Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 260–271.
Khimiya rastitel'nogo syr'ya, 2026, no. 3, pp. 260–271.
DOI: 10.14258/jcprm.20260317236

УДК 581.192:582.998.1

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА И АНТИРАДИКАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ *DASIPHORA FRUTICOSA* (L.) RYDB ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

© ***Е.В. Шидло[1*], Т.М. Шалдаева[2], Е.П. Храмова[2]***

[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 биологически активных веществ и антирадикальной активности в листьях и цветках растений *Dasiphora fruticosa* семи природных популяций полуострова Камчатка. В образцах обнаружены фенольные соединения (флавонолы, катехины, танины, фенолокислоты), сапонины, полисахариды (пектины, протопектины), фотосинтетические пигменты (хлорофиллы *a* и *b*, каротиноиды). Установлено, что в листьях растений *D. fruticosa* Желтой популяции отмечено более высокое содержание фенольных соединений (148.5 мг/г), фенолокислот (217.1 мг/г), танинов (338.2 мг/г), сапонинов (269.1 мг/г). Более высокое содержание катехинов (24.2 мг/г) и пектинов (1.44%) отмечено в листьях растений Пиначевской популяции, а протопектинов (12.34%) – в листьях растений Дзензурской популяции. Каротиноиды (0.49 мг/г) преимущественно накапливаются в листьях растений Шайбной и Дзензурской популяций. Более эффективны по антирадикальной активности (IC_{50} = 0.18 мг/мл) этанольные экстракты из листьев растений Авачинской популяции, а также листьев и цветков растений Тупиканской популяции (IC_{50} = 0.23 мг/мл). Установлена достоверная связь антирадикальной активности от содержания флавонолов, пигментов и пектиновых веществ.

Ключевые слова: *Dasiphora fruticosa*, полифенолы, пектины, сапонины, пигменты, антирадикальная активность, полуостров Камчатка.

Для цитирования: Шидло Е.В., Шалдаева Т.М., Храмова Е.П. Биологически активные вещества и антирадикальная активность растений *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb полуострова Камчатка // Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 260–271. https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317236.

Введение

В настоящее время полифенольные соединения представляют значительный интерес в фармакологии и пищевой отрасли, благодаря мощной антиоксидантной способности и защитному действию в борьбе с заболеваниями со свободно-радикальной этиологией, включая сердечнососудистые 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 (БАВ), который представлен танинами, полисахаридами, аминокислотами, флавоноидами, фенолкарбоновыми кислотами, алифатическими и тритерпеновыми компонентами, минеральными элементами [4, 7–11].

Значительный антиоксидантный эффект экстрактов из надземных органов *Potentilla fruticosa* (=*D. fruticosa*) обеспечивается высоким содержанием фенольных соединений (до 240 мг-экв. галловой

* Автор, с которым следует вести переписку.

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) [11].

В связи с повышенным вниманием исследователей к *D. fruticosa*, малой изученностью содержания полифенолов и антиоксидантного потенциала в надземной части этого растения на территории российского Дальнего Востока, в частности полной неизученностью популяций Камчатского края, и значительной ресурсной базой такое исследование актуально и представляет интерес для решения ресурсоведческих задач, поиска растений *D. fruticosa* с высоким содержанием БАВ и антирадикальной активностью (АРА).

Цель работы заключалась в сравнительном содержании биологически активных веществ и оценке антиоксидантного потенциала надземных органов растений *D. fruticosa* из семи природных популяций полуострова Камчатка для выявления перспективных продуцентов действующих веществ и закономерностей их аккумулирования.

Экспериментальная часть

Материалом для исследования послужило сырье (листья и цветки) растений *D. fruticosa,* собранное в семи ценотических популяциях (ЦП) полуострова Камчатка (табл. 1).

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 (0.500 г) и готовили водно-этанольные экстракты по методике [12].

В образцах определяли общее содержание фенольных соединений, фенолокислот, флавонолов, катехинов, танинов, сапонинов, полисахаридов (пектины, протопектины), пигментов (хлорофиллы *a* и *b*, каротиноиды) в водно-этанольных экстрактах и проводили оценку антирадикальной активности в этанольных экстрактах спектрофотометрическим методом на приборе СФ-56 (Россия).

Количественное определение флавонолов проводили спектрофотометрическим методом, в котором использована реакция комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия [13]. Концентрацию флавонолов рассчитывали по рутину фирмы «*Chemapol*». Результаты выражены в миллиграммах эквивалента рутина на грамм абсолютно сухой массы.

Суммарное содержание фенольных соединений определяли с помощью реактива Фолина-Чокальтеу [14]. Экстракт (0.5 мл) помещали в мерную колбу объемом 5 мл, затем добавляли 2.5 мл Фолина-Чокальтеу (разбавленный в дистиллированной воде 1 : 10) и 2 мл 7.5% Na_2CO_3 и хорошо встряхивали. В качестве холостой пробы использовали смесь реагентов с дистиллированной водой вместо экстракта. Смесь выдерживали на водяной бане при T = 45 °C в течение 15 мин. Поглощение замеряли при λ 765 нм. Стандартная кривая построена с использованием галловой кислоты (*Sigma-Aldrich*, США). Результаты выражены в миллиграммах эквивалента галловой кислоты на грамм абсолютно сухой массы.

Общее содержание фенольных кислот определяли по методике Арнова [15]. К 1 мл экстракта добавляли 5 мл дистиллированной воды. В этот раствор последовательно вводили 1 мл 0.5 М HCl, 1 мл реактива Арнова и 1 мл 1 М NaOH. Объем доводили до 10 мл дистиллированной водой и измеряли поглощение при λ 490 нм. Калибровочную кривую строили с использованием кофейной кислоты (*Serva*, Германия). Результаты выражены в миллиграммах эквивалента кофейной кислоты на грамм абсолютно сухой массы.

Количественное содержание катехинов определяли спектрофотометрическим методом, который основан 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. В качестве раствора сравнения использовали этанольное извлечение во второй пробирке без добавления ванилина. Оптическую плотность раствора измеряли при λ 502 нм. Количественное содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по (±)-катехину (*Sigma-Aldrich*, США) [16]. Результаты выражены в миллиграммах эквивалента катехина на грамм абсолютно сухой массы.

Таблица 1. Места сбора образов *D. fruticosa* из природных популяций полуострова Камчатка

№ ЦП	Название популяции, место сбора, координаты	Дата сбора
1	Камчатский край, Быстринский район, окр. села Эссо, у воды вдоль ключа Тупикан, 55.5430024°с.ш., 158.4616536°в.д., высота – 898 м над ур. м.	19.07.2018
2	Камчатский край, Елизовский район, Авачинская сопка, долина сухой реки по окраине сфагнового болота, 53.121633°с.ш., 158.315825°в.д., высота – 108 м над ур. м.	24.07.2018
3	Камчатский край, Елизовский район, Природный парк «Налычево», скалы Пиначевского перевала, 53.44995°с.ш., 158.63825°в.д., высота – 1261 м над ур. м.	01.08.2022
4	Камчатский край, Елизовский район, Природный парк «Налычево», в 1 км от центрального кордона Налычево, 53.517797°с.ш., 158.761699°в.д., высота – 396 м над ур. м.	25.07.2022
5	Камчатский край, Елизовский район, Природный парк «Налычево», левое течение правого притока реки Шайбная, травянистые группировки с ущельем с позднее сходящим снегом, 53.609437°с.ш., 158.950058°в.д., высота – 1258 м над ур. м.	19.07.2022
6	Камчатский край, Елизовский район, Природный парк «Налычево», тундра на перевале близ отрога вулкана Дзензур, 53.624611°с.ш., 158.919229°в.д., высота – 1771 м над ур. м.	20.07.2022
7	Камчатский край, Елизовский район, природный парк Юго-Восточной Камчатки, мыс Желтый в районе устья реки Желтой, 51.33551°с.ш., 157.42659°в.д., высота – 12 м над ур. м.	25.07.2021

Количественное определение танинов (гидролизуемых дубильных веществ) проводили по методике [17]. 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 при λ 420 нм. В качестве стандартного образца использовали танин (*Sigma-Aldrich*, США). Результаты выражены в миллиграммах эквивалента танина на грамм абсолютно сухой массы.

Содержание сапонинов определяли с использованием прямого спектрофотометрического метода, основанного на реакции между тритерпеновыми сапонинами и серной кислотой [18]. 10 мл 82% спиртового экстракта упаривали досуха, сухой экстракт растворяли в 10 мл смеси для гидролиза (ледяная уксусная кислота, соляная кислота и дистиллированная вода в соотношении 3.5 : 1.0 : 5.5) путем двухчасовой инкубации на кипящей водяной бане. Затем гидролизат охлаждали, разбавляли дистиллированной водой в соотношении 1 : 2 и фильтровали. Остаток на фильтре промывали дистиллированной водой и помещали в мерную колбу объемом 25 мл и растворяли в 25 мл горячего этанола. К 1 мл исходного спиртового раствора добавляли 4 мл концентрированной серной кислоты и через 10 мин измеряли поглощение при λ 310 нм. В качестве холостого раствора использовали концентрированную серную кислоту. Общее содержание сапонинов рассчитывалось по калибровочной кривой, построенной с использованием олеанолловой кислоты в качестве стандарта (*Acros Organis*, Китай). Результаты выражены в миллиграммах эквивалента олеанолловой кислоты на грамм абсолютно сухой массы.

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 °C до исчезновения запаха спирта. Сначала извлекали водой пектины, затем гидролизовали протопектины. После реакции с тимолом плотность окрашенных растворов измеряли на спектрофотометре при λ 480 нм в кювете с рабочей длиной 1 см. Количественное содержание пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте [19].

Содержание пигментов (хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов) определяли в ацетоново-этанольном извлечении. Навеску сырья 0.1 г растирали в ступке до однородной массы, добавляя последовательно 0.1 г кальция карбоната для нейтрализации органических кислот, так как каротиноиды не устойчивы в кислой среде, 1 мл диметилформамида для устойчивости пигментов и 2 г натрия сульфата 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 извлечения [19]. Далее извлечения разбавляли ацетоном так, чтобы при измерении на спектрофотометре величина оптической плотности разбавленных растворов находилась в пределах от 0.1 до 0.8 единиц оптической плотности. Концентрацию пигментов рассчитывали для хлорофиллов *a* и *b* при λ 662 и 644 нм, для каротиноидов – при λ 440.5 нм. Расчет концентрации пигментов (мг/дм^3) проводили по общеизвестным формулам [20].

Долю хлорофиллов светособирающего комплекса (ССК) рассчитывали по формуле [21]: [(1.2 хл. *b*+хл. *b*) / ∑(хл. *a*+хл. *b*)].

Антирадикальную активность (АРА) этанольных экстрактов растительных образцов определяли по способности улавливать свободные стабильные радикалы DPPH (2.2-дифенил-1-пикрилгидразил) в 96% этиловом спирте. По количеству вещества DPPH, вступающего в реакцию с 1 мл экстракта, оценивали АРА. В качестве контроля использовали тролокс (IC_{50} = 7.49 мкг/мл) и аскорбиновую кислоту – (IC_{50} = 8.69 мкг/мл). Чем ниже концентрация прореагировавшего DPPH с экстрактом, тем выше АРА. Когда антиоксидант взаимодействует с DPPH, окраска пурпурно-синего цвета ослабевает из-за реакции восстановления. Этот процесс контролировался путем измерения изменения оптической плотности при λ 517 нм. Величиной АРА изучаемых извлечений была выбрана концентрация, приводящая к ингибированию 50% радикалов DPPH – IC_{50} [22].

Все биохимические показатели рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. Определение содержания БАВ и АРА проводилось в трехкратной повторности.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программы Microsoft Office Excel 2010. Рассчитаны значения средних и их стандартных отклонений, коэффициентов вариации (C*v*, %).

Уровень изменчивости оценивали по эмпирической шкале С.А. Мамаева [23]. Уровень изменчивости считается очень низким при C*v*≤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%. Для определения формы и силы связи между БАВ и АРА применялся корреляционный и регрессионный анализы. Теснота связи оценивалась по шкале Чеддока: слабая ($0.1<R^2<0.3$), умеренная ($0.3<R^2<0.5$), заметная ($0.5<R^2<0.7$), высокая ($0.7<R^2<0.9$) и весьма высокая ($0.9<R^2<0.99$). Достоверность различий определялась по критерию Стьюдента, различия считали достоверными при p≤0.05.

Обсуждение результатов

В результате проведенного исследования установлено, что в листьях и цветках растений *D. fruticosa* из семи природных популяций полуострова Камчатка содержится комплекс БАВ: фенольные соединения (флавонолы, катехины, фенолокислоты, танины), тритерпеноидные сапонины, пигменты (хлорофиллы и каротиноиды), пектиновые вещества (пектины и протопектины) (табл. 2, 3, рис. 1).

Межпопуляционную изменчивость по содержанию БАВ в листьях и цветках растений *D. fruticosa* оценивали, используя коэффициент вариации (C*v*, %). Наиболее стабильными БАВ в листьях и цветках растений *D. fruticosa* на межпопуляционном уровне являются фенолокислоты (C*v* = 7–8%), общее содержание фенольных соединений (C*v* = 10–13%), флавонолы (C*v* = 8–18%), танины (C*v* = 11%) и сапонины (C*v* = 12–17%), коэффициенты вариации которых оцениваются от очень низких до средних уровней. Более изменчивы концентрации катехинов (C*v* = 37–38%), протопектинов (C*v* = 33–34%) и пектинов (C*v* = 32–45%) (табл. 2, 3). Вариабельность пигментов (каротиноиды и хлорофиллы), в основном, оценивается как средняя (C*v* = 17–20%), высокая (C*v* = 22–24%) и очень высокая (C*v* = 48%), за исключением содержания каротиноидов в цветках, коэффициент вариации которых классифицируется как низкий (C*v* = 11%) (табл. 3). Таким образом, можно заключить, что в цветках и листьях *D. fruticosa* наиболее стабильными на межпопуляционном уровне можно считать, большинство исследованных биохимических показателей – общее содержание фенольных соединений, флавонолов, фенолокислот, танинов и сапонинов, а также каротиноидов в цветках *D. fruticosa*.

Фенольные соединения. Фенольные соединения исследованных растений представлены общим содержанием фенольных соединений, а также флавонолов, фенолокислот, танинов, катехинов (табл. 2).

В целом можно отметить, что содержание флавонолов выше в цветках, а общее содержание фенольных соединений, фенолокислот, танинов и катехинов – в листьях растений большинства популяций (табл. 2).

Таблица 2. Содержание фенольных соединений в листьях и цветках растений *D. fruticosa* из природных популяций полуострова Камчатка (мг/г абсолютно сухой массы)

№ ЦП	Орган растения	Общее содержание фенольных соединений (по Фолин-Чекальтеу)	Флавонолы	Фенолокислоты	Катехины	Танины
1	Листья	137.5±0.1	74.3±0.3	207.1±1.6	8.7±0.0	322.6±0.1
	Цветки	148.8±0.0	79.3±0.3	192.1±2.5	9.3±0.0	289.2±0.2
2	Листья	143.0±0.0	80.1±0.2	200.5±0.9	12.3±0.1	323.0±0.3
	Цветки	…[1]	…	…	…	…
3	Листья	119.4±0.0	71.3±0.0	171.0±1.1	15.6±0.0	255.9±0.6
	Цветки	…	…	…	…	…
4	Листья	139.3±0.1	64.4±0.1	196.8±0.9	24.2±0.0	270.9±0.4
	Цветки	127.9±0.0	79.3±0.1	177.2±1.3	18.4±0.1	242.0±0.5
5	Листья	113.0±0.0	49.6±0.2	205.0±1.8	9.3±0.0	279.2±0.3
	Цветки	106.1±0.0	86.7±0.1	168.8±1.2	7.0±0.0	219.9±0.5
6	Листья	131.9±0.0	58.2±0.3	197.4±1.7	12.4±0.1	281.0±0.6
	Цветки	121.0±0.1	72.5±0.2	172.1±1.2	11.5±0.0	237.7±0.8
7	Листья	148.5±0.1	83.3±0.3	217.1±0.6	17.9±0.1	338.2±0.7
	Цветки	113.2±0.0	72.6±0.0	156.1±0.5	11.2±0.0	233.1±0.3
C*v*	Листья	10	18	7	38	11
	Цветки	13	8	8	37	11

Примечание. Среднее арифметическое±стандартное отклонение. [1]«…» – не определяли.

Таблица 3. Содержание пигментов в надземных органах растений *D. fruticosa* из природных популяций полуострова Камчатка (мг/г, абсолютно сухой массы)

№ ЦП	Орган растения	Хлорофилл *a*	Хлорофилл *b*	Каротиноиды	Хл. *a*/Хл. *b*	Хл. *a*+*b*/Кар	ССК[2]
1	Листья	2.03±0.02	1.00±0.01	0.32±0.00	2.0	9.5	49
	Цветки	…[1]	…	…	…	…	…
2	Листья	1.67±0.01	0.80±0.01	0.34±0.00	2.1	7.2	48
	Цветки	…	…	…	…	…	…
4	Листья	2.22±0.02	0.82±0.01	0.45±0.00	2.7	6.8	41
	Цветки	0.19±0.00	0.15±0.00	0.27±0.00	1.2	1.3	66
5	Листья	2.99±0.03	1.25±0.01	0.49±0.00	2.4	8.6	44
	Цветки	0.23±0.00	0.15±0.00	0.29±0.00	1.6	1.3	60
6	Листья	2.51±0.03	1.02±0.01	0.49±0.00	2.4	7.3	43
	Цветки	0.47±0.00	0.23±0.00	0.27±0.00	2.0	2.6	50
7	Листья	2.12±0.02	0.89±0.01	0.31±0.00	2.4	9.8	45
	Цветки	0.22±0.00	0.22±0.00	0.23±0.00	0.98	1.96	75
C*v*	Листья	20	17	22	11	16	7
	Цветки	48	24	11	32	36	17

Примечание. Среднее арифметическое±стандартное отклонение, [1]«…» – не определяли, [2] – доля хлорофиллов светособирающего комплекса (%).

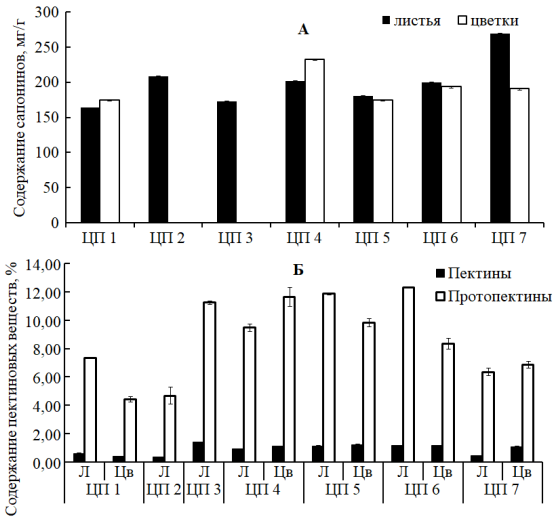


Рис. 1. Содержание сапонинов (А) и пектиновых веществ (Б) в водно-этанольных экстрактах из листьев и цветков растений *D. fruticosa* из природных популяций полуострова Камчатка

По общему содержанию фенольных соединений и фенолокислот отмечены незначительные колебания между популяциями (табл. 2). Так, диапазон содержания фенольных соединений отмечен в листьях (от 113.0 до 148.5 мг/г) и в цветках (от 106.1 до 148.8 мг/г), что ниже в 1.6–2 раза, чем в листьях растений из Польши (240 мг-экв. галловой кислоты/г) и в листьях растений из Литвы (200.6 мг-экв. галловой кислоты/г) [11, 24]. Диапазон накопления фенолокислот установлен в листьях (от 171.0 до 217.1 мг/г), в цветках (от 156.1 до 192.1 мг/г), что хорошо согласуется с содержанием в образцах растений *D. fruticosa* из Польши (197.8 мг-экв. кофейной кислоты/г) [11].

Более высокое содержание фенольных соединений и фенолокислот установлено в листьях растений *D. fruticosa* Желтой популяции (ЦП 7: 148.5 мг/г, 217.1 мг/г) и цветках Тупиканской популяции (ЦП 1: 148.8 мг/г, 192.1 мг/г), что в 1–1.4 раза выше по сравнению с остальными исследованными популяциями (табл. 2).

В надземных органах *D. fruticosa* установлено достаточно высокое содержание танинов и флавонолов, что, в целом, соотносится с их высоким содержанием в растениях из Горного Алтая [25].

Установлено, что накопление танинов колеблется в листьях (от 255.9 до 338.2 мг/г), в цветках (от 219.9 до 289.2 мг/г) и соответствует содержанию танинов в образцах из Горного Алтая (26.75–28.46%) [25]. Также следует отметить, что накопление танинов в листьях растений *D. fruticosa* с Северного Кавказа колеблется в диапазоне (от 12.24 до 16.24%), в листьях растений из Китая соответствует (10.69%), в листьях растений из Польши (178.7 мг-экв. галловой кислоты/г) [11, 26, 27]. По более высокому содержанию танинов в листьях выделены растения Желтой популяции (ЦП 7: 338.2 мг/г), в цветках – Тупиканской популяции (ЦП 1: 289.2 мг/г), что 1.3 раза выше по сравнению с остальными исследованными популяциями (табл. 2).

Диапазон накопления флавонолов установлен в листьях растений *D. fruticosa* от 49.6 до 83.3 мг/г, в цветках – от 72.5 до 86.7 мг/г, что в целом соответствует содержанию в образцах растений из Горного Алтая (5.45–6.03%) [25]. В листьях растений из Китая (5.39%) и Польши (94.6 мг-экв. рутина/г) также отмечено высокое содержание флавонолов [11, 26]. Наибольшее накопление флавонолов установлено в листьях растений *D. fruticosa* Желтой популяции (ЦП 7: 83.3 мг/г) и цветках растений Шайбной популяции (ЦП 5: 86.7 мг/г), что 1.0–1.7 раз выше по сравнению с остальными исследованными популяциями (табл. 2).

Содержание катехинов в листьях варьирует от 8.7 до 24.2 мг/г и цветках – от 7.0 до 18.4 мг/г. Для катехинов установлено высокое межпопуляционное варьирование. При этом наибольшее содержание отмечено в листьях (24.2 мг/г) и цветках (18.4 мг/г) растений *D. fruticosa* Налычевской популяции (ЦП 4), что в 1.3–2.8 раза выше по сравнению с остальными исследованными популяциями (табл. 2). Следует отметить, что содержание катехинов в листьях камчатских особей в 1.4–3.8 раза выше, а в цветках – в 1.2–3.2 раза ниже, чем в таковых из Горного Алтая [25].

Тритерпеновые сапонины. Сапонины широко распространены в высших растениях. Они обладают поверхностной, гемолитической, цитотоксической активностью и токсичностью по отношению к хладнокровным [28]. По данным Т.В. Ганенко с соавторами, в листьях и цветках *Potentilla fruticosa* (=*D. fruticosa*) присутствуют две группы сапонинов – тритерпеноиды и стероиды [7, 8]. В надземных органах растений *D. fruticosa* полуострова Камчатка установлено достаточно высокое накопление сапонинов (от 163.6 мг/г до 269.1 мг/г) (рис. 1). Содержание сапонинов на 20–60% больше в листьях растений Желтой популяции (ЦП 7: 269.1 мг/г) и цветках Налычевской популяции (ЦП 4: 232.7 мг/г) по сравнению с остальными (рис. 1). Установлено, что количество сапонинов в листьях и цветках камчатских растений *D. fruticosa* в 3.8–75 раз выше, чем в таковых из Горного Алтая [25].

Пектиновые вещества. Пектиновые вещества являются структурным элементом растительных тканей, способствуют поддержанию в них тургора, повышают засухоустойчивость растений, устойчивость овощей и фруктов при хранении [29]. Содержание пектиновых веществ в изучаемых растениях достаточно высокое, при этом основную долю в сумме веществ занимают протопектины. Более высокое содержание пектиновых веществ установлено в листьях растений из Дзензурской (ЦП 6: 13.54%), Шайбной (ЦП 5: 13.02%) и Пиначеской (ЦП 3: 12.71%) популяций, в цветках растений из Налычевской (ЦП 4: 12.82%) и Шайбной (ЦП 5: 11.09%) популяций. Наименьшее накопление пектиновых веществ отмечено в листьях Авачинской популяции (ЦП 2: 5.08%) и в цветках растений из Тупиканской (ЦП 1: 4.90%) популяции (рис. 1).

Анализ содержания пектиновых веществ показал, что содержание протопектинов в водно-этанольных экстрактах из листьев и цветков в 6.2–13 раз выше по сравнению с пектинами. Диапазон накопления пектиновых веществ в зависимости от органа растения (в листьях и цветках) варьирует незначительно. Так, варьирование пектинов в листьях отмечено в диапазоне от 0.37 до 1.44%, в цветках – от 0.44 до 1.25%, а

протопектинов в листьях – от 4.71 до 12.34% и в цветках – от 4.46 до 11.68% (рис. 1). Более высокое накопление пектинов отмечено в листьях растений Пиначевской (ЦП 3: 1.44%) и в цветках Шайбной (ЦП 5: 1.25%) популяций. Наибольшее накопление протопектинов установлено в листьях Дзензурской (ЦП 6: 12.34%) и в цветках Налычевской (ЦП 4: 11.68%) популяций (рис. 1).

В целом, полученные данные по содержанию пектинов и протопектинов в водно-этанольных экстрактах из листьев и цветков растений *D. fruticosa* полуострова Камчатка согласуются с показателями пектинов и протопектинов в растениях *D. fruticosa* из Горного Алтая [25].

Пигменты. Фотосинтетические пигменты являются важным показателем физиологического состояния растений, а также их метаболического потенциала, так как пигменты отвечают за поглощение энергии света и преобразование в энергию химических связей [29]. Основными фотосинтетическими пигментами листа являются хлорофиллы и каротиноиды, улавливающие необходимую солнечную энергию и защищающие растения от вредных побочных продуктов процесса инсоляции [30].

Суммарное содержание зеленых пигментов (хлорофиллов *a* и *b*) в надземных органах растений *D. fruticosa* варьирует, в листьях – от 2.48 до 4.24 мг/г, в цветках – от 0.34 до 0.71 мг/г, что в целом оценивается как сравнительно низкое (табл. 3).

Известно, что низкое содержание пигментов является адаптивным признаком – в условиях высокой освещенности достаточно небольшого количества хлорофилла для протекания фотосинтетического процесса и уменьшения опасности фотодеструкции клетки [31].

Наибольшее содержание суммы хлорофиллов отмечено в листьях растений Шайбной популяции (ЦП 5: 4.24 мг/г), а наиболее низкое – в цветках Налычевской популяции (ЦП 4: 0.34 мг/г). Следует отметить, что в целом содержание хлорофиллов значительно выше в вегетативных органах растений *D. fruticosa*, по сравнению с репродуктивными органами (табл. 3). Установлено, что в общем фонде хлорофиллов превалирует хлорофилл *a*, что в 2–2.9 раза в листьях и в 1.3–2 раза в цветках выше по сравнению с содержанием хлорофилла *b*. Наибольшее содержание хлорофилла *a* и *b* по отдельности установлено в листьях Шайбной популяции (ЦП 5: 2.99 и 1.25 мг/г) и цветках растений Дзензурской популяции (ЦП 6: 0.47 и 0.23 мг/г) (табл. 3).

Важным показателем при оценке фотосинтетической продуктивности растительных тканей является отношение хлорофиллов *a*/*b*, которое при оптимальных условиях роста и развития растений приближается к 3. Однако оно может варьировать в зависимости от вида растения, условий его выращивания, стадии развития и других факторов [32].

Для растений *D. fruticosa* исследованных популяций величина отношения хлорофиллов *a*/*b* находилась в пределах – для листьев от 2 до 2.7, для цветков – от 0.98 до 2. При этом наибольшее значение отношения хлорофиллов *a*/*b*, что приближено к оптимальному значению, установлено в листьях растений *D. fruticosa* из Налычевской популяции (ЦП 4: 2.7), а минимальное – в цветках растений Желтой популяции (ЦП 7: 0.98) (табл. 3).

Доля хлорофиллов принадлежащих ССК в листьях растений составляла 41–49%, в цветках – 50–75% (табл. 3).

Установлено сравнительно невысокое содержание желтых пигментов (каротиноидов) в листьях (от 0.31 до 0.49 мг/г) и цветках (от 0.23 до 0.29 мг/г) растений *D. fruticosa* по сравнению с зелеными пигментами, содержание которых 6.8–9.7 раза выше в листьях и 1.3–2.6 раза выше в цветках. Наибольшее накопление каротиноидов отмечено в листьях растений *D. fruticosa* Шайбной (ЦП 5) и Дзензурской (ЦП 6) популяций и составляет 0.49 мг/г, а наименьшее – в цветках растений Желтой популяции (ЦП 7: 0.23 мг/г). В целом, существенной разницы между популяциями *D. fruticosa* по содержанию каротиноидов не выявлено (табл. 3).

Известно, что содержание каротиноидов часто положительно коррелирует с содержанием хлорофиллов, так как они являются обязательными компонентами пигмент-белковых комплексов Фотосистем I и II [30]. В нашем исследовании прослеживается тенденция, что концентрация желтых пигментов выше в листьях растений, содержащих больше зеленых пигментов, по сравнению с цветками, о чем свидетельствует тесная прямая связь этих показателей. Достоверно установлено, что в листьях растений *D. fruticosa* содержание каротиноидов положительно коррелирует с содержанием хлорофиллов ($r = 0.74$, $p<0.05$), а для цветков такая связь не установлена.

Величина соотношения Хл. *a*+*b*/Кар в листьях (6.8–9.8) значительно выше по сравнению с цветками (1.3–2.6). В листьях растений наибольшее соотношение Хл. *a*+*b*/Кар установлено в Желтой (ЦП 7: 9.8) и Тупиканской (ЦП 1: 9.5) популяциях, в цветках – в Дзензурской популяции (ЦП 6: 2.6) (табл. 3). При этом

следует отметить, что в листьях растений при максимальных значениях отношения Хл. *a*/*b* наблюдали снижение отношения Хл. *a*+*b*/Кар. Так, в листьях растений Налычевской популяции (ЦП 4) при наибольшем значении отношения Хл. *a*/*b* – 2.7, установлено наименьшее значение отношения Хл. *a*+*b*/Кар – 6.8 (табл. 3).

Антирадикальная активность. В ходе исследования установлено, что этанольные экстракты из листьев и цветков растений *D. fruticosa*, в целом, обладают эффективной АРА, находящейся в листьях в диапазоне от 0.18 до 0.66 мг/мл, в цветках – от 0.23 до 0.71 мг/мл (рис. 2). Такие показатели сопоставимы с АРА экстрактов зеленого чая (0.55 мг/мл), зеленого яблока (0.80 мг/мл) и виноградной косточки (0.90 мг/мл) [33]. Более эффективны по АРА этанольные экстракты из листьев и цветков растений Тупиканской популяции (ЦП 1: 0.23 мг/мл), из листьев растений Авачинской (ЦП 2: 0.18 мг/мл), Желтой (ЦП 7: 0.28 мг/мл) и Налычевской (ЦП 4: 0.37 мг/мл) популяций, цветков – Шайбной популяции (ЦП 5: 0.35 мг/мл) (рис. 2). Полученные данные свидетельствуют о перспективности растений *D. fruticosa* камчатских популяций для поиска источников антиоксидантов.

Предпринята попытка оценить связь БАВ с АРА экстрактов из листьев и цветков растений *D. fruticosa* с помощью корреляционного и регрессионного анализов. В результате корреляционного анализа установлено, что только в экстрактах из листьев отмечена высокая достоверная связь АРА с содержанием протопектинов (r = 0.95), каротиноидов (r = 0.91), хлорофилла *a* (r = 0.90), пектинов (r = 0.84) и флавонолов (r = -0.87), что также подтверждается данными регрессионного анализа (R^2= 0.75–0.90) (рис. 3).

Полученные нами данные и зависимости находят подтверждение в литературе, что антиоксидантные свойства многих растений в значительной мере обусловлены именно содержанием флавонолов и пигментов [11, 34, 35]. В экстрактах из цветков растений *D. fruticosa* достоверной связи с БАВ не установлено.

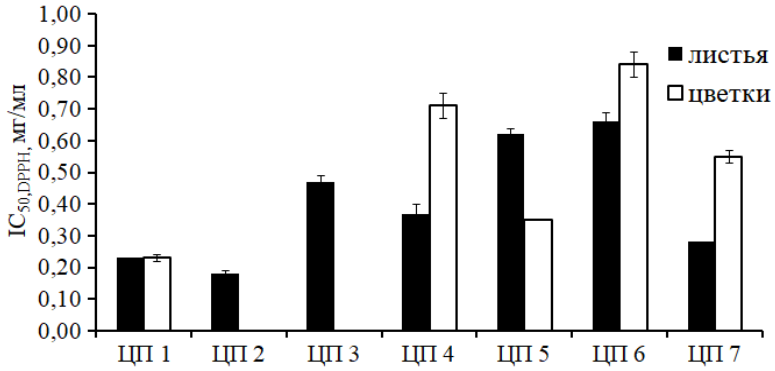


Рис. 2. Антирадикальная активность растений *D. fruticosa* из природных популяций полуострова Камчатка ($IC_{50,\ DPPH,}$ мг/мл)

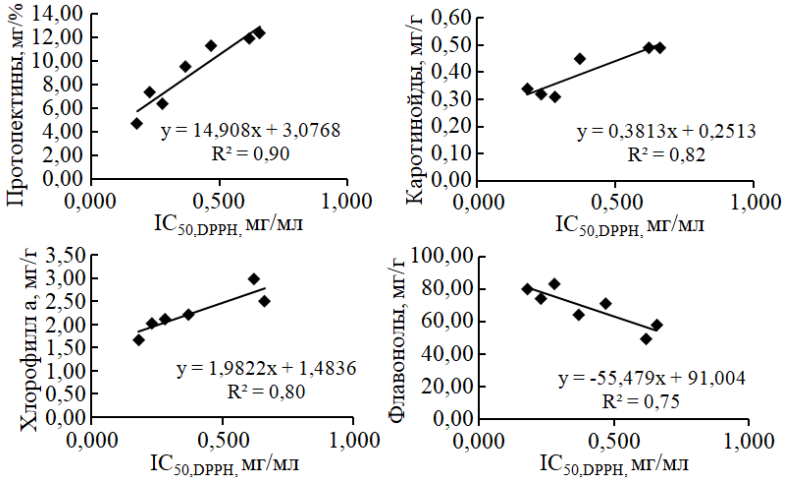


Рис. 3. Зависимость антирадикальной активности от содержания биологически активных веществ в листьях *D. fruticosa*. R^2 – коэффициент детерминации

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что в листьях и цветках растений *D. fruticosa* из природных популяций полуострова Камчатка содержится комплекс БАВ – общее содержание фенольных соединений, флавонолы, танины, катехины, сапонины, фенолокислоты, пектины, протопектины, хлорофиллы и каротиноиды.

Наибольшее общее содержание фенольных соединений (148.5 мг/г), фенолокислот (217.1 мг/г), танинов (338.2 мг/г), сапонинов (269.1 мг/г) установлено в листьях растений *D. fruticosa* Желтой популяции, катехинов (24.2 мг/г) и пектинов (1.44%) – в листьях растений Пиначевской популяции, протопектинов (12.34%) – в листьях растений Дзензурской популяций, каротиноидов (0.49 мг/г) – в листьях растений Шайбной и Дзензурской популяций.

Установлено, что общее содержание фенольных соединений, флавонолов, фенолокислот, танинов, сапонинов стабильно на межпопуляционном уровне, имеет очень низкий, низкий и средний уровни изменчивости (C*v* = 7–18%) и не зависит от местообитания на полуострове Камчатка. Вариабельность катехинов, пектиновых веществ, хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов оценивается как высокая (C*v* = 22–48%).

Показано, что более высокую антирадикальную активность проявили этанольные экстракты листьев растений Авачинской популяции (IC_{50} = 0.18 мг/мл), листьев и цветков Тупиканской популяции (IC_{50} = 0.23 мг/мл). Отмечено, что антирадикальная активность экстрактов из листьев растений *D. fruticosa* на 75–90% определяется в основном содержанием флавонолов, пигментов и пектиновых веществ.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность д-ру биол. наук Бакалину В.А. и канд. биол. наук Марчук Е.А. за предоставленный материал из трех популяций полуострова Камчатка, а также искренне благодарны сотрудникам ЦСБС СО РАН: старшему научному сотруднику Кукушкиной Т.А. и старшему лаборанту Шевцовой И.В. за помощь по определению БАВ.

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 предоставите соответствующие ссылки на автора(ов), источник и 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.
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. Scwarz), для профилактики Коксаки-вирусной инфекции // Бюллетень сибирской медицины. 2002. №4. С. 27–31.

7. 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.
8. Ганенко Т.В., Верещагин А.Л., Семенов А.А. Химический состав *Potentilla fruticosa* 3. Флавоноиды и свободные стерины // Химия природных соединений. 1991. №2. С. 285.
9. Andysheva E.V., Chankina O.V., Khramova E.P., Rakshun Ya.V., Sorokoletov D.S. Element composition of *Pentaphylloides fruticosa* of the Russian Far East and East Siberia // Physics Procedia. 2016. Vol. 84. Pp. 263–269.
10. Nikolaeva I.G. Amino acids from *Pentaphylloides fruticosa* and *P. parvifolia* // Chemistry of Natural Compounds. 2007. Vol. 43, no. 6. Pp. 760–761.
11. 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, no. 5. 4836. https://doi.org/10.3390/ijms24054836
12. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 430 с.
13. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV издание. М., 2018. Т. IV. С. 6081–6083.
14. Tohidi B., Rahimmalek M., Arzani A. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran // Food Chemistry. 2017. Vol. 220. Pp. 153–161. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.203.
15. Jain R., Rao B., Tare A.B. Comparative analysis of the spectrophotometry based total phenolic acid estimation methods // Journal of Analytical Chemistry. 2017. Vol. 72. Pp. 972–976. https://doi.org/10.1134/S106193481709009X.
16. Кукушкина Т.А., Костикова В.А., Храмова Е.П. Содержание катехинов в листьях и корнях *Comarum salesovianum* и *comarum palustre* (Rosaceae) // Химия растительного сырья. 2024. №2. С. 196–206. https://doi.org/10.14258/jcprm.20240212561.
17. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitsh), произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья. 2005. №5. С. 45–50.
18. Писарев Д.И., Мартынова Н.А., Нетребенко Н.Н., Новиков О.О., Сорокопудов В.Н. Сапонины и их определение в корневищах аралии маньчжурской в условиях Белгородской области // Химия растительного сырья. 2009. №4. С. 197–198.
19. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // Труды Никитского ботанического сада. 1989. Вып. 109. С. 128–137.
20. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 430 с.
21. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and Carotenoids Pigments of Photosynthetic Biomembranes // Methods in Enzymology. San-Diego, 1987. Vol. 148. Pp. 350–382.
22. Adesanwo J.K., Makinde O.O., Obafemi C.A. Phytochemical analysis and antioxidant activity of methanol extract and betulinic acid isolated from the roots of *Tetracerapotatoria* // Journal of Pharmacy Research. 2013. Vol. 6, no. 9. Pp. 903–907.
23. Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Индивидуальная эколого-географическая изменчивость растений. 1975. Вып. 94. С. 3–14.
24. 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.
25. 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.
26. 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. bychemometric methods // Chemistry and Biodiversity. 2018. Vol. 15, no. 7. https://doi.org/10.1002/cbdv.201800114.
27. Стальная М.И., Сичко Н.О. Оценка накопления дубильных веществ в разновозрастном Курильском чае кустарниковом, произрастающем на Северном Кавказе // Новые технологии. 2019. №2(48). С. 244–255. https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10224.
28. Podolak I., Galanty A., Sobolewska D. Saponins as cytotoxic agents: a review // Phytochemistry Reviews. 2010. Vol. 9. Pp. 425–474. https://doi.org/10.1007/s11101-010-9183-z.
29. Voragen A.G.J., Coenen G.-J., Verhoef R.P., Schols H.A. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls // Structural Chemistry. 2009. Vol. 20. Pp. 263–275. https://doi.org/10.1007/s11224-009-9442-z.
30. Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. 2013. Т. 60, №6. С. 856–864.
31. Попова О.Ф., Слемнев Н.Н., Попова И.А., Маслова Т.Г. Содержание пигментов пластид у растений пустынь Гоби и Каракумы // Ботанический журнал. 1984. Т. 69. С. 334−344.
32. Маслова Т.Г., Марковская Е.Ф., Слемнев Н.Н. Функции каротиноидов в листьях высших растений (Обзор) // Журнал общей биологии. 2020. Т. 81, №1. С. 297–310.
33. Никифорова А.Н., Самойлов А.В., Николаева Ю.В., Федорова Е.М. Изучение антиоксидантных свойств растительных экстрактов методом DPPH // Агропромышленные технологии Центральной России. 2021. Т. 4, №22. С. 22–30. https://doi.org/10.24888/2541-7835-2021-22-22-30.

34. Su X., Duan J., Jiang Y., Duan X., Chen F. Polyphenolic profile and antioxidant activities of oolong tea infusion under various steeping conditions // International Journal of Molecular Sciences. 2007. Vol. 8. Pp. 1196–1205.
35. Tai Z.-G., Cai L., Dai L., Sun W.-J., Zhe W., Yang Ya.-B., Cao Q.-E., Ding Zh.-T. Antioxidant Activities of *Caragana sinica* flower extracts and their main chemical constituents // Molecules. 2010. Vol. 15. Pp. 6722–6732. https://doi.org/10.3390/molecules15106722.

Поступила в редакцию 15 апреля 2025 г.

После переработки 19 мая 2025 г.

Принята к публикации 27 мая 2026 г.

Shidlo E.V.[1], Shaldaeva T.M.[2], Khramova E.P.[2]* BIOLOGYCALLY ACTIVE SUBSTANCES AND ANTIRADICAL ACTIVITY OF PLANTS *DASIPHORA FRUTICOSA* (L.) RYDB OF THE KAMCHATKA PENINSULA

[1] Amur Branch of the Botanical Garden-Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2nd km of Ignatyevskoye Highway, Blagoveshchensk, 675000, Russia, lenok-luchik@mail.ru
[2] Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, st. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090, Russia

The content of biologically active substances and antiradical activity were studied in the leaves and flowers of *Dasiphora fruticosa* plants from seven natural populations of the Kamchatka Peninsula. The samples was found phenolic compounds (flavonols, catechins, tannins, phenolic acids), saponins, polysaccharides (pectins, protopectins), photosynthetic pigments (chlorophylls *a* and *b*, carotenoids). It was found that the leaves of *D. fruticosa* plants of the Yellow population had a higher content of phenolic compounds (148.5 mg/g), phenolic acids (217.1 mg/g), tannins (338.2 mg/g), and saponins (269.1 mg/g). The highest content of catechins (24.2 mg/g) and pectins (1.44%) was noted in the leaves of plants of the Pinachevsky population, and protopectins (12.34%) in the in the leaves of plants of the Dzenzursky population. A predominant accumulation of carotenoids (0.49 mg/g) was noted in the leaves of plants of the Shaibnaya and Dzenzursky populations. The antiradical activity is higher in ethanol extracts from the leaves of plants of the Avachenskaya population (IC_{50} = 0.18 mg/ml), as well as the leaves and flowers of plants of the Tupikanskaya population (IC_{50} = 0.23 mg/ml). It has been shown that the antiradical activity a reliable dependence by the content of flavonols, pigments and pectin substances.

Keywords: *Dasiphora fruticosa*, antiradical activity, phenolic compounds, flavonols, catechins, tannins, pectin substances, phenolic acids, saponins, pigments, Kamchatka Peninsula.

For citing: Shidlo E.V., Shaldaeva T.M., Khramova E.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 3, pp. 260–271. (in Russ.). https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317236.

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* [Conspectus 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.
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. Ganenko T.V., Lutskiy V.I., Larin M.F., Vereshchagin A.L., Semenov A.A. *Khimiya prirodnykh soyedineniy*, 1988, no. 3, p. 451. (in Russ.).
8. Ganenko T.V., Vereshchagin A.L., Semenov A.A. *Khimiya prirodnykh soyedineniy*, 1991, no. 2, p. 285. (in Russ.).
9. Andysheva E.V., Chankina O.V., Khramova E.P., Rakshun Ya.V., Sorokoletov D.S. *Physics Procedia*, 2016, vol. 84, pp. 263–269.
10. Nikolaeva I.G. *Chemistry of Natural Compounds*, 2007, vol. 43, no. 6, pp. 760–761.

* Corresponding author.

11. Augustynowicz D., Lemieszek M.K., Strawa J.W., Wiater A., Tomczyk M. *Journal of Molecular Sciences*, 2023, vol. 24, no. 5, 4836. https://doi.org/10.3390/ijms24054836
12. Yermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Methods of Biochemical Analysis of Plants]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).
13. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. XIV izdaniye*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. 14th Edition]. Moscow, 2018, vol. IV, pp. 6081–6083. (in Russ.).
14. Tohidi B., Rahimmalek M., Arzani A. *Food Chemistry*, 2017, vol. 220, pp. 153–161. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.203.
15. Jain R., Rao B., Tare A.B. *Journal of Analytical Chemistry*, 2017, vol. 72, pp. 972–976. https://doi.org/10.1134/S106193481709009X.
16. Kukushkina T.A., Kostikova V.A., Khramova Ye.P. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2024, no. 2, pp. 196–206. https://doi.org/10.14258/jcprm.20240212561. (in Russ.).
17. Fedoseyeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2005, no. 5, pp. 45–50. (in Russ.).
18. Pisarev D.I., Martynova N.A., Netrebenko N.N., Novikov O.O., Sorokopudov V.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2009, no. 4, pp. 197–198. (in Russ.).
19. Kriventsov V.I. *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1989, no. 109, pp. 128–137. (in Russ.).
20. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Methods of biochemical analysis of plants]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).
21. Lichtenthaler H.K. *Methods in Enzymology*. San-Diego, 1987, vol. 148, pp. 350–382.
22. Adesanwo J.K., Makinde O.O., Obafemi C.A. *Journal of Pharmacy Research*, 2013, vol. 6, no. 9, pp. 903–907.
23. Mamayev S.A. *Individual'naya ekologo-geograficheskaya izmenchivost' rasteniy*, 1975, no. 94, pp. 3–14. (in Russ.).
24. Syrpas M., Subbarayadu K., Kitryte V., Venskutonis P.R. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, 457. https://doi.org/10.3390/antiox9060457.
25. Khramova Ye.P., Kukushkina T.A., Shaldayeva T.M., Syyeva S.Ya. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 189–197. https://doi.org/10.14258/jcprm2020015145. (in Russ.).
26. 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. https://doi.org/10.1002/cbdv.201800114.
27. Stal'naya M.I., Sichko N.O. *Novyye tekhnologii*, 2019, no. 2(48), pp. 244–255. https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10224. (in Russ.).
28. Podolak I., Galanty A., Sobolewska D. *Phytochemistry Reviews*, 2010, vol. 9, pp. 425–474. https://doi.org/10.1007/s11101-010-9183-z.
29. Voragen A.G.J., Coenen G.-J., Verhoef R.P., Schols H.A. *Structural Chemistry*, 2009, vol. 20, pp. 263–275. https://doi.org/10.1007/s11224-009-9442-z.
30. Ivanov L.A., Ivanova L.A., Ronzhina D.A., Yudina P.K. *Fiziologiya rasteniy*, 2013, vol. 60, no. 6, pp. 856–864. (in Russ.).
31. Popova O.F., Slemnev N.N., Popova I.A., Maslova T.G. *Botanicheskiy zhurnal*, 1984, vol. 69, pp. 334−344. (in Russ.).
32. Maslova T.G., Markovskaya Ye.F., Slemnev N.N. *Zhurnal obshchey biologii*, 2020, vol. 81, no. 1, pp. 297–310. (in Russ.).
33. Nikiforova A.N., Samoylov A.V., Nikolayeva Yu.V., Fedorova Ye.M. *Agropromyshlennyye tekhnologii Tsentral'noy Rossii*, 2021, vol. 4, no. 22, pp. 22–30. https://doi.org/10.24888/2541-7835-2021-22-22-30. (in Russ.).
34. Su X., Duan J., Jiang Y., Duan X., Chen F. *International Journal of Molecular Sciences*, 2007, vol. 8, pp. 1196–1205.
35. Tai Z.-G., Cai L., Dai L., Sun W.-J., Zhe W., Yang Ya.-B., Cao Q.-E., Ding Zh.-T. *Molecules*, 2010, vol. 15, pp. 6722–6732. https://doi.org/10.3390/molecules15106722.

Received April 15, 2025

Revised May 19, 2025

Accepted May 27, 2026

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 фитохимии, 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 Phytochemistry Laboratory, elenakhramova2023@yandex.ru