

Е.П. Храмова

E.P. Khramova

ХЕМОТАКСОНОМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИБИРСКИХ ВИДОВ РОДА *PENTAPHYLLOIDES* HILL

CHEMOTAXONOMIC STUDY OF SIBERIAN SPECIES OF *PENTAPHYLLOIDES*

Аннотация. В статье представлены результаты изучения состава и содержания фенольных соединений в надземных органах четырех видов из рода *Pentaphylloides*: *P. fruticosa*, *P. davurica*, *P. × mandshurica* и *P. parvifolia*, которые различаются между собой по экологической приуроченности, габитусу, декоративным особенностям. Установлено, что для каждого из них характерен свой фенольный профиль. Наибольшее число компонентов фенольной структуры присутствовало у растений *P. davurica*, наименьшее – у *P. fruticosa*. Растения *P. fruticosa* характеризовались повышенным содержанием гликозидов кверцетина, гибрид *P. × mandshurica* – гликозидов рамнетина, а *P. davurica* – гликозидов кемпферола в цветках. Рамнетин (кверцетин-7-метилловый эфир) отмечен только в листьях *P. × mandshurica*, *P. parvifolia* и *P. davurica* из Забайкалья. В листьях *P. davurica* из Приморья не обнаружен астрагалин, у *P. × mandshurica* – компонент 11, кверцитрин и астрагалин. *Pentaphylloides parvifolia* отличался от остальных отсутствием кверцитрина и компонента 11 в надземной части, что является видоспецифичной характеристикой.

Ключевые слова: *Pentaphylloides fruticosa*, *P. davurica*, *P. × mandshurica*, *P. parvifolia*, хемотаксономия, фенольные соединения, флавоноиды, хемотаксономические маркеры.

Summary. The composition and content of phenolic compounds in the above-ground plant organs of Siberian *Pentaphylloides* species were studied. In the case of the genus *Pentaphylloides*, the following four species are found in the Asian part of Russia: bush cinquefoil (*P. fruticosa*), white-naped cinquefoil (*P. davurica*), manchurian cinquefoil (*P. × mandshurica*), and small-leaved cinquefoil (*P. parvifolia*). These species differ considerably from one another with respect to their habitats, habits, and ornamental characteristics. Each of *Pentaphylloides* species under study had its own phenolic profile: the greatest number of phenolic structure components was found in *P. davurica*, the smallest one in *P. fruticosa*. *Pentaphylloides fruticosa* is characterized by increased accumulation of quercetin glycosides, hybrid *P. × mandshurica* – that of rhamnetin glycosides and *P. davurica* – kaempferol glycosides in flowers. Rhamnetin (quercetin-7-methyl ether) is found only in the leaves of *P. × mandshurica*, *P. parvifolia* and *P. davurica* from Transbaikalia. Astragaline is not found in the leaves of *P. davurica* from Primorie. Component 11, and quercitrin astragaline are not found in the leaves of *P. × mandshurica*. Quercitrin and component 11 is absent in the above-ground plant organs of *P. parvifolia*, which is a characteristic of the species.

Key words: Chemotaxonomic markers, cinquefoils, flavonoids, *Pentaphylloides fruticosa*, *P. davurica*, *P. × mandshurica*, *P. parvifolia*, phenolic compounds.

В Азиатской России встречаются 4 вида из рода *Pentaphylloides* Hill – *P. fruticosa* (L.) O. Schwarz, *P. davurica* (Nestl.) Ikonn., *P. mandshurica* (Maxim.) Soják и *P. parvifolia* (Fisch. ex Lehm.) Soják, которые заметно различаются между собой по экологической приуроченности, габитусу, декоративным особенностям. Самый большой ареал имеет *P. fruticosa*, произрастающий на обширной территории Сибири и российского Дальнего Востока. *Pentaphylloides davurica* встречается в Юго-Восточном Забайкалье и на Дальнем Востоке в бассейне Амура, аре-

ал *P. × mandshurica* – в Южном Приморье, *P. parvifolia* – на Алтае и в Южном Забайкалье (Коропачинский, Встовская, 2002).

В Центральном сибирском ботаническом саду (ЦСБС СО РАН) в настоящее время культивируются *P. davurica*, *P. fruticosa* и *P. × mandshurica*. Эти виды зимостойки, ежегодно цветут и плодоносят, рекомендованы для использования в озеленении (Встовская, Коропачинский, 2005). Особо декоративны кустарники в период цветения, который превышает в местных условиях 55–60 дней.

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская, 101; 630090, Новосибирск, Россия;
e-mail: khramova@ngs.ru
Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Zolotodolinskaya str., 101; 630090, Novosibirsk, Russia

Поступило в редакцию 15.04.2013 г.
Принято к публикации 29.11.2013 г.

Submitted 15.04.2013
Accepted 29.11.2013

Известно, что виды рода *Pentaphylloides* содержат ценные биологически активные вещества – флавоноиды, дубильные вещества, три-терпеноидные сапонины, фенолкарбоновые кислоты, витамины, полисахариды (Вульф, 1925; Ганенко и др., 1988, 1989, 1991; Запрометов, Бухлаева, 1968; Николаева, 2007; Телятьев, Тюнина 1971; Федосеева, 1978, 1979; Шкель и др., 1997; Шретер, 1975; Bate-Smith, 1961; Le Men J. et al., 1955; Miliuskas et al., 2004).

Флавоноидный состав одного из представителей этого рода, *P. fruticosa*, изучен достаточно подробно. Из наземной части пятилистника кустарникового 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 4 ацилированных флавонолгликозида – 6''-О-галлат-3-β-D-галактопиранозид кверцетина, кемпферол-3-О-β-(6''-О-(Е)-р-кумарил)-глюкопиранозид, тернифлорин и трибулозид (Ганенко и др., 1988, 1991; Федосеева, 1979; Шкель и др., 1997; Bate-Smith, 1961; Miliuskas et al., 2004). Остальные представители сибирских видов рода *Pentaphylloides* менее изучены в этом аспекте.

В хемотаксономических исследованиях из всех вторичных соединений фенольные соединения и флавоноиды, в частности, наиболее

широко используются, в основном, из-за их повсеместного распространения в растениях, значительного структурного разнообразия, химической устойчивости и возможности достаточно легкой и быстрой идентификации. Значительная часть современных исследований по хемосистематике выполнена с использованием фенольных соединений и флавоноидов (Высочина, 2004; Пименов, Борисова, 1987). Фенольные соединения могут быть хорошими таксономическими маркерами практически на всех уровнях – от порядков до внутривидового (Высочина, 2004).

Цель работы заключалась в сравнительном изучении фенольного состава сибирских представителей рода *Pentaphylloides*, выявлении видов с высоким содержанием фенольных соединений и использовании полученных данных в качестве хемотаксономических маркеров.

Материалы и методы. Материалом для исследования выбраны образцы *P. davurica*, *P. fruticosa* и *P. × mandshurica*, произрастающие в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС) (табл. 1). Образец *P. davurica* из Приморья в природе имеет низкую распластанную форму, он сохранил ее при интродукции в Новосибирске; *P. davurica* из Забайкалья – с восходящими, слабо ветвящимися побегами, цветки у вида белые. Для растений *P. fruticosa* характерна густая, почти шаровидная крона, сизовато-зеленые волосистые листочки, золотисто-желтые цветки. Гибрид *P. × mandshurica* отличается интенсивным ветвлением, опушенными листочками, весьма крупными одиночными или собранными в немногочисленные соцветия белыми цветками. *Pentaphylloides parvifolia* собран в природной ценопопуляции Центрального Алтая (Онгудайский район), где

Таблица 1

Происхождение образцов *Pentaphylloides*, использованных в исследовании

Название вида (гибрида)	Происхождение	Экологические особенности
<i>P. davurica</i>	Поступил в ЦСБС из природной ЦП (хр. Лозовый, Партизанский р-н, Приморский край, 760 м над у.м.) в 2006 г.	Мезофит, мезотроф, среднетеневынослив
	Поступил в ЦСБС из природной ЦП (Забайкалье, Читинская обл.) в 1995 г.	
<i>P. fruticosa</i>	Поступил в ЦСБС из Алтайского филиала ЦСБС, где выращен из семян, собранных в природной ЦП (окр. с. Бичикту-Бом, Онгудайский район, Республика Алтай) в 2004 г.	Мезофит, мезотроф, относительно теневынослив
<i>P. × mandshurica</i>	Поступил в ЦСБС в виде семян из Ботанического сада УрО РАН, г. Свердловск, в 1972 г., выращен из черенков, высажен в 2004 г.	Мезоксерофит, петрофит, светолюбив
<i>P. parvifolia</i>	Собран в природной ЦП (окр. с. Иня, Онгудайский район, Республика Алтай) в 2011 г.	Ксерофит

растения произрастали в кустарниково-разнотравной степи по долине р. Катунь в устье р. Малый Яломан.

Для определения содержания фенольных соединений (ФС) брали среднюю пробу с 1–20 особей разных видов в фазе массового цветения (27. 07. 2011 г.). Годичные облиственные побеги длиной 15–20 см срезали равномерно по поверхности кроны, разделяли на листья, стебли и цветки. Точную навеску свежесобранного растительного материала (0,5 г) заливали 96%-ным этанолом, настаивали 20–30 дней, затем исчерпывающе экстрагировали 70% и 96%-ным этанолом при нагревании на водяной бане при $T=60-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Минаева, 1978).

Анализ ФС пятилистника выполняли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе Agilent 1200 (Agilent Technologies, США) с диодно-матричным детектором, автосамплером и программным обеспечением обработки хроматографических данных ChemStation. Условия хроматографирования: колонка, заполненная обращенно-фазовым сорбентом ZORBAX SB-C18, $4,6 \times 150\text{ мм}$, 5мкм. 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 – 1 мл/мин. Температура колонки – 26 °C. Объем вводимой пробы – 5 мкл. Аналитические длины волн – 254, 270, 290, 340, 360 и 370 нм.

Для определения флавонолгликозидов (гликозидов кверцетина, кемпферола и рамнетина в отдельности) проводили анализ агликонов – кверцетина, кемпферола и рамнетина, образующихся после кислотного гидролиза соответствующих гликозидов (Юрьев и др., 2003; van Beek, 2002). Для проведения кислотного гидролиза к 0,5 мл водно-этанольного извлечения прибавляли 0,5 мл HCl (2 н) и нагревали на кипящей

водяной бане в течение 2-х часов. После охлаждения разбавленный экстракт пропускали через концентрирующий патрон, агликоны смывали 96%-ным 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. Содержание флавонолгликозидов (отдельно гликозидов кверцетина и кемпферола) в образцах пятилистника кустарникового рассчитывали по содержанию свободных агликонов, образующихся после кислотного гидролиза. Для пересчета концентрации агликона на соответствующий гликозид применяли известные из литературных данных коэффициенты – 2,504 для кверцетина и 2,588 для кемпферола (Юрьев и др., 2003; van Beek, 2002). Пересчет концентрации рамнетина на соответствующий гликозид проводили по кверцетину.

Содержание флавонолов определяли как сумму флавонолгликозидов и агликонов – кверцетина, кемпферола и рамнетина. Подробное описание методики пробоподготовки, анализа и расчетов приведено нами ранее в работе Храмовой и Комаревцевой (2008).

Результаты и обсуждение. Сравнительный анализ агликонов, образовавшихся после кислотного гидролиза, показал, что в гидролизатах листьев изучаемых видов содержится 3 компонента, идентифицированных как кверцетин, кемпферол и рамнетин путем сопоставления времен удерживания пиков веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временами удерживания пиков стандартных образцов, УФ-спектрами и литературными данными (Федосеева, 1978, Шкель и др., 1997; Bate-Smith, 1961; Miliuskas et al., 2004) (рис. 1).

Однако в соотношении производных кверцетина, кемпферола и рамнетина проявились различия между изучаемыми видами (табл. 2). Так, в листьях *P. fruticosa*, *P. davurica* из Приморья и *P. parvifolia* преобладают производные кверцетина; *P. × mandshurica* – производные рамнетина, а у *P. davurica* из Забайкалья доли кверцетина и рамнетина практически равнознач-

Таблица 2
Соотношение кверцетина, кемпферола и рамнетина в гидролизатах надземных органов сибирских видов рода *Pentaphylloides*

Орган растения	<i>P. fruticosa</i>	<i>P. × mandshurica</i>	<i>P. davurica</i> (Забайкалье)	<i>P. davurica</i> (Приморье)	<i>P. parvifolia</i>
	кверцетин:кемпферол:рамнетин				
листья	90:4:6	26:2:72	41:2:57	80:4:16	67:16:17
цветки	86:14:0	66:15:19	45:39:16	78:17:5	79:21:0
стебли	81:19:0	39:5:56	58:9:33	75:7:18	89:11:0

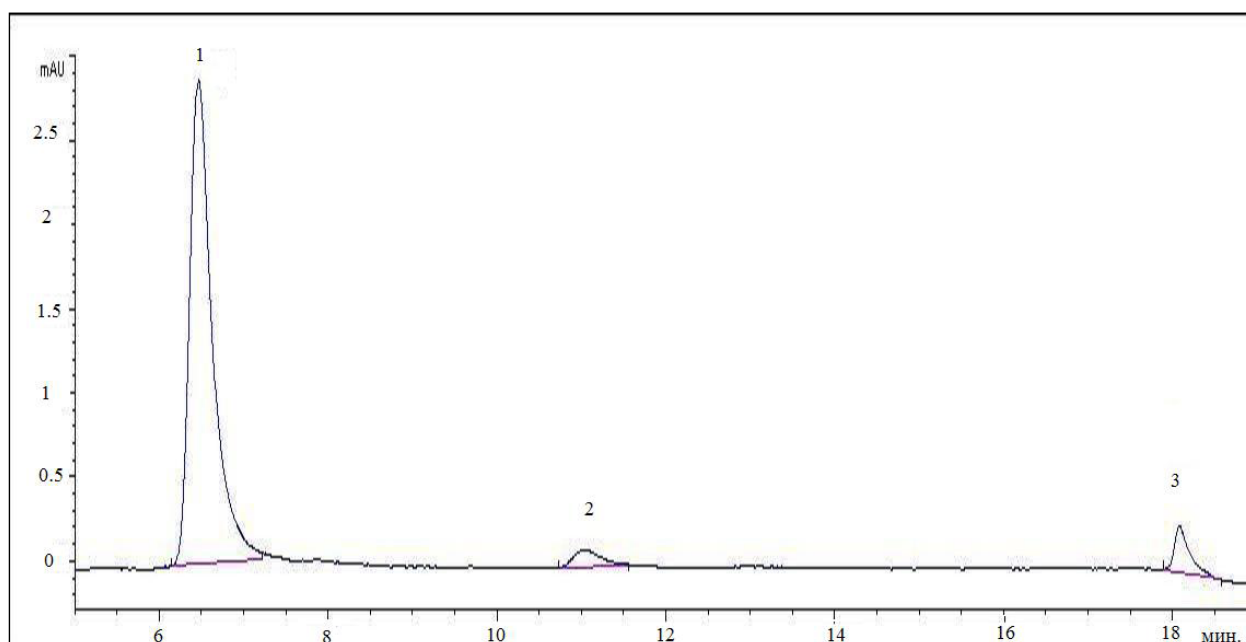


Рис. 1. Хроматограмма гидролизата листьев *Pentaphylloides fruticoso*. 1 – кверцетин, 2 – кемпферол, 3 – рамнетин. По оси абсцисс – время удерживания, мин.; по оси ординат – оптическая плотность.

ны. В цветках и стеблях *P. fruticoso* и *P. parvifolia* также преобладают производные кверцетина, но не обнаружены производные рамнетина. В цветках *P. × mandshurica* большую долю составляют производные кверцетина, а в стеблях – рамнетина. В цветках *P. davurica* из Забайкалья доля кверцетина сопоставима с долей кемпферола, а в стеблях преобладает кверцетин. В цветках и стеблях *P. davurica* из Приморья преобладает кверцетин.

Исследование фенольного состава водно-этанольных экстрактов пятилистика разных видов показало, что в них содержится не менее 30 соединений. На основании полученных спектральных данных (УФ- и масс-спектроскопии) и сопоставлении времен удерживания пиков веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временами удерживания пиков стандартных образцов установлены шесть флавонолгликозидов – гиперозид (компонент 5), изокверцитрин (компонент 6), рутин (компонент 7), авикулярин (компонент 10), кверцитрин (компонент 12) и астрагалин (компонент 13), три агликона – кверцетин (компонент 21), кемпферол (компонент 27) и рамнетин (компонент 30), а также эллаговая кислота (компонент 8) и ее гликозид (компонент 9). Остальные компоненты (1–4, 11, 14–20, 22–26, 28–29) пока не идентифицированы, но в процессе хроматографирования в режиме «on-line» были 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 все компоненты отнесены к флавоноидным структурам.

Сравнительный анализ хроматограмм исследованных экстрактов показал, что наибольшее число компонентов обнаружено в надземных органах приморских особей *P. davurica* (19–23 компонента), наименьшее – у *P. fruticoso* (15–17 компонентов) (рис. 2).

Состав группировки из первых 3-х компонентов в экстрактах надземных органов *P. fruticoso*, *P. × mandshurica* и *P. parvifolia* идентичен. В цветках *P. davurica* из Забайкалья не обнаружен компонент 3. В листьях *P. davurica* из Приморья не найдены компоненты 1 и 2, в цветках – компонент 1, но в листьях и стеблях дополнительно выявлен компонент 4. Группировка из следующих 6-ти компонентов – гиперозид, изокверцитрина, рутина, эллаговой кислоты и ее гликозида, а также авикулярина свойственна всем изучаемым образцам пятилистика вне зависимости от органа растения и места происхождения. Компонент 11 и кверцитрин (компонент 12) не обнаружен в надземных органах *P. parvifolia*, в отличие от других видов, что, по-видимому, является видоспецифичной характеристикой. Сходную картину демонстрируют листья и цветки *P. × mandshurica*, в которых не найдены компонент 11 и кверцитрин, но эти компоненты присутствуют в стеблях. В листьях *P.*

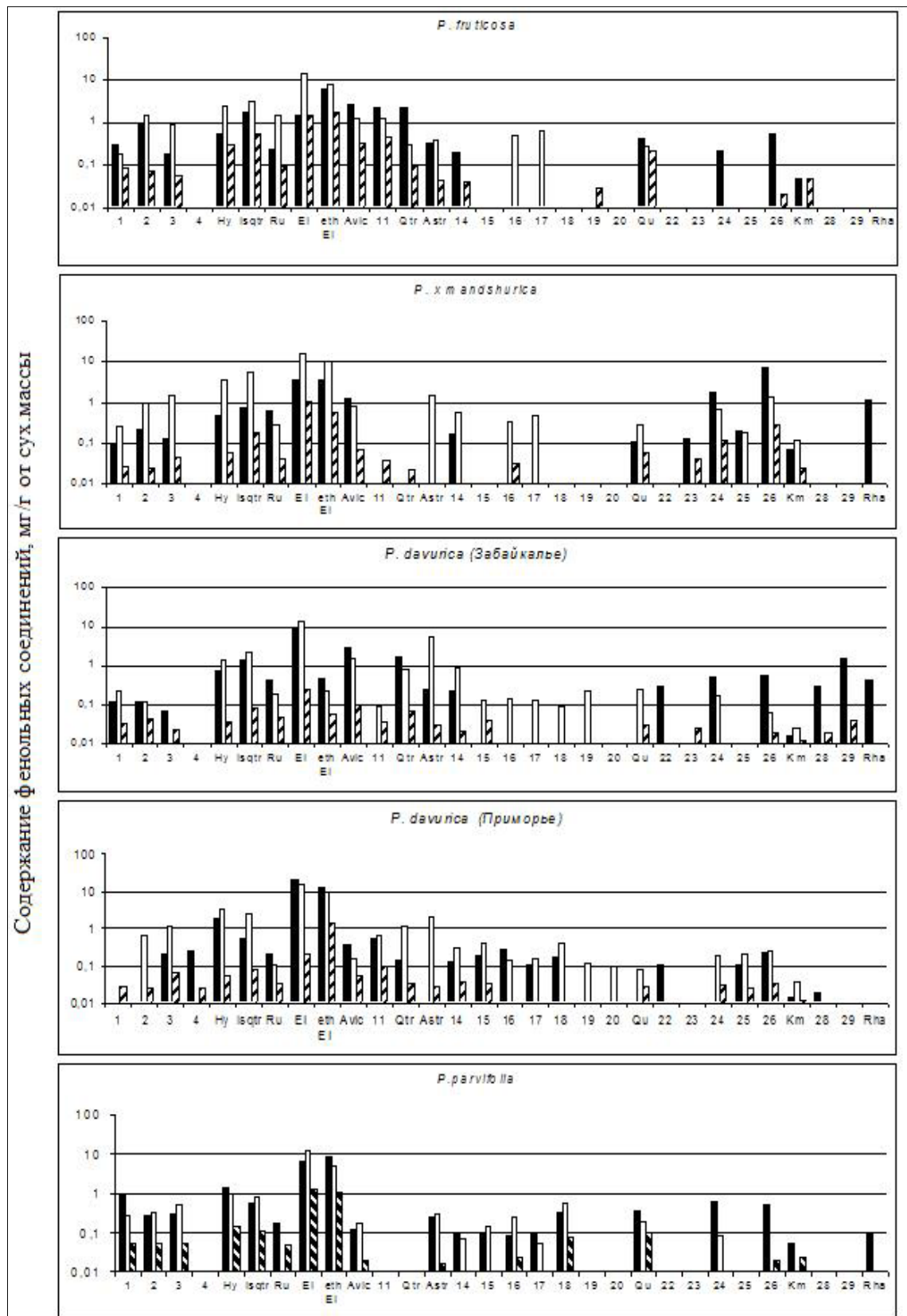


Рис. 2. Содержание фенольных соединений в надземной части растений рода *Pentaphylloides* (мг/г от сух. массы). По оси абсцисс: Hy – гиперозид (комп. 5), Isqtr – изокверцитрин (комп. 6), Ru – рутин (комп. 7), El – эллаговая кислота (комп. 8), ethEl – гликозид эллаговой кислоты (комп. 9), Avic – авикулярин (комп. 10), Qtr – кверцитрин (комп. 12), Astr – астрагалин (комп. 13), Qu – кверцетин (комп. 21), Km – кемпферол (комп. 27), Rha – рамнетин (комп. 30), остальные – неидентифицированные фенольные компоненты. По оси ординат: содержание компонентов, мг/г от сух. массы. ■ – листья, □ – цветки, ▨ – стебли.

davurica из Забайкалья нет компонента 11. В листьях и стеблях *P. × mandshurica*, как и в листьях приморских образцов *P. davurica*, отсутствует астрагалин. Компонент 14 обнаружен практически во всех образцах, за исключением цветков *P. fruticosa* и стеблей гибрида *P. × mandshurica*. Обращает на себя внимание появление 4-х компонентов (15–18) в листьях и цветках *P. parvifolia* и *P. davurica* из Приморья, а также в цветках последнего – компонента 20, в отличие от остальных образцов. Некоторые из компонентов 15–18 найдены только в цветках и стеблях остальных изучаемых видов. В отличие от *P. fruticosa*, *P. parvifolia* и гибрида *P. × mandshurica*, в листьях *P. davurica* отсутствует либо находится в следовых количествах кверцетин. Для листьев вида *P. davurica* характерны компоненты 22 и 28, для листьев и стеблей забайкальских особей – компонент 29, а компонент 25 свойственен листьям и цветкам *P. × mandshurica* и *P. davurica* из Приморья. Рамнетин (кверцетин 7-метиловый эфир, компонент 30) в свободном виде обнаружен только в листьях *P. × mandshurica*, *P. parvifolia* и *P. davurica* из Забайкалья.

Таким образом, можно заключить, что для каждого вида рода *Pentaphylloides* характерен свой фенольный профиль.

Различия между изучаемыми видами обнаружены также в содержании отдельных компонентов фенольной природы. Лидирующее положение по накоплению эллаговой кислоты и ее гликозида в листьях (20,39 и 12,99 мг/г от сух. массы, соответственно) принадлежит растениям *P. davurica* из Приморья. Кроме того, в отличие от остальных видов, в листьях приморских образцов найдено максимальное содержание гиперозида (1,89 мг/г). В листьях *P. fruticosa* преобладают изокверцитрин (1,73 мг/г), кверцитрин (2,33 мг/г), астрагалин (0,32 мг/г), кверцетин (0,43 мг/г), компоненты 2 и 11 (1,01 и 2,33 мг/г, соответственно) по сравнению с другими образцами. Главными фенольными компонентами в листьях *P. × mandshurica* являются компонент 26 (6,94 мг/г) и рамнетин (1,13 мг/г). Листья *P. davurica* из Забайкалья выделяются по содержанию авикулярина (2,82 мг/г), *P. parvifolia* – компонента 1 (0,86 мг/г).

В цветках *P. × mandshurica* в максимальных концентрациях накапливается эллаговая кислота (16,09 мг/г), ее гликозид (10,14 мг/г), гиперозид (3,60 мг/г), изокверцитрин (5,58 мг/г), компонент 26 (1,38 мг/г) и кемпферол (0,11 мг/г). Цветки *P. davurica* из Забайкалья выделяются высоким содержанием астрагалина (5,67 мг/г) и

авикулярина (1,60 мг/г), а приморские образцы – кверцитрина (1,11 мг/г). По содержанию рутина и кверцетина (1,43 и 0,28 мг/г, соответственно) отличаются цветки *P. fruticosa*. Обращает на себя внимание, что у видов пятилистника с белыми цветками в значительном количестве накапливаются астрагалин (1,50–5,67 мг/г), компонент 14 (0,30–0,92 мг/г), компонент 24 (0,17–0,67 мг/г), компонент 26 (до 1,38 мг/г) и кемпферол (0,03–0,11 мг/г), в отличие от минорных концентраций или полного отсутствия этих компонентов в желтых цветках *P. fruticosa* и *P. parvifolia*.

По наибольшему содержанию практически всех компонентов в стеблях среди изучаемых видов выделяется *P. fruticosa*, за исключением компонента 25, содержание которого выше в стеблях *P. × mandshurica*.

Виды пятилистника различаются также по суммарному содержанию фенольных соединений в надземных органах (табл. 3). В листьях фенольные соединения в наибольшем количестве накапливались у *P. davurica* из Приморья (38,85 мг/г), что в большей степени обусловлено высоким содержанием эллаговой кислоты и ее гликозида. У *P. parvifolia*, *P. fruticosa* и *P. × mandshurica* суммы фенольных соединений в листьях практически равнозначны и составили 20,39, 20,60 и 21,55 мг/г, соответственно. В цветках общее содержание фенольных соединений максимально у *P. × mandshurica* (44,79 мг/г), несколько ниже у приморских образцов *P. davurica* (37,76 мг/г) и у *P. fruticosa* (35,98 мг/г), минимально – у *P. parvifolia* (22,04 мг/г).

В стеблях *P. fruticosa* общее содержание фенольных соединений выше в 1,9–2,5 раза, чем у *P. × mandshurica*, *P. davurica* из Приморья и *P. parvifolia* и в 6 раз, чем у *P. davurica* из Забайкалья.

В целом, распределение ФС по органам растения подчиняется одной тенденции для всех видов: наибольшее содержание суммы ФС отмечено в цветках, меньшее – в листьях, минимальное – в стеблях, за исключением *P. davurica* из Приморья, у которого общее содержание ФС в листьях и цветках практически равнозначно. *Pentaphylloides davurica* из Забайкалья характеризуется минимальным накоплением общей суммы ФС в листьях и стеблях, а *P. parvifolia* – в цветках по сравнению с остальными исследуемыми видами.

Доля флавонолов в содержании фенольных соединений надземных органов растений изучаемых видов составляет от 14 до 64% (табл. 3). Наибольшее содержание флавонолов

Таблица 3

Содержание фенольных соединений (в сумме и по группам) в надземной части растений рода *Pentaphylloides* (мг/г от сух. массы)

Фенольные соединения	Орган растения	Виды рода <i>Pentaphylloides</i>				
		<i>P. fruticosa</i>	<i>P. × mandshurica</i>	<i>P. davurica</i> (Забайкалье)	<i>P. davurica</i> (Приморье)	<i>P. parvifolia</i>
Общая сумма фенольных соединений	листья	20,60	21,55	20,29	38,85	20,39
	цветки	35,98	44,79	27,89	37,76	22,04
	стебли	5,66	2,74	1,01	2,29	2,97
В том числе:						
Гликозиды кверцетина	листья	10,95	3,49	4,45	4,28	3,34
	цветки	11,34	8,65	4,24	6,33	3,22
	стебли	1,64	0,28	0,22	0,48	0,73
Гликозиды кемпферола	листья	0,54	0,23	0,26	0,26	1,02
	цветки	2,46	2,44	4,89	1,70	1,17
	стебли	0,49	0,02	0,04	0,05	0,11
Гликозиды рамнетина	листья	0,83	8,84	5,73	0,87	0,94
	цветки	– ¹	2,59	1,53	0,45	–
	стебли	–	0,49	0,15	0,12	–
Сумма агликонов	листья	0,48	1,31	0,46	0,01	0,43
	цветки	0,28	0,39	0,27	0,12	0,19
	стебли	0,27	0,09	0,04	0,04	0,11
Сумма флавонолов	листья	12,80	13,86	10,93	5,42	5,72
	цветки	16,11	14,06	9,40	8,60	4,58
	стебли	3,90	0,87	0,45	0,69	0,95

¹ – прочерк означает, что содержание компонента ниже предела обнаружения.

отмечено в листьях и цветках двух видов – *P. × mandshurica* и *P. fruticosa*, наименьшее – у *P. davurica* из Приморья и *P. parvifolia*. При этом распределение флавонолов по органам подчинялось той же тенденции, что и для общей суммы ФС: максимальное содержание флавонолов отмечено в цветках (14,08–4,58 мг/г), меньшее – в листьях (13,86–5,42 мг/г) и минимальное – в стеблях (2,40–0,45 мг/г), за исключением забайкальских экземпляров *P. davurica* и *P. parvifolia*, у которых сумма флавонолов в листьях выше, чем в цветках.

Гликозиды кверцетина и кемпферола присутствуют во всех образцах, тогда как гликозиды рамнетина не обнаружены в цветках и стеблях *P. fruticosa* (рис. 3). Максимум гликозидов рамнетина установлен в листьях *P. × mandshurica* (8,84 мг/г). При этом отмечается, что в листьях *P. × mandshurica* и *P. davurica* из Забайкалья содержание гликозидов рамнетина выше по сравнению с гликозидами кверцетина и кемпферола. Для остальных образцов отмечено преобладание гликозидов кверцетина вне зависимости от органа растения, за исключением забайкальских особей *P. davurica*, в цветках которых преобладают гликозиды кемпферола по сравнению с гликозидами кверцетина и рамнетина. Обращает на себя внимание, что гликозиды кемпферола в большей мере накапливались в цветках растений по сравнению с листьями и стеблями, при этом максимум наблюдался в цветках *P. davurica* из

Забайкалья (4,89 мг/г), минимум – у *P. parvifolia* (1,17 мг/г).

Заключение. Установлено, что состав и содержание фенольных соединений в надземных органах у сибирских представителей рода *Pentaphylloides* различается, и для каждого исследованного вида характерен свой фенольный профиль.

Наибольшее число компонентов фенольной природы отмечено у *P. davurica*, наименьшее – у *P. fruticosa* и *P. × mandshurica*.

Pentaphylloides fruticosa характеризуется повышенным накоплением гликозидов кверцетина, гибрид *P. × mandshurica* – гликозидов рамнетина в листьях, *P. davurica* – гликозидов кемпферола в цветках.

В растениях *P. fruticosa* вне зависимости от органа кверцетин обнаружен в достаточной высокой концентрации по сравнению с другими исследованными видами, у *P. davurica* кверцетин является минорным компонентом. Рамнетин (кверцетин-7-метиловый эфир) отмечен только в листьях *P. × mandshurica*, *P. parvifolia* и *P. davurica* из Забайкалья. В листьях *P. davurica* из Приморья не обнаружен астрагалин, у *P. × mandshurica* – компонент 11, кверцитрин и астрагалин. *Pentaphylloides parvifolia* отличался от остальных отсутствием кверцитрина и компонента 11 в надземной части, что является видоспецифичной характеристикой.

У видов пятилистика с белыми цветками в значительном количестве накапливаются астрагалин, компоненты 14, 24, 26 и кемпферол, в отличие от минорных концентраций или полного отсутствия этих компонентов в желтых цветках *P. fruticosa* и *P. parvifolia*.

ЛИТЕРАТУРА

- Вульф Е.В.** Дубильные растения Крыма и возможность их промышленного использования // Зап. Никитского бот. сада, 1925. – Т. 8. – С. 17–41.
- Встовская Т.Н., Коропачинский И.Ю.** Древесные растения Центрального сибирского ботанического сада. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. – 236 с.
- Высочина Г.И.** Фенольные соединения в систематике и филогении семейства Гречишных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 240 с.
- Ганенко Т.В., Верецагин А.Л., Семенов А.А.** Химический состав *Potentilla fruticosa* 3. Флавоноиды и свободные стеринны // Химия природных соединений, 1991. – № 2. – С. 285.
- Ганенко Т.В., Луцкий В.И., Ларин М.Ф., Верецагин А.Л., Семенов А.А.** Химический состав *Potentilla fruticosa* 1. Флавоноиды // Химия природных соединений, 1988. – № 3. – С. 451.
- Ганенко Т.В., Семенов А.А.** Химический состав *Potentilla fruticosa*. II. Тритерпеноиды // Химия природных соединений, 1989. – № 6. – С. 856.
- Запрометов М.Н., Бухлаева В.Я.** О распространении катехинов в растениях // Матер. 1 Всесоюз. симпозиума по фенольным соединениям «Фенольные соединения и их функции». – М., 1968. – С. 236–238.
- Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н.** Древесные растения Азиатской России. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. – 707 с.
- Минаева В.Г.** Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. – Новосибирск: Наука, 1978. – 253 с.
- Николаева И.Г.** Полифенольные соединения *Pentaphylloides fruticosa* и *P. parvifolia* // Химия природных соединений, 2007. – № 4. – С. 390–391.
- Николаева И.Г., Хобракова В.Б., Арьяева М.М.** Пятилистник кустарниковый (Курильский чай кустарниковый). – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2001. – 110 с.
- Пименов М.Г., Борисова Л.Ф.** Хемосистематика / Итоги науки и техники. Ботаника, 1987. – Т. 6, вып. 1. – С. 7–95.
- Телятьев В.В., Тюнина Т.В.** Фитохимическое изучение дазифоры кустарниковой, произрастающей в Восточной Сибири // Матер. юбилейной конф., посвящ. 30-летию фармацевтического факультета: Тез. докл. – Иркутск, 1971. – С. 25–27.
- Триль В.М., Волхонская Т.А., Шкель Н.М.** Особенности накопления БАВ в курильском чае кустарниковом в природе и культуре // Тез. докл. «Особенности акклиматизации многолетних интродуцентов, накапливающих биологически активные вещества». – Краснодар: КГАУ, 1995. – С. 239–242.
- Федосеева Г.М.** Сравнительная характеристика полифенольных соединений лапчатки кустарниковой (*Potentilla fruticosa* L.) и лапчатки пижмолистной (*Potentilla tanacetifolia* Willd.) // Тез. докл. межобл. конф. «Изучение препаратов растительного и синтетического происхождения». – Томск, 1978. – Ч. 1. – С. 112–114.
- Федосеева Г.М.** Фенольные соединения *Potentilla fruticosa* // Химия природных соединений, 1979. – № 4. – С. 575–576.
- 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.
- Шретер А.И.** Лекарственная флора советского Дальнего Востока. – М.: Медицина, 1975. – 328 с.
- 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* // Journal of the Linnean Society of London, Botany, 1961. – Botany. – Vol. 58, № 370. – P. 39–54.
- Le Men J., Pourrat H.** Ursolic acid in the leaves of various Rosaceae // Ann Pharm. Franc., 1955. – Vol. 13. – P. 169–170.
- Miliauskas G., van Beek T.A., Venskutonis P.R., Linssen, J.P.H., de Waard P., Sudhölter E.J.** Antioxidant activity of *Potentilla fruticosa* // Journal of the Science of Food and Agriculture, 2004. – Vol. 84. – P. 1997–2009.
- Totczyk M., Pleszczyńska M., Wiater A.** Variation in total polyphenolics contents of aerial parts of *Potentilla* species and their anticariogenic activity // Molecules, 2010. – Vol. 15. – P. 4639–4651.
- Van Beek T.A.** Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts // Journal of Chromatography A, 2002. – 967. – P. 21–35.