

УДК 577.19: 582.734.4

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *DASIPHORA FRUTICOSA* И *COMARUM SALESOVIANUM* ИЗ ГОРНОГО АЛТАЯ

© Е.П. Храмова¹*, Т.А. Кукушкина¹, Т.М. Шалдаева¹, С.Я. Сыева²

¹ Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск, 630090 (Россия),
e-mail: khramova@ngs.ru

² Горно-Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, ул. Катунская, 2, Майма, 649100 (Россия)

Сравнительное изучение биохимических показателей и антиоксидантной активности у двух близкородственных видов растений *Dasiphora fruticosa* и *Comarum salesovianum* (кустарник и полукустарник), произрастающих в Горном Алтае, проведено впервые. Установлено, что листья, цветки растений содержат комплекс биологически активных веществ: флавонолов, катехинов, танинов, каротиноидов, сапонинов, пектиновых веществ (пектинов и протопектинов). В листьях и цветках *D. fruticosa* содержание флавонолов, танинов, сапонинов и пектиновых веществ в 1.1–2.5 раза выше, чем у *C. salesovianum*. Особенно значительны различия по содержанию пектиновых веществ и танинов, которые преимущественно синтезируются в листьях растений. Сапонины и флавонолы, напротив, в большей мере накапливаются в цветках, чем в листьях. Наибольшее содержание каротиноидов установлено в листьях растений *C. salesovianum* (до 70.4 мг%), что на 40% больше, чем в листьях *D. fruticosa*. Однако желтые цветки *D. fruticosa* содержат каротиноидов в 3.2 раза больше, чем белые цветки *C. salesovianum*. Высокие показатели антиоксидантной активности обнаружены в водно-этанольных экстрактах из листьев (до 0.85 мг/г) и цветков (0.98 мг/г) растений *D. fruticosa*, что, возможно, связано с повышенным содержанием фенольных соединений, в частности флавонолов и танинов, по сравнению с растениями *C. salesovianum*.

Ключевые слова: *Dasiphora fruticosa*, *Comarum salesovianum*, флавонолы, танины, катехины, каротиноиды, сапонины, пектиновые вещества, антиоксидантная активность.

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН «Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами», при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-44-040204 p_a.

Введение

Род *Potentilla* L. из семейства Rosaceae относится к числу сложнейших в систематическом отношении родов цветковых растений [1]. Одни авторы (Th. Wolf, P.W. Ball, J. Soják, P.B. Камелин) понимают этот род в широком смысле и включают в него *Dasiphora* Raf. и *Comarum* L. Другие (С.В. Юзепчук, J. Hutchinson, А.В. Положий, В.И. Курбатский) все три указанных рода признают в качестве самостоятельных. В своей

Храмова Елена Петровна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: khramova@ngs.ru
Кукушкина Татьяна Абдулхаировна – старший научный сотрудник, e-mail: kukushkina-phyto@yandex.ru
Шалдаева Татьяна Михайловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: tshaldaeva@yandex.ru
Сыева Серафима Яковлевна – кандидат биологических наук, руководитель филиала, e-mail: serafima-altai@mail.ru

работе мы придерживались точки зрения авторитетных монографов рода С.В. Юзепчука и В.И. Курбатского, выделивших из рода *Potentilla* кустарниковые и полукустарниковые виды [2, 3].

Основным отличительным признаком *Dasiphora* и *Comarum* является жизненная форма – кустарник и полукустарник. Интерес к изучению представителей этих родов – *Dasiphora fruticosa*

* Автор, с которым следует вести переписку.

(L.) Rydb. и *Comarum salesovianum* (Steph.) Asch. et Graebn. во флоре Республики Алтай вызван особенностями систематики и рационального использования. Растения этих родов используются как лекарственные, пищевые, кормовые, декоративные растения.

Наиболее широко распространен на Алтае курильский чай кустарниковый (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb. = *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz = *Potentilla fruticosa* L.) – один из наиболее красивоцветущих дикорастущих кустарников, который привлекает внимание своей декоративностью. Листья и цветки этого растения применяются в народной и традиционной медицине, а также в качестве пищевого продукта, характеризуется высокой антиоксидантной, гипогликемической, иммуномодулирующей, антиаллергической, антимикробной, противовирусной и другими типами активности, во многом благодаря наличию фенольных соединений [4–8]. Относится к растениям, продуцирующим значительное количество фенольных соединений, в основном флавонолов, содержание которых варьирует от 0.7 до 6.0% [4, 9]. Фенольный состав *D. fruticosa* изучен достаточно подробно. Из надземной части растения выделены и идентифицированы 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 – кверцетин-6"-О-галлат-3-β-D-галактопиранозид, кемпферол-3-О-β-(6"-О-(E)-п-кумарил)–глюкопиранозид, тернифлорин и трибулозид, 3 агликона – кверцетин, кемпферол и рамнетин, 2 эллаговых соединения – эллаговая кислота и ее гликозид [7, 9–13]. В листьях и цветках *Potentilla fruticosa* (= *D. fruticosa*) идентифицированы три соединения тритерпенового типа – эпи-урсоловая кислота, 2'α-гидроксипурсоловая кислота, торментовая кислота [14] и три стероидного – свободные стерины: β-ситостерин, стигмастерин, кампестерин [12].

Сабельник Залесова (*Comarum salesovianum* (Steph.) Asch. et Graebn. = *Farinopsis salesoviana* (Stephan) Chrtek et Sojk = *Potentilla salesovii* Stephan ex Willd.) – полукустарник, менее изучен по сравнению с *D. fruticosa*. В народной медицине надземная часть растения используется для лечения туберкулеза, гепатита и воспаления желчного пузыря. Настой из надземных частей применяется для промывания горла, отвар из подземных частей – для лечения травм спины, входит в сборы, рекомендуемые при желудочно-кишечных заболеваниях и атеросклерозе [15]. О применении сабельника Залесова в медицинской литературе практически не упоминается, более известен сабельник болотный (*C. palustre* L.). Есть сведения, что сабельник Залесова проявляет антимикробную [16], антибактериальную [17] и антифунгальную [18] активность. Химический состав растения представлен достаточно разрозненно. Так, обнаружено значительное количество флавонолов (до 4.7%) в листьях и цветках растения, органические кислоты [19]. В листьях выделены и идентифицированы производные фенольных липидов – 6-(8-ноненил) салициловая, 6-нонилсалициловая кислоты, 3-(8-ноненил) фенол [16]. Т.В. Букреевой и А.Л. Шаварда подтверждены исследования вышеупомянутых авторов и дополнительно обнаружены гомологи анакардовых (или алкилсалициловых) кислот – 6-нонадиенилсалициловая, 6-ундецилсалициловая и 6-(10-ундеценил)салициловая кислоты, из листьев выделены мио-инозит и 3-глюкуронид кверцетина, из цветков – соль яблочной кислоты [18].

Цель настоящего исследования – сравнительный анализ содержания биологически активных соединений в листьях и цветках близкородственных видов *Dasiphora fruticosa* и *Comarum salesovianum*, произрастающих в Горном Алтае.

Экспериментальная часть

D. fruticosa – кустарник высотой 15–150 см, ветви покрыты красновато-коричневой отслаивающейся корой, более молодые – шелковисто-волосистые, листья сложные, непарноперистые с отдельными листочками, цветки желтые, достаточно крупные, одиночные или в числе 2–7 на верхушках ветвей [2, 3]. *D. fruticosa* встречается на Алтае во всех поясах от степного до высокогорного, часто образуя сплошные заросли. Однако являясь преимущественно горным растением, он наиболее распространен в верхней части лесного и в высокогорном поясах.

Полукустарник *C. salesovianum* произрастает на каменистых и щебнистых склонах на высоте 2000–2400 м, распространен в Горном Алтае [2, 3]. Ветви покрыты буро-коричневой отслаивающейся корой, более молодые – беловатые, прижато-волосистые и обычно с белым мучнистым налетом. Листочки продолговатые, пиловидно-зубчатые. Белые с розовым оттенком цветки собраны в рыхлые малоцветковые соцветия или одиночные.

Растительный материал *D. fruticosa* и *C. salesovianum* собран в Кош-Агачском районе Республики Алтай в окрестности с. Бельтир в 2017 г. в фазе массового цветения. Обе ценопопуляции находились в непосредственной близости друг от друга в долине р. Талдура на высоте 2072 м от ур.м. (географические координаты: N 49,9519°, E 87,91705°). *C. salesovianum* обитал по высохшему водотоку к реке, *D. fruticosa* – на первой речной террасе.

Для определения содержания БАВ и суммарной активности антиоксидантов (САА) брали по 5–10 одностебельных побегов с 25–30 особей каждого вида.

Сырье разделяли на листья и цветки, высушивали на воздухе в затененном месте, измельчали и отбирали репрезентативную пробу для анализа.

Количественное определение флавонолов проводили спектрофотометрическим методом, в котором использована реакция комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия [20]. Концентрацию флавонолов рассчитывали по рутину фирмы «Chemapol».

Количественное содержание катехинов определяли спектрофотометрическим методом, основанном на способности катехинов давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. В две мерные пробирки переносили по 0.8 мл этанольного извлечения, в одну из них прибавляли 4 мл 1% раствора ванилина в концентрированной соляной кислоте. Объем обеих пробирок доводили до 5 мл концентрированной соляной кислотой. Вторая пробирка служила в качестве раствора сравнения. Оптическую плотность раствора измеряли на спектрофотометре СФ-56 при длине волны 502 нм. Количественное содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по (±)-катехину фирмы «Sigma» [21].

Количественное определение танинов (гидролизующих дубильных веществ) проводили по методике Л.М. Федосеевой [22]. Навеску сырья 2 г помещали в колбу и добавляли 250 мл дистиллированной воды. Экстрагировали при умеренном кипячении в течение 30 мин., охлаждали, переносили в мерную колбу на 250 мл и доводили дистиллированной водой до метки. После экстракции 10 мл извлечения переносили в мерную колбу на 100 мл, добавляли 10 мл 2% водного раствора аммония молибденовокислого, доводили до метки водой и оставляли на 15 мин. Интенсивность образовавшейся окраски измеряли на спектрофотометре СФ-56 при длине волны 420 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. В качестве стандартного образца использовали ГСО танина (1 класс по ГОСТ 8.315-97). При этом следует отметить, что в настоящее время основным методом определения танинов в растительном сырье является спектрофотометрический метод с реактивом Folin-Ciocalteu, представляющим собой смесь молибдодольфрамных гетерополикомплексов структуры Доусона [23], но коммерческая недоступность реактива, ограниченный срок хранения и попадание токсичных отходов реагента в окружающую среду не позволяют использовать его в рутинных анализах. Спектрофотометрическая методика с использованием водного раствора аммония молибденовокислого при определении танинов, на наш взгляд, более приемлема благодаря ее простоте, экспрессности и высокой чувствительности.

Содержание каротиноидов определяли в ацетоново-этанольном экстракте спектрофотометрическим методом. Навеску сырья 0.1 г растирали в ступке до однородной массы, добавляя последовательно 0.1 г углекислого кальция для нейтрализации органических кислот, так как каротиноиды неустойчивы в кислой среде, 1 мл диметилформамида для устойчивости пигментов и 2 г сернокислого натрия безводного. Экстракцию каротиноидов проводили ацетоном (40 мл – 1 раз и далее по 10 мл – 2 раза), после чего продолжали экстрагировать 96% этанолом (по 5 мл – 3 раза) для извлечения ликопина. Затем исчерпывающе экстрагировали ацетоном до исчезновения окраски. Измеряли объем объединенного экстракта [24]. Далее экстракты разбавляли ацетоном так, чтобы при измерении на спектрофотометре величина оптической плотности разбавленных растворов находилась в пределах от 0.1 до 0.8. Определение содержания каротиноидов проводили при длинах волн 662 и 644 нм (для хлорофиллов а и b), 440.5 нм (для каротиноидов) на спектрофотометре СФ-56. Концентрацию каротиноидов (мг/дм²) рассчитывали по формуле

$$C_{\text{кар.}} = 4.695 \times D_{440.5} - 0.268 \times (5.134 \times D_{662} - 20.436 \times D_{644}),$$

где $C_{\text{кар.}}$ – концентрация каротиноидов, мг/дм³; D – оптическая плотность экстракта. Содержание каротиноидов (мг%) определяли по формуле

$$X \text{ (мг\%)} = C_{\text{кар.}} \times V_1 \times V_3 \times 100 / M \times V_2 \times 1000,$$

где $C_{\text{кар.}}$ – концентрация каротиноидов, мг/дм³; V_1 – объем исходной ацетоновой вытяжки, мл; V_2 – объем исходной вытяжки, взятой для разбавления, мл; V_3 – объем разбавленной вытяжки, мл; M – масса абсолютно сухого сырья, г [25].

Пектиновые вещества (пектины и протопектины) определяли бескарбазольным спектрофотометрическим методом, основанном на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде. Измельченную навеску растительного образца массой 2–3 г трехкратно экстрагировали горячим 80% этанолом в соотношении 1 : 10 на кипящей водяной бане с обратным холодильником в течение 20–30 мин для извлечения свободных углеводов, мешающих определению пектиновых веществ. Отфильтрованную пробу высушивали при $T=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до исчезновения запаха спирта. Сначала извлекали водой пектины, затем гидролизировали протопектины. После реакции с тимолом плотность окрашенных растворов измеряли на спектрофотометре фирмы Agilent 8453 (США) при длине волны 480 нм в кювете с рабочей длиной 1 см. Количественное содержание пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте [26].

Содержание сапонинов определяли весовым методом. Около 2 г воздушно-сухого материала экстрагировали хлороформом в аппарате Сокслета до полного обесцвечивания для удаления липидов и смол, мешающих определению сапонинов. Затем экстрагировали последовательно 50, 60, 96% этанолом дважды каждой концентрацией по 30 мин при $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Объединенный экстракт упаривали до 5 мл и прибавляли семикратный объем ацетона. Через 18 ч образовавшийся осадок отфильтровывали, высушивали при $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, взвешивали и вычисляли содержание сырого сапонины [27].

Для определения суммарной активности антиоксидантов фенольного типа использовали оперативный амперометрический метод [28]. Измерения проводили на приборе «Цвет Яуза-01-АА» разработки НПО «Химавтоматика». Предварительно строили градуированную кривую зависимости сигнала образца сравнения (галловой кислоты) от его концентрации. САА определяли в водно-спиртовых экстрактах, для получения которых 1.0 г сырья заливали 50 мл этанола (70%) и встряхивали в течение 1 ч на перемешивающем устройстве [28].

Все биохимические показатели рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. Определение содержания БАВ проводилось в трехкратной повторности, САА – в пятикратной. Статистическая обработка данных проводилась методами описательной статистики с использованием программ Statistica 8.0 и Microsoft Excel 2010. Определяли среднеарифметические значения ($X_{cp.}$), стандартное отклонение (σ), коэффициент корреляции Спирмена.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного исследования получены новые данные по содержанию биологически активных соединений в листьях и цветках близкородственных видов *D. fruticosa* и *C. salesovianum*, произрастающих в Горном Алтае (табл. 1).

Фенольные соединения *D. fruticosa* и *C. salesovianum* представлены флавонолами, катехинами и танинами. Катехины и флавонолы являются представителями наиболее обширной группы фенольных соединений – флавоноидов, первые относятся к наиболее восстановленным соединениям этого ряда, вторые – самым окисленным.

В целом можно отметить, что в исследуемых растениях вне зависимости от жизненной формы синтезируется высокое содержание флавонолов (до 6.03%), при этом в цветках их концентрация больше, чем в листьях (рис. 1). Отмечено, что в листьях и цветках *D. fruticosa* количество флавонолов несколько выше, чем у *C. salesovianum*.

Выявлено высокое содержание катехинов в цветках *D. fruticosa* (2.23%), у *C. salesovianum* оно в 2.5 раза ниже. Напротив, в листьях сабельника Залесова синтезируется катехинов в 2.7 раза больше, чем у курльского чая кустарникового.

Таблица 1. Содержание биологически активных веществ в листьях и цветках *D. fruticosa* и *C. salesovianum* из Горного Алтая (в пересчете на абсолютно сухое сырье)

БАВ	<i>D. fruticosa</i>		<i>C. salesovianum</i>	
	листья	цветки	листья	цветки
Флавонолы, %	5.45±0.08 ¹	6.03±0.09	5.35±0.08	5.65±0.08
Танины, %	28.46±0.43	26.75±0.40	15.67±0.23	12.74±0.19
Катехины, %	0.64±0.01	2.23±0.03	1.76±0.03	0.90±0.01
Каротиноиды, мг%	50.6±0.76	22.87±0.34	70.4±1.01	7.16±0.11
Сапонины, %	0.36±0.01	6.15±0.09	0.42±0.01	4.86±0.07
Пектины, %	0.75±0.02	0.49±0.01	0.30±0.02	0.60±0.02
Протопектины, %	8.38±0.32	6.20±0.13	6.40±0.20	5.29±0.03

Примечание. Среднее арифметическое ± стандартное отклонение (σ).

Танины в наибольшем количестве обнаружены в листьях и цветках *D. fruticosa* (28.46 и 26.75% соответственно), у *C. salesovianum* их количество в 1.8–2.1 раза меньше. Известно, что к наиболее многочисленным растительным полифенолам среди гидролизуемых танинов относятся эллаготаннины (сложные эфиры эллаговой кислоты и сахаров). Высокое содержание танинов в образцах *D. fruticosa* хорошо согласуется с ранее полученными данными по содержанию эллаговой кислоты и ее эфиров в листьях и цветках этого растения [7, 9].

Из всех классов природных пигментов каротиноиды наиболее широко распространены и принадлежат к числу наиболее важных соединений. Каротиноиды являются неомыляемыми липидами и представляют собой тетратерпены или их производные. Хорошо известна роль каротиноидов в фотосинтезе, в защите от вредного воздействия УФ-излучения, а также в определенном вкладе в окраску содержащих их тканей [29, 30]. Как показали наши данные, наиболее высокое содержание каротиноидов обнаружено в листьях сабельника Залесова (70.40%), в листьях курильского чая оно снижается на 40%. В цветках растений количество каротиноидов значительно меньше, что вполне согласуется с данными по другим видам [30, 31]. При этом выявлено, что желтые цветки *D. fruticosa* содержат каротиноидов в 3.2 раза больше, чем белые цветки *C. salesovianum*, по видимому, желтые цветки курильского чая кустарникового обязаны своей окраской каротиноидам.

Сапонины являются вторичными метаболитами гликозидной природы, широко распространены в высших растениях, обладают поверхностной и гемолитической активностью и токсичностью по отношению к холоднокровным [32]. В зависимости от вида сапогенина делятся на две группы: тритерпеновые и стероидные гликозиды, которые отличаются друг от друга по свойствам. К характерным особенностям сапонинов относится поверхностная активность и некоторые другие биологические функции, в том числе гемолитическая и цитотоксическая активность [32, 33]. Стероидные сапонины обычно встречаются среди однодольных (сем. *Liliaceae*, *Dioscoreaceae*, *Agavaceae*), а тритерпеноиды более широко распространены и типичны для двудольных, например, в растениях из сем. *Primulaceae*, *Sapotaceae*, *Caryophyllaceae* [34]. По данным Т.В. Ганенко с соавторами [12, 14], в листьях и цветках *Potentilla fruticosa* (= *D. fruticosa*) присутствуют обе группы – тритерпеноиды и стероиды. Из наших результатов следует, что сапонины преимущественно накапливаются в цветках вне зависимости от жизненной формы видов и преимущественно у *D. fruticosa* (6.15%). В листьях их количество на порядок ниже.

Пектин или пектиновые вещества являются собирательным названием для группы тесно связанных полисахаридов, присутствуют в клеточных стенках растений, где они, являясь структурным элементом растительных тканей, способствуют поддержанию в них тургора, повышают засухоустойчивость растений, устойчивость овощей и фруктов при хранении. Они также играют важную роль в защите тканей от растительных патогенов и ранений [35]. Пектиновые вещества, находящиеся в форме нерастворимых в воде соединений, известны под названием протопектинов. При созревании плодов и овощей протопектины в большей или меньшей степени переходят в пектин. Особенно богаты пектиновыми веществами ягоды и фрукты, например, содержание пектиновых веществ в черной смородине, винограде, яблоках варьирует от 40 до 62% [35]. Содержание пектиновых веществ в изучаемых растениях достаточно высокое, при этом основную долю в сумме веществ занимают протопектины. В листьях и цветках кустарника *D. fruticosa* содержание протопектина выше, чем у полукустарника *C. salesovianum* (рис. 2).

В ходе исследования была определена суммарная антиоксидантная активность листьев и цветков *D. fruticosa*. В результате установлено, что образцы проявляют разную антиоксидантную активность (рис. 3). При этом отмечено, что САА больше в цветках растений по сравнению с листьями вне зависимости от жизненной формы.

Сравнительный анализ САА водно-этанольных экстрактов образцов показал, что максимальная активность проявляется в цветках (0.98 мг/г) и листьях (0.85 мг/г) растений *D. fruticosa*. В цветках и листьях сабельника Залесова активность снижается до 0.50 и 0.32 мг/г соответственно. Вероятно, высокая антиоксидантная активность цветков и листьев *D. fruticosa* связана с повышенным содержанием фенольных соединений (флавонолов, танинов) в этих образцах. Анализ связи содержания БАВ в листьях и цветках изучаемых растений и антиоксидантной активностью, выполненный методом корреляционного анализа, показал, что наиболее тесно с антиоксидантной активностью связаны флавонолы ($R = 0.80$), несколько ниже (умеренная) связь отмечена для танинов ($R = 0.60$) (табл. 2), что находит подтверждение в литературных данных для других видов растений [36].

Данный факт подтверждается также результатами исследования G. Miliauskas с соавторами [7], в котором приводятся результаты по антиоксидантной активности ряда соединений, выделенных из цветков *Potentilla fruticosa* (= *Dasiphora fruticosa*), с высокой антиоксидантной активностью, при этом эллаговые соединения и гликозиды кверцетина отнесены к соединениям, вносящим наибольший вклад в антиоксидантную активность этого растения.

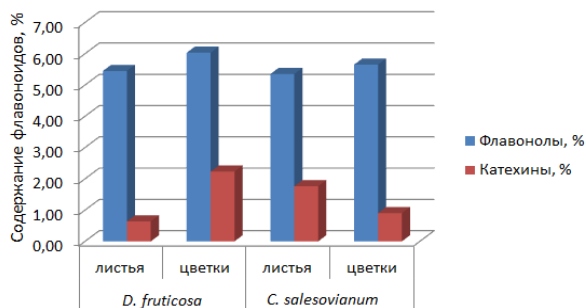


Рис. 1. Содержание флавоноидов в листьях и цветках *D. fruticosa* и *C. salesovianum* из Горного Алтая

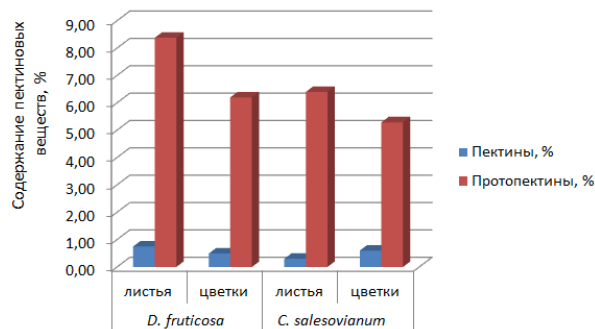


Рис. 2. Содержание пектиновых веществ в листьях и цветках *D. fruticosa* и *C. salesovianum* из Горного Алтая

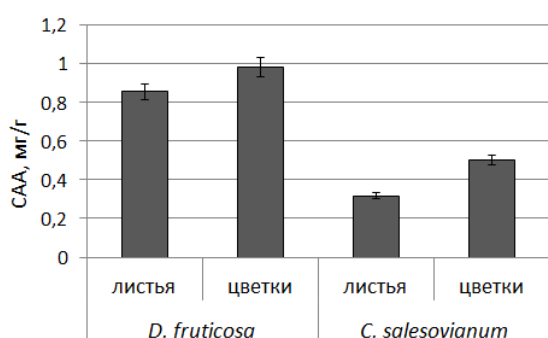


Рис. 3. Содержание суммарной антиоксидантной активности в водно-этанольных экстрактах листьев и цветков *D. fruticosa* и *C. salesovianum*

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции Спирмена (R) между содержанием БАВ в листьях и цветках *D. fruticosa*, *C. salesovianum* и антиоксидантной активностью

БАВ	R
Флавонолы	0.80
Танины	0.60
Катехины	0.20
Каротиноиды	-0.40
Сапонины	0.40
Пектины	0.40
Протопектины	0.00

Заключение

В листьях и цветках *D. fruticosa* и *C. salesovianum* из Горного Алтая содержится комплекс биологически активных веществ, состоящий из фенольных соединений (флавонолов, танинов, катехинов), каротиноидов, сапонинов, пектиновых веществ. Показано, что в зависимости от жизненной формы растений биологически активные вещества синтезируются по-разному: содержание флавонолов, танинов, сапонинов и пектиновых веществ в 1.1–2.5 выше у кустарника *D. fruticosa*, чем у полукустарника *C. salesovianum*. Катехины максимально накапливаются в цветках *D. fruticosa*. Наибольшее содержание каротиноидов выявлено в листьях полукустарника *C. salesovianum*, но в цветках оно минимально, что, скорее всего, связано с белой окраской по сравнению с желтыми цветками *D. fruticosa*. Самые высокие показатели антиоксидантной активности обнаружены в водно-этанольных экстрактах из листьев и цветков растений *D. fruticosa*, что, возможно, связано с повышенным содержанием фенольных соединений, в частности танинов и флавонолов.

Список литературы

- Курбатский В.И. К внутривидовой систематике *Potentilla* L. и *Comarum* L. s.l. // Систематические заметки по материалам гербария им. П.Н. Крылова при Томском государственном университете. 2008. №99. С. 1–8.
- Флора СССР. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1941. Т. 10. С. 68–78.
- Флора Сибири. Новосибирск: Наука, 1988. Т. 8. С. 35–38.
- Триль В.М., Стальная М.И., Иващенко Т.А. Курильский чай в природе и культуре (перспективы его использования). Майкоп, 2008. 264 с.
- Арьяева М.М., Ажунова Т.А., Николаев С.М., Асеева Т.А., Асеева Е.Е., Лесиовская Е.Е., Николаева И.Г. Влияние экстракта из побегов *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz на течение экспериментального сахарного диабета // Растительные ресурсы. 1999. Т. 35, вып. 1. С. 91–97.

6. Евстропов А.Н., Бурова Л.Г., Грек О.Р., Захарова Л.Н., Волхонская Т.А. Применение полифенольного комплекса, экстрагированного из пятилистника кустарникового (*Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz), для профилактики Коксаки-вирусной инфекции // Бюллетень сибирской медицины. 2002. №4. С. 27–31.
7. Miliuskas 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. Pp. 1997–2009.
8. Tomczyk M., Pleszczyńska M., Wiater A. Variation in Total Polyphenolics Contents of Aerial Parts of *Potentilla* Species and Their Anticariogenic Activity // Molecules. 2010. Vol. 15. Pp. 4639–4651.
9. Храмова Е.П. Род *Pentaphylloides* Hill (Rosaceae) Азиатской России (фенольные соединения, элементный состав в природе и культуре, хемотаксономия): дис. ...докт. биол. наук. Новосибирск, 2016. 437 с.
10. Федосеева Г.М. Фенольные соединения *Potentilla fruticosa* // Химия природных соединений. 1979. №4. С. 575–576.
11. Ганенко Т.В., Луцкий В.И., Ларин М.Ф., Верещагин А.Л., Семенов А.А. Химический состав *Potentilla fruticosa* I. Флавоноиды // Химия природных соединений. 1988. №3. С. 451.
12. Ганенко Т.В., Верещагин А.Л., Семенов А.А. Химический состав *Potentilla fruticosa*. 3. Флавоноиды и свободные стеринны // Химия природных соединений. 1991. №2. С. 285.
13. Shkel N.M., Khranova E.P., Kuzakov E.V., Volkhonskaya T.A., Tril V.M. Phenolic Compounds in *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O.Schwarz under Introduction // Chemistry for Sustainable Development. 1997. Vol. 5. N1. Pp. 117–120.
14. Ганенко Т.В., Семенов А.А. Химический состав *Potentilla fruticosa*. II. Тритерпеноиды // Химия природных соединений. 1989. №6. С. 856.
15. Liga U., Davaasuren B., Ninjin N. Medicinal plants of Mongolia used in western and eastern medicine. JKL printing, Ulaanbaatar, 2006. Pp. 218–219.
16. Gonchig E., Erdenebat S., Togtoo O., Bataa S., Gendaram O., Kim Y.S., Ryu S.Y. Antimicrobial activity of Mongolian medicinal plants // Natural Product Sciences. 2008. Vol. 14. N1. Pp. 1–5.
17. Odontuya G., Banzragchgarav O., Murata T., Batkhoo J., Sasaki K., Yoshizaki F. Antibacterially active phenolic lipid derivatives from *Comarum salesovianum* (Steph.) Aschers. et Gr. // Phytochemistry Letters. 2015. Vol. 13. Pp. 360–364. DOI: 10.1016/j.phyto.2015.07.020.
18. Букреева Т.В., Шаварда А.Л. Анакардовые кислоты на поверхности цветков и листьев *Comarum salesovianum* (Rosaceae) // Растительные ресурсы. 2017. Т. 53(3). С. 435–442.
19. Триль В.М. Анатомо-морфологическая структура листа *Comarum salesovianum* (Steph.) Aschers et Graebn // Наука: комплексные проблемы. 2015. №2. С. 19–27.
20. Беликов В.В. Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация. 1970. №1. С. 66–72.
21. Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris*) как источник лекарственных средств // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: материалы VII Международного съезда. СПб., 2003. С. 64–69.
22. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia Crassifolia* (L.) Fitsh, произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья. 2005. №2. С. 45–50.
23. Денисенко Т.А., Вишник А.Б., Цыганок Л.П. Особенности взаимодействия 18-молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу с фенольными соединениями // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19. №3. С. 242–251. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.3.001.
24. Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта, 1982. 21 с.
25. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 430 с.
26. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // Труды Никитского ботанического сада. 1989. Вып. 109. С. 128–137.
27. Киселева А.В., Волхонская Т.А., Киселев В.Е. Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири. Новосибирск, 1991. 135 с.
28. Федина П.А., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 91–97.
29. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. М.: Мир, 1986. 422 с.
30. Дейнека В.И., Шапошников А.А., Дейнека Л.А., Гусева Т.С., Вострикова С.М., Шенцева Е.А., Закирова Л.Р. Каротиноиды: строение, биологические функции и перспективы применения // Научные ведомости, 2008. №6 (46). С. 19–25.
31. Костикова В.А., Банаев Е.В., Костиков Д.К., Кукушкина Т.А. Сравнительное изучение содержания биологически активных веществ в надземных органах *Atraphaxis Frutescens* A.Pungens (Polygonaceae), произрастающих в Сибири // Химия растительного сырья. 2018. №2. С. 77–87. DOI: 10.14258/JCPRM.2018022714.
32. Podolak I., Galanty A., Sobolewska D. Saponins as cytotoxic agents: a review // Phytochem Rev. 2010. Vol. 9. Pp. 425–474. DOI: 10.1007/s11101-010-9183-z.
33. Vincken J.P., Heng L., de Groot A., Gruppen H. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom // Phytochemistry. 2007. Vol. 68. N3. Pp. 275–297. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.10.008.
34. Xu F.Q., Zhong H.M., Liu H.Y. et al. Steroidal saponins from *Lysimachia Paridiformis* // J. Asian Nat. Prod. Res. 2007. N9. Pp. 493–497. DOI: 10.1080/10286020600727434.
35. Voragen A.G.J., Coenen G.-J., Verhoef R.P., Schols H.A. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls // Struct. Chem. 2009. Vol. 20. Pp. 263–275. DOI: 10.1007/s11224-009-9442-z.

36. Шалдаева Т.М. Исследование некоторых видов рода *Filipendula Mill.* на содержание флавоноидов и антиоксидантную активность // Химия растительного сырья. 2015. №1. С. 217–220. DOI: 10.14258/jcrpm.201501294.

Поступила в редакцию 7 февраля 2019 г.

После переработки 17 июня 2019 г.

Принята к публикации 24 октября 2019 г.

Для цитирования: Храмова Е.П., Кукушкина Т.А., Шалдаева Т.М., Сыева С.Я. Сравнительное исследование биологически активных веществ *Dasiphora fruticosa* и *Comarum salesovianum* из Горного Алтая // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 189–197. DOI: 10.14258/jcrpm.2020015145.

Khramova E.P.^{1}, Kukushkina T.A.¹, Shaldaeva T.M.¹, Syeva S.Ya.² COMPARATIVE STUDY OF THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES *DASIPHORA FRUTICOSA* AND *COMARUM SALESOVIANUM*, GROWING IN ALTAI MOUNTAINS*

¹ Central Siberian Botanical Gardens SB RAS, ul. Zolotodalinskaya, 101, Novosibirsk, 630090 (Russia), e-mail: khramova@ngs.ru

² Gorno-Altai Research Institute of Agriculture - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology, ul. Katunskaya, 2, Maima, 649100 (Russia)

A comparative study of biochemical parameters of two closely related species of plants *Dasiphora fruticosa* and *Comarum salesovianum* (shrub and subshrub), growing in the Altai Mountains, was carried out for the first time. It is established that plants contain a rich complex of biologically active substances: flavonols, tannins, catechins, carotenoids, saponins, pectin substances. In the leaves and flowers of *D. fruticosa*, the content of flavonols, tannins, saponins and pectin substances is 1.1–2.5 times higher than that of *C. salesovianum*. Particularly significant differences in the content of pectin substances and tannins, which are mainly synthesized in the leaves of plants. By contrast, saponins and flavonols accumulate in flowers more, than in leaves. Maximum content of carotenoids identified in the leaves of plants *C. salesovianum* (up to 70.4 mg%), but the yellow flowers of *D. fruticosa* contain carotenoids more 3.2 times than the white flowers of *S. salesovianum*. High antioxidant activity were found in water-ethanol extracts of leaves (up to 0.85 mg/g) and flowers (up to 0.98 mg/g) of *D. fruticosa*, which may be due to the increased content of phenolic compounds, in particular tannins compared with the *S. salesovianum*.

Keywords: *Dasiphora fruticosa*, *Comarum salesovianum*, flavonols, tannins, catechins, carotenoids, saponins, pectin substances, antioxidant activity.

References

1. Kurbatskiy V.I. *Sistemicheskiye zametki po materialam gerbariya im. P.N. Krylova pri Tomskom gosudarstvennom universitete*, 2008, no. 99, pp. 1–8 (in Russ.).
2. *Flora SSSR*. [Flora of the USSR]. Moscow, Leningrad, 1941, vol. 10, pp. 68–78 (in Russ.).
3. *Flora Sibiri*. [Flora of Siberia]. Novosibirsk, 1988, vol. 8, pp. 35–38 (in Russ.).
4. Tril' V.M., Stal'naya M.I., Ivashchenko T.A. *Kuril'skiy chay v prirode i kul'ture (perspektivy yego ispol'zovaniya)*. [Kuril tea in nature and culture (prospects for its use)]. Maykop, 2008, 264 p. (in Russ.).
5. Ar'yayeva M.M., Azhunova T.A., Nikolayev S.M., Aseyeva T.A., Aseyeva Ye.Ye., Lesiovskaya Ye.Ye., Nikolayeva I.G. *Rastitel'nyye resursy*, 1999, vol. 35, no. 1, pp. 91–97 (in Russ.).

* Corresponding author.

6. Yevstropov A.N., Burova L.G., Grek O.R., Zakharova L.N., Volkhonskaya T.A. *Bulleten' sibirskoy meditsiny*, 2002, no. 4, pp. 27–31 (in Russ.).
7. Miliuskas G., van Beek T.A., Venskutonis P.R., Linssen J.P.H., de Waard P., Sudhölter E.J. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2004, vol. 84, pp. 1997–2009.
8. Tomczyk M., Pleszczyńska M., Wiater A. *Molecules*, 2010, vol. 15, pp. 4639–4651.
9. Khramova Ye.P. *Rod Pentaphylloides Hill (Rosaceae) Aziatskoy Rossii (fenol'nyye soyedineniya, elementnyy so-stav v prirode i kul'ture, khemotaksonomiya): dis. ...dokt. biol. nauk.* [Genus *Pentaphylloides* Hill (Rosaceae) of Asian Russia (phenolic compounds, elemental composition in nature and culture, chemotaxonomy): dis. ... doctor. biol. sciences]. Novosibirsk, 2016, 437 p. (in Russ.).
10. Fedoseyeva G.M. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 1979, no. 4, pp. 575–576 (in Russ.).
11. Ganenko T.V., Lutskiy V.I., Larin M.F., Vereshchagin A.L., Semenov A.A. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 1988, no. 3, p. 451 (in Russ.).
12. Ganenko T.V., Vereshchagin A.L., Semenov A.A. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 1991, no. 2, p. 285 (in Russ.).
13. Shkel N.M., Khramova E.P., Kuzakov E.V., Volkhonskaya T.A., Tril' V.M. *Chemistry for Sustainable Development*, 1997, vol. 5, no. 1, pp. 117–120.
14. Ganenko T.V., Semenov A.A. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 1989, no. 6, p. 856 (in Russ.).
15. Ligaa U., Davaasuren B., Ninjin N. *Medicinal plants of Mongolia used in western and eastern medicine*. JKL printing, Ulaanbaatar, 2006, pp. 218–219.
16. Gonchig E., Erdenebat S., Togtoo O., Bataa S., Gendaram O., Kim Y.S., Ryu S.Y. *Natural Product Sciences*, 2008, vol. 14, no. 1, pp. 1–5.
17. Odontuya G., Banzragchgarav O., Murata T., Batkhoo J., Sasaki K., Yoshizaki F. *Phytochemistry Letters*, 2015, vol. 13, pp. 360–364. DOI: 10.1016/j.phytol.2015.07.020.
18. Bukreyeva T.V., Shavarda A.L. *Rastitel'nyye resursy*, 2017, vol. 53(3), pp. 435–442 (in Russ.).
19. Tril' V.M. *Nauka: kompleksnyye problemy*, 2015, no. 2, pp. 19–27 (in Russ.).
20. Belikov V.V. *Farmatsiya*, 1970, no. 1, pp. 66–72 (in Russ.).
21. Kukushkina T.A., Zykov A.A., Obukhova L.A. *Aktual'nyye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov prirodnogo proiskhozh-deniya: materialy VII Mezhdunarodnogo s'yezda*. [Actual problems of creating new drugs of natural origin: proceedings of the VII International Congress]. St. Petersburg, 2003, pp. 64–69 (in Russ.).
22. Fedoseyeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2005, no. 2, pp. 45–50 (in Russ.).
23. Denisenko T.A., Vishnikin A.B., Tsyganok L.P. *Analitika i kontrol'*, 2015, vol. 19, no. 3, pp. 242–251. DOI: 10.15826/analitika.2015.19.3.001. (in Russ.).
24. Kriventsov V.I. *Metodicheskiye rekomendatsii po analizu plodov na biokhimicheskiy sostav*. [Guidelines for the analysis of fruits on the biochemical composition]. Yalta, 1982, 21 p. (in Russ.).
25. Yermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. i dr. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Methods of biochemical study of plants]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).
26. Kriventsov V.I. *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1989, vol. 109, pp. 128–137 (in Russ.).
27. Kiseleva A.V., Volkhonskaya T.A., Kiselev V.Ye. *Biologicheski aktivnyye veshchestva lekarstvennykh rasteniy Yuzhnoy Sibiri*. [Biologically active substances of medicinal plants in Southern Siberia]. Novosibirsk, 1991, 135 p. (in Russ.).
28. Fedina P.A., Yashin A.YA., Chernousova N.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2010, no. 2, pp. 91–97 (in Russ.).
29. Britton G. *Biokhimiya prirodnikh pigmentov*. [Biochemistry of natural pigments]. Moscow, 1986, 422 p. (in Russ.).
30. Deyneka V.I., Shaposhnikov A.A., Deyneka L.A., Guseva T.S., Vostrikova S.M., Shentseva Ye.A., Zakirova L.R. *Nauchnyye vedomosti*, 2008, no. 6 (46), pp. 19–25 (in Russ.).
31. Kostikova V.A., Banayev Ye.V., Kostikov D.K., Kukushkina T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 2, pp. 77–87. DOI: 10.14258/JCPRM.2018022714 (in Russ.).
32. Podolak I., Galanty A., Sobolewska D. *Phytochem Rev.*, 2010, vol. 9, pp. 425–474. DOI: 10.1007/s11101-010-9183-z
33. Vincken J.P., Heng L., de Groot A., Gruppen H. *Phytochemistry*, 2007, vol. 68, no. 3, pp. 275–297. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.10.008.
34. Xu F.Q., Zhong H.M., Liu H.Y. et al. *J. Asian Nat. Prod. Res.*, 2007, no. 9, pp. 493–497. DOI: 10.1080/10286020600727434.
35. Voragen A.G.J., Coenen G.-J., Verhoef R.P., Schols H.A. *Struct. Chem.*, 2009, vol. 20, pp. 263–275. DOI: 10.1007/s11224-009-9442-z.
36. Shaldayeva T.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 1, pp. 217–220. DOI: 10.14258/jcprm.201501294 (in Russ.).

Received February 7, 2019

Revised June 17, 2019

Accepted October 24, 2019

For citing: Khramova E.P., Kukushkina T.A., Shaldaeva T.M., Syeva S.Ya. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 189–197. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020015145.

