

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ *PENTAPHYLLOIDES FRUTICOSA* (ROSACEAE) ГОРНОГО АЛТАЯ

Е.П. Храмова<sup>1</sup>, В.Е. Павлов<sup>2</sup>, И.В. Хвостов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,  
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия; e-mail: khramova@ngs.ru

<sup>2</sup> Институт водных и экологических проблем СО РАН,  
656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1, e-mail: vpavlov\_37@mail.ru, mikon@iwep.ru

Предпринята попытка построения региональной модели распределения фенольных соединений по их содержанию в надземных органах пятилистника кустарникового – *Pentaphylloides fruticosa*, произрастающего на территории Горного Алтая, используя статистические методы. Определены средние значения концентраций фенольных соединений (в сумме, по группам и отдельным компонентам) в разных частях растений *P. fruticosa* из 49 ценопопуляций и вычислены соответствующие дисперсии. Установлена тесная корреляционная связь между содержанием фенольных соединений в разных органах. Обобщенные данные по суммарному содержанию фенольных соединений и отдельным компонентам фенольного комплекса *P. fruticosa* могут рассматриваться как региональные характеристики, свойственные этому виду.

**Ключевые слова:** *Rosaceae*, *Pentaphylloides fruticosa*, фенольные соединения, изменчивость, Горный Алтай.

## FEATURES OF DISTRIBUTION OF SOME PHENOLIC COMPOUNDS IN PLANTS *PENTAPHYLLOIDES FRUTICOSA* (ROSACEAE) IN THE MOUNTAIN ALTAI

E.P. Khramova<sup>1</sup>, V.E. Pavlov<sup>2</sup>, I.V. Khvostov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Central Siberian Botanical Garden, SB RAS,  
630090, Novosibirsk, Zolotodolinskaya str., 101, e-mail: khramova@ngs.ru

<sup>2</sup> Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS,  
656038, Barnaul, Molodezhnaya str., 1, e-mail: vpavlov\_37@mail.ru, mikon@iwep.ru

The paper attempts to determine common features in the distribution of phenolic compounds by their concentration in the aboveground organs of *Pentaphylloides fruticosa* from mountain Altai by means of classical statistic. Average concentrations and appropriate dispersions of phenolic compounds (total, by groups and individual components) in plant samples were estimated. A high correlation between the average content of phenolic compounds in different organs of *P. fruticosa* was shown. These aggregated data can be regarded as regional specific characteristics of the individual compounds *P. fruticosa* phenol complex. This values of the specific content in the samples of *P. fruticosa*, which characterize the type and can be used for a comparative analysis with other plants and the standardization of plant raw materials.

**Key words:** *Rosaceae*, *Pentaphylloides fruticosa*, phenolic compounds, variability, mountain Altai.

### ВВЕДЕНИЕ

Пятилистник кустарниковый *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz из семейства *Rosaceae* – один из наиболее распространенных кустарниковых видов рода *Pentaphylloides* в Средней Европе, Скандинавии, Японии, Китае, Монголии, Северной Америке, а также на Кавказе, Урале, Алтае, в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и в Средней Азии (Юзепчук, 1941; Курбатский, 1988).

Повышенный интерес к использованию *P. fruticosa* в качестве лекарственного растения, пищевого продукта и компонента в биологически активных добавках (Николаева и др., 2001; Евстропов и др., 2002; Высочина и др., 2003; Триль и др.,

2008; Нагаслаева и др., 2009; Николаева, 2012; Mironova et al., 2008; Tomczyk et al., 2008) привел к детальному изучению его биохимического состава.

В значительной мере ценность *P. fruticosa* для медицины и фармакологии обусловливается содержанием в нем биологически активных веществ с разносторонним действием, в частности, флавоноидов – наиболее обширной группы фенольных соединений (ФС). Этот вид относится к растениям, продуцирующим значительное количество ФС, в основном флавонолов, содержание которых варьирует от 0.7 до 6.0 % (Николаева и др., 2001; Триль и др., 2008; Храмова, 2014).

Из надземной части *P. fruticosa* выделены и идентифицированы агликоны – кверцетин, кемпферол и 7,3',4'-три-О-метилкверцетин, не менее 10 флавонолгликозидов – кверцетин-3-β-глюкопиранозид (изокверцитрин), кверцетин-3-β-галактопиранозид (гиперозид), кверцетин-3-β-рутинозид (рутин), кверцетин-3-α-рамнопиранозид (кверцитрин), кверцетин-3-α-арабинофуранозид (авикулярин), кемпферол-3-β-рутинозид, рамнетин-3-β-глюкопиранозид, рамнетин-3-β-галактопиранозид, рамнетин-3-α-арабинофуранозид, кемпферол-3-β-глюкозид (астрагалин) и четыре ацилированных флавонолгликозида – тернифлорин и трибулозид, 6'-О-галлат-3-β-D-галактопиранозид кверцетина и кемпферол-3-О-β-(6'-О-(Е)-р-кумарил)-глюкопиранозид, а также эллаговые соединения – эллаговая кислота и ее гликозид (Федосеева, 1979; Ганенко и др., 1988, 1991; Шкель и др., 1997; Храмова, 2014; Bate-Smith, 1961; Miliuskas et al., 2004).

Ранее одним из авторов выявлены особенности содержания ФС *P. fruticosa* в высотно-поясном градиенте (Храмова, 2014). При этом остаются недостаточно изученными вопросы по обобщению

данных по содержанию фенольных компонентов в растительных образцах, которые могут рассматриваться для характеристики вида и быть использованы для стандартизации растительного сырья и включения в базу данных.

Цель исследования – установить общие связи распределения фенольных соединений по концентрациям в зависимости от органа и местообитания *P. fruticosa*, вычислить средние значения содержания индивидуальных компонентов в образцах для характеристики вида.

Для решения поставленной задачи необходимо установить:

- в какой мере распределение ряда ФС по концентрациям носит сходный характер в различных органах *P. fruticosa* на примере растений, произрастающих в Горном Алтае;

- каков характер связи концентраций ФС в образцах *P. fruticosa*, собранных в разных местообитаниях;

- как выглядит обобщенная модель распределения ФС по концентрациям для всех исследованных образцов по вышеперечисленным критериям.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в Горном Алтае в его природных границах, куда входит Республика Алтай и прилегающие районы Алтайского края. В 2008–2009 гг. обследованы семь районов, из них два (Чемальский и Солонешенский) находятся в Северном Алтае, три (Онгудайский, Усть-Коксинский и Усть-Канский) – в Центральном Алтае, Улаганский и Кош-Агачский – в Юго-Восточном Алтае (рис. 1). В Горном Алтае хорошо выражена высотная поясность и выделены, в широком понимании, четыре растительных пояса – степной, лесостепной, лесной и высокогорный, для каждого из которых характерен особый комплекс природных условий (Куминова, 1960; Седельников, 1988). Широко представленный на Алтае *P. fruticosa* встречается во всех поясах (Соколов и др., 1980). В природных местообитаниях отбирались популяции в различных экологических условиях при широтном и долготном расселении вида и особенно при продвижении в горы, что свидетельствует о широком спектре (при отборе) условий произрастания растений.

Для определения содержания ФС в каждой из ценопопуляций (ЦП) в фазе массового цветения с 30–50 особей равномерно по всей кроне отбиралось по 5–10 годичных побегов, которые разделялись на листья, цветки, побеги, и для каждого органа формировалась средняя проба. В 2008 г. изучено 12, а в 2009 г. – 37 ЦП.

Точную навеску свежесобранного растительного материала (0.5 г) заливали 96%-м этанолом,

настаивали 20–30 дней, затем исчерпывающе экстрагировали 70%-м и 96%-м этанолом при нагревании на водяной бане при  $T = 60–70$  °С. Подробное описание методики пробоподготовки приведено нами ранее (Храмова, Комаревцева, 2008).

Анализ ФС *P. fruticosa* выполняли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе Agilent 1100 (Agilent Technologies, США) с УФ-спектрофотометрическим детектором и программным обеспечением обработки хроматографических данных ChemStation. Условия хроматографирования: колонка, заполненная обращенно-фазовым сорбентом Диасфер-110-С18 (ЗАО “БиоХимМак”),  $2 \times 150$  мм, 6 мкм. Изократическое элюирование в системе метанол – 0.1 %  $H_3PO_4$  (31:69) в течение 27 мин. Далее хроматографировали, применив градиентный режим элюирования. В подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0.1 %) изменялось от 33 до 46 % за 11 мин, затем от 46 до 56 % за следующие 12 мин и от 56 до 100 % за 4 мин. Скорость потока элюента – 0.3 мл/мин. Температура колонки – 26 °С. Объем вводимой пробы – 5 мкл. Аналитическая длина волны – 360 нм.

Количественное определение индивидуальных компонентов в образцах *P. fruticosa* проводили по методу внешнего стандарта как наиболее оптимальному для хроматографического анализа многокомпонентных смесей (van Beek, 2002).

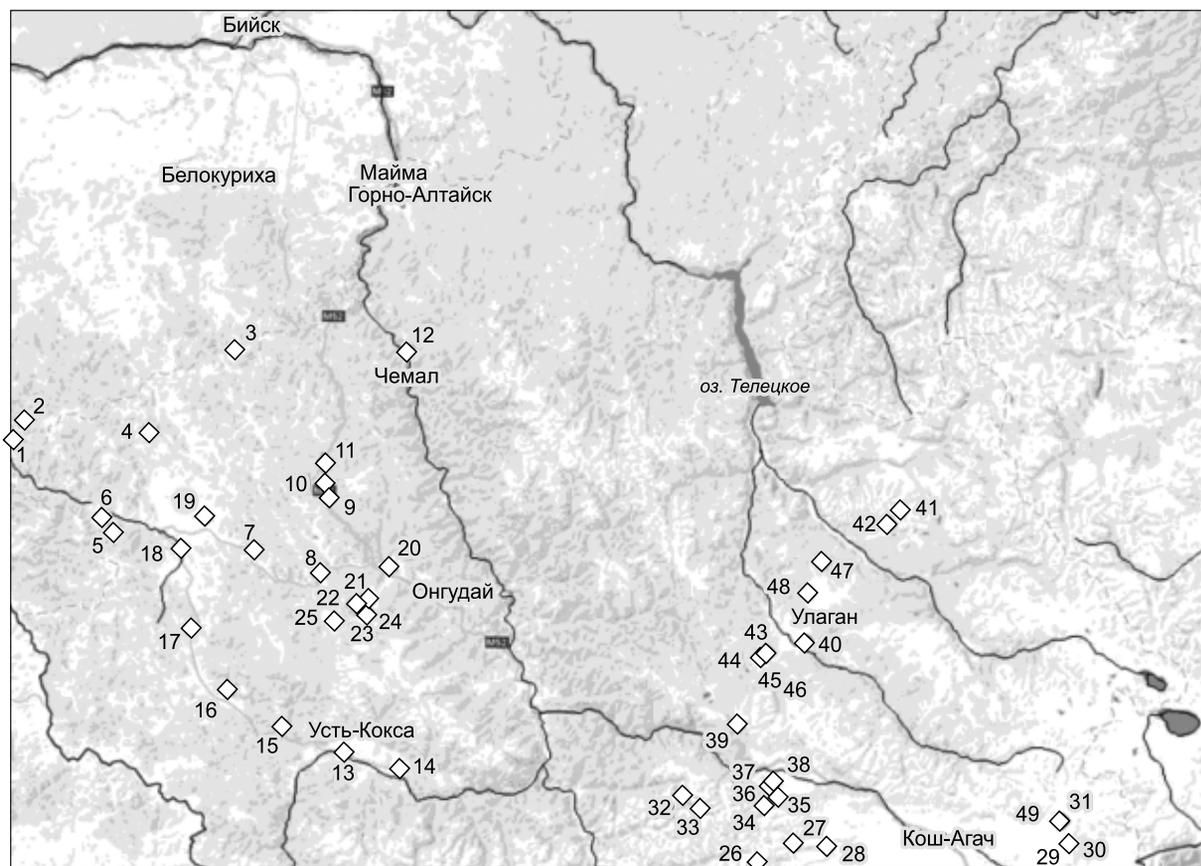


Рис. 1. Карта сбора образцов *Pentaphylloides fruticososa* (1–49) в Горном Алтае в 2008–2009 гг.

Суммарное содержание ФС оценивали по сумме площадей хроматографических пиков на  $\lambda = 360$  нм, так как для многих наиболее активных флавоноидов максимумы поглощения находятся в длинноволновой области ( $362 \pm 14$  нм), что позволяет легко отличить их от других классов веществ.

Для определения флавонолгликозидов (гликозидов кверцетина и кемпферола в отдельности) методом ВЭЖХ проводили анализ свободных агликонов – кверцетина и кемпферола, образующихся после кислотного гидролиза соответствующих гликозидов (Юрьев и др., 2003; van Beek, 2002). Для проведения кислотного гидролиза к 0.5 мл водно-этанолового извлечения прибавляли 0.5 мл HCl (2 н) и нагревали на кипящей водяной бане в течение 2 ч. После охлаждения разбавленный экстракт пропускали через концентрирующий патрон Диапак С16 (ЗАО “БиоХимМак”), агликоны смывали 96%-м этанолом. Далее хроматографировали, применив градиентный режим элюирования. В подвижной фазе содержание метанола в водном

растворе ортофосфорной кислоты (0.1 %) изменялось от 45 до 48 % за 18 мин.

Суммарное содержание флавонолгликозидов (отдельно гликозидов кверцетина и кемпферола) в образцах *P. fruticososa* рассчитывали по содержанию свободных агликонов, образующихся после кислотного гидролиза, применяя известные из литературных данных коэффициенты для пересчета концентрации агликона на соответствующий гликозид: 2.504 для кверцетина и 2.588 для кемпферола (Юрьев и др., 2003; van Beek, 2002). Содержание флавонолов определяли как сумму флавонолгликозидов и агликонов – кверцетина и кемпферола.

Полученные значения концентраций фенольных компонентов *P. fruticososa* и их суммарного содержания формируют репрезентативные статистические выборки. Дальнейшая их численная интерпретация основана на методике, включающей анализ эмпирических функций распределения параметров и последующий корреляционный анализ (Павлов и др., 2001, 2006).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование фенольного состава показало, что в экстрактах различных органов *P. fruticososa* (листья, цветки и стебли) из разных мест произрастания содержалось не менее 14 соединений фе-

нольной природы (рис. 2). На основании УФ-спектров и сопоставления времен удерживания пиков веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временами удерживания пиков стан-

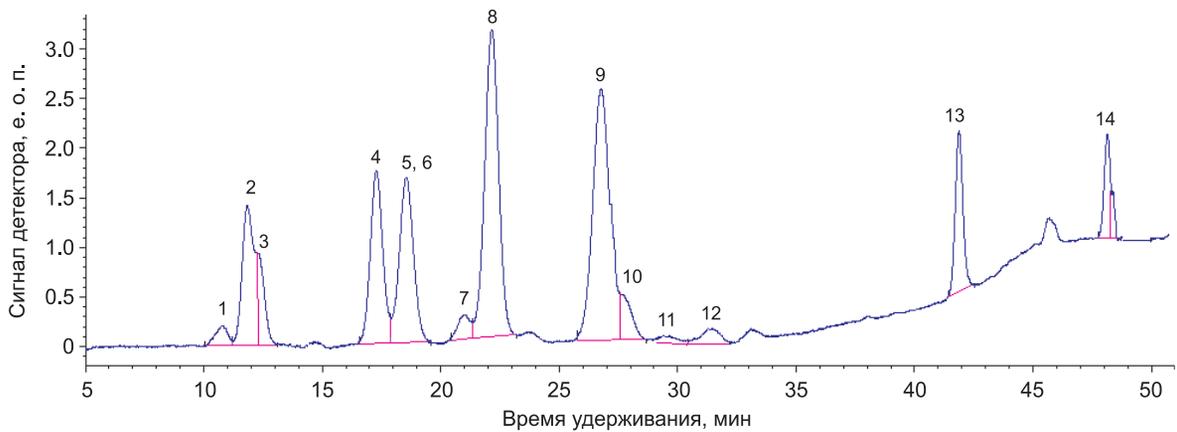


Рис. 2. Хроматограмма экстракта листьев *Pentaphylloides fruticososa* (окр. с. Усть-Кан, ЦП 5):

4 – гиперозид ( $t_r$  17.25 мин); 5, 6 – изокверцитрин + рутин ( $t_r$  18.50 мин); 7 – эллаговая кислота ( $t_r$  20.93 мин), 8 – гликозид эллаговой кислоты ( $t_r$  22.13 мин); 9 – авикулярин ( $t_r$  26.74 мин); 11 – кверцитрин ( $t_r$  29.40 мин); 12 – астрагалин ( $t_r$  31.42 мин); 13 – кверцетин ( $t_r$  41.85 мин); 14 – кемпферол ( $t_r$  49.60 мин). 1–3, 10 – неидентифицированные компоненты. Е.о.п. – единица оптической плотности.

дартных образцов установлены шесть флавонол-гликозидов – гиперозид, изокверцитрин, рутин, авикулярин, кверцитрин и астрагалин, два агликона – кверцетин и кемпферол, а также эллаговые соединения – эллаговая кислота и ее гликозид. Во время хроматографирования не удалось достичь четкого разделения изокверцитрина и рутина, поэтому рассчитано их суммарное содержание. Остальные компоненты (1–3, 10) пока не идентифицированы, но в процессе хроматографирования в режиме “on-line” зарегистрированы УФ-спектры некоторых из них. Для неидентифицированных компонентов характерно поглощение в УФ-видимой области спектра, при этом спектр поглощения содержит две полосы, одна из которых находится в низковолновой (250–290 нм) части – полоса II,

другая – в более длинноволновой (340–380 нм) – полоса I. На основании этих данных компоненты отнесены к флавоноидным структурам.

При сравнении хроматограмм экстрактов исследуемых образцов *P. fruticososa* выявлено сходство их состава, что свидетельствует о том, что качественный состав фенольного комплекса листьев, цветков и стеблей из разных местообитаний одинаков. Однако установлены существенные различия в количественном содержании ФС в зависимости от органа растения и от места произрастания.

Из полученных данных следует, что наибольшее суммарное содержание ФС отмечено в листьях, среднее – в цветках, наименьшее – в годичных побегах (рис. 3). Так, суммарное содержание

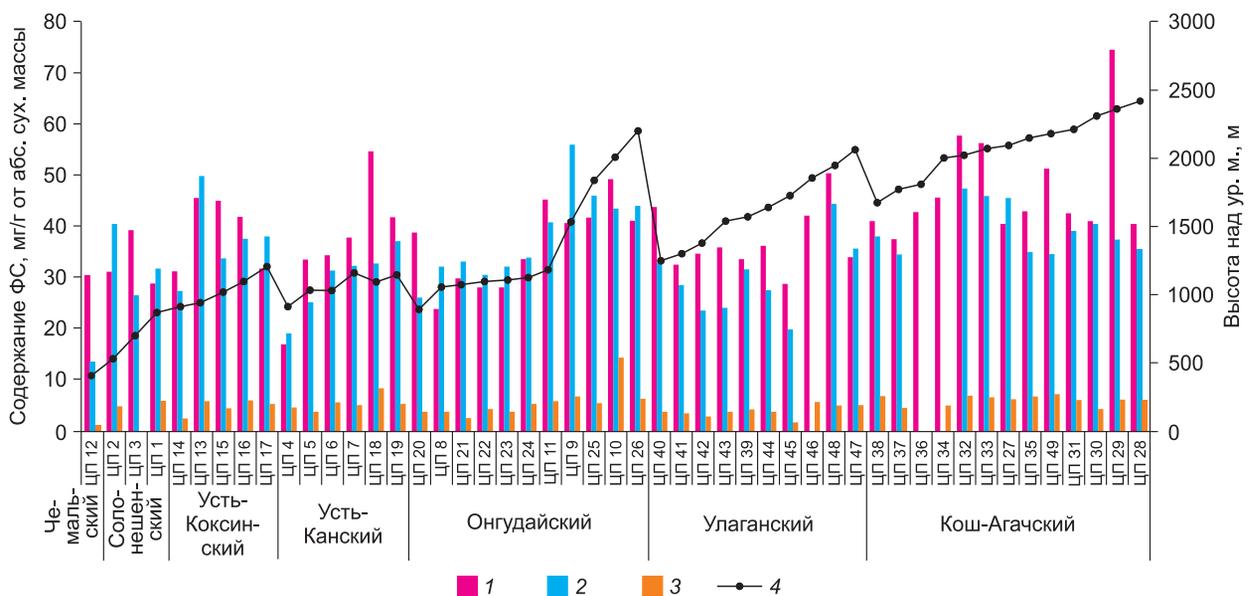


Рис. 3. Содержание фенольных соединений в листьях (1), цветках (2) и стеблях (3) *Pentaphylloides fruticososa* в Горном Алтае. Высота над уровнем моря (4).

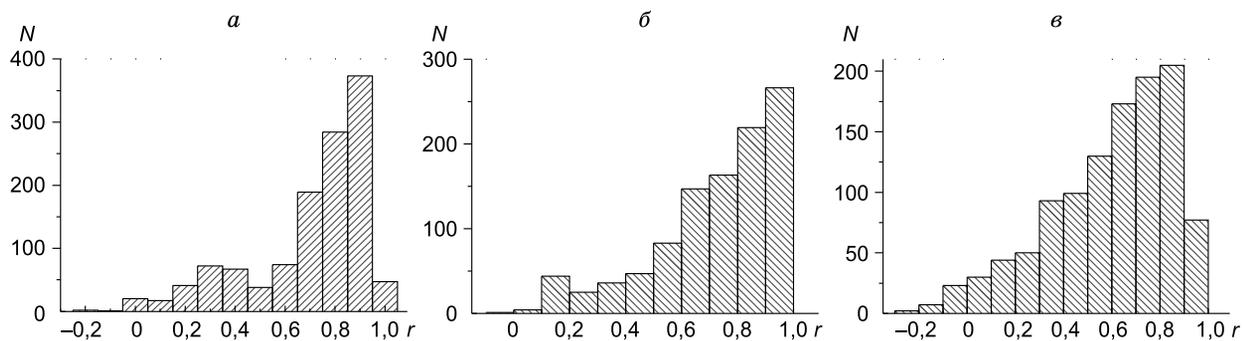


Рис. 4. Распределение коэффициентов Пирсона ( $r$ ) по числу случаев ( $N$ ) при парном сопоставлении концентраций фенольных соединений в листьях ( $a$ ), цветках ( $b$ ) и стеблях ( $v$ ) *Pentaphylloides fruticososa*.

ФС в листьях *P. fruticososa* на 15 % выше по сравнению с цветками и почти на порядок по сравнению с побегами.

Анализ отдельных компонентов показал, что в листьях доминировали авикулярин, содержание которого в 1.1–2.0 раза выше, чем в цветках, кверцитрин – в 2.6 раза, кверцетин – в 3.1 раза и компоненты 1, 2, 10. Напротив, количество гиперозида, изокверцитрина, астрагалина, кемпферола, эллаговой кислоты и компонента 3 на 10–50 % выше в цветках по сравнению с листьями. В стеблях содержание отдельных компонентов практически на порядок отличалось от такового в листьях и цветках, за исключением гликозида эллаговой кислоты, кемпферола и кверцетина, количество которых снизилось только в 2.0–3.6 раза.

Для сопоставления между собой содержания фенольных компонентов в растениях *P. fruticososa* отдельных ЦП сразу по всем 14 компонентам рассчитывались корреляционные матрицы в соответствии с методикой, использованной в ряде работ В.Е. Павловым с соавторами (2001, 2006). Установлено, что в большинстве случаев (70 %) коэффициенты линейной корреляции Пирсона ( $r$ ) принимают значения от 0.65 до 0.95, что свидетельствует о достаточно тесной связи между содержанием ФС в образцах *P. fruticososa*, отобранных из разных местобитаний. Для листьев и цветков типичны значения  $r \sim 0.7 \pm 0.2$ , для стеблей –  $r \sim 0.6 \pm 0.2$  (рис. 4).

В качестве статистических выборок рассматривались значения концентраций ( $C$ ) каждого компонента в определенном органе растения.

Таблица 1

Содержание фенольных соединений *Pentaphylloides fruticososa*, произрастающего в Горном Алтае (мг/г от абсолютно сухой массы)

Соединение	Листья				Стебли				Цветки			
	$v$	$C_{\text{ср. геом}}$	$\overline{\lg C}$	$\Delta \lg C$	$v$	$C_{\text{ср. геом}}$	$\overline{\lg C}$	$\Delta \lg C$	$v$	$C_{\text{ср. геом}}$	$\overline{\lg C}$	$\Delta \lg C$
Компонент 1	96	0.77	-0.11	0.37	46	0.09	-1.04	0.31	17	0.55	-0.26	0.26
Компонент 2	23	1.95	0.29	0.32	56	0.18	-0.74	0.32	17	1.81	0.26	0.28
Компонент 3	23	1.59	0.20	0.29	41	0.19	-0.73	0.32	14	1.97	0.29	0.24
Гиперозид	19	2.75	0.44	0.31	32	0.30	-0.52	0.32	17	3.86	0.59	0.25
Изокверцитрин + рутин	19	4.04	0.61	0.25	13	0.65	-0.19	0.25	7	6.32	0.80	0.17
Эллаговая кислота	207	1.03	0.01	0.54	39	0.66	-0.18	0.36	112	2.39	0.38	0.41
Гликозид эллаговой кислоты	21	11.0	1.04	0.24	58	0.91	-0.04	0.34	17	7.67	0.89	0.28
Авикулярин	12	5.85	0.77	0.25	19	0.41	-0.39	0.25	34	2.72	0.43	0.29
Компонент 10	107	1.45	0.16	0.32	18	0.28	-0.55	0.32	14	1.09	0.04	0.29
Кверцитрин	114	0.52	-0.29	0.46	43	0.05	-1.27	0.33	36	0.24	-0.61	0.41
Астрагалин	12	0.39	-0.41	0.24	18	0.05	-1.30	0.29	10	0.46	-0.33	0.23
Кверцетин	24	0.84	-0.08	0.36	36	0.22	-0.66	0.44	58	0.34	-0.46	0.29
Кемпферол	38	0.13	-0.87	0.31	54	0.05	-1.32	0.35	45	0.17	-0.77	0.32
Суммарное содержание ФС	4	38.0	1.58	0.11	13	4.68	0.67	0.18	4	33.1	1.52	0.12
В том числе:												
Сумма гликозидов кверцетина	6	23.3	1.37	0.17	29	1.96	0.29	0.27	4	23.8	1.38	0.14
Сумма гликозидов кемпферола	9	1.4	0.16	0.19	97	0.17	-0.77	0.33	29	1.8	0.26	0.30

Примечание:  $v$  – отношение максимальных значений концентраций к минимальным;  $C_{\text{ср. геом}}$  – среднегеометрическое значение концентрации;  $\overline{\lg C}$  – среднее значение логарифмов;  $\Delta \lg C$  – среднеквадратическое отклонение.

Объем такой выборки составлял 49 значений. В табл. 1 представлены отношения максимальных значений концентраций к минимальным ( $v = C_{\max}/C_{\min}$ ), характеризующие ширину выборки. Наименьшую изменчивость в этом плане представляет суммарное содержание ФС. В целом можно констатировать, что содержание отдельных компонентов значительно варьирует в надземных органах *P. fruticosa* в зависимости от местообитания. При этом индивидуальность особей не может быть причиной сильной изменчивости, поскольку каждый исследуемый образец представляет репрезентативную выборку из каждой ценопопуляции.

Эмпирические функции распределения концентраций для большинства компонент оказались близкими к нормальному закону. Соответствующие выборки, как правило, имеют небольшой размах – около порядка (узкие выборки), следовательно, для их осреднения допустимо использование как среднеарифметических, так и среднегеометрических значений концентраций, целесообразнее, на наш взгляд, последние. Концентрации некоторых компонентов, например эллаговой кислоты, в листьях и цветках испытывают вариации до двух порядков (широкие выборки) (см. табл. 1). В частности, вариации концентраций эллаговой кислоты, кверцитрина, авикулярина и компонента 1 в разных органах неодинаковы: широкие выборки для листьев и узкие для стеблей и цветков. Следует отметить, что деление на узкие и широкие выборки здесь весьма условно. Вместе с тем наибольшие изменения в накоплении ФС в зависимости от местообитания отмечены в листьях, что можно

расценивать как соответствие функциональным особенностям органов. Так, стабильность постоянства химического состава важна в цветках для осуществления репродуктивных функций и необходима лабильность их в листьях – для выполнения функций приспособления (Минаева, 1978).

С целью унификации процедуры осреднения для всех 14 компонентов были вычислены среднегеометрические величины ( $C_{\text{ср. геом}}$ ), средние значения логарифмов ( $\lg C$ ) и их среднеквадратические отклонения ( $\Delta \lg C$ ) по всем 49 образцам для определения характерных значений содержания соединений в различных органах *P. fruticosa* (см. табл. 1).

Сопоставление средних логарифмов концентраций исследуемых 14 компонентов в образцах листьев ( $\lg C_{\text{л}}$ ), стеблей ( $\lg C_{\text{с}}$ ) и цветков ( $\lg C_{\text{ц}}$ ), отобранных на территории Горного Алтая, представлено на рис. 5. Показано, что компоненты различных частей *P. fruticosa* распределены по концентрациям в определенном порядке и лежат достаточно близко к аппроксимирующим прямым. Наибольшие отклонения от аппроксимирующих прямых дает эллаговая кислота.

Соответствующие значения коэффициентов линейной корреляции ( $r$ ) и параметров уравнения регрессии  $\lg C_{\text{с}} = A \cdot \lg C_{\text{л}} + B$  со среднеквадратическими отклонениями  $\Delta A$  и  $\Delta B$  представлены в табл. 2. Близкие к 1 значения коэффициентов корреляции  $r$  свидетельствуют о высокой степени сходства иерархии ФС в исследованных органах *P. fruticosa*. Среднее значение  $r$  составляет 0,9, что указывает на достаточно сильную связь

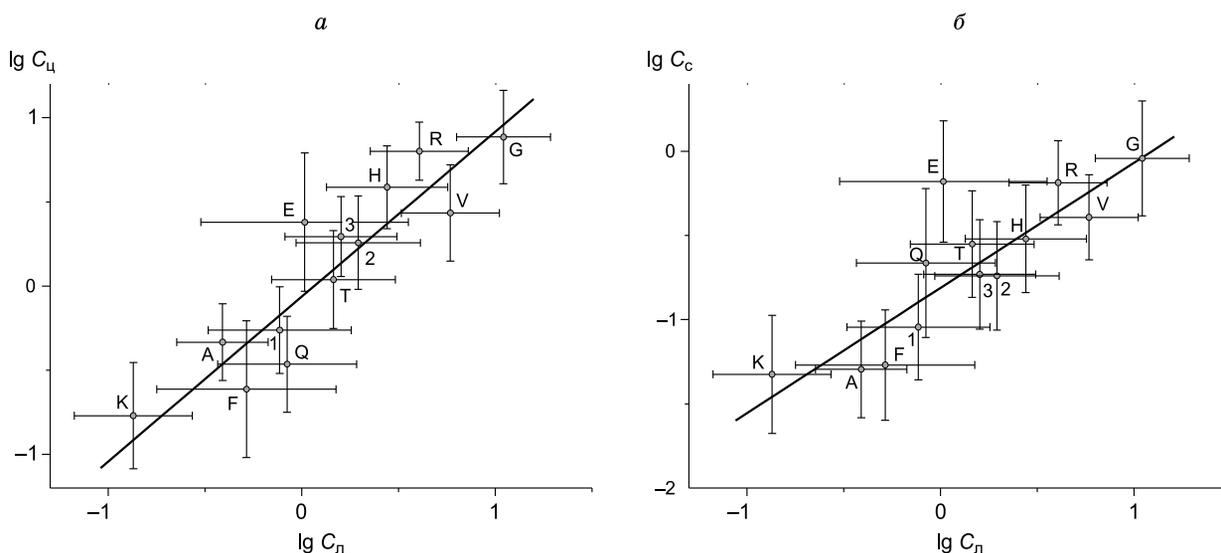


Рис. 5. Сопоставление характерных содержаний 14 фенольных компонентов в надземных органах *Pentaphylloides fruticosa* (а, б):

1 – компонент 1; 2 – компонент 2; 3 – компонент 3; Н – гиперозид; Р – изокверцитрин + рутин; Е – эллаговая кислота; G – гликозид эллаговой кислоты; V – авикулярин; Т – компонент 10; F – кверцитрин; А – астрагалин; Q – кверцетин; К – кемпферол.

Таблица 2

**Параметры линейной связи между логарифмами концентраций фенольных соединений в разных органах *Pentaphylloides fruticososa***

Органы растений	<i>r</i>	<i>A</i>	$\Delta A$	<i>B</i>	$\Delta B$
Листья-стебли	0.87	0.74	0.13	-0.81	0.07
Листья-цветки	0.92	1.00	0.13	-0.01	0.07
Стебли-цветки	0.89	1.11	0.17	0.91	0.13

*Примечание.* *r* – коэффициент линейной корреляции Пирсона;  $A \pm \Delta A$  и  $B \pm \Delta B$  – параметры уравнения линейной регрессии  $\lg C_c = A \cdot \lg C_n + B$  с соответствующими доверительными интервалами.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ растений *P. fruticososa*, отобранных в 2008–2009 гг. из природных ценопопуляций Горного Алтая, показал, что качественный состав фенольного комплекса листьев, цветков и стеблей идентичен вне зависимости от условий произрастания.

Установлено, что суммарное содержание фенольных соединений в листьях и цветках *P. fruticososa* статистически не различимо и практически на порядок выше по сравнению со стеблями. Содержание отдельных компонентов значительно варьирует в надземных органах *P. fruticososa*, что, возможно, связано как с различиями условий местообитаний, так и функциональными особенностями органов.

$y = A \cdot x + B$ . При сопоставлении по предлагаемой методике листьев с цветками оказалось, что тангенс угла наклона  $\text{tg } A = 1.00$ . Следовательно, не только логарифмы, но и непосредственно сами среднегеометрические концентрации ФС в цветках и листьях в пределах среднеквадратического разброса практически линейно связаны между собой. Близкое к нулю значение отсечки *B* свидетельствует о том, что суммарное содержание ФС в листьях и цветках статистически не различимо, т. е. практически одинаково в рамках исследованной выборки. В стеблях же суммарное содержание ФС в 7–8 раз ниже, чем в цветках и листьях.

Выявлена высокая ( $r \sim 0.9$ ) корреляционная связь между содержаниями фенольных соединений в листьях и цветках *P. fruticososa*.

Вычислены среднегеометрические значения содержания фенольных соединений (суммарные, по группам и отдельным компонентам) в надземных органах *P. fruticososa* Горного Алтая, которые свойственны виду и могут применяться при сравнительном анализе с другими растениями, а также для стандартизации растительного сырья и включения в базу данных.

Представленные материалы в работе могут быть квалифицированы как основа для построения модели распределения фенольных компонентов по концентрациям в надземных органах *P. fruticososa* из Горного Алтая.

### ЛИТЕРАТУРА

- Высочина Г.И., Волхонская Т.А., Перфильева Л.В., Обухова Л.А., Кукушкина Т.А., Карпова Е.А. Безалкогольные лечебно-профилактические бальзамы на основе сибирских трав и ягод // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными природными ресурсами и создания продуктов: Материалы II Рос. науч.-практ. конф. (Москва, 2–3 июня, 2003 г.). М., 2003. С. 266–267.
- Ганенко Т.В., Верещагин А.Л., Семенов А.А. Химический состав *Potentilla fruticosa*. 3. Флавоноиды и свободные стеринны // Химия природ. соединений. 1991. № 2. С. 285.
- Ганенко Т.В., Луцкий В.И., Ларин М.Ф., Верещагин А.Л., Семенов А.А. Химический состав *Potentilla fruticosa* 1. Флавоноиды // Химия природ. соединений. 1988. № 3. С. 451.
- Евстиропов А.Н., Бурова Л.Г., Грек О.Р., Захарова Л.Н., Волхонская Т.А. Применение полифенольного комплекса, экстрагированного из пятилисточника кустарникового (*Pentaphylloides fruticososa* (L.) O. Schwarz), для профилактики вирусной инфекции Коксаки // Бюл. сиб. медицины. 2002. № 4. С. 27–31.
- Куминова А.В. Растительный покров Алтая. Новосибирск, 1960. 450 с.
- Курбатский В.И. Род *Pentaphylloides* Duhamel – Пятилистник // Флора Сибири. Т. 8. Rosaceae. Новосибирск, 1988. С. 36–38.
- Минаева В.Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск, 1978. 253 с.
- Нагаслаева О.В., Николаева Г.Г., Хобракова В.Б. Определение фенольных соединений полиэкстракта “Иммунополифит” // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2009. № 3 (67). С. 211–215.
- Николаева И.Г. Разработка и стандартизация средств растительного происхождения, обладающих адаптогенной активностью: Автореф. дис. ... д-ра фарм. наук. Улан-Удэ, 2012. 47 с.
- Николаева И.Г., Хобракова В.Б., Арьяева М.М. Пятилисточник кустарниковый (Курильский чай кустарниковый). Улан-Удэ, 2001. 110 с.
- Павлов В.Е., Суторихин И.А., Гранберг И.Г., Карбышев С.Ф., Ковальская Г.А., Микушин В.В. Соотношение концентраций элементов в аэро- и гидрозоле в бассейне Средней Оби // Докл. РАН. 2001. Т. 380, № 6. С. 813–815.
- Павлов В.Е., Суторихин И.А., Хвостов И.В. Мезомасштабная устойчивость в распределении ряда химических элементов в снеговом покрове Ал-

- тайского края // Докл. РАН. 2006. Т. 406, № 4. С. 544–547.
- Седельников В.П.** Высокогорная растительность Алтае-Саянской горной области. Новосибирск, 1988. 223 с.
- Соколов С.Я.** Род *Dasiphora* Raf. – Курильский чай // Ареалы деревьев и кустарников СССР. Л., 1980. Т. 2. С. 85–86.
- Триль В.М., Стальная М.И., Иващенко Т.А.** Курильский чай в природе и культуре (перспективы его использования). Майкоп, 2008. 264 с.
- Федосеева Г.М.** Фенольные соединения *Potentilla fruticosa* // Химия природ. соединений. 1979. № 4. С. 575–576.
- Храмова Е.П.** Фенольные соединения надземной части *Pentaphylloides fruticosa* (*Rosaceae*), произрастающего в Горном Алтае // Раст. ресурсы. 2014. Т. 50, вып. 4. С. 123–135.
- Храмова Е.П., Комаревцева Е.К.** Изменчивость флавоноидного состава листьев *Potentilla fruticosa* (*Rosaceae*) разных возрастных состояний в условиях Горного Алтая // Раст. ресурсы. 2008. Т. 44, вып. 3. С. 96–102.
- Шкель Н.М., Храмова Е.П., Кузаков Е.В., Волхонская Т.А., Триль В.М.** Фенольные соединения *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz // Химия в интересах устойчивого развития. 1997. Т. 5, № 1. С. 123–127.
- Юзепчук С.В.** Подсем. *Rosoideae* // Флора СССР / Под ред. В.Л. Комарова. М.; Л., 1941. Т. 10. С. 68–73.
- Юрьев Д.В., Эллер К.И., Арзамасцев А.П.** Анализ флавонолгликозидов в препаратах и БАД на основе экстракта *Ginkgo biloba* // Фармация. 2003. № 2. С. 7–10.
- Bate-Smith E.C.** Chromatography and taxonomy in the *Rosaceae* with special reference to *Potentilla* and *Prunus* // J. Linnean Soc. London. 1961. Botany. V. 58, No. 370. P. 39–54.
- Miliauskas G., van Beek T.A., Venskutonis P.R., Linsen J.P.H., de Waard P., Sudhölter E.J.** Antioxidant activity of *Potentilla fruticosa* // J. Sci. Food and Agr. 2004. V. 84. P. 1997–2009.
- Mironova G.D., Shigaeva M.I., Belosludtseva N.V., Gritsenko E.N., Belosludtsev K.N., Germanova E.L., Lukyanova L.D.** Effect of several flavonoid-containing plant preparation on activity of mitochondrial ATP-depend potassium channel // Bull. Experim. Biol. Med. 2008. V. 146, No. 2. P. 229–231.
- Tomczyk M., Leszczynska K., Jakoniuk P.** Antimicrobial activity of *Potentilla* species // Fitoterapia. 2008. V. 79, Iss. 7–8. P. 592–594.
- Van Beek T.A.** Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts // J. Chromatogr. A. 2002. V. 967. P. 21–35.