

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ И ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ / PHYSICAL-CHEMICAL AND GENERAL BIOLOGY

Оригинальная статья / Original article

УДК 582.711.711: 577.13 (571.6)

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-1-74-81>**ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ *PENTACTINA SCHLOTHAUERAE*
(= *SPIRAEA SCHLOTHAUERAE*)**

© В.А. Костикова

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101.

Цель работы – исследование состава и содержания фенольных соединений из листьев *P. schlothauerae* методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в связи с систематическим положением. Материалом для изучения флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в экстрактах из листьев *P. schlothauerae* послужили сборы из природных популяций в фазе цветения и плодоношения растений. Этанольные извлечения, полученные экстракцией на водяной бане 40%-м этиловым спиртом, анализировали на жидкостном хроматографе «Agilent 1200» с диодноматричным детектором. Выявлено, что 40% водно-этанольные извлечения из листьев содержат фенолкарбоновые кислоты – хлорогеновую, кофейную и *n*-кумаровую и флавонолы – агликоны кверцетин и кемпферол, гликозид кверцетина гиперозид. В гидролизатах водно-этанольных извлечений обнаружены кверцетин, кемпферол, кофейная и *n*-кумаровая кислоты. Выявлены различия в качественном составе фенольных соединений, содержащихся в гидролизатах водно-этанольных извлечений из листьев *P. schlothauerae* и растений рода *Spiraea*, что подтверждает таксономическую самостоятельность *P. schlothauerae*. Содержание фенольных веществ в листьях *P. schlothauerae* выше в фазе плодоношения. Кемпферол (0,07 мг/г) обнаружен в водно-этанольных извлечениях из листьев только в фазе плодоношения.

Ключевые слова: *Pentactina schlothauerae* (= *Spiraea schlothauerae*), фенольные соединения, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), хемотаксономия.

Формат цитирования. Костикова В.А. Фенольные соединения *Pentactina schlothauerae* (= *Spiraea schlothauerae*) // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, N 1. С. 74–81. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-74-81

**PHENOLIC COMPOUNDS IN *PENTACTINA SCHLOTHAUERAE*
(= *SPIRAEA SCHLOTHAUERAE*)**

© V.A. Kostikova

Central Siberian Botanical Garden SB RAS,
101, Zolotodolinskaya St., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

This work is aimed at investigating the composition and content of phenolic compounds contained in *P. schlothauerae* leaves using high-performance liquid chromatography (HPLC). The material for the study of flavonoids and phenolcarboxylic acids in extracts obtained from *P. schlothauerae* leaves was collected from natural *P. schlothauerae* populations during flowering and fruiting phases. Ethanol extracts obtained by extraction in a water bath with 40% ethyl alcohol were analysed using an Agilent 1200 liquid chromatograph equipped with a diode array detector. It is found that 40% water-ethanol leaf extracts contain chlorogenic, caffeic and *n*-coumaric phenolic carboxylic acids, as well as flavonols including aglycon quercetin, kaempferol and glycoside of quercetin hyperoside. Quercetin, kaempferol, caffeic and *n*-coumaric acids were found in the hydrolysates of water-ethanol extracts. Differences in the qualitative composition of phenolic compounds contained in the hydrolysates of water-ethanol extracts from *P. schlothauerae* leaves and plants of the *Spiraea* genus have been revealed, confirming the taxonomic independence of *P. schlothauerae*. The content of phenolic substances in *P. schlothauerae* leaves is higher during the fruiting phase. Kaempferol (0.07 mg / g) is found in water-ethanol extracts from leaves only during the fruiting phase.

Keywords: *Pentactina schlothauerae* (= *Spiraea schlothauerae*), phenolic compounds, High Performance Liquid Chromatography (HPLC), chemotaxonomy

For citation. Kostikova V.A. Phenolic compounds in *Pentactina schlothauerae* (= *Spiraea schlothauerae*). *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2018, vol. 8, no. 1, pp. 74–81 (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-74-81

ВВЕДЕНИЕ

Спирея Шлотгауэр – *Spiraea schlothaueriae* Ignatov et Worosch – была описана московскими ботаниками по сборам С.Д. Шлотгауэр с хребта Баджал (Хабаровский край) [1]. По мнению В.В. Якубова [2] растение относится не к роду *Spiraea* L., а к роду *Pentactina* Nakai. Этот род был описан японским ботаником Такеношин Накай и представлен единственным видом *Pentactina rupicola* Nakai, произрастающим в горах Северной Кореи [3]. В.В. Якубовым сделана новая номенклатурная комбинация для растения, эндемичного для верхней части бассейна р. Амгунь (хребты Баджальский и Кур-Урмийский) – *Pentactina schlothaueriae* (Ignatov et Worosch.) V. Yakubov stat. nov. (Пентактина Шлотгауэр). Растение произрастает под пологом темнохвойных лесов на заросших крупнокаменистых осыпях и россыпях, в зарослях кедрового стланика, до 1500 м над уровнем моря. *P. schlothaueriae* является одним из обычных и обильных кустарников в вышеуказанных местах. Растение относится к реликтам горной третичной флоры и до сих пор малоизучено. В настоящее время не культивируется ни в одном ботаническом саду мира. Морфологически растения рода *Pentactina* по форме лепестков в большей степени схожи с *Aruncus* Adans., а по форме листьев – со *Spiraea*. Однако Пентактина отличается длинными узкими лепестками цветков, не свойственными остальным представителям подсемейства спирейные [2].

Данные по составу и содержанию фенольных соединений и хемотаксономии *P. Schlothaueriae* и *P. rupicola* в литературе нами не обнаружены. По исследованиям Хатчинсона [4], Ли и др. [5] и Калкмана [6] наиболее близкими к растениям рода *Pentactina* являются растения рода *Spiraea*, в которых обнаружены фенольные соединения с высокой биологической активностью: флавонолы, флавоны, флаваны, фенолкарбоновые кислоты, сапонины и др. [7–9].

Целью работы является исследование состава и содержания фенольных соединений из

листьев *Pentactina schlothaueriae* методами ВЭЖХ в связи с систематическим положением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом для исследования фенольных соединений послужили листья *P. schlothaueriae*. Материал был собран в 2016 г. в Хабаровском крае в фазе цветения и образования плодов (табл. 1). Сырье высушивали на воздухе в затененном месте. После сушки сырье измельчали до 2–3 мм, перемешивали и отбирали среднюю пробу. Анализ проводили в двух повторностях.

Для хроматографического изучения фенольных соединений использовали водно-этанольные извлечения (40%) из листьев *P. schlothaueriae*, полученные на водяной бане. Точную навеску (0,3 г) измельченного воздушно-сухого материала экстрагировали дважды: сначала 30 мл экстрагента – в течение 30 мин., затем 20 мл – в течение 20 мин. После фильтрации остаток в колбе и на фильтре промывали 5 мл 40% этилового спирта. Замеряли объем полученного объединенного экстракта, который составил 40–50 мл. После этого экстракт концентрировали в вытяжном шкафу («Ezermester») в фарфоровых чашечках до 10–15 мл (точный объем) [10, 11].

1 мл экстракта разбавляли бидистиллированной водой до 5 мл и пропускали через концентрирующий патрон Диапак С16 (ЗАО «Био-ХимМак») для освобождения от примесей гидрофильной природы. Вещества смывали с патрона небольшим количеством (3 мл) 40% водно-этанольного раствора, а затем 2 мл 96% этанола. Объединенный элюат пропускали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм.

Анализ фенольных соединений, содержащихся в элюате, проводили на аналитической ВЭЖХ-системе, состоящей из жидкостного хроматографа «Agilent 1200» с диодноматричным детектором и системой для сбора и обработки хроматографических данных Chem-Station. Разделение проводили на колонке Zorbax SB-C18,

Таблица 1

Место сбора исследованных образцов

Table 1

Place of collection of samples studied

№	Место сбора, дата сбора	Фаза вегетации
1	Хабаровский край, Кур-Урмийский горный хребет, в долине р. Ярап; мокрые замоховелые скалы; Н = 600 м н.у.м; N 50°16.876, E 134°42.740; 30.07.2016 г.	Цветение
2	Хабаровский край, Кур-Урмийский горный хребет, левый берег р. Багар; скальные обнажения; Н = 585 м н.у.м; N 50°15.058, E 134°40.255; 14.08.2016 г.	Плодоношение

размером 4,6×150 мм, с диаметром частиц 5 мкм, применив градиентный режим элюирования. В подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0,1%) изменялось от 50 до 52% за 56 мин. Скорость потока элюента 1 мл/мин. Температура колонки 26 °С. Объем вводимой пробы 10 мкл. Детектирование осуществляли при длине волны $\lambda = 360$ нм [12].

Для определения состава агликонов проводили кислотный гидролиз исходного водно-этанольного извлечения [13]. Для этого к 0,5 мл водно-этанольного извлечения прибавляли равный объем HCl (2 н), нагревали на кипящей водяной бане в течение 2 ч. После охлаждения гидролизат разбавляли бидистиллированной водой до 5 мл и пропускали через концентрирующий патрон Диапак. Агликоны смывали 5 мл 96%-го этанола и пропускали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. 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.

Для приготовления подвижных фаз использовали метиловый спирт (ос.ч.), ортофосфорную кислоту (ос.ч.), бидистиллированную воду. Соединения идентифицировали методом сопоставления времени удерживания пиков соединений на хроматограммах анализируемых образцов с временами удерживания пиков стандартных образцов и УФ-спектров. Для приготовления стандартных образцов использовали кофейную кислоту («Serva»), хлорогеновую, *n*-кумаровую кислоты, кверцетин, кемпферол («Sigma-Aldrich») и гиперозид («Fluka»). Количественное определение индивидуальных компонентов в образцах растений проводили по методу внешнего стандарта [13]. Содержание индивидуальных компонентов (C_x) вычисляли по формуле (в мг/г от массы воздушно-сухого сырья)

$$C_x = C_{ст} \times S_1 \times V_1 \times V_2 / S_2 \times M \times V_3 \times 1000,$$

где $C_{ст}$ – концентрация соответствующего стандартного вещества (мкг/мл); S_1 – площадь пика вещества в анализируемой пробе (е.о.п.); S_2 – площадь пика стандартного вещества (е.о.п.); V_1 – объем элюата после вымывания соединения с концентрирующего патрона (мл); V_2 – общий объем экстракта (мл); V_3 – объем экстракта, взятый на анализ; M – масса навески (г); 1000 – пересчетный коэффициент.

Для каждого показателя вычисляли среднее арифметическое и стандартную ошибку среднего арифметического [14]. Статистическая обработка полученных данных и построение графиков выполнены в программе Excel 2010 for Windows.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Несмотря на возросший в последнее время интерес к генетической структуре растений, вторичные метаболиты с успехом применяются в решении спорных вопросов систематики, а также оценки ресурсного потенциала растений. С помощью применения более новых биохимических методов изучения фенольных соединений, например, метода высокоэффективной жидкостной хроматографии, появляются возможности создания точных хроматографических профилей. Химические признаки используются при решении определенной таксономической задачи, они могут быть включены в определители растений как дополнительные характеристики таксона [10, 15].

В результате исследования фенольных соединений, содержащихся в 40% водно-этанольных извлечениях из листьев *P. schlothaueri*, обнаружено в стадии цветения 19 соединений фенольной природы, а в стадии плодоношения – 24 (рис. 1). Из них идентифицированы 3 фенолкарбоновые кислоты – хлорогеновая, кофейная и *n*-кумаровая и 3 флавонола – агликоны кверцетин и кемпферол, гликозид кверцетина гиперозид (рис. 1, табл. 2). Основными веществами в экстрактах из листьев *P. schlothaueri* являются гиперозид, кверцетин, хлорогеновая кислота и неидентифицированное соединение № 9. Спектральные характеристики получены также для соединений № 9, 11, 16 и 18 (табл. 2). Согласно УФ-спектрам можно предположить, что эти соединения относятся к классу оксикоричных кислот, флавонов или флаванонов [16]. Основными веществами гидролизатов экстрактов из листьев *P. schlothaueri* являются агликоны флавонолов – кверцетин и кемпферол, что характерно для растений рода *Spiraea* [17]. Однако соединение № 10 (время выхода 15,6 мин), содержащееся в достаточном количестве в листьях Пентактина Шлотгауэр в фазе плодоношения, не встречается ни у одного дальневосточного вида *Spiraea*, что указывает на обособленность этого растения (рис. 2). В гидролизатах также обнаружены кофейная и *n*-кумаровая кислоты (рис. 2, табл. 2). Неидентифицированное соединение № 11, скорее всего, относится к классу флавонов или флавонолов [14].

Состав фенольных соединений в 40% водно-этанольных извлечениях из листьев *P. schlothaueri* различен в разные фазы вегетации (рис. 1, 2). В фазе плодоношения появляются новые дополнительные компоненты, в том числе и кемпферол, которые отсутствуют в фазе цветения. Содержание фенольных веществ в листьях *P. schlothaueri* выше в фазе плодоношения (рис. 3). Во много раз повышается содержание хлорогеновой кислоты (2,37 мг/г – в фазе плодоношения и 0,23 мг/г – в фазе цветения), гиперозида (1,59 мг/г и 0,18 мг/г,

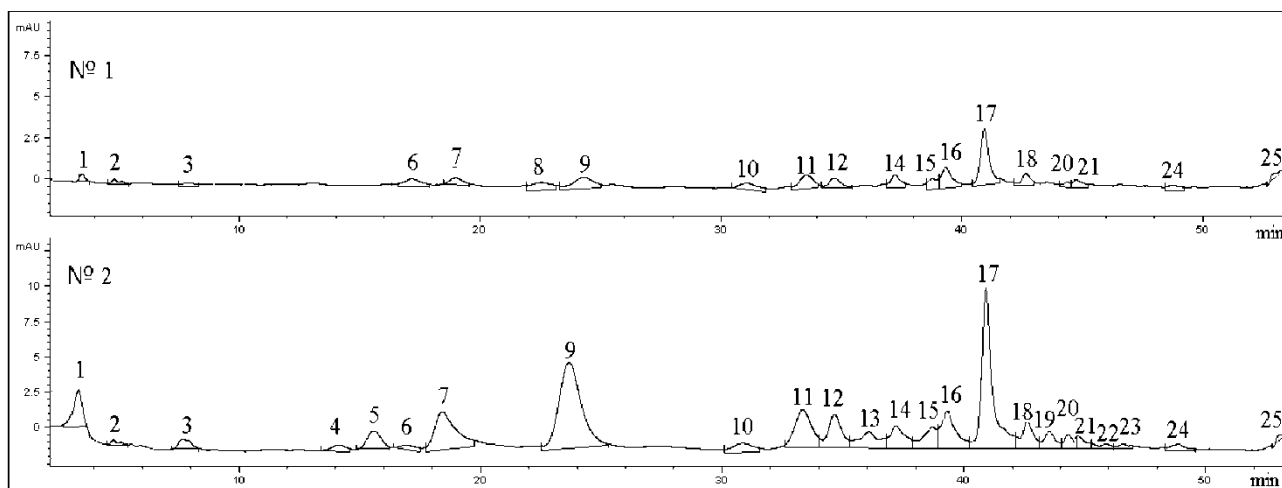


Рис. 1. Хроматограммы концентрированных 40% водно-этанольных извлечений из листьев растений *P. schlothauerae* в фазе цветения (№ 1) и плодоношения (№ 2) при 360 нм. По оси абсцисс – время удерживания, мин; по оси ординат – сигнал детектора, единица оптической плотности

Fig. 1. Chromatograms of concentrated 40% water-ethanol extracts from leaves of *P. schlothauerae* plants in flowering phase (No 1) and fruiting phase (No 2) at 360 nm. X-axis – retention time, min; y-axis – detector signal, unit of optical density

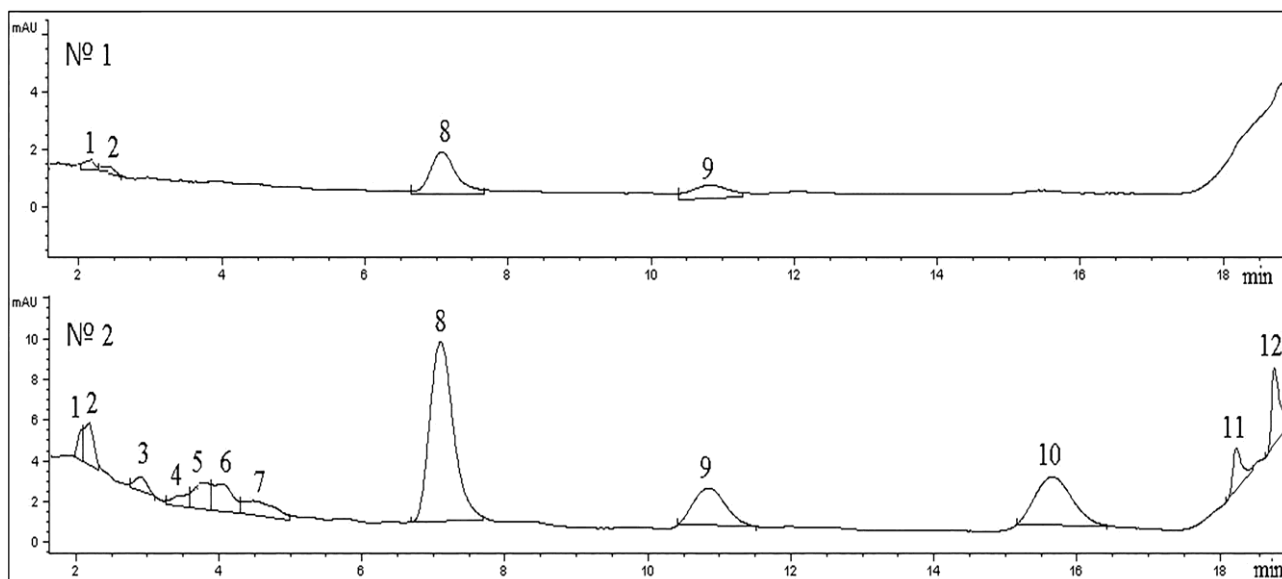


Рис. 2. Хроматограммы гидролизатов 40% водно-этанольных извлечений из листьев растений *P. schlothauerae* в фазе цветения (№ 1) и плодоношения (№ 2) при 370 нм. По оси абсцисс – время удерживания, мин; по оси ординат – сигнал детектора, единица оптической плотности

Fig. 2. Chromatograms of the hydrolysates of 40% aqueous-ethanol extracts from leaves of plants *P. schlothauerae* in the flowering stage (No. 1) and fruiting (No. 2) at 370 nm. X-axis – retention time, min; y-axis – detector signal, unit of optical density

Таблица 2

Характеристика фенольных соединений, обнаруженных в 40% водно-этанольных извлечениях и их гидролизатах из листьев *Pentactina schlothaueri*

Table 2

Characteristics of phenolic compounds found in 40% water-ethanol extracts and their hydrolysates from *Pentactina schlothaueri* leaves

№ пика	Соединение	Время удерживания (t _R), мин	Спектральная характеристика λ _{max} , нм
Нативные экстракты			
1	хлорогеновая кислота	3,2	244, 300 пл, 330
2	кофейная кислота	4,9	220, 240 пл, 295пл, 325
3	<i>n</i> -кумаровая кислота	7,9	230, 290 пл, 310
7	гиперозид	18,0	255, 268 пл.,355
9	–	24,0	220, 320
11	–	33,3	230, 250 пл, 315
16	–	38,9	230, 250, 320
17	кверцетин	40,6	255, 372
18	–	42,5	225, 315
23	кемпферол	47,9	225, 266, 370
Гидролизаты экстрактов			
2	кофейная кислота	2,1	220, 240 пл, 295пл, 325
3	<i>n</i> -кумаровая кислота	2,7	230, 290 пл, 310
8	кверцетин	6,9	255, 372
9	кемпферол	10,8	225, 266, 370
11	–	18,0	280, 345

Примечание. «–» – вещество не идентифицировано.

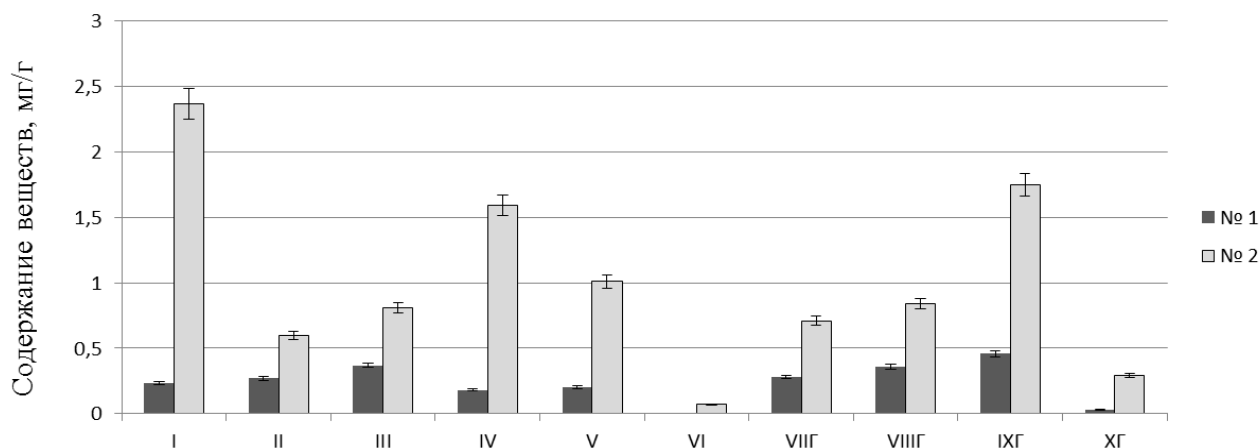


Рис. 3. Содержание фенольных соединений в листьях *P. schlothaueri* в фазе цветения (№ 1) и плодоношения (№ 2). Обозначение веществ: 40 % водно-этанольные извлечения: I – хлорогеновая к-та, II – кофейная к-та, III – *n*-кумаровая к-та, IV – гиперозид, V – кверцетин, VI – кемпферол; гидролизаты водно-этанольных извлечений: VIIIГ – кофейная кислота, VIIIГ – *n*-кумаровая к-та, IXГ – кверцетин, XГ – кемпферол

Fig. 3. The content of phenolic compounds in *P. schlothaueri* leaves in the flowering stage (No. 1) and fruiting (No. 2). Designation of substances: 40% water-ethanol extraction: I – chlorogenic acid, II – caffeic acid, III – *n*-coumaric acid, IV – hyperoside, V – quercetin, VI – kaempferol; hydrolysates of aqueous ethanol extracts: VIIIГ – caffeic acid, VIIIГ – *n*-coumaric acid, IXГ – quercetin, XГ – kaempferol

соответственно), кверцетина (1,01 мг/г и 0,20 мг/г), чуть менее кофейной (0,60 мг/г и 0,27 мг/г) и *n*-кумаровой кислот (0,81 мг/г и 0,37 мг/г). Кемпферол (0,07 мг/г) обнаружен в листьях только в фазе плодоношения. В гидролизатах водно-этанольных извлечений также наблюдается повышение содержания всех веществ в листьях в фазе плодоношения, особенно кверцетина (1,75 мг/г – в фазе плодоношения и 0,46 мг/г – в фазе цветения). Кемпферол в гидролизатах выявлен в небольшом количестве (0,29 мг/г – в фазе плодоношения и 0,03 мг/г – в фазе цветения). Содержание кофейной и *n*-кумаровой кислот в гидролизатах практически не изменилось по сравнению с их содержанием в нативных экстрактах.

Причиной столь явного отличия в составе и содержании фенольных веществ в двух исследованных образцах являются различные условия обитания или разные фазы вегетации растений. Однако ранее было выявлено, что содержание фенольных соединений в листьях растений рода *Spiraea*, близких к *P. schlothaueriae*, повышается в фазе плодоношения¹ [18].

¹ Костикова В.А. Спиреи (*Spiraea* L.) Дальнего Востока России: изменчивость, хемотаксономия, использование: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2013. 16 с.
Kostikova V.A. *Spiraea* L. *Dal'nego Vostoka Rossii: izmenchivost', khemotaksonomiya, ispol'zovanie*. Avtoref. dis. kand. biol. nauk [*Spiraea* L. in Russian Far East: variability, chemotaxonomy, use. Author's abstract of PhD thesis]. Novosibirsk, 2013. 16 p.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН № АААА-А17-117012610051-5 по проекту «Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами» и при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 16-34-00106 мол_а

Автор выражает глубокую благодарность мл. науч. сотр. лаб. интродукции Амурского филиала Федерального бюджетного учреждения науки Ботанического сада-института ДВО РАН Андышевой Елене Владимировне за сбор материала для анализа.

Поэтому, скорее всего, такая разница в составе и содержании веществ обусловлена фазой вегетации растения. Это объясняется тем, что большинство фенольных соединений, продуцируемых в листьях в фазе цветения, используются растениями в выполнении репродуктивных функций – цветении и образовании семян, а также защите растений от УФ-излучения [16]. Когда семена уже созрели, то фенольные соединения начинают накапливаться непосредственно в листьях, чем и объясняется более их высокое содержание в листьях в фазе плодоношения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые изучены состав и содержание фенольных соединений в листьях эндемика Баджальского и Кур-Урмийского хребтов *Pentactina schlothaueriae* методами ВЭЖХ. Выявлено, что 40% водно-этанольные извлечения из листьев содержат фенолкарбоновые кислоты – хлорогеновую, кофейную и *n*-кумаровую и флавонолы – агликоны кверцетин и кемпферол, гликозид кверцетина гиперозид. В гидролизатах водно-этанольных извлечений обнаружены кверцетин, кемпферол, кофейная и *n*-кумаровая кислоты. По составу фенольных соединений в листьях *P. schlothaueriae* близка к растениям рода *Spiraea*, однако имеются вещества, обособляющие исследуемое растение. Содержание фенольных веществ в листьях *P. schlothaueriae* выше в фазе плодоношения. Во много раз повышается содержание в листьях хлорогеновой кислоты (2,37 мг/г), гиперозида (1,59 мг/г) и кверцетина (1,01 мг/г) в фазе образования плодов, по сравнению с содержанием этих веществ в листьях в фазе цветения.

The work was carried out within the framework of the budgetary project of Central Siberian Botanical Garden, SB RAS "Assessment of morphogenetic potential of North Asian plant populations by experimental methods" (No. АААА-А17-117012610051-5). The study was partially funded by RFBR research project № 16-34-00106 мол_а.

Author is thankful to Junior Researcher E.V. Andysheva (Amur Branch of Science Botanical Garden-Institute FEB RAS, Blagoveshchensk) for collecting the material for analysis.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ворошилов В.Н., Игнатов М.С. *Spiraea schlothaueriae* Ignatov et Worosch. sp. nov. – еще один эндемик Баджальского хребта // Бюлле-

тень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1987. Т. 92, вып. 1. С. 132–134.

2. Якубов В.В. Роды *Pentactina* и *Geum*

(Rosaceae) на Российском Дальнем Востоке // Комаровские чтения. 2014. Вып. LXII. С. 229–240.

3. Nakai T. Notulae and Plantas Japoniae et Coreae. *Botanical Magazine*. 1917. V. 31. P. 3–30.

4. Hutchinson J. The genera of flowering plants. In *Dicotyledons*, vol 1. Oxford, Clarendon Press, 1964. 516 p.

5. Lee S-T, Jeong Y-J, Lee J-H. Palynological relationship between *Pentactina rupicola* Nakai and its relative taxa // *Korean Journal Plant Taxonomy*. 1993. V. 23. P. 149–159.

6. Kalkman C. Rosaceae. In: *The families and genera of vascular plants. Flowering plants – dicotyledons: Celastrales, Oxalidales, Rosales, Cornales, Ericales*. V. 6. Berlin: Springer, 2004. P. 343–386.

7. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Hydraginaceae – Haloragaceae. Л.: Наука, 1987. С. 99–101.

8. Hiradate S., Morita S., Sugie H., Fuji Y., Harada J. Phytotoxic cis-cinnamoyl glucosides from *Spiraea thunbergii*. *Phytochemistry*, 2004, vol. 65, pp. 731–739.

9. Mughal U.R., Mehmood R., Malik A., Alia B., Tareen R.B. Flavonoid Constituents from *Spiraea brahuica* // *Helvetica Chimica Acta*. 2012. V. 95. P. 100–105.

10. Высочина Г.И. Фенольные соединения

в систематике и филогении семейства гречишных. Новосибирск: Наука, 2004. 240 с.

11. Костикова В.А. Определение оптимальных условий экстракции для исследования состава фенольных соединений *Spiraea betulifolia* Pall. методом ВЭЖХ // *Химия растительного сырья*. 2017. N 1. С. 159–162. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017011417>

12. Храмова Е.П., Комаревцева Е.К. Изменчивость флавоноидного состава листьев *Potentilla fruticosa* (Rosaceae) разных возрастных состояний в условиях Горного Алтая // *Растительные ресурсы*. 2008. N 3. С. 96–102.

13. Beek T.A. Chemical analysis of *Gingo biloba* leaves and extracts // *Journal of Chromatography A*. 2002. N 967. P. 21–35.

14. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1990. 296 с.

15. Singh R. Chemotaxonomy: A Tool for Plant Classification // *Journal of Medicinal Plants Studies*. 2016. N 4 (2). P. 90–93.

16. Запрометов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений. М.: Высш. шк., 1974. 213 с.

17. Костикова В.А. Исследование фенольных соединений в растениях рода *Spiraea* L. Дальнего Востока России методами высокоэффективной жидкостной хроматографии // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2013. Т. 18, вып. 3. С. 783–789.

REFERENCES

1. Voroshilov V.N., Ignatov M.S. *Spiraea schlothaueri* Ignatov et Worosch. sp. nov. – one more endemic from Badzhalskiy mountain ridge. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel biologicheskii* [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series]. 1987, vol. 92, no. 1, pp. 132–134. (in Russian)

2. Yakubov V.V. The genera *Pentactina* and *Geum* (Rosaceae) in the Russian Far East. *Komarovskie chteniya* [Komarovsky reading]. 2014, no. LXII, pp. 229–240. (in Russian)

3. Nakai T. Notulae and Plantas Japoniae et Coreae. *Botanical Magazine*. 1917, vol. 31, pp 3–30.

4. Hutchinson J. The genera of flowering plants. In: *Dicotyledons*, vol. 1. Oxford: Clarendon Press, 1964, 516 p.

5. Lee S.-T., Jeong Y.-J., Lee J.-H. Palynological relationship between *Pentactina rupicola* Nakai and its relative taxa. *Korean Journal Plant Taxonomy*. 1993, vol. 23, pp. 149–159.

6. Kalkman C. Rosaceae. In: *The families and genera of vascular plants. Flowering plants – dicotyledons: Celastrales, Oxalidales, Rosales, Cornales, Ericales*, vol. 6. Berlin, Springer, 2004, pp. 343–386.

7. *Rastitel'nye resursy SSSR: tsvetkovye ras-*

teniya, ikh khimicheskii sostav, ispol'zovanie. Semeistva Hydraginaceae – Haloragaceae [Plant resources of the USSR: flowering plants, their chemical composition, use. Family Hydraginaceae – Haloragaceae]. Leningrad: Nauka Publ., 1987, pp. 99–101.

8. Hiradate S., Morita S., Sugie H., Fuji Y., Harada J. Phytotoxic cis-cinnamoyl glucosides from *Spiraea thunbergii*. *Phytochemistry*, 2004, vol. 65, pp. 731–739.

9. Mughal U.R., Mehmood R., Malik A., Alia B., Tareen R.B. Flavonoid Constituents from *Spiraea brahuica*. *Helvetica Chimica Acta*. 2012, vol. 95, pp. 100–105.

10. Vysochina G.I. *Fenol'nye soedineniya v sistematike i filogenii semeistva grechishnykh* [Phenolic compounds in systematics and phylogeny of the family Polygonaceae Juss.]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2004, 240 p.

11. Kostikova V.A. Determination of optimum conditions of extraction for investigation of composition of phenolic compounds *Spiraea betulifolia* Pall. by HPLC method. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw material]. 2017, no. 1, pp. 159–162. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017011417> (in Russian).

12. Khramova E.P., Komarevtseva E.K. Vari-

ability of the flavonoid composition in *Potentilla fruticosa* (Rosaceae) leaves at different age states in the conditions of the mountain Altai. *Rastitel'nye resursy* [Plant resources]. 2008, no. 3, pp. 96–102. (in Russian).

13. Beek T.A. Chemical analysis of *Gingo biloba* leaves and extracts. *Journal of Chromatography A*. 2002, no. 967, pp.21–35.

14. Zaitsev G.N. Matematika v eksperimental'noi botanike [Mathematics in experimental botany]. Moscow: Nauka Publ., 1990, 296 p.

15. Singh R. Chemotaxonomy: A Tool for Plant Classification. *Journal of Medicinal Plants*

Studies. 2016, no. 4 (2), pp. 90–93.

16. Zaprometov M.N. *Osnovy biokhimii fenol'nykh soedinenii* [Basics of biochemistry of phenolic compounds]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1974, 213 p.

17. Kostikova V.A. Research of phenolic compounds in plants of the genus *Spiraea* L. of Russian Far East by methods of a High Performance Liquid Chromatography. *Vestnik Tambovskogo universiteta* [Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences]. 2013, vol. 18, no. 3, pp. 783–789. (in Russian)

Критерии авторства

Костикова В.А. выполнила экспериментальную работу, на основании полученных результатов провела обобщение и написала рукопись. Костикова В.А. имеет на статью авторские права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Вера А. Костикова

Центральный сибирский ботанический сад

СО РАН

К.б.н., научный сотрудник

serebryakova-va@yandex.ru

Поступила 13.07.2017

Contribution

Kostikova V.A. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Kostikova V.A. have author's rights and bear responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

AUTHORS' INDEX

Affiliations

Vera A. Kostikova

Central Siberian Botanical Garden SB RAS,

Ph.D. (Biology), Researcher

serebryakova-va@yandex.ru

Received 13 July 2017