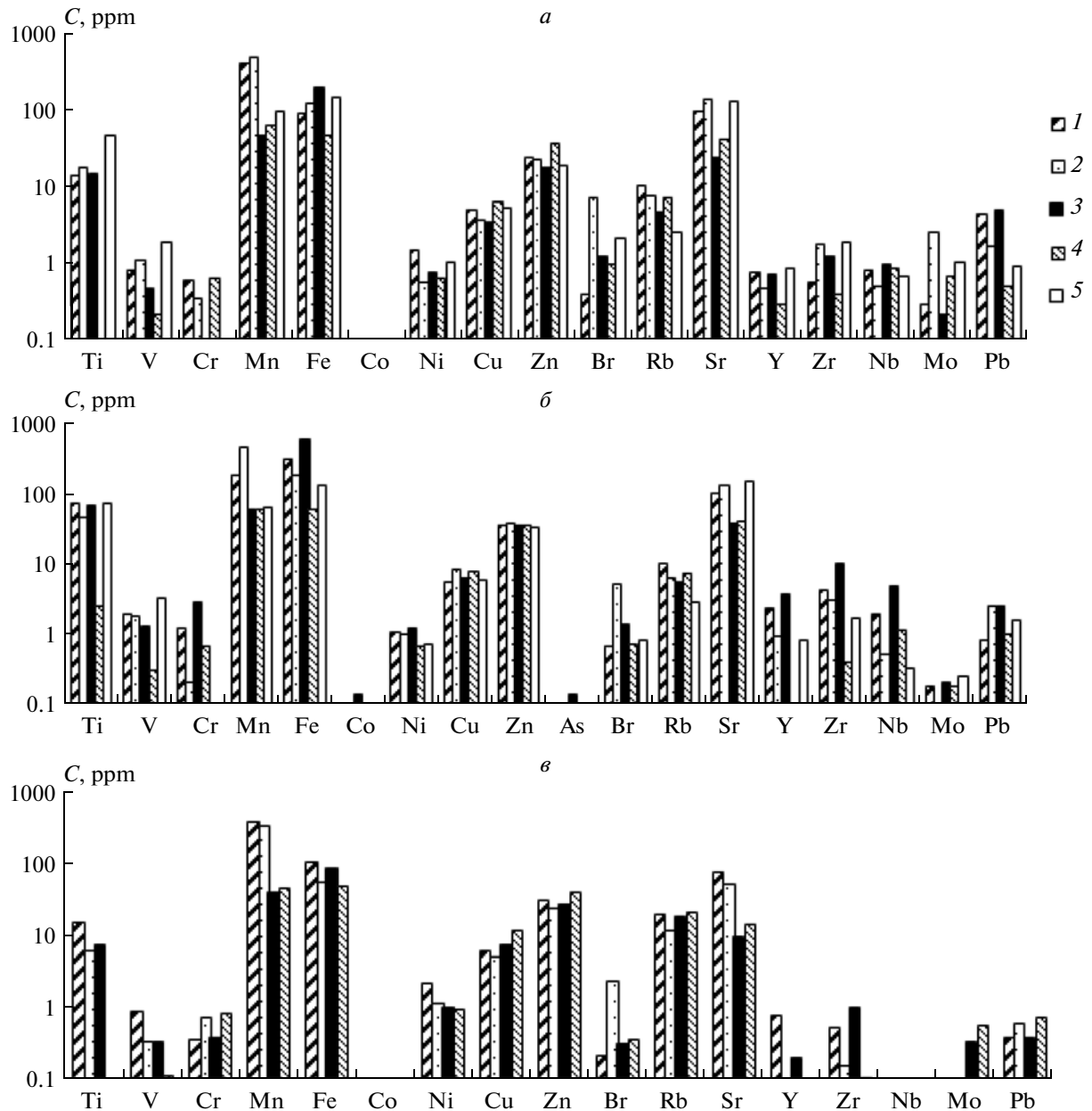


Рис. 4. Содержание микроэлементов в различных органах растений рода *Pentaphylloides*. а – листья, б – стебли, в – цветки. 1 – *P. fruticosa*, 2 – *P. mandshurica*, 3 – *P. davurica*, 4 – *P. davurica* × *P. sp.*, 5 – *D. gorovoi*. По оси ординат – содержание элементов, ppm; по оси абсцисс – элементы.

Со и As в следовых количествах. При этом общее содержание микроэлементов в них достаточно велико. Таким образом, стебли вида *P. davurica* могут служить материалом для создания стандартных образцов при проведении хемотаксономических исследований растений рода *Pentaphylloides* Hill. методом РФА-СИ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования с помощью метода РФА-СИ впервые получены досто-

верные данные по содержанию 19 элементов в различных органах растений четырех видов и одного гибрида рода *Pentaphylloides* Hill. По повышенному накоплению макроэлементов выделены виды *P. davurica*, *D. gorovoi* и гибрид *P. davurica* × *P. sp.*, микроэлементов – *P. mandshurica* и *P. fruticosa*. Показано, что каждому исследованному виду соответствуют свои определенные концентрации элементов.

Для продолжения хемотаксономических исследований растений рода *Pentaphylloides* Hill. методом РФА-СИ можно рассматривать в качестве

Таблица 2. Содержание элементов в надземных органах растений дальневосточных видов рода *Pentaphylloides* (К, Са даны в мг · г⁻¹ от сухой массы, остальные элементы – мг · кг⁻¹)

Элемент	Часть растения	<i>P. fruticosa</i>	<i>P. mandshurica</i>	<i>P. davurica</i>	<i>P. davurica</i> × <i>P. sp.</i>	<i>D. gorovoii</i>
К	Листья	12 ± 0.5 ¹	6 ± 0.2	9 ± 0.3	10 ± 0.4	10 ± 0.4
	Цветки	10 ± 0.4	10 ± 0.4	12 ± 0.5	12 ± 0.5	— ²
	Стебли	8 ± 0.3	5 ± 0.2	8 ± 0.3	9 ± 0.4	6 ± 0.3
Са	Листья	9 ± 0.4	8 ± 0.3	24 ± 0.9	18 ± 0.7	16 ± 0.6
	Цветки	5 ± 0.2	4 ± 0.1	9 ± 0.3	7 ± 0.3	—
	Стебли	9 ± 0.3	6 ± 0.3	15 ± 0.6	16 ± 0.6	10 ± 0.4
Тi	Листья	15 ± 2	19 ± 2	16 ± 2	н.о. ³	50 ± 5
	Цветки	16 ± 2	6 ± 0.7	8 ± 1	н.о.	—
	Стебли	76 ± 8	48 ± 5	73 ± 8	2.6 ± 0.3	74 ± 8
V	Листья	0.8 ± 0.1	1.1 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.2 ± 0.04	2 ± 0.3
	Цветки	1 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.1 ± 0.02	—
	Стебли	2 ± 0.4	1.9 ± 0.3	1.3 ± 0.2	0.3 ± 0.1	3.4 ± 0.6
Сг	Листья	0.6 ± 0.4	0.3 ± 0.2	н.о.	0.6 ± 0.4	н.о.
	Цветки	н.о.	0.7 ± 0.5	0.4 ± 0.2	0.9 ± 0.6	—
	Стебли	1.3 ± 0.9	0.2 ± 0.1	2.9 ± 1.9	0.7 ± 0.5	н.о.
Mn	Листья	450 ± 10	530 ± 20	50 ± 2	67 ± 2	100 ± 3
	Цветки	390 ± 10	350 ± 10	40 ± 1	48 ± 1	—
	Стебли	200 ± 6	500 ± 20	62 ± 2	65 ± 2	66 ± 2
Fe	Листья	100 ± 5	130 ± 10	210 ± 10	48 ± 2	160 ± 10
	Цветки	110 ± 5	58 ± 3	87 ± 4	50 ± 3	—
	Стебли	330 ± 20	200 ± 10	640 ± 30	65 ± 3	140 ± 10
Со	Листья	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
	Цветки	н.о.	н.о.	0.1 ± 0.01	н.о.	—
	Стебли	н.о.	н.о.	0.14 ± 0.02	н.о.	н.о.
Ni	Листья	1.5 ± 0.6	0.6 ± 0.2	0.8 ± 0.3	0.7 ± 0.3	1.1 ± 0.5
	Цветки	2.1 ± 1	1.2 ± 0.5	1.0 ± 0.4	1 ± 0.4	—
	Стебли	1.1 ± 0.5	1.0 ± 0.4	1.3 ± 0.5	0.7 ± 0.3	0.7 ± 0.3
Cu	Листья	5.2 ± 0.3	3.7 ± 0.2	3.5 ± 0.2	6.4 ± 0.4	5.6 ± 0.3
	Цветки	6.6 ± 0.4	5.4 ± 0.3	8.0 ± 0.5	12 ± 1	—
	Стебли	6.0 ± 0.4	8.5 ± 0.5	6.3 ± 0.4	8 ± 0.5	6.3 ± 0.4
Zn	Листья	25 ± 1	24 ± 1	19 ± 1	38 ± 2	20 ± 1
	Цветки	32 ± 1	25 ± 1	27 ± 1	41 ± 2	—
	Стебли	37 ± 2	40 ± 2	37 ± 1.5	36 ± 1	35 ± 2
As	Листья	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
	Цветки	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	—
	Стебли	н.о.	н.о.	0.14 ± 0.03	н.о.	н.о.
Br	Листья	0.4 ± 0.02	7.3 ± 0.4	1.3 ± 0.1	1.0 ± 0.5	2.2 ± 0.1
	Цветки	0.2 ± 0.01	2.4 ± 0.1	0.3 ± 0.02	0.4 ± 0.02	—
	Стебли	0.7 ± 0.03	5.3 ± 0.3	0.3 ± 0.1	0.7 ± 0.04	0.8 ± 0.04
Rb	Листья	10.5 ± 0.4	8 ± 0.3	4.9 ± 0.2	7 ± 0.3	3 ± 0.1
	Цветки	20 ± 0.8	12 ± 0.5	19 ± 0.8	21 ± 0.8	—
	Стебли	11 ± 0.4	7 ± 0.3	6 ± 0.2	8 ± 0.3	3 ± 0.1

Таблица 2. Окончание

Элемент	Часть растения	<i>P. fruticosa</i>	<i>P. mandshurica</i>	<i>P. davurica</i>	<i>P. davurica</i> × <i>P. sp.</i>	<i>D. gorovoi</i>
Sr	Листья	100 ± 10	150 ± 10	25 ± 1	42 ± 2	140 ± 10
	Цветки	80 ± 3	52 ± 2	10 ± 0.4	15 ± 1	—
	Стебли	110 ± 10	140 ± 10	39 ± 2	43 ± 2	160 ± 10
Y	Листья	0.8 ± 0.1	0.5 ± 0.03	0.8 ± 0.1	0.3 ± 0.02	0.9 ± 0.1
	Цветки	0.8 ± 0.1	н.о.	0.2 ± 0.01	н.о.	—
	Стебли	2.4 ± 0.2	1.0 ± 0.01	3.9 ± 0.3	н.о.	0.8 ± 0.1
Zr	Листья	0.6 ± 0.4	1.8 ± 1.1	1.3 ± 0.8	0.4 ± 0.3	2.0 ± 1.2
	Цветки	0.5 ± 0.3	0.2 ± 0.1	1.0 ± 0.6	0.1 ± 0.1	—
	Стебли	4.5 ± 2.8	3.2 ± 2.0	11 ± 7	0.4 ± 0.3	1.7 ± 1
Nb	Листья	0.8 ± 0.3	0.5 ± 0.2	1.0 ± 0.4	0.9 ± 0.4	0.7 ± 0.3
	Цветки	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	—
	Стебли	2.0 ± 0.9	0.5 ± 0.2	5.0 ± 2.1	1.2 ± 0.5	0.3 ± 0.1
Mo	Листья	0.3 ± 0.01	2.7 ± 0.1	0.2 ± 0.01	0.7 ± 0.03	1.1 ± 0.04
	Цветки	н.о.	н.о.	0.3 ± 0.01	0.6 ± 0.02	—
	Стебли	0.2 ± 0.01	н.о.	0.2 ± 0.01	0.2 ± 0.01	0.3 ± 0.01
Pb	Листья	4.6 ± 0.5	1.7 ± 0.2	5.3 ± 0.6	0.5 ± 0.1	1.0 ± 0.1
	Цветки	0.4 ± 0.05	0.6 ± 0.1	0.4 ± 0.04	0.8 ± 0.1	—
	Стебли	0.8 ± 0.1	2.6 ± 0.3	2.6 ± 0.3	1.1 ± 0.1	1.6 ± 0.2

¹ Среднее значение ± стандартное отклонение.

² Прочерк означает, что элемент не определяли.

³ н.о. — концентрация элемента ниже предела обнаружения (0.1 мг · кг⁻¹).

стандарта образцы, приготовленные из стеблей вида *P. davurica*.

Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ и финансовой поддержке Минобрнауки России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Изд-во МГУ, 1999.
2. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001.
3. Чупарина Е.В., Гуничева Т.Н. // Аналитика и контроль, 2004. Т. 8. № 3. С. 211.
4. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2002. 707 с.
5. Пшеничкова Л.М. // Бот.журн. 2006. № 6. Т. 91. С. 951.
6. Курбатский В.И. *Pentaphylloides* DuRoi — Пятилистник // Флора Сибири. *Rosaceae*. Новосибирск: Наука, 1988. Т. 8. С. 36.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Русское издание. СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.
8. Храмова Е.П., Куценогий К.П., Шкель Н.М., Ковальская Г.А., Чанкина О.В. // Раст. ресурсы. 2000. Вып. 4. С. 59.
9. Стальная М.И., Храмова Е.П. // Изв. вузов. Северо-кавказский регион. Естественные науки. 2002. № 4. С. 64.
10. Мазалов Л.Н. Рентгеновские спектры. Новосибирск: Изд-во ИНХ СО РАН, 2003.
11. Baryshev V.B., Kulipanov G.N., Skrinisky A.N. // Handbook of Synchrotron Radiation / Eds Brown G., Moncton D. Amsterdam: Elsevier, 1991. V. 3. P. 639.
12. Дарьин А.В., Ракиун Я.В. // Научный вестник НГТУ. 2013. Т. 2(51). С. 112.
13. <http://ssrc.inp.nsk.su/СКР/stations/passport/3/>
14. Арнауттов Н.А. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ: методические рекомендации. Новосибирск, 1990. 220 с.