

УДК 577.13:582.711.71

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ *DASIPHORA FRUTICOSA* ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

© Е.В. Шидло¹*, Т.М. Шалдаева², Е.П. Храмова²

¹ Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН,
Игнатьевское шоссе, 2-й км, Благовещенск, 675000, Россия,
lenok-luchik@mail.ru

² Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская,
101, Новосибирск, 630090, Россия

Проведено изучение содержания фенольных соединений и антиоксидантной активности растений *Dasiphora fruticosa* из 26 природных популяций российского Дальнего Востока. Установлено, что в листьях и цветках растений накапливается значительное количество фенольных соединений (от 10.4 до 42.3 мг/г), при этом в цветках их содержание выше, чем в листьях. Отмечено преимущественное накопление гликозидов кверцетина по сравнению с гликозидами кемпферола и рамнетина. Наибольшее содержание гликозидов кверцетина (21.4–22.5 мг/г) и эллаговых соединений (17.5 мг/г) отмечено в растениях из Республики Якутия. Более высокие показатели антиоксидантной активности обнаружены в водно-этанольных экстрактах листьев (1.79 мг/г) и цветков (2.20 мг/г) *Dasiphora fruticosa* из популяции Хабаровского края, что, возможно, связано с повышенным содержанием фенольных соединений, в том числе эллаговых соединений и гликозидов кверцетина в этих образцах. Изменчивость содержания фенольных соединений и суммарного содержания антиоксидантов фенольного типа в листьях и цветках растений оценивается как высокая и очень высокая ($C_v = 21–89\%$), при этом вариабельность суммы полифенолов в цветках снижается и соответствует среднему уровню ($C_v = 20\%$). Показано, что, суммарное содержание антиоксидантов водно-этанольных экстрактов из листьев на 25–27% определяется концентрацией эллаговых соединений, суммарным содержанием фенольных соединений и гликозидов кверцетина, цветков – на 45% содержанием гликозидов рамнетина.

Ключевые слова: *Dasiphora fruticosa*, антиоксидантная активность, фенольные соединения, изменчивость, российский Дальний Восток.

Для цитирования: Шидло Е.В., Шалдаева Т.М., Храмова Е.П. Фенольные соединения и антиоксидантная активность растений *Dasiphora fruticosa* из природных популяций российского Дальнего Востока // Химия растительного сырья. 2025. №2. С. 147–158. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250214801>.

Введение

В настоящее время полифенольные соединения представляют значительный интерес в фармакологии и пищевой отрасли, благодаря мощной антиоксидантной способности и защитным действием в борьбе с заболеваниями со свободно-радикальной этиологией, включая сердечно-сосудистые заболевания, неопластические заболевания, болезни свертывания крови и другие [1].

Dasiphora fruticosa (L.) Rydb. из семейства Rosaceae Juss. (курильский чай кустарниковый) [2] в последние десятилетия привлекает внимание фармакологов, ресурсоведов и биохимиков как перспективное лекарственное растение, имеющее большой ресурсный потенциал. Водный экстракт из надземной части растений *D. fruticosa* и его летучие соединения проявляют выраженный антимикробный эффект в отношении широкого спектра микроорганизмов и бактерий [3–5]. Выявлена его противовирусная и иммуностимулирующая активность [6]. Фармакологический эффект *D. fruticosa* обусловлен составом и содержанием биологически активных веществ, который представлен танинами, полисахаридами, аминокислотами, флавоноидами, фенолкарбоновыми кислотами, алифатическими и тритерпеновыми компонентами, минеральными

* Автор, с которым следует вести переписку.

элементами [5, 7–12]. Значительный антиоксидантный эффект экстрактов из надземных органов *Potentilla fruticosa* (= *D. fruticosa*) обеспечивается высоким содержанием фенольных соединений (ФС) (до 240 мг-экв. галловой кислоты/г), фенолокислот (198 мг-экв. кофейной кислоты/г), танинов (до 179 мг-экв. галловой кислоты/г), проантоцианидинов (до 54 мг-экв. катехин/г) и флавонолов (95 мг-экв. рутина/г) [13]. Высокое содержание фенольных соединений в листьях и цветках растений *D. fruticosa* отмечается в ряде работ [5, 14–17]. В работе G. Miliuskas с соавторами [12] обнаружено, что наибольший вклад в антиоксидантную активность вносят эллаговая кислота, катехин, кверцетин-3- β -глюкопиранозид, кверцетин-3- β -галактопиранозид, кверцетин-3- β -рутинозид, кверцетин-3- β -глюкорониопиранозид, кверцетин-3- α -арабинофуранозид, кемпферол-3- β -рутинозид, кемпферол-3-О- β -(6"-О-(Е)-р-кумарил)-глюкопиранозид, рамнетин-3- β -глюкопиранозид и рамнетин-3- β -галактопиранозид. Эти результаты подтверждаются в исследованиях других авторов [18, 19], где установлено, что катехины, эллаговая кислота и гиперозид обеспечивают антиоксидантный эффект экстрактов из листьев *D. fruticosa* из природных популяций Китайской Народной Республики. При изучении растений *D. fruticosa* из природных популяций Горного Алтая показано, что суммарное содержание антиоксидантов (ССА) фенольного типа в листьях достигает 0.85 мг/г и цветках – 0.98 мг/г, что оценивается как значительное [20]. Растения *D. fruticosa* из природных популяций российского Дальнего Востока в этом плане изучены недостаточно. Ранее нами представлены данные по исследованию ССА в листьях и цветках растений *D. fruticosa* Верхнего Приамурья [14]. В связи с повышенным вниманием исследователей к *D. fruticosa*, малой изученностью содержания полифенолов и антиоксидантной активности в надземной части этого растения на территории российского Дальнего Востока и значительной ресурсной базой такое исследование актуально и представляет интерес для решения ресурсоведческих задач, поиска растений *D. fruticosa* с высокой антиоксидантной активностью.

Цель работы – сравнительное изучение содержания фенольных соединений и антиоксидантной активности в листьях и цветках *Dasiphora fruticosa* из природных популяций российского Дальнего Востока для определения их сырьевого потенциала.

Экспериментальная часть

Материалом для исследований послужило сырье (листья и цветки) растений *D. fruticosa*, собранное в 26 ценооточеских популяциях (ЦП) российского Дальнего Востока: Республика Якутия (ЦП 1–6), Забайкальский край (ЦП 7), Амурская область (ЦП 8–17), Еврейская автономная область (ЦП 18 и ЦП 19), Хабаровский край (ЦП 20–22), Сахалинская область – о. Сахалин (ЦП 23) и о. Шикотан (ЦП 24–26) (рис. 1, табл. 1). Описание мест отбора образцов приведено в таблице 1, из которой следует, что охвачен широкий спектр мест обитания *D. fruticosa*.

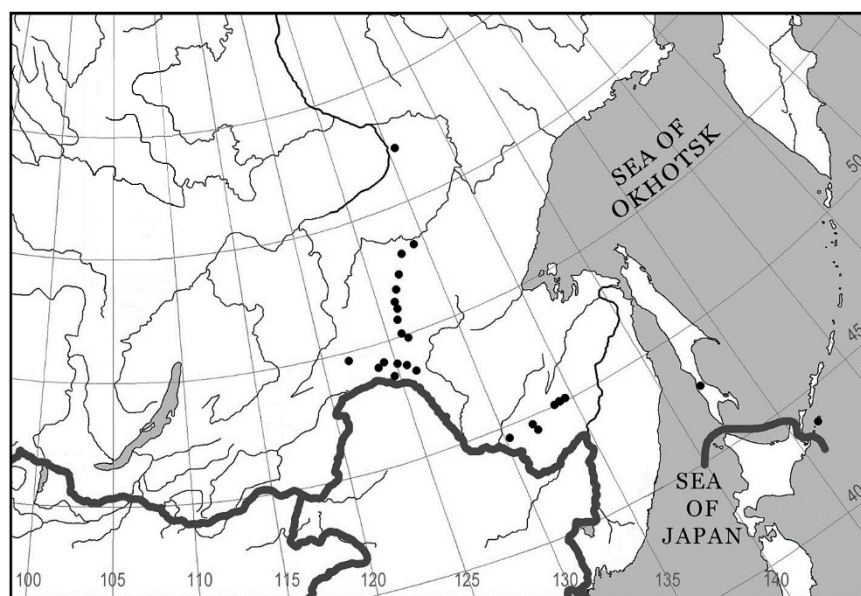


Рис. 1. Схема сбора образцов *D. fruticosa* в популяциях российского Дальнего Востока

Таблица 1. Места сбора образцов *D. fruticosa*

№ ЦП	Название популяции, место сбора, координаты
Республика Якутия	
Нерюнгринский район	
1	«Тимптонская», пос. Нагорный, берег р. Тимптон, 55.95437°с.ш., 124.91761°в.д., высота – 507 м над ур. м.
2	«Беркакитская», пос. Беркакит, берег р. Беркакит, 56.54661°с.ш., 124.78657°в.д., высота – 1304 м над ур. м.
3	«Малонимнырская», окр. с. Малый Нимныр, заросшие курумники, близ р. Малый Нимныр. 57.66009°с.ш., 125.21738°в.д., высота – 1009 м над ур. м.
Алданский район	
4	«Алданская», трасса близ р. Малый Куранах, 58.67595°с.ш., 125.41756°в.д., высота – 1192 м над ур. м.
5	«Томмотская», г. Томмот, правый берег р. Алдан, 58.67611°с.ш., 125.41725°в.д., высота – 1196 м над ур. м.
Хангаласский район	
6	«Тектюрская», заболоченное место у с. Тектюр, 62.10979°с.ш., 130.02437°в.д., высота – 1193 м над ур. м.
Забайкальский край	
Могочинский район	
7	«Могочинская», каменистые осыпи вдоль федеральной трассы, 54.10692°с.ш., 121.63219°в.д., высота – 673 м над ур. м.
Амурская область	
Тындинский район	
8	«Урканская», открытый луг в окр. пос. Уркан, 54.14063°с.ш., 124.64303°в.д., высота – 426 м над ур. м.
9	«Соловьевская», пос. Соловьевск, у р. Джалинда, 54.13106°с.ш., 124.26338°в.д., высота – 502 м над ур. м.
10	«Бурухинская», вдоль трассы у ручья Бурухинский, 55.00183°с.ш., 124.62852°в.д., высота – 939 м над ур. м.
Сковородинский район	
11	«Игнашинская», 3 км от пос. Игнашино, у ручья, 53.49490°с.ш., 122.41985°в.д., высота – 706 м над ур. м.
12	«Ерофеевская», окр. пос. Ерофей Павлович, у ручья, 53.95254°с.ш., 121.96906°в.д., высота – 408 м над ур. м.
13	«Сковородинская», окр. пос. Сковородино, правый берег р. Большой Невер, 53.99128°с.ш., 123.91199°в.д., высота – 386 м над ур. м.
14	«Ольдойская», левый берег р. Большой Ольдой, 54.04436°с.ш., 123.43762°в.д., высота – 348 м над ур. м.
Магдагачинский район	
15	«Магдагачинская», окр. пос. Магдагачи, вдоль берега дамбы, 54.44483°с.ш., 125.77829°в.д., высота – 181 м над ур. м.
16	«Тыгдинская», окр. пос. Тыгда, в пойме р. Тыгда, 53.11077°с.ш., 126.34751°в.д., высота – 148 м над ур. м.
Архаринский район	
17	«Архаринская», архитектурный памятник природы Архаринские Писаницы, в окр. ключа Ржавый, 49.32422°с.ш., 130.16738°в.д., высота – 184 м над ур. м.
Еврейская автономная область	
Облученский район	
18	«Солнечнинская», ж.д. станция Кульдур, ручей Солнечный, 49.19543°с.ш., 131.63350°в.д., высота – 341 м над ур. м.
19	«Кульдурская», окр. пос. Кульдур, близ горячего минерального источника, вдоль берега р. Кульдурка, 49.21558°с.ш., 131.62774°в.д., высота – 338 м над ур. м.
Хабаровский край	
Верхнебуреинский район	
20	«Ярапская», Кур-Урминский хр., галечник вдоль правого берега р. Ярап, 50.16876°с.ш., 134.42740°в.д., высота – 579 м над ур. м.
21	«Бугарская», Кур-Урминский хр., открытые скалы вдоль левого берега р. Бугар, 50.15058°с.ш., 134.40255°в.д., высота – 585 м над ур. м.
22	«Лево-Высотная», Кур-Урминский хр., левый берег р. Ярап, юго-западный склон в трещинах скал близ высоты 1700 м, 50.28300°с.ш., 134.79634°в.д., высота – 1700 м над ур. м.
Сахалинская область	
Макаровский район	
23	«Магунтанская», окр. грязевого вулкана Магунтан, 48.13410°с.ш., 142.33490°в.д., высота – 338 м над ур. м.
Южно-Курильский район	
24	«Горобецкая», о. Шикотан, район бухты Горобец, 43.4936°с.ш., 146.4224°в.д., высота – 55 м над ур. м.
25	«Малокурильская», о. Шикотан, с. Малокурильское, 43.52531°с.ш., 146.49215°в.д., высота – 24 м над ур. м.
26	«Отрадная», о. Шикотан, окр. бухты Отрадная, 43.52180°с.ш., 146.47037°в.д., высота – 54 м над ур. м.

Растительное сырье *D. fruticosa* собирали в период массового цветения, по 5–10 однолетних побегов с 30 особей в каждой популяции. Сырье разделяли на листья и цветки, высушивали на воздухе в затененном месте, измельчали и отбирали репрезентативную пробу для анализа. Брали точную навеску (1.0000 г) и готовили водно-этанольные экстракты по методике [21]. Затем для освобождения экстрактов от примесей

гидрофильной природы использовали метод твердофазной экстракции [22]. Подробное описание методики пробоподготовки приведено в работе Е.П. Храмовой с соавторами [4]. Определение состава и содержания фенольных соединений исследуемых образцов выполняли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе Agilent 1200 (Agilent Technologies, США) с диодно-матричным детектором, автосамплером и программным обеспечением обработки хроматографических данных ChemStation, модифицировав методику Т.А. van Beek [23, 24]. Условия разделения: колонка Zorbax SB-C18, 4.6×150 мм, 5 мкм. Изократическое элюирование в системе метанол – 0.1% H_3PO_4 (31 : 69) в течение 27 мин. Хроматографический анализ проводили в режиме градиентного элюирования. В подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0.1%) изменялось от 33 до 46% за 11 мин, затем от 46 до 56% за следующие 12 мин и от 56 до 100% за 4 мин. Скорость потока элюента – 1 мл/мин. Температура колонки – 26 °С. Объем вводимой пробы – 5 мкл. Аналитические длины волн – 254, 270, 290, 340, 360 и 370 нм.

Суммарное содержание фенольных соединений оценивали по сумме площадей хроматографических пиков при $\lambda = 360$ нм, так как для многих наиболее активных флавоноидов максимумы поглощения находятся в длинноволновой области (362 ± 14 нм), что позволяет легко отличить их от других классов веществ. Суммарное содержание эллаговых дубильных веществ, рассчитывали, суммируя эллаговую кислоту и ее гликозид. Из-за отсутствия доступных стандартных образцов и сложных условий разделения для определения содержания флавонолгликозидов (гликозидов кверцетина, кемпферола и рамнетина по отдельности) в экстрактах из листьев и цветков *D. fruticosa* методом ВЭЖХ использовали анализ свободных агликонов, образующихся после кислотного гидролиза соответствующих гликозидов, с последующим пересчетом. Хроматографический анализ проводили в режиме градиентного элюирования. В подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0.1%) изменялось от 45 до 48% за 18 мин. Для пересчета концентрации агликona на соответствующий гликозид применяли известные из литературных данных коэффициенты – 2.504 для кверцетина и 2.588 для кемпферола [23, 25]. Пересчет концентрации рамнетина проводили по кверцетину.

Для определения ССА фенольного типа использовали амперометрический метод [26]. Измерения проводили на приборе «Цвет Яуза-01-АА» разработки НПО «Химавтоматика» [27]. Предварительно строили градуированную кривую зависимости сигнала образца сравнения (галловой кислоты) от его концентрации. ССА, мг/г определяли в водно-спиртовых экстрактах, для получения которых 1.0 г сырья заливали 50 мл этанола (70%) и встряхивали в течение одного часа на перемешивающем устройстве. За результат принимали среднее из данных трех параллельных определений по каждому показателю [26].

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программы Microsoft Office Excel 2013. Рассчитаны значения средних и их стандартных отклонений, коэффициентов вариации (C_v , %), коэффициентов детерминации (R^2).

Результаты и обсуждение

Установлено, что суммарное содержание фенольных соединений в листьях варьирует в диапазоне 10.4 – 38.7 мг/г, в цветках – от 19.6 до 42.3 мг/г. По более высокому содержанию фенольных соединений в цветках выделяются растения Тыгдинской популяции (ЦП 16: 42.3 мг/г) из Амурской области, а низкому – цветки особей Солнечнинской (ЦП 18: 19.6 мг/г) популяции из Еврейской автономной области. В листьях более высокое содержание фенольных соединений отмечено в растениях Магдагачинской популяции (ЦП 15: 38.7 мг/г) из Амурской области, а минимальное – у особей самой северной популяции Республики Якутия Тектюрской (ЦП 6: 10.4 мг/г) (табл. 2).

Анализ гидролизатов после кислотного гидролиза водно-этанольных экстрактов показал наличие трех агликонов – кверцетина, кемпферола и рамнетина. В листьях и цветках *D. fruticosa* вне зависимости от местообитания, как правило, отмечено наличие всех трех агликонов, за исключением растений из пяти популяций – Тимптонской (ЦП 1), Алданской (ЦП 4), Томмотской (ЦП 5) из Якутии, Могочинской (ЦП 7) из Забайкалья и Ерофейской (ЦП 12) из Амурской области, у которых рамнетин не обнаружен. В результате анализа содержания флавонолгликозидов установлено, что во всех исследуемых образцах преимущественно накапливались гликозиды кверцетина по сравнению с гликозидами кемпферола и рамнетина (табл. 2). Так, наибольшее содержание гликозидов кверцетина отмечено в образцах из Якутии – в листьях растений из Малонимынской популяции (ЦП 3: 21.4 мг/г) и цветках растений из Томмотской популяции (ЦП 5:

22.5 мг/г). Гликозиды кемпферола в большей мере накапливались в цветках, что в 1.1–3.8 раза выше по сравнению с листьями. Их максимум отмечен в цветках и листьях растений *D. fruticosa* из Магдагачинской популяции (ЦП 15: 2.6 и 3.1 мг/г) Амурской области, а минимум – в листьях растений Тектюрской популяции (ЦП 6: 0.5 мг/г) из Республики Якутия. Содержание гликозидов рамнетина, напротив, в 1.3–15.5 раза выше в листьях, чем в цветках, его максимум отмечен в листьях растений Кульдурской (ЦП 19: 6.9 мг/г) и Солнечнинской (ЦП 18: 6.0 мг/г) популяций из Еврейской автономной области (табл. 2).

Таблица 2. Содержание фенольных соединений (суммарное и по группам) и антиоксидантная активность в водно-этанольных экстрактах листьев и цветков *D. fruticosa* из природных популяций российского Дальнего Востока (мг/г)

Группа популяций	Название ЦП (№)	Орган	Σ ФС	Σ Эллаговых веществ	Гликозиды кверцетина	Гликозиды кемпферола	Гликозиды рамнетина	ССА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Якутская	Тимптонская (ЦП 1)	Листья	31.1±0.3 ¹	17.5±0.2	19.0±0.2	1.3±0.0	0.1±0.0	0.29±0.01
		Цветки	27.8±0.3	12.3±0.1	16.3±0.2	1.9±0.0	– ²	0.77±0.03
	Беркакитская (ЦП 2)	Листья	30.1±0.3	15.4±0.2	17.3±0.2	1.4±0.0	2.6±0.0	0.38±0.01
		Цветки	30.7±0.3	10.8±0.1	17.8±0.2	2.4±0.0	0.2±0.0	0.72±0.02
	Малонимырская (ЦП 3)	Листья	35.9±0.4	16.6±0.2	21.4±0.2	1.3±0.0	3.1±0.0	0.65±0.03
		Цветки	26.1±0.3	12.1±0.1	14.1±0.2	1.5±0.0	0.2±0.0	1.12±0.04
	Алданская (ЦП 4)	Листья	18.6±0.2	4.5±0.0	8.0±0.1	0.8±0.0	0.7±0.0	0.88±0.02
		Цветки	22.8±0.3	5.4±0.1	12.6±0.1	2.0±0.0	–	1.05±0.03
	Томмотская (ЦП 5)	Листья	24.9±0.3	13.8±0.2	14.8±0.2	0.9±0.0	–	0.26±0.00
		Цветки	37.7±0.4	10.6±0.1	22.5±0.2	2.0±0.0	–	0.44±0.01
	Тектюрская (ЦП 6)	Листья	10.4±0.1	3.7±0.0	2.2±0.0	0.5±0.0	1.2±0.0	0.29±0.00
		Цветки	20.4±0.2	4.2±0.0	12.2±0.1	1.4±0.0	0.1±0.0	0.84±0.01
Забайкальская	Могочинская (ЦП 7)	Листья	34.2±0.4	16.9±0.2	20.6±0.2	0.6±0.0	–	0.77±0.02
		Цветки	26.1±0.3	10.8±0.1	12.8±0.1	2.3±0.0	0.2±0.0	1.07±0.04
Амурская	Урканская (ЦП 8)	Листья	20.3±0.2	8.9±0.1	10.4±0.1	1.1±0.0	3.0±0.0	0.29±0.00
		Цветки	26.5±0.3	10.1±0.1	14.6±0.2	1.9±0.0	0.3±0.0	0.53±0.01
	Соловьевская (ЦП 9)	Листья	20.0±0.2	8.8±0.1	7.8±0.1	1.1±0.0	3.7±0.0	0.20±0.00
		Цветки	27.8±0.3	11.1±0.1	13.2±0.1	1.9±0.0	0.5±0.0	0.82±0.01
	Бурухинская (ЦП 10)	Листья	32.2±0.4	16.1±0.2	15.8±0.2	1.1±0.0	3.0±0.0	0.41±0.01
		Цветки	28.9±0.3	12.6±0.1	17.9±0.2	2.0±0.0	0.4±0.0	0.77±0.02
	Игнашинская (ЦП 11)	Листья	30.8±0.3	13.7±0.2	17.7±0.2	1.6±0.0	3.1±0.0	0.38±0.01
		Цветки	28.8±0.3	11.2±0.1	16.6±0.2	2.5±0.0	0.5±0.0	0.60±0.01
	Ерофейская (ЦП 12)	Листья	25.0±0.3	13.9±0.2	19.2±0.2	1.4±0.0	–	0.42±0.00
		Цветки	35.3±0.4	13.0±0.1	18.2±0.2	2.1±0.0	–	0.61±0.01
	Сковородинская (ЦП 13)	Листья	34.2±0.4	14.0±0.2	17.7±0.2	1.8±0.0	4.6±0.1	0.50±0.00
		Цветки	30.4±0.3	12.2±0.1	14.8±0.2	2.3±0.0	0.8±0.0	0.63±0.01
	Ольдойская (ЦП 14)	Листья	23.2±0.3	11.0±0.1	16.9±0.2	1.0±0.0	0.4±0.0	0.39±0.00
		Цветки	29.0±0.3	10.5±0.1	18.4±0.2	2.1±0.0	0.3±0.0	1.04±0.03
Еврейская	Магдагачинская (ЦП 15)	Листья	38.7±0.4	15.3±0.2	17.1±0.2	2.6±0.0	4.3±0.0	0.73±0.02
		Цветки	30.7±0.3	12.2±0.1	13.6±0.1	3.1±0.0	0.7±0.0	0.94±0.03
	Тыгдинская (ЦП 16)	Листья	20.1±0.2	8.4±0.1	13.7±0.2	1.4±0.0	2.5±0.0	0.46±0.00
		Цветки	42.3±0.5	9.6±0.1	13.1±0.1	2.3±0.0	0.5±0.0	0.53±0.02
	Архаринская (ЦП 17)	Листья	25.2±0.3	7.2±0.1	11.7±0.1	0.7±0.0	5.3±0.1	0.29±0.00
		Цветки	н.о. ³	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
	Солнечнинская (ЦП 18)	Листья	20.3±0.2	4.5±0.0	4.9±0.1	0.7±0.0	6.0±0.1	0.50±0.02
		Цветки	19.6±0.2	5.5±0.1	8.5±0.1	1.2±0.0	0.9±0.0	0.98±0.02
	Кульдурская (ЦП 19)	Листья	20.1±0.2	4.2±0.0	5.9±0.1	0.9±0.0	6.9±0.1	0.52±0.01
		Цветки	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Хабаровская	Ярапская (ЦП 20)	Листья	27.1±0.3	15.9±0.2	13.8±0.2	1.1±0.0	1.5±0.0	0.43±0.00
		Цветки	25.4±0.3	11.7±0.1	10.3±0.1	1.8±0.0	0.2±0.0	0.89±0.01
	Бугарская (ЦП 21)	Листья	28.5±0.3	17.1±0.2	12.8±0.1	0.7±0.0	2.1±0.0	1.79±0.05
		Цветки	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	2.20±0.10
Хабаровская	Лево-высотная (ЦП 22)	Листья	24.9±0.3	10.2±0.1	18.1±0.2	0.9±0.0	2.2±0.0	0.75±0.02
		Цветки	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	1.07±0.05

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сахалинская	Магунтанская (ЦП 23)	Листья Цветки	22.0±0.2 н.о.	8.0±0.1 н.о.	14.6±0.2 н.о.	1.1±0.0 н.о.	0.5±0.0 н.о.	0.66±0.01 1.18±0.04
Курильская	Горобецкая (ЦП 24)	Листья	27.9±0.3	10.2±0.1	9.5±0.1	0.6±0.0	5.0±0.1	0.99±0.02
		Цветки	23.3±0.3	8.6±0.1	11.7±0.1	1.7±0.0	1.8±0.0	1.23±0.03
	Малокурильская (ЦП 25)	Листья	31.0±0.3	10.3±0.1	10.3±0.1	0.6±0.0	4.0±0.0	0.64±0.03
		Цветки	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
	Отрадная (ЦП 26)	Листья Цветки	31.6±0.3 н.о.	10.7±0.1 н.о.	18.4±0.2 н.о.	1.1±0.0 н.о.	2.7±0.0 н.о.	0.37±0.00 н.о.
X ± δ ⁴		Листья	26.5±6.5	11.4±4.4	13.8±5.2	1.09±0.01	3.0±1.8	0.54±0.32
		Цветки	28.4±5.6	10.2±2.6	14.7±3.3	2.0±0.4	0.49±0.43	0.90±0.36
Cv, % ⁵		Листья	25	39	37	42	61	59
		Цветки	20	25	23	21	89	40

Примечание: 1 – среднее значение ± стандартное отклонение; 2 – «–» – компонент отсутствует или его содержание находится ниже предела обнаружения (0.01 мг/г), 3 – н.о. – не определяли, 4 – $X \pm \delta$ – среднее значение между ЦП ± стандартное отклонение, 5 – Cv – коэффициент изменчивости, %.

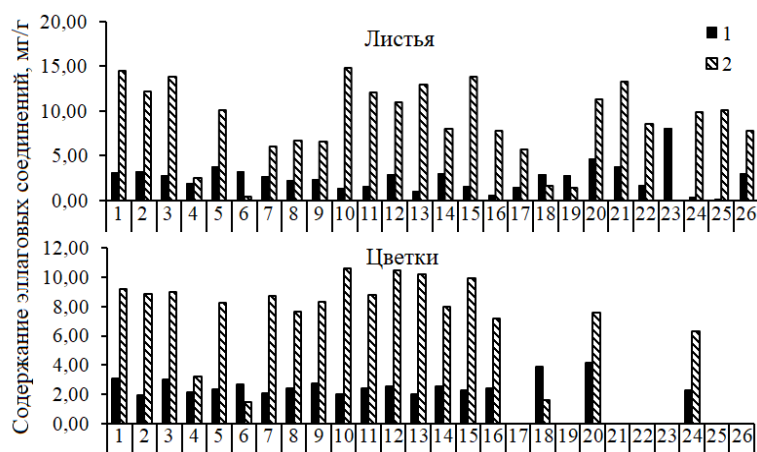


Рис. 2. Содержание эллаговой кислоты (1) и гликозида эллаговой кислоты (2) в листьях и цветках растений *D. fruticosa* из популяций российского Дальнего Востока

Сумма эллаговых дубильных веществ в надземных органах растений *D. fruticosa* представлена содержанием эллаговой кислоты и ее гликозида. В целом, сумма эллаговых соединений выше в листьях по сравнению с цветками. Так, в листьях растений *D. fruticosa* она варьировала от 3.7 до 17.5 мг/г, в цветках несколько ниже – от 4.2 до 13.0 мг/г. При этом максимум суммарного содержания эллаговых веществ отмечен в листьях Тимптонской популяции (ЦП 1: 17.5 мг/г) из Якутии и Бугарской популяции (ЦП 21: 17.1 мг/г) из Хабаровского края, а в цветках наибольшее накопление установлено в растениях Ерофеевской популяции (ЦП 12: 13.0 мг/г) из Амурской области. Наименьшее содержание эллаговых веществ установлено в листьях (3.7 мг/г) и цветках (4.2 мг/г) растений *D. fruticosa* Тектюрской популяции (ЦП 6) из Якутии (табл. 2).

Сравнительный анализ эллаговых дубильных веществ по отдельности показал, что в листьях и цветках содержание гликозида эллаговой кислоты выше, чем эллаговой кислоты. Диапазон варьирования эллаговых веществ по отдельности в листьях и цветках различный. Содержание эллаговой кислоты варьирует в листьях – от 0.16 до 8.02 мг/г, в цветках – от 1.95 до 4.17 мг/г, а гликозида эллаговой кислоты в листьях – от 0.49 до 15.23 мг/г, в цветках – от 1.53 до 10.58 мг/г (рис. 2). Несмотря на более высокое содержание эллаговых веществ в листьях, в целом, содержание эллаговой кислоты выше в цветках (2.58 мг/г), чем в листьях (2.47 мг/г), а гликозида эллаговой кислоты, напротив, выше в листьях (9.30 мг/г) по сравнению с цветками (7.66 мг/г).

Максимальное содержание эллаговой кислоты установлено в листьях растений Магунтанской популяции (ЦП 23: 8.0 мг/г) с о. Сахалин, а минимальное – в листьях растений Малокурильской популяции (ЦП 25: 0.2 мг/г) с о. Шикотан из Сахалинской области. В цветках, наибольшее накопление эллаговой кислоты отмечено в образцах *D. fruticosa* из Ярапской популяции (ЦП 20: 4.2 мг/г) Хабаровского края, а наименьшее – в растениях Беркавитской популяции (ЦП 2: 1.95 мг/г) из Якутии (рис. 2).

Максимум накопления гликозида эллаговой кислоты одновременно в листьях (14.8 мг/г) и цветках (10.6 мг/г) установлен для образцов, собранных в Бурухинской популяции (ЦП 10) из северных районов

Амурской области. Наименьшее накопление гликозида эллаговой в листьях (0.49 мг/г) и цветках (1.53 мг/г) отмечено в растениях самой северной Тектюрской популяции (ЦП 6) из Якутии (рис. 2).

В ходе исследования определено ССА водно-этанольных экстрактов из листьев и цветков растений *D. fruticosa*. В результате установлено, что эти показатели значительно варьируют, т.е. экстракты всех исследованных образцов из 26 популяций проявляют различную антиоксидантную активность (рис. 3).

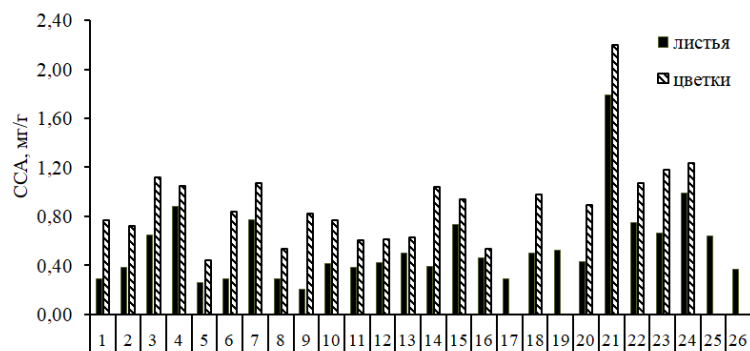
По полученным данным, ССА фенольного типа выше в водно-этанольных экстрактах из цветков *D. fruticosa* в 1.2–4.1 раза по сравнению с водно-этанольными экстрактами из листьев. Так, в цветках ССА варьирует от 0.44 до 2.20 мг/г, в листьях эти значения ниже и составляют от 0.20 до 1.79 мг/г (табл. 2).

Сравнительный анализ экстрактов растительных образцов *D. fruticosa* разных популяций показал некоторые различия. Выявлено, что максимальную антиоксидантную активность проявляют водно-этанольные экстракты из цветков (2.20 мг/г) и листьев (1.79 мг/г) растений Бугарской популяции (ЦП 21) из Хабаровского края. Следует отметить, что эти же образцы выделяются по высокому суммарному содержанию фенольных соединений, в том числе эллаговых дубильных веществ и гликозидов кверцетина. Связь между повышенным содержанием полифенолов (танинов и гликозидов кверцетина) и антиоксидантной активностью отмечалась при изучении других видов растений [28]. А также, достаточно высоким ССА (выше 1 мг/г), обладали экстракты цветков растений *D. fruticosa* из семи популяций: Малонимырской (ЦП 3: 1.12 мг/г) и Алданской (ЦП 4: 1.05 мг/г) из Якутии, Могочинской (ЦП 7: 1.07 мг/г) из Забайкалья, Ольдойской (ЦП 14: 1.04 мг/г) из Амурской области, Лево-Высотной (ЦП 22: 1.07 мг/г) из Хабаровского края, Магунтанской (ЦП 23: 1.18 мг/г) с о. Сахалин, Горобецкой (ЦП 24: 1.23 мг/г) с о. Шикотан Малой Курильской гряды (табл. 2, рис. 3). В этих же образцах установлено повышенное содержание суммы эллаговых соединений и гликозидов кверцетина. Данный факт согласуется с результатами исследований G. Miliuskas с соавторами, которые в своей работе по антиоксидантной активности цветков *Potentilla fruticosa* (= *D. fruticosa*) приводят ряд соединений с высокой антиоксидантной активностью, где эллаговые соединения и гликозиды кверцетина отнесены к соединениям, вносящим наибольший вклад в антиоксидантную активность этих растений [12]. Наименьшая активность антиоксидантов отмечена в экстрактах цветков (0.44 мг/г) растений *D. fruticosa* Томмотской популяции (ЦП 5) из Якутии и листьев (0.20 мг/г) Соловьевской популяции (ЦП 9) из Амурской области (табл. 2, рис. 3).

В целом, полученные данные согласуются с показателями ССА для других лекарственных растений, например, *Spiraea beauverdiana* Schneid. – 2.54 мг/г, *Hypericum perforatum* L. – 2.24 мг/г, *Scutellaria baicalensis* Georgi – 1.79 мг/г, *Sanguisorba officinalis* L. – 1.46 мг/г, *Thymus vulgaris* L. – 0.79 мг/г, *Centaurea macrocephala* Muss. Puschk. ex Willd – 0.72 мг/г, *Melissa officinalis* L. – 0.68 мг/г, *Rhodiola rosea* L. – 0.43 мг/г, *Valeriana officinalis* L. – 0,28 мг/г и др. [29–32], а также культурных бобовых (соя сорт Славия – 1.3 мг/г) и злаковых культур (ячмень сорт Яровой НУР – 0.71 мг/г, овес сорт Яков – 0.69 мг/г, пшеница сорт Московская – 0.63 мг/г) [29].

Была предпринята попытка оценить межпопуляционную изменчивость по содержанию суммы фенольных соединений, эллаговых дубильных веществ, гликозидов кверцетина, кемпферола и рамнетина, а также ССА в листьях и цветках растений *D. fruticosa*. В качестве меры изменчивости использовали коэффициент вариации (C_v , %), его оценку проводили по эмпирической шкале уровней изменчивости, представленной С.А. Мамаевым [33]. Уровень изменчивости считается очень низким при $C_v \leq 7\%$, низким при $C_v = 8–12\%$, средним при $C_v = 13–20\%$, высоким при $C_v = 21–40\%$ и очень высоким при $C_v > 40\%$.

Рис. 3. Суммарное содержание антиоксидантов в водно-этанольных экстрактах листьев и цветков растений *D. fruticosa* из природных популяций российского Дальнего Востока



Для суммарного содержания фенольных соединений в листьях и цветках установлены средний и высокий уровни коэффициента вариации ($C_v = 20\text{--}25\%$). Варьирование эллаговых соединений в листьях и цветках установлено в диапазоне $C_v = 25\text{--}39\%$ и гликозидов кверцетина – $C_v = 23\text{--}37\%$, что оценивается как высокий уровень изменчивости. Наиболее изменчивыми следует считать гликозиды кемпферола ($C_v = 21\text{--}42\%$), гликозиды рамнетина ($C_v = 61\text{--}89\%$) и ССА ($C_v = 40\text{--}59\%$), которым свойственны высокие и очень высокие уровни изменчивости (табл. 2). Таким образом, можно заключить, что из исследованных биохимических показателей только в цветках *D. fruticosa* наиболее стабильно суммарное содержание фенольных соединений ($C_v = 20\%$).

Также предпринята попытка оценить связь фенольных соединений (в сумме и по группам) с антиоксидантной активностью водно-этанольных экстрактов из листьев и цветков растений *D. fruticosa* с использованием регрессионного анализа. Регрессионный анализ позволяет приближенно определить форму связи между содержанием фенольных соединений с антиоксидантной активностью, а также решить вопрос о том, значима ли эта связь, и оценить вклад каждого фактора, выраженного количественно.

В результате установлено, что в экстрактах из листьев ССА на 27% определяется содержанием эллаговых соединений, 25–26% – гликозидов кверцетина и суммарным содержанием фенольных соединений (рис. 4), что согласуется с литературными данными о том, что антиоксидантные свойства многих растительных образцов обусловлены именно содержанием танинов и катехинов [12, 20, 31]. Зависимости ССА в экстрактах листьев от концентрации гликозидов кемпферола и рамнетина не выявлено ($R^2 < 0.1$). Чем выше содержание фенольных соединений и, в частности, эллаговых соединений в экстрактах растительных образцов, тем эффективнее антиоксидантная активность. Хотя теснота связи эллаговых соединений, гликозидов кверцетина, суммарного содержания фенольных соединений с ССА по шкале оценивается как слабая ($0.10 < R^2 < 0.30$), тем не менее фенольные соединения вносят свой вклад в эффективность антиоксидантной активности экстрактов *D. fruticosa*.

В цветках *D. fruticosa* более значительный вклад в ССА вносят сумма гликозидов рамнетина ($R^2 = 0.45$), что соответствует умеренной связи ($0.30 < R^2 < 0.50$), а также отмечена умеренная обратная связь от содержания флавонолов ($R^2 = 0.30$), гликозидов кверцетина ($R^2 = 0.43$) и суммы фенольных соединений ($R^2 = 0.45$) (рис. 5). Зависимости ССА в экстрактах цветков от концентрации суммы эллаговых соединений и гликозидов кемпферола не выявлено ($R^2 < 0.1$).

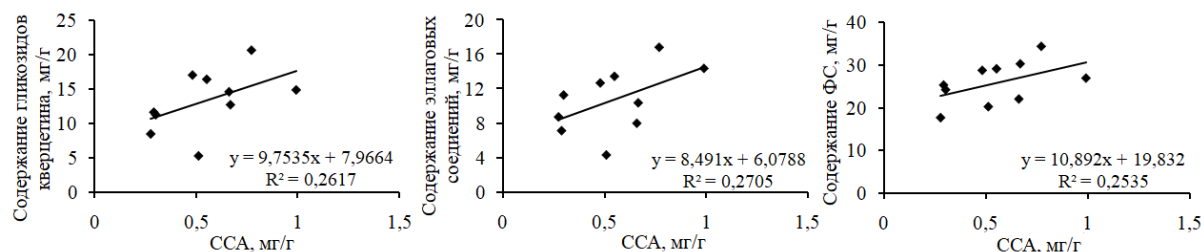


Рис. 4. Зависимость антиоксидантной активности от содержания фенольных соединений в листьях *D. fruticosa*

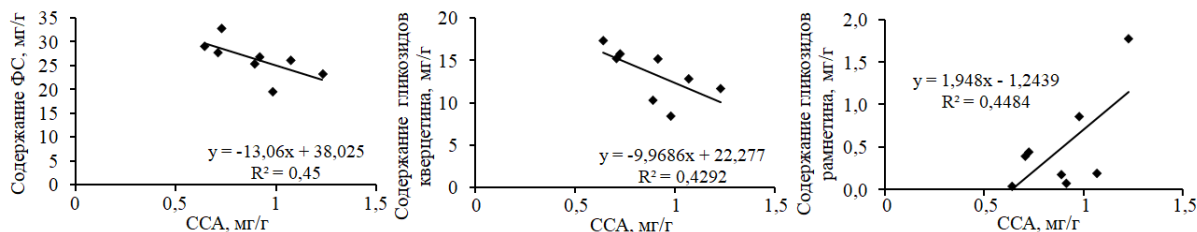


Рис. 5. Зависимость антиоксидантной активности от содержания фенольных соединений в цветках *D. fruticosa*

Заключение

В результате проведенного исследования в листьях и цветках растений *D. fruticosa*, произрастающих в природных популяциях российского Дальнего Востока, установлено достаточно высокое содержание фенольных соединений (38.7–42.3 мг/г).

Выявлено, что в растениях *D. fruticosa* преимущественно накапливаются гликозиды кверцетина, наибольшее их содержание (21.4–22.5 мг/г) отмечено в образцах из северных местообитаний Республики Якутия.

Суммарное содержание эллаговых соединений выше в листьях по сравнению с цветками, максимум накопления (17.5 мг/г) отмечен в листьях растений из Республики Якутия.

Выявлено, что водно-этанольные экстракты из листьев и цветков *D. fruticosa* проявляют, в целом, значительную антиоксидантную активность от 0.44 до 2.20 мг/г в цветках и от 0.20 до 1.79 мг/г в листьях. Более высокое ССА установлено в водно-этанольных экстрактах из листьев (1.79 мг/г) и цветков (2.20 мг/г) растений из Бугарской популяции Хабаровского края.

Установлено, что по значениям коэффициентов вариации, исследованные биохимические показатели имеют высокий и очень высокий уровень изменчивости ($C_v = 25\text{--}89\%$), суммарное содержание фенольных соединений в цветках *D. fruticosa* более стабильно ($C_v = 20\%$). Показано, что ССА водно-этанольных экстрактов из листьев на 25–27% определяется концентрацией эллаговых соединений, суммарным содержанием фенольных соединений и гликозидов кверцетина, цветков – на 45% содержанием гликозидов рамнетина.

Для получения сырья с повышенным содержанием фенольных соединений рекомендуются Тындинская популяция, гликозидов кверцетина – Малонимырская и Томмотская популяции, гликозидов кемпферола – Магдагачинская популяция, гликозидов рамнетина – Кульдурская и Солнечнинская популяции, эллаговых веществ – Магунтанская, Ярапская и Бугарская популяции, с высоким антиоксидантным потенциалом – Бугарская, Малонимырская, Алданская, Могочинская, Ольдойская, Лево-Высотная, Магунтанская, Горобецкая популяции.

Благодарности

Авторы выражают благодарность старшему лаборанту АФ БСИ ДВО РАН Любавиной И.В. за помощь в проведении полевых исследований в Амурской области и Республике Якутия.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Ботанического сада-института Дальневосточного отделения Российской академии наук в рамках государственного задания «Аборигенная и инвазионная флора Восточной Азии: трансформация в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на экосистему (Регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 1021060307535-7-1.6.11) и Центрального сибирского ботанического сада Сибирского отделения Российской академии наук в рамках государственного задания «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов» (№ гос. регистрации АААА-А21-121011290025-2).

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Tomczyk M., Latté K.P. *Potentilla* – A review of its phytochemical and pharmacological profile // Journal of Ethnopharmacology. 2009. Vol. 122. Pp. 184–204. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.12.022>.
2. Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск, 2012. 640 с.
3. Вичканова С.А., Адгина В.В., Изосимова С.Б., Фатеева Т.В. Изучение антимикробной активности растений рода *Potentilla* (сем. Rosaceae) // Материалы Всесоюзной конференции «Новые лекарственные препараты из растений Сибири и Дальнего Востока». Томск, 1986. С. 30–31.
4. Храмова Е.П., Цыбуля Н.В., Чиндяева Л.Н. Антимикробная активность летучих соединений и содержание фенольных компонентов у некоторых видов рода *Pentaphylloides* (Rosaceae) // Растительные ресурсы. 2013. Т. 3, №4. С. 598–611.

5. Tomczyk M., Pleszczynska 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. <https://doi.org/10.3390/molecules15074639>.
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. Федосеева Г.М. Фенольные соединения *Potentilla fruticosa* // *Химия природных соединений*. 1979. №4. С. 575–576.
8. Ганенко Т.В., Луцкий В.И., Ларин М.Ф., Верещагин А.Л., Семенов А.А. Химический состав *Potentilla fruticosa*. 1. Флавоноиды // *Химия природных соединений*. 1988. №3. С. 451.
9. 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.
10. Шкель Н.М., Храмова Е.П., Кузаков Е.В., Волхонская Т.А., Триль В.М. Фенольные соединения *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz // *Химия в интересах устойчивого развития*. 1997. Т. 5, №1. С. 123–127.
11. Храмова Е.П., Чанкина О.В., Андышева Е.В., Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С. Элементный состав видов рода *Pentaphylloides* (Rosaceae) Дальнего Востока России // *Известия РАН. Серия физическая*. 2015. Т. 79, №1. С. 77–83. <https://doi.org/10.7868/S0367676515010172>.
12. Miliauskas G., Van Beek T.A., Venskutonis P.R., Linssen J.P.H., Waard P., Sudhölter E.J.R. Antioxidant activity of *Potentilla fruticosa* // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004. Vol. 84. Pp. 1997–2009. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1914>.
13. Augustynowicz D., Lemieszek M.K., Strawa J.W., Wiater A., Tomczyk M. Phytochemical profiling of extracts from rare *Potentilla* species and evolution of their anticancer potential // *Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24(5). 4836. <https://doi.org/10.3390/ijms24054836>.
14. Андышева Е.В., Шалдаева Т.М., Храмова Е.П. Содержание фенольных соединений и антиоксидантная активность *Dasiphora fruticosa* из природных популяций Верхнего Приамурья // *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. 2017. №18. С. 1–7. <https://doi.org/10.17581/bbgi1801>.
15. Мифтахова С.А. Влияние условий произрастания на содержание флавоноидов у *Pentaphylloides fruticosa* при интродукции и в природе на европейском Севере // *Самарский научный вестник*. 2020. Т. 9, №4. С. 104–108. <https://doi.org/10.17816/snv202094116>.
16. Syrpas M., Subbarayadu K., Kitryte V., Venskutonis P.R. High-pressure extraction of antioxidant-rich fractions from Shrubby Cinquefoil (*Dasiphora fruticosa* L. Rydb.) leaves: process optimization and extract characterization // *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. 457. <https://doi.org/10.3390/antiox9060457>.
17. Храмова Е.П. Влияние абиотических факторов среды на накопление фенольных метаболитов *Dasiphora fruticosa* // *Сибирский экологический журнал*. 2022. Т. 29, №5. С. 580–594. <https://doi.org/10.15372/SEJ20220508>.
18. Liu W., Wang D., Hou X., Yang Y., Xue X., Jia Q., Zhang L., Zhao W., Yin D. Effects of growing location on the contents of main active components and antioxidant activity of *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb. by chemometric methods // *Chemistry and Biodiversity*. 2018. Vol. 15, no. 7. e1800114. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201800114>.
19. Luo Z., Wang S., Wang D. Phenolic profiles and antioxidant capacities of crude extracts and subsequent fractions from *Potentilla fruticosa* L. leaves // *Natural Product Research*. 2016. Vol. 30, no. 16. Pp. 1890–1895. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1084303>.
20. 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. <https://doi.org/10.14258/jcprm2020015145>.
21. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 430 с.
22. Сычев К.С. Методы жидкостной хроматографии и твердофазной экстракции. М., 2005. 165 с.
23. Van Beek T.A. Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts // *Journal of chromatography A*. 2002. Vol. 967, no. 1. Pp. 21–35. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(02\)00172-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)00172-3).
24. Храмова Е.П. Состав и содержание флавоноидов *Pentaphylloides fruticosa* в природе и культуре // *Химия растительного сырья*. 2014. №1. С. 185–193.
25. Юрьев Д.В., Эллер К.И., Арзамасцев А.П. Анализ флавонолгликозидов в препаратах и БАД на основе экстракта *Ginkgo biloba* // *Фармация*. 2003. №2. С. 7–10.
26. Яшин А.Я., Яшин Я.И., Черноусова Н.И., Пахомов В.П. Новый прибор для определения природных антиоксидантов. М., 2005. 100 с.
27. 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.
28. Шалдаева Т.М. Исследование некоторых видов рода *Filipendula* Mill. на содержание флавоноидов и антиоксидантную активность // *Химия растительного сырья*. 2015. №1. С. 217–220.
29. Яшин А.Я., Яшин Я.И., Федина П.А., Черноусова Н.И. Определение природных антиоксидантов в пищевых злаках и бобовых культурах // *Методология*. 2012. №2. С. 32–36.
30. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н. Содержание фенольных соединений в лекарственных растениях Ботанического сада // *Известия РАН. Серия Биологическая*. 2013. №5. С. 551–557. <https://doi.org/10.7868/S000233291305010X>.

31. Костикова В.А., Шалдаева Т.М. Биологически активные вещества и антиоксидантная активность растений рода *Spiraea* L. Дальнего Востока России // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 73–78. <https://doi.org/10.14258/jcprm.201602784>.
32. Шалдаева Т.М., Кукушкина Т.А., Пшеничкина Ю.А., Храмова Е.П. Биологически активные вещества некоторых растений семейства Asteraceae // Химия растительного сырья. 2022. №4. С. 183–190. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411265>.
33. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М., 1972. 284 с.

Поступила в редакцию 14 февраля 2024 г.

После переработки 11 марта 2024 г.

Принята к публикации 18 февраля 2025 г.

Shidlo E.V.¹*, Shaldaeva T.M.², Khramova E.P.² PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF *DASIPHORA FRUTICOSA* PLANTS FROM NATURAL POPULATIONS OF THE RUSSIAN FAR EAST

¹ Amur Branch of the Botanical Garden-Institute FEB RAS, Ignatyevskoe shosse, 2nd km, Blagoveshchensk, 675000, Russia, lenok-luchik@mail.ru

² Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Zolotodolinskaya st., 101, Novosibirsk, 630090, Russia

The composition and content of phenolic compounds and antioxidant activity were studied in extracts of leaves and flowers of plants *Dasiphora fruticosa* from 26 natural populations of the Russian Far East. It has been established that a significant amount of phenolic compounds accumulates in the leaves and flowers of plants (from 10.4 to 42.3 mg/g), while its content in flowers is higher than in leaves. A predominant accumulation of quercetin glycosides was noted as compared to kaempferol and rhamnetin glycosides. The highest content of quercetin glycosides (21.4–22.5 mg/g) and ellagic compounds (17.5 mg/g) was noted in plants from the Republic of Yakutia. The antioxidant activity is higher in water-ethanol extracts of leaves (1.79 mg/g) and flowers (2.20 mg/g) of *Dasiphora fruticosa* from the Khabarovsk Territory population. This fact can be associated with high content of phenolic compounds (ellagic compounds and glycosides of quercetin) in these samples. The variability in the content of phenolic compounds and antioxidant activities in the leaves and flowers of plants is assessed as high and very high ($C_v = 21–89\%$), and the variability in the amount of polyphenols in flowers corresponds to an average level ($C_v = 20\%$). It has been shown that the total content of antioxidants in water-ethanol extracts from leaves is determined by the concentration of ellagic compounds, the total content of phenolic compounds and quercetin glycosides (by 25–27%), and that in the flowers the content of rhamnetin glycosides (by 45%).

Keywords: *Dasiphora fruticosa*, antioxidant activity, phenolic compounds, variability, Russian Far East.

For citing: Shidlo E.V., Shaldaeva T.M., Khramova E.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 2, pp. 147–158. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250214801>.

References

1. Tomczyk M., Latté K.P. *Journal of Ethnopharmacology*, 2009, vol. 122, pp. 184–204. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.12.022>.
2. *Konspekt flory Aziatskoy Rossii: sosudistyye rasteniya* [Abstract of the flora of Asian Russia: vascular plants], ed. K.S. Baykov. Novosibirsk, 2012, 640 p. (in Russ.).
3. Vichkanova S.A., Adgina V.V., Izosimova S.B., Fateyeva T.V. *Materialy Vsesoyuznoy konferentsii «Novyye lekarstvennyye preparaty iz rasteniy Sibiri i Dal'nego Vostoka»*. [Proceedings of the All-Union Conference "New Medicinal Preparations from Plants of Siberia and the Far East"]. Tomsk, 1986, pp. 30–31. (in Russ.).
4. Khramova Ye.P., Tsybulya N.V., Chindyayeva L.N. *Rastitel'nyye resursy*, 2013, vol. 3, no. 4, pp. 598–611. (in Russ.).
5. Tomczyk M., Pleszczynska M., Wiater A. *Molecules*, 2010, vol. 15, pp. 4639–4651. <https://doi.org/10.3390/molecules15074639>.
6. Yevstropov A.N., Burova L.G., Grek O.R., Zakharova L.N., Volkhonskaya T.A. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*, 2002, no. 4, pp. 27–31. (in Russ.).
7. Fedoseyeva G.M. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 1979, no. 4, pp. 575–576. (in Russ.).
8. 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.).
9. Ganenko T.V., Vereshchagin A.L., Semenov A.A. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 1991, no. 2, p. 285. (in Russ.).

* Corresponding author.

10. Shkel' N.M., Khramova Ye.P., Kuzakov Ye.V., Volkhonskaya T.A., Tril' V.M. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*, 1997, vol. 5, no. 1, pp. 123–127. (in Russ.).
11. Khramova Ye.P., Chankina O.V., Andysheva Ye.V., Rakshun Ya.V., Sorokoletov D.S. *Izvestiya RAN. Seriya fizicheskaya*, 2015, vol. 79, no. 1, pp. 77–83. <https://doi.org/10.7868/S0367676515010172>. (in Russ.).
12. Miliuskas G., Van Beek T.A., Venskutonis P.R., Linssen J.P.H., Waard P., Sudhölter E.J.R. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2004, vol. 84, pp. 1997–2009. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1914>.
13. Augustynowicz D., Lemieszek M.K., Strawa J.W., Wiater A., Tomczyk M. *Journal of Molecular Sciences*, 2023, vol. 24(5), 4836. <https://doi.org/10.3390/ijms24054836>.
14. Andysheva Ye.V., Shaldayeva T.M., Khramova Ye.P. *Byulleten' Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN*, 2017, no. 18, pp. 1–7. <https://doi.org/10.17581/bbgi1801>. (in Russ.).
15. Miftakhova S.A. *Samarskiy nauchnyy vestnik*, 2020, vol. 9, no. 4, pp. 104–108. <https://doi.org/10.17816/snv202094116>. (in Russ.).
16. Syrpas M., Subbarayadu K., Kitryte V., Venskutonis P.R. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, 457. <https://doi.org/10.3390/antiox9060457>.
17. Khramova Ye.P. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*, 2022, vol. 29, no. 5, pp. 580–594. <https://doi.org/10.15372/SEJ20220508>. (in Russ.).
18. Liu W., Wang D., Hou X., Yang Y., Xue X., Jia Q., Zhang L., Zhao W., Yin D. *Chemistry and Biodiversity*, 2018, vol. 15, no. 7, e1800114. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201800114>.
19. Luo Z., Wang S., Wang D. *Natural Product Research*, 2016, vol. 30, no. 16, pp. 1890–1895. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1084303>.
20. Khramova Ye.P., Kukushkina T.A., Shaldayeva T.M., Syryeva S.Ya. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 189–197. <https://doi.org/10.14258/jcprm2020015145>. (in Russ.).
21. Yermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).
22. Sychev K.S. *Metody zhidkostnoy khromatografii i tverdogaznoy ekstraktsii*. [Methods of liquid chromatography and solid-phase extraction]. Moscow, 2005, 165 p. (in Russ.).
23. Van Beek T.A. *Journal of chromatography A*, 2002, vol. 967, no. 1, pp. 21–35. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(02\)00172-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(02)00172-3).
24. Khramova Ye.P. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 1, pp. 185–193. (in Russ.).
25. Yur'yev D.V., Eller K.I., Arzamastsev A.P. *Farmatsiya*, 2003, no. 2, pp. 7–10. (in Russ.).
26. Yashin A.Ya., Yashin Ya.I., Chernousova N.I., Pakhomov V.P. *Novyy pribor dlya opredeleniya prirodnkh antioksidantov*. [New device for determining natural antioxidants]. Moscow, 2005, 100 p. (in Russ.).
27. Fedina P.A., Yashin A.Ya., Chernousova N.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2010, no. 2, pp. 91–97. (in Russ.).
28. Shaldayeva T.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 1, pp. 217–220. (in Russ.).
29. Yashin A.Ya., Yashin Ya.I., Fedina P.A., Chernousova N.I. *Metodologiya*, 2012, no. 2, pp. 32–36. (in Russ.).
30. Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N. *Izvestiya RAN. Seriya Biologicheskaya*, 2013, no. 5, pp. 551–557. <https://doi.org/10.7868/S000233291305010X>. (in Russ.).
31. Kostikova V.A., Shaldayeva T.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 2, pp. 73–78. <https://doi.org/10.14258/jcprm.201602784>. (in Russ.).
32. Shaldayeva T.M., Kukushkina T.A., Pshenichkina Yu.A., Khramova Ye.P. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 4, pp. 183–190. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2022041265>. (in Russ.).
33. Mamayev S.A. *Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy*. [Forms of intraspecific variability of woody plants]. Moscow, 1972, 284 p. (in Russ.).

Received February 14, 2024

Revised March 11, 2024

Accepted February 18, 2025

Сведения об авторах

Шидло Елена Владимировна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, lenok-luchik@mail.ru

Шалдаева Татьяна Михайловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник, tshaldaeva@yandex.ru

Храмова Елена Петровна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией, elenakhramova2023@yandex.ru

Information about authors

Shidlo Elena Vladimirovna – candidate of biological sciences, researcher, lenok-luchik@mail.ru

Shaldaeva Tatyana Mikhailovna – candidate of biological sciences, researcher, tshaldaeva@yandex.ru

Khramova Elena Petrovna – doctor of biological sciences, chief researcher, head of the laboratory, elenakhramova2023@yandex.ru