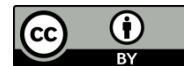


Оригинальная статья / Original article

УДК 582.711.711: 577.13

DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-1-53-60>



Фенольные соединения листьев и соцветий *Spiraea baldshuanica* B. Fedtsch.

© В.А. Костикова***, К.А. Бобокалонов***, А.А. Кузнецов**

* Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

** Томский государственный университет, г. Томск, Российская Федерация

*** Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан,
г. Душанбе, Республика Таджикистан

Резюме: Впервые исследованы состав и содержание фенольных соединений в листьях и соцветиях *Spiraea baldshuanica* B. Fedtsch. Материал собран в июне 2019 г. в природной популяции в Республике Таджикистан. Фенольные соединения изучены в водно-этанольных 40%-х экстрактах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Аналитическая ВЭЖХ-система состоит из жидкостного хроматографа Agilent 1200 (США) с диодно-матричным детектором, автосамплером и системой для сбора и обработки хроматографических данных ChemStation. В нативных экстрактах из соцветий обнаружено 15 соединений фенольной природы, из листьев – 11 веществ. Из них идентифицированы хлорогеновая и коричная кислоты, кверцетин, кемпферол, гиперозид, изокверцитрин, авикулярин и астрагалин. Хроматографические профили листьев и соцветий различаются. В соцветиях *S. baldshuanica* обнаружены изокверцитрин, авикулярин, кемпферол, которые отсутствуют в листьях. В соцветиях концентрация всех обнаруженных фенольных соединений выше, чем в листьях. Мажорным компонентом в соцветиях является астрагалин (3,16 мг/г), концентрация которого в 5 раз больше, чем в листьях (0,60 мг/г). Путем кислотного гидролиза соляной кислотой (1:1) водно-этанольных экстрактов из листьев и соцветий *S. baldshuanica* обнаружено 3 флавонолагликона – кверцетин, кемпферол и изорамнетин. При пересчете концентрации аглика на соответствующий гликозид выявлено, что в листьях и соцветиях преобладают гликозиды кверцетина (6,67 мг/г – в соцветиях, и 1,19 мг/г – в листьях). *S. baldshuanica* сильно отличается от других представителей растений рода *Spiraea* секции *Calospira* по хроматографическому профилю фенольных соединений из листьев. Это является дополнительным подтверждением выделения ее в отдельный ряд *Decumbentes* по морфологическим признакам.

Ключевые слова: *Spiraea baldshuanica*, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, высокоэффективная жидкостная хроматография

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (проект № АААА-А21-121011290025-2, а также при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук (проект № МК-1045.2020.4).

Для цитирования: Костикова В.А., Бобокалонов К.А., Кузнецов А.А. Фенольные соединения листьев и соцветий *Spiraea baldshuanica* B. Fedtsch. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. N 1. С. 53–60. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-1-53-60>

Phenolic compounds in the leaves and inflorescences of *Spiraea baldshuanica* B. Fedtsch.

Vera A. Kostikova***, Kobil A. Bobokalonov***, Aleksandr A. Kuznetsov**

*Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch Russian Academy of Science,
Novosibirsk, Russian Federation

**Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

***Institute of Botany, Plant Physiology and Genetics of the Academy of Sciences
of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

Abstract: For the first time, the composition and content of phenolic compounds in the leaves and inflorescences of *Spiraea baldshuanica* B. Fedtsch. was investigated. Research material was collected in June 2019 from a natural population in the Republic of Tajikistan. Phenolic compounds were studied in 40% water-ethanol extracts by the method of high-performance liquid chromatography (HPLC). The analytical HPLC

system used consisted of an Agilent 1200 (USA) liquid chromatograph equipped with a diode array detector, an autosampler and a ChemStation system for collecting and processing chromatographic data. 15 and 11 compounds of phenolic nature were found in native extracts from inflorescences and leaves, respectively. Among them, the following substances were identified: chlorogenic and cinnamic acids, quercetin, kaempferol, hyperoside, isoquercitrin, avicularin and astragalin. The chromatographic profiles of leaves and inflorescences were found to be different. Such substances as isoquercitrin, avicularin, kaempferol were discovered in the inflorescences of *S. baldshuanica*, rather than in its leaves. Compared to the leaves, the concentration of all detected phenolic compounds was higher in the inflorescences under study. The major component in the inflorescences was astragalin (3.16 mg/g), whereas its concentration in the leaves was 5 times lower (0.60 mg/g). Flavonoid aglycones were obtained from the water-ethanol extracts of the leaves and inflorescences under study by acid hydrolysis using hydrochloric acid (1:1). The hydrolysates of extracts from the leaves and inflorescences of *S. baldshuanica* were found to contain 3 flavonoid aglycones: quercetin, kaempferol and isorhamnetin. By recalculating the concentration of aglycone for the corresponding glycoside, it was determined that quercetin glycosides prevails: 6.67 mg/g – in the inflorescences and 1.19 mg/g – in the leaves. *S. baldshuanica* differs significantly from other representatives of the *Spiraea* genus, section *Calospira*, in terms of the chromatographic profile of phenolic compounds contained in the leaves. This information serves as an additional argument for differentiating *S. baldshuanica* as a separate series of the *Decumbentes* group by morphological signs.

Keywords: *Spiraea baldshuanica*, flavonoids, phenolic acids, high-performance liquid chromatography

Acknowledgments: This work was carried out within the framework of the state assignment of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (project No. AAAA-A21-121011290025-2), as well as with the financial support of a grant of the President of the Russian Federation for young scientists - candidates of sciences (project No. MK-1045.2020.4).

For citation: Kostikova VA, Bobokalonov KA, Kuznetsov AA. Phenolic compounds in the leaves and inflorescences of *Spiraea baldshuanica* B. Fedtsch. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2021;11(1):53–60. (In Russian) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2021-11-1-53-60>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальным является поиск новых источников биологически активных веществ растительного происхождения. Фенольные соединения – наиболее распространенные вторичные метаболиты растений. Они выполняют жизненно важную роль в структурной целостности растений, УФ-защите, размножении и внутренней регуляции физиологии и передаче сигналов растительных клеток [1, 2]. Благодаря высокой биологической активности растительные полифенолы успешно используются в пищевой и легкой промышленности, а также в медицине и фармакологии в качестве веществ, обладающих капилляроукрепляющей, нейрорегуляторной, биостатической, иммуномодулирующей и противоопухолевой активностью [2–6].

Spiraea baldshuanica В. Fedtsch. (спирея бальджуанская) – это ветвистый кустарник высотой до 60 см, имеющий обратояцевидные листья, его соцветия – рыхлые щитковидные метелки с белыми цветками. Произрастает на скалах и каменистых склонах, на гипсоносных известняках на высоте 1100–2300 м н.у.м. Является эндемом гор Памиро-Алая (Средняя Азия)¹.

S. baldshuanica принадлежит к растениям рода *Spiraea* секции *Calospira* С. Koch². Представители этой секции отличаются щитковидными соцветиями. По строению соцветия *S. baldshuanica* выделяется в секции *Calospira* в отдельный ряд *Decumbentes* А. Роjarк² [7]. Состав и содержание фенольных соединений листьев некоторых азиатских представителей данной секции растений рода *Spiraea* подробно изучен нами ранее [8]. Выявлена видоспецифичность качественного состава фенольных соединений в водно-этанольных экстрактах из листьев *S. betulifolia* Pall., *S. betulifolia* subsp. *aemiliana* (С.К. Schneid.) Н. Hara и *S. beauverdiana* Schneid. Обнаружены хеомасы исследуемых спирей [8].

Представители рода высокодекоративны, образуют множество форм и сортов, широко используются в традиционной медицине и имеют большой ресурсный потенциал. Так, в китайской медицине *Spiraea* применяются как лекарственные растения с анальгетическими, противокашлевыми, жаропонижающими и противовоспалительными свойствами [9]. В целом в растениях из рода *Spiraea* обнаружен широкий спектр соединений с высокой биологической активностью:

¹Лазарева М.С. Род Таволга – *Spiraea* L. В кн.: Флора Таджикской ССР. Т. IV. Роголистниковые – Розоцветные. Л.: Наука. 1975. С. 291–295.

²Пояркова А.И. Род Спирея – *Spiraea* L. // Флора СССР. В 30 т. / гл. ред. акад. В.Л. Комаров; ред. тома С.В. Юзепчук. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1939. Т. 9. С. 283–305

флавонолы, флавоны, флаваны, кумарины, каротиноиды, монотерпены, терпеноиды, неолигнаны и другие [10–12]. Выявлены разнообразные полезные свойства веществ, выделенных из надземных и подземных органов растений рода *Spiraea* [11, 13]. Ранее нами обнаружена противовирусная и антиоксидантная активность экстрактов листьев и соцветий отдельных представителей рода *Spiraea* [14, 15]. Биологически активные вещества, в том числе и фенольные соединения, *S. baldshuanica* не изучены.

Цель работы – исследование фенольных соединений, содержащихся в листьях и соцветиях *S. baldshuanica*, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом для исследования фенольных соединений послужили листья и соцветия *S. baldshuanica*. Материал собран 27 июня 2019 г. в природной популяции в Республике Таджикистан на южном склоне Гиссарского хребта в бассейне реки Варзоб (ущелье Кондара, окрестности Варзобской горно-ботанической станции) на скалах под пологом чернолесья (формация кленовики, *Acer turkestanicum* Pax. В сообществе преобладают *Juniperus sibirica* Burgh., *Juglans regia* L., *Prunus sogdiana* Vass., *Vitis vinifera* L., *Berberis heterobotrys* E. Wolf., *Rubus caesius* L., *Hypericum perforatum* L., *Origanum tyttanthum* Gontsch., *Ferula karategina* Lipsky ex Korov. и др.). Растения собраны в фазе цветения – начало образования плодов.

Сырье высушивали на воздухе в затененном месте, после чего измельчали до диаметра 2–3 мм, перемешивали и отбирали репрезентативную пробу.

Для изучения фенольных соединений использовали водно-этанольные извлечения (40%-й этиловый спирт) из листьев и соцветий *S. baldshuanica*, полученные экстракцией на водяной бане. Точную навеску измельченного воздушно-сухого материала экстрагировали дважды: сначала 30 мл – в течение 30 мин, затем 20 мл – в течение 20 мин. После фильтрации остаток в колбе и на фильтре промывали 5 мл 40%-го этилового спирта. После этого объединенный экстракт концентрировали в фарфоровых чашечках до 10–15 мл (точный объем). Анализ проводили в двух повторностях [16].

1 мл водно-этанольного экстракта разбавляли бидистиллированной водой до 5 мл и пропускали через концентрирующий патрон Диапак С16 (ЗАО «БиоХимМак»). Вещества смывали с патрона 3 мл 40%-го водно-этанольного раствора, а затем 2 мл 96%-го 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 хро-

матографа Agilent 1200 (США) с диодно-матричным детектором, автосамплером и системой для сбора и обработки хроматографических данных ChemStation, модифицировав методику T.A. van Beek [17]. Колонка Zorbax SB-C18, 4,6×150 мм, 5 мкм. Разделение проводили в следующих условиях: градиент от 31 до 33% метанола, подкисленного ортофосфорной кислотой (0,1%), в течение 27 мин. Далее 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 (система I). Скорость потока элюента – 1 мл/мин, температура колонки – 26 °С, объем вводимой пробы – 10 мкл. Детектирование осуществляли при длинах волн λ = 254, 270, 290, 340, 360 и 370 нм.

Количественное определение индивидуальных компонентов в образцах растений проводили по методу внешнего стандарта при λ = 360 нм [17]. Для приготовления стандартных образцов использовали кофейную и коричную кислоты («Serva», Германия), хлорогеновую и *n*-кумаровую кислоты, кверцетин («Sigma-Aldrich», США) эллаговую кислоту, изокверцитрин, рутин, авикулярин, астрагалин и гиперозид («Fluka», Германия). Стандартные растворы готовили в концентрации 10 мкг/мл.

Из-за отсутствия доступных стандартных образцов и сложных условий разделения для определения содержания флавонолгликозидов в экстрактах из листьев и соцветий *S. baldshuanica* методом ВЭЖХ проводили анализ свободных агликонов. Для этого к 0,5 мл 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, применив градиентный режим элюирования, хроматографический анализ проводили в системе II: в подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0,1%) изменялось от 45 до 48% за 18 мин. Детектирование осуществляли при длине волны λ = 250, 270, 290, 325, 340, 350, 360, 370 нм. Содержание флавонолгликозидов (отдельно гликозидов кверцетина, кемпферола и изорамнетина) в образцах растений рассчитывали по содержанию свободных агликонов, образующихся после кислотного гидролиза [17]. Для пересчета концентрации агликona на соответствующий гликозид применяли известные из литературных данных коэффициенты: 2,504 – для кверцетина, 2,588 – для кемпферола и 2,437 – для изорамнетина [18].

Относительное стандартное отклонение по-

вторяемости при определении фенольных компонентов составило $\sigma_{\text{отн}} = 0,011$, относительное стандартное отклонение по времени удерживания у метода ВЭЖХ – 0,0018.

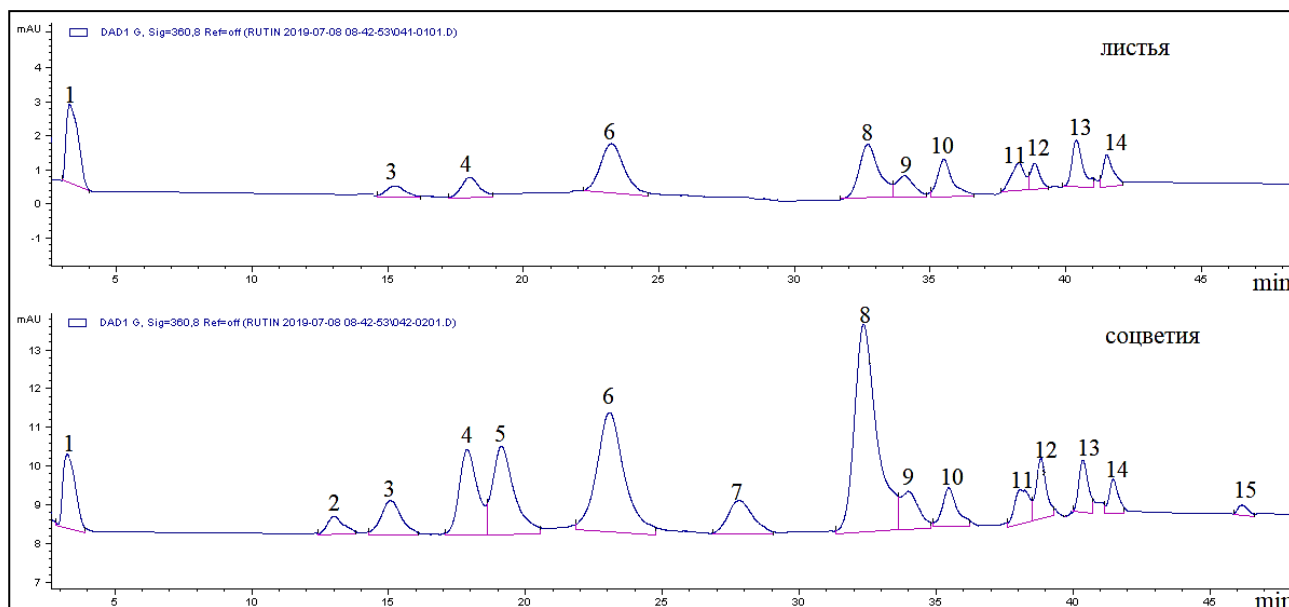
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Исследование состава фенольных соединений показало, что в водно-этанольных извлечениях из листьев *S. baldshuanica* содержится 11, а в соцветиях – 15 соединений (таблица, рисунок).

Характеристика и содержание фенольных соединений, обнаруженных в листьях и соцветиях *Spiraea baldshuanica*
Characteristic and content of the phenolic compounds detected by HPLC
in the extracts of *Spiraea baldshuanica* leaves and inflorescences

Номер соединения	Соединение	Время удерживания, t_R , мин.	Спектральная характеристика, λ_{max} , нм	Содержание*, мг/г в пересчете на воздушно-сухое сырье	
				лист	соцветие
Нативные экстракты (система I)					
1	Хлорогеновая кислота	3,2	244, 300 пл, 330	0,51±0,02	0,66±0,02
2	Компонент 2	13,0	—	н.о.	0,37±0,01
3	Флавонол	15,2	250, 265 пл, 355	0,29±0,01	0,56±0,02
4	Гиперозид	18,0	255, 268 пл.,355	0,29±0,01	0,96±0,04
5	Изокверцитрин	19,3	259, 266 пл., 358	н.о.	1,23±0,05
6	Флавои	23,8	250, 340	0,71±0,03	1,86±0,07
7	Авикулярин	28,4	260, 270 пл, 360	н.о.	0,71±0,03
8	Астрагалин	32,5	265, 300 пл., 350	0,60±0,02	3,16±0,12
9	Фенолокислота	34,2	240, 300 пл., 330	0,34±0,01	1,04±0,04
10	Коричная кислота	35,9	216, 270	0,30±0,01	0,37±0,01
11	Флавонол	37,8	260, 300 пл., 360	0,28±0,01	0,39±0,01
12	Флавонол	38,1	265, 300 пл., 355	0,21±0,01	0,38±0,01
13	Кверцетин	40,6	255, 372	0,22±0,01	0,34±0,01
14	Фенолокислота	41,5	225, 300 пл, 315	0,23±0,01	0,29±0,01
15	Кемпферол	46,9	266, 370	н.о.	0,25±0,01
Гидролизаты (система II)					
I	Кверцетин	6,6	255, 372	1,19±0,04	6,67±0,25
II	Кемпферол	10,7	266, 370	0,75±0,03	3,53±0,13
II	Изорамнетин	12,4	265,370	н.о.	0,21±0,01
IV	Флавонол	13,5	265, 370	0,43±0,02	0,79±0,03

Примечание. * – представлены средние арифметические значения определений и их стандартные отклонения; «–» – вещество не идентифицировано; н.о. – соединение не обнаружено.



Хроматограммы 40%-х водно-этанольных извлечений из листьев и соцветий растений *S. baldshuanica* при 360 нм в системе растворителей I. По оси абсцисс – время удерживания, мин.; по оси ординат – сигнал детектора, единица оптической плотности. Номер пика соответствует номеру соединения в таблице

Chromatograms of the 40% water-ethanol extracts from *S. baldshuanica* leaves and inflorescences in solvent system I (detection at 360 nm). On the X-axis: retention time, min; on the Y-axis: the detector signal, in units of optical density. The peak number corresponds to the ID number of a compound in the Table

На основании УФ-спектров и сопоставления времени удерживания пиков веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временем удерживания пиков стандартных образцов идентифицированы 2 кислоты – хлорогеновая и коричная, а также 6 флавонолов – кверцетин и его гликозиды (гиперозид, изокверцитрин, авикулярин), кемпферол и его гликозид астрагалин. Остальные компоненты не идентифицированы, но в процессе хроматографирования в режиме online были зарегистрированы их УФ-спектры. Неидентифицированные соединения согласно спектральным характеристикам отнесены к флавонолам, фенолкарбоновым кислотам и флавонам [1, 19].

Сравнительный анализ показал, что хроматографические профили листьев и соцветий *S. baldshuanica* отличаются. В соцветиях обнаружены изокверцитрин, авикулярин, кемпферол, соединение № 2, которые отсутствуют в листьях. Основными веществами в экстрактах из листьев *S. baldshuanica* являются хлорогеновая кислота, астрагалин и флавоны (6). Главными компонентами в соцветиях *S. baldshuanica*, кроме вышеперечисленных соединений, также являются гиперозид, изокверцитрин, авикулярин и фенолокислота (9).

В листьях *S. baldshuanica* содержание флавоноидов и фенолкарбоновых кислот низкое, менее 1 мг/г. В соцветиях содержание всех обнаруженных фенольных соединений выше, чем в листьях. Более высокая концентрация в соцветиях изокверцитрина (1,23 мг/г), флавоны (6) (1,86 мг/г) и фенолокислоты (9) (1,04 мг/г). Мажорный компонент в соцветиях – астрагалин, его содержание составило 3,16 мг/г, что в 5 раз больше, чем в листьях (0,60 мг/г). Астрагалин, гликозид кемпферола, является биологически активным флавоноидом и проявляет разнообразные фармакологические свойства, такие как противовоспалительные, антиоксидантные, нейропротекторные, кардиопротекторные, противостенокардические, противоопухолевые, противоязвенные и противодиабетические [20]. В дальнейшем возможно исследование соцветий *S. baldshuanica* на проявление всех перечисленных видов активности.

Для анализа содержания флавонолгликозидов по отдельности был проведен кислотный гидролиз водно-этанольных экстрактов листьев и соцветий. В результате хроматографического анализа в системе растворителей II в листьях *S. baldshuanica* обнаружены три флавонолагликона – кверцетин, кемпферол и изорамнетин, среди которых преобладал кверцетин. Обнаружен также еще один флавонол (IV, $t_R = 13,5$ мин). При пересчете концентрации агликона на соответствующий гликозид выявлено, что концентрация гликозидов кверцетина в соцветиях составила 6,67 мг/г, кемпферола – 3,53 мг/г. В листьях содержание гликозидов квер-

цетина снижено практически в шесть раз, кемпферола – в три раза (см. таблицу). Сумма гликозидов изорамнетина и флавонола (IV) в листьях и соцветиях *S. baldshuanica* сравнительно невысока – менее 1 мг/г.

Отметим, что в экстрактах из листьев *S. baldshuanica* соединения фенольной природы представлены в меньшем составе по сравнению с составом в экстрактах из листьев других представителей рода *Spiraea* секции *Calospira*. Данные по составу и содержанию в листьях таксонов этой секции представлены в работе [20]. В листьях *S. betulifolia*, *S. beauverdiana* и *S. betulifolia* subsp. *aemiliana* обнаружено не менее 25 соединений. В листьях спиреи бальджуанской не выявлены многие соединения, в том числе *n*-кумаровая кислота, таксифолин (дигидрокверцетин), рутин, эллаговая кислота, идентифицированные в листьях других растений рода *Spiraea* секции *Calospira*. Содержание гиперозида в листьях *S. baldshuanica* (0,29 мг/г) сравнимо только с содержанием в листьях *S. betulifolia* (0,13–1,55 мг/г). В листьях *S. beauverdiana* (1,03–4,30 мг/г) и *S. betulifolia* subsp. *aemiliana* (3,19–9,50 мг/г) концентрация гиперозида выше. Содержание остальных идентифицированных веществ в листьях исследуемых таксонов равнозначна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые исследованы состав и содержание фенольных соединений в листьях и соцветиях *S. baldshuanica* методом ВЭЖХ. Обнаружено 15 соединений фенольной природы в нативных экстрактах из листьев и соцветий. Из них идентифицированы хлорогеновая и коричная кислоты, кверцетин, кемпферол, гиперозид, изокверцитрин, авикулярин и астрагалин. Хроматографические профили листьев и соцветий различаются. В соцветиях *S. baldshuanica* обнаружены изокверцитрин, авикулярин, кемпферол, которые отсутствуют в листьях. Мажорным компонентом в соцветиях является астрагалин (3,16 мг/г), концентрация которого в 5 раз больше, чем в листьях (0,60 мг/г).

В гидролизатах экстрактов из листьев и соцветий *S. baldshuanica* обнаружено 3 агликона флавонолов – кверцетин, кемпферол и изорамнетин. Во всех гидролизатах преобладает кверцетин. Концентрация гликозидов кверцетина в соцветиях составила 6,67 мг/г, в листьях – 1,19 мг/г.

По хроматографическому профилю состав фенольных соединений листьев *S. baldshuanica* сильно отличается от состава экстрактов из листьев других представителей растений рода *Spiraea* секции *Calospira*, что является дополнительным подтверждением выделения ее в отдельный ряд *Decumbentes* по морфологическим признакам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 271 с.
2. Ferreyra M.L.F., Rius S.P., Casati P. Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications // *Frontiers in Plant Science*. 2012. Vol. 3. Article number 222. 15 p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00222>
3. Weinreb O., Amit T., Youdim M.B.H. The application of proteomics for studying the neurorescue activity of the polyphenol (-)-epigallocatechin-3-gallate // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2008. Vol. 476. Issue 2. P. 152–160. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2008.01.004>
4. Antonio A.M., Druse M.J. Antioxidants prevent ethanol-associated apoptosis in fetal rhombencephalic neurons // *Brain Research*. 2008. Vol. 1204. P. 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.02.018>
5. Bepalov V.G., Alexandrov V.A., Vysochina G.I., Kostikova V.A., Baranenko D.A. The Inhibiting Activity of Meadowsweet Extract on Neurocarcinogenesis Induced Transplacentally in Rats by Ethylnitrosourea // *Journal of Neuro-Oncology*. 2017. Vol. 131. Issue 3. P. 459–467. <https://doi.org/10.1007/s11060-016-2323-6>
6. Zengin G., Mocan A., Uysal S., Ceylan R., Cıřan G., Aktumsek A. A review of phenolic compounds from medicinal plants and nutraceuticals, and their characterization by different antioxidant assays. In: Lokatelli M., Celia C. (ed.). *Analytical Chemistry: Developments, Applications and Challenges in Food Analysis*. New-York: NOVA Science Publishers Inc., 2017. P. 77–103.
7. Businsky R., Businska L. The genus *Spiraea* in cultivation in Bohemia, Moravia and Slovakia // *Acta Pruhoniciana*. Vol. 72. Průhonice, 2002. 165 p.
8. Костикова В.А., Кузнецов А.А., Тищенко Э.Д., Файзылхакова А.Н. Хемотаксономическое изучение *Spiraea aemiliana* в сравнении с близкородственными видами *S. betulifolia* и *S. beauverdiana* // *Acta Biologica Sibirica*. 2019. Т. 5. N 3. С. 15–21. <http://doi.org/10.14258/abs.v5.i3.6352>
9. Teng Y., Yang Q., Yu Z., Zhou G., Sun Q., Jin H., et al. *In vitro* antimicrobial activity of the leaf essential oil of *Spiraea alpina* Pall // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2010. Vol. 26. Issue 1. P. 9–14. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-0134-z>
10. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Hydraginaceae – Haloragaceae. Л.: Наука, 1987. 328 с.
11. Kashchenko N.I., Chirikova N.K., Olennikov D.N. Acylated flavonoids from *Spiraea* genus as inhibitors of α -amylase // *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. 2018. Vol. 44. Issue 7. P. 876–886. <https://doi.org/10.1134/S1068162018070051>
12. Sun S., Liu Y., Liu X., Zhang S., Wang W., Wang R., et al. Neolignan glycosides from *Spiraea salicifolia* and their inhibitory activity on pro-inflammatory cytokine interleukin-6 production in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells // *Natural Product Research*. 2019. Vol. 33. Issue 22. P. 3215–3222. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1468329>
13. Ma Y., Mao X.-Y., Huang L.-J., Fan Y.-M., Gu W., Yan C., et al. Diterpene alkaloids and diterpenes from *Spiraea japonica* and their anti-Tobacco mosaic virus activity // *Fitoterapia*. 2016. Vol. 109. P. 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.11.019>
14. Костикова В.А., Филиппова Е.И., Высочина Г.И., Мазуркова Н.А. Противовирусная активность растений рода *Spiraea* (Rosaceae), произрастающих в азиатской части России // Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы: материалы Международной конференции, посвященной 70-летию Центрального сибирского ботанического сада (Новосибирск, 1–8 августа 2016 г.). Новосибирск: Изд-во ЦСБС СО РАН, 2016. С. 156–157.
15. Kostikova V.A., Shaldaeva T.M. The antioxidant activity of the Russian Far East representatives of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.) // *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. 2016. Vol. 43. Issue 7. P. 790–794. <https://doi.org/10.1134/S1068162017070081>
16. 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>
17. Van Beek T.A. Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts // *Journal of Chromatography A*. 2002. Vol. 967. Issue 1. P. 21–55. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(02\)00172-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)00172-3)
18. Van Beek T.A., Montoro P. Chemical analysis and quality control of *Ginkgo biloba* leaves, extracts, and phytopharmaceuticals // *Journal of Chromatography A*. 2009. Vol. 1216. Issue 11. P. 2002–2032. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.01.013>
19. Корупкин Д.Ю., Абилов Ж.А., Музычкина Р.А., Толстиков Г.А. Природные флавоноиды. Новосибирск: Гео, 2007. 232 с.
20. Riaz A., Rasul A., Hussain G., Zahoor M.K., Jabeen F., Subhani Z., et al. Astragalin: a bioactive phytochemical with potential therapeutic activities // *Advances in pharmacological sciences*. 2018. Vol. 2018. Article ID 9794625. 15 p. <https://doi.org/10.1155/2018/9794625>

REFERENCE

1. Zaprometov MN. *Phenolic compounds: distribution, metabolism and functions in plants*. Moscow: Nauka; 1993. 271 p. (In Russian)
2. Ferreyra MLF, Rius SP, Casati P. Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications. *Frontiers in Plant Science*. 2012;3.

Article number 222. 15 p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00222>

3. Weinreb O, Amit T, Youdim MBH. The application of proteomics for studying the neurorescue activity of the polyphenol (-)-epigallocatechin-3-gallate. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2008;476(2):152–160. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2008.01.004>

4. Antonio AM, Druse MJ. Antioxidants prevent ethanol-associated apoptosis in fetal rhombencephalic neurons. *Brain Research*. 2008;1204:16–23. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.02.018>

5. Bepalov VG, Alexandrov VA, Vysochina GI, Kostikova VA, Baranenko DA. The Inhibiting Activity of Meadowsweet Extract on Neurocarcinogenesis Induced Transplacentally in Rats by Ethylnitrosourea. *Journal of Neuro-Oncology*. 2017;131(3):459–467. <https://doi.org/10.1007/s11060-016-2323-6>

6. Zengin G, Mocan A, Uysal S, Ceylan R, Cişan G, Aktumsek A. A review of phenolic compounds from medicinal plants and nutraceuticals, and their characterization by different antioxidant assays. In: Lokatelli M, Celia C. (eds.). *Analytical Chemistry: Developments, Applications and Challenges in Food Analysis*. New-York: NOVA Science Publishers Inc.; 2017. P. 77–103.

7. Businsky R, Businska L. The genus *Spiraea* in cultivation in Bohemia, Moravia and Slovakia. *Acta Pruhoniciana*. Vol. 72. Průhonice, 2002. 165 p.

8. Kostikova VA, Kuznetsov AA, Tishchenko ED, Fayzylkhakova AN. Chemotaxonomic study of *Spiraea aemiliana* compared to the closely species *S. betulifolia* and *S. beauverdiana*. *Acta Biologica Sibirica*. 2019;5(3):15–21. (In Russian) <http://doi.org/10.14258/abs.v5.i3.6352>

9. Teng Y, Yang Q, Yu Z, Zhou G, Sun Q, Jin H, et al. *In vitro* antimicrobial activity of the leaf essential oil of *Spiraea alpina* Pall. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2010;26(1):9–14. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-0134-z>

10. *Plant resources of the USSR: flowering plants, their chemical composition, use. Family Hydraginaceae – Haloragaceae*. Leningrad: Nauka; 1987. 1987. 328p. (In Russian)

11. Kashchenko NI, Chirikova NK, Olennikov DN. Acylated flavonoids from *Spiraea* genus as inhibitors of α -amylase. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. 2018;44(7):876–886. <https://doi.org/10.1134/S1068162018070051>

12. Sun S, Liu Y, Liu X, Zhang S, Wang W, Wang R, et al. Neolignan glycosides from *Spiraea salicifolia* and their inhibitory activity on proinflammatory cytokine interleukin-6 production in lipopoly-

saccharide-stimulated RAW 264.7 cells. *Natural Product Research*. 2019;33(22):3215–3222. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1468329>

13. Ma Y, Mao X-Y, Huang L-J, Fan Y-M, Gu W, Yan C, et al. Diterpene alkaloids and diterpenes from *Spiraea japonica* and their anti-Tobacco mosaic virus activity. *Fitoterapia*. 2016;109:8–13. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.11.019>

14. Kostikova VA, Filippova EI, Vysochina GI, Mazurkova NA. Antiviral activity of plants of the genus *Spiraea* (Rosaceae), growing in the Asian part of Russia. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu Tsentral'nogo sibirskogo botanicheskogo sada "Sokhranenie raznoobraziya rastitel'nogo mira v botanicheskikh sadakh: traditsii, sovremennost', perspektivy"* = Conservation of Plant Diversity in Botanical Gardens: Traditions, Current Situation and Future: Proceedings of the International Conference dedicated to the 70-th Anniversary of Central Siberian Botanical Garden. 1–8 August, Novosibirsk. Novosibirsk: Izdatel'stvo Tsentral'nogo sibirskogo botanicheskogo sada; 2016, p. 156–157. (In Russian)

15. Kostikova VA, Shaldaeva TM. The antioxidant activity of the Russian Far East representatives of the genus *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.). *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. 2016;43(7):790–794. <https://doi.org/10.1134/S1068162017070081>

16. Kostikova V.A. Determination of optimum conditions of extraction for investigation of composition of phenolic compounds *Spiraea betulifolia* Pall. by HPLC method. *Khimija rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*. 2017;1:159–162. (In Russian) <https://doi.org/10.14258/jcpm.2017011417>

17. Van Beek TA. Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts. *Journal of Chromatography A*. 2002;967(1):21–55. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(02\)00172-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)00172-3)

18. Van Beek TA, Montoro P. Chemical analysis and quality control of *Ginkgo biloba* leaves, extracts, and phytopharmaceuticals. *Journal of Chromatography A*. 2009;1216(11):2002–2032. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.01.013>

19. Korul'kin DYU, Abilov ZhA, Muzychkina RA, Tolstikov GA. *Natural flavonoids*. Novosibirsk: Geo: 2007. 232 p. (In Russian)

20. Riaz A, Rasul A, Hussain G, Zahoor MK, Jabeen F, Subhani Z, et al. Astragaloside: a bioactive phytochemical with potential therapeutic activities. *Advances in pharmacological sciences*. 2018;2018. Article ID 9794625. 15 p. <https://doi.org/10.1155/2018/9794625>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Костикова Вера Андреевна,
к.б.н., старший научный сотрудник,
Центральный сибирский ботанический сад
СО РАН,

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vera A. Kostikova,
Cand. Sci. (Biology), Senior Scientist,
Central Siberian Botanical Garden SB RAS,
101, Zolotodolinskaya St., Novosibirsk, 630090,

630090, г. Новосибирск,
ул. Золотодолинская, 101,
Российская Федерация;
старший научный сотрудник,
Национальный исследовательский
Томский государственный университет,
634050, г. Томск, пр-т Ленина, 36,
Российская Федерация,
✉ e-mail: serebryakova-va@yandex.ru

Бобокалонов Кобилджон Азаматович,
научный сотрудник,
Институт ботаники, физиологии и генетики
растений Академии наук
Республики Таджикистан,
734017, г. Душанбе-17, ул. Каримова, 27,
Республика Таджикистан,
e-mail: kobil_5@bk.ru

Кузнецов Александр Александрович,
заведующий лабораторией структурного
и молекулярного анализа растений,
Национальный исследовательский
Томский государственный университет,
634050, г. Томск, пр-т Ленина, 36,
Российская Федерация,
e-mail: ys.tsu@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили оконча-
тельный вариант рукописи.*

*Поступила в редакцию 23.09.2020.
Одобрена после рецензирования 23.12.2020.
Принята к публикации 28.02.2021.*

Russian Federation;
Senior Scientist,
National Research Tomsk State University,
36, Lenin Ave., Tomsk, , 634050,
Russian Federation,
✉ e-mail: serebryakova-va@yandex.ru

Kobil A. Bobokalonov,
Researcher,
Institute of Botany, Plant Physiology
and Genetics of the Academy of Sciences
of the Republic of Tajikistan,
27, Karamova St.,
Dushanbe, 734017,
Tajikistan,
e-mail: kobil_5@bk.ru

Aleksandr A. Kuznetsov,
Head of the Laboratory of Structural
and Molecular Analysis of Plants,
National Research Tomsk State University,
36, Lenin Ave., Tomsk, 634050,
Russian Federation,
e-mail: ys.tsu@mail.ru

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests re-
garding the publication of this article.

*The final manuscript has been read and approved
by all the co-authors.*

*The article was submitted 23.09.2020.
Approved after reviewing 23.12.2020.
Accepted for publication 28.02.2021.*