Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 249–259.
Khimiya rastitel'nogo syr'ya, 2026, no. 3, pp. 249–259.
DOI: 10.14258/jcprm.20260317235

УДК 577.13:582.734.4

ЦЕНОПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА *DASIPHORA FRUTICOSA* (L.) RYDB. В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ*

© ***А.В. Семенович***, *Ж.Р. Сулейманова, И.А. Гончарова, С.Р. Лоскутов, А.В. Пименов***

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН ФИЦ КНЦ СО РАН, ул. Академгородок, 50/28, Красноярск, 660036, Россия, semenovich_a@ksc.krasn.ru

В результате изучения химического состава листьев, цветков и стеблей растений курильского чая (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.) из ценопопуляций типичных для юга Сибири ландшафтов в Ширинском районе Республики Хакасия выявлено высокое содержание ряда фармакологически значимых соединений: простых неполярных липидов (до 2.32% от массы сухого сырья), экстрактивных веществ (до 28.46% от массы сухого сырья), суммы фенольных соединений (в пересчете на галловую кислоту) – до 12.31% от массы сухого сырья, суммы флавоноидов (в пересчете на рутин) – до 11.31% от массы сухого сырья. Все соединения локализовались в большей степени в листьях и цветках, меньше – в стеблях растений. Их содержание значимо ($p<0.05$) варьировало в зависимости от природно-климатических условий произрастания растений: относительной влажности и температуры воздуха, суммы осадков и числа дней с осадками за наблюдаемый период. Результаты исследования развивают региональную составляющую данных по химическому составу *D. fruticosa*, которые необходимы для расширения сырьевой базы дикорастущего флавоноидсодержащего сырья, имеющего практическое значение для медицинской, фармацевтической и пищевой отраслей промышленности.

Ключевые слова: Dasiphora fruticosa, Республика Хакасия, простые неполярные липиды, экстрактивные вещества, фенольные соединения, флавоноиды.

Для цитирования: Семенович А.В., Сулейманова Ж.Р., Гончарова И.А., Лоскутов С.Р., Пименов А.В. Ценопопуляционная изменчивость химического состава *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb. в Республике Хакасия // Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 249–259. https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317235.

Введение

Курильский чай кустарниковый (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb., или лапчатка кустарниковая *Potentilla fruticosa* L. и пятилисточник кустарниковый *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz, семейства Rosaceae широко распространен в северном полушарии, преимущественно в более холодных районах [1]. В местах произрастания данного вида высушенные побеги, листья и цветки *D. fruticosa* используются в качестве заменителя чая [2, 3]. Как лекарственное растение побеги *D. fruticosa* в народной медицине применяют в различных регионах мира: в Центральной Европе, Италии, Швеции, Сербии, Черногории, России, Болгарии, Турции [1]. Научные исследования экстрактов *D. fruticosa* подтверждают, что они применимы для лечения вирусных инфекций, для восстановления иммунной системы [4–7]. Химический состав растений *D. fruticosa*, а также фармакологические и токсические свойства полученных из них экстрактов систематизированы: показано, что растения содержат сложный комплекс химических соединений гидрофильной, амфифильной и липофильной фракций и до 20 микро- и макроэлементов, обладающих биологической активностью [8]. Особенности химического состава растений *D. fruticosa*, произрастающих в различных регионах России и за рубежом, изучаются многими авторами [9–13]. В то же время состав растений, произрастающих на юге Сибири, в том числе на территории Республики Хакасия, изучен недостаточно. Исследованы только образцы *D. fruticosa* из популяции в предгорьях Абаканского хребта Аскизского района Хакасии [11]. Известно, что качественно и количественно химический состав растений зависит от эколого-географических условий произрастания, сезонных, климатических, антропогенных факторов [8]. Вариативность состава

*Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20260317235s

** Автор, с которым следует вести переписку.

растений имеет первостепенное значение при заготовке сырья. В связи с вышесказанным пополнение базы данных о химическом составе *D. fruticosa* в одном из ресурсно-значимых для данного вида районов юга Сибири, а также о различии содержания компонентов в отдельных органах растения представляется актуальным. Цель работы – исследование влияния абиотических факторов среды на содержание простых неполярных липидов, экстрактивных веществ, суммы фенольных соединений, флавоноидов в листьях, стеблях и цветках четырех ценопопуляций *D. Fruticosa* в Республике Хакасия.

Экспериментальная часть

Объект исследования – образцы *D. fruticosa*, отобранные из 4 ценотических популяций (ЦП) Хакасии, биоэкологическая характеристика которых представлена в таблице 1.

Основные показатели климата и условий произрастания ценопопуляций *D. fruticosa* приведены в таблице 1 электронного приложения. В качестве климатических и других показателей были выбраны средние значения за период от 01.05.2024 до дня сбора и показатели, соответствующие дню сбора. Отбор образцов производился в фазу массового цветения. Годичные побеги растений длиной 15–20 см по поверхности кроны равномерно обрезали, разделяли на органы (листья, цветки, стебли), высушивали до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре и измельчали. Экстракцию сырья петролейным эфиром (ПЭ) осуществляли обычным режимом в колбе с обратным холодильником при температуре водяной бани 70 °С, продолжительность экстракции – 2 ч, соотношение компонентов «сырье/ПЭ» – 1/10. Послеэкстракционные остатки после фильтрования высушивали на воздухе и дважды экстрагировали 75% этиловым спиртом (80 °С, 2 и 1 ч) обычным режимом (экстракты А), соотношение компонентов 1/10. Описание метода пробоподготовки экстрактов отражено в работе [13]. Спиртовые экстракты из листьев, цветков, стеблей *D. fruticosa* (экстракты А) хранили в холодильнике при 4 °С. Перед их использованием для определения суммы фенольных соединений (ФС) и флавоноидов 1 мл экстракта А разбавляли в 10 раз 75%-ным этиловым спиртом (экстракты Б). Массовую долю простых неполярных липидов, растворимых в петролейном эфире ($X_{НЛ}$, *%*) в эфирных экстрактах и массовую долю экстрактивных веществ, растворимых в 75%-ном этиловом спирте ($X_{ЭВ}$, *%*) в спиртовых экстрактах А определяли весовым методом по сухому остатку в экстрактах. Водородный показатель pH экстрактов А измеряли с помощью pH-метра *Sartorius* PP-15. Определение влажности сырья осуществляли методом высушивания при температуре 105 °С с помощью инфракрасного термогравиметрического анализатора влажности *Sartorius MA-35* (Германия).

Определение количественного содержания суммы фенольных соединений в *D. fruticosa* осуществляли колориметрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу (ФЧ) («Scharlau», Испания) [13, 14] с некоторыми модификациями. Аликвоту экстракта Б (0.1 мл) переносили в пробирку, с винтовой крышкой и делениями, добавляли 0.5 мл реактива ФЧ, приливали 2.5 мл 1 М водного раствора Na_2CO_3. Смесь разбавляли дистиллированной водой до конечного объема 25 мл. Пробирки закрывали крышками, перемешивали, выдерживали 30 минут в темноте при температуре 30 °С. Затем смесь центрифугировали в условиях: скорость оборотов – 4400 об/мин, температура – 20 °С, продолжительность – 10 мин. Оптическую плотность (*D*) растворов измеряли с помощью фотометра фотоэлектрического КФК-3-01 (ЗОМЗ, Россия) на длине волны 760 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. Значения *D* корректировали по абсорбции холостого образца. Раствор сравнения – дистиллированная вода. Концентрацию суммы ФС в экстрактах Б определяли по градуировочному графику, построенному по стандартным растворам галловой кислоты (ГК), которые готовили путем разбавления препарата в 75% спирте в пределах концентраций от 0.00002 до 0.01 г/100 мл. Учитывая разведения, рассчитывали содержание суммы фенольных соединений ($X_{ФС}$, *%*).

Оптимальные условия реакции комплексообразования раствора стандартного раствора ГК и экстрактов Б с реактивом ФЧ в щелочной среде устанавливали эмпирически, путем нахождения максимального значения *D* растворов. Условия реакции варьировали посредством применения различных соотношений объемов ГК с концентрацией 0.01 г/100 мл и реактива ФЧ, различных соотношений объемов экстрактов Б и реактива ФЧ, различных длин волн в диапазоне от 304 до 992.4 нм.

Количественное содержание суммы флавоноидов определяли колориметрическим методом, основанным на использовании реакции комплексообразования иона Al^{3+} с флавоноидами [13]. Для определения аликвоту экстракта Б объемом 1 мл переносили в мерную колбу объемом 25 мл, добавляли 0.3 мл 5%-ного спиртового раствора $NaNO_2$. Через 6 мин добавляли 0.3 мл 5%-ного спиртового раствора $AlCl_3$. Еще через 6 мин добавляли 4 мл 1 М водного раствора NaOH и доводили 75%-ным этиловым спиртом до конечного

объема. Через 30 мин измеряли *D* на длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм, корректировали по абсорбции холостого образца. Раствор сравнения – 75% этиловый спирт. Концентрацию флавоноидов в экстрактах Б определяли по градуировочному графику, построенному по стандартным растворам рутина («CDH», Индия), которые готовили путем разбавления препарата в 75% спирте в пределах концентраций 0.5 до 1000 мкг/мл. Содержание суммы флавоноидов ($X_{ФЛ}$, *%*) рассчитывали с учетом всех разведений.

Валидацию методик для определения суммы фенольных соединений и флавоноидов проводили по показателям линейности и прецизионности. Линейность градуировочных графиков галловой кислоты и рутина подтверждается визуальной оценкой графиков и коэффициентами корреляции (рис. в электронном приложении). Прецизионность выбранных методик подтверждается сходимостью результатов многократного измерения одного и того же экстракта цветков *D. fruticosa* (ЦП 4). В частности: при определении $X_{ФС}$ – число единиц наблюдения $n = 9$, средняя арифметическая $M(X_{ФС}) = 9.91\%$, стандартное квадратичное отклонение $\sigma = 0.34$, коэффициент вариации $C_v = 3.45\%$, средняя ошибка средней арифметической $m = 0.12$; при определении $X_{ФЛ}$ – $n = 9$, $M(X_{ФЛ}) = 6.29\%$, $\sigma = 0.07$, $C_v = 1.18\%$, $m = 0.03$.

Таблица 1. Биоэкологическая характеристика ценопопуляций *Dasiphora fruticosa* в Ширинском районе Республики Хакасия

Ценотическая популяция	Орографические и фитоценотические характеристики мест произрастания	Географические координаты, высота над ур. м.	Дата отбора
ЦП 1	Первая надпойменная терраса реки Тунгужуль (правый приток р. Белый Июс). Заболоченный луг разнотравный на границе долинного ельника (бывшая гарь с остатками сухих стволов деревьев). Древесный и мохово-лишайниковый ярусы отсутствуют. Горизонтальная структура фитоценоза однородная, микроассоциации не выделяются. Подлесок (проективное покрытие 15%) как ярус не выражен, представлен отдельными экземплярами *D. fruticosa* высотой 0.8–1.2 м.	54°14' с.ш. 89°36' в.д., 1268 м над ур. м.	14.08.2024
ЦП 2	Разнотравный остепненный луг вблизи с пос. Марчелгаш. Древесный ярус отсутствует. Подлесок представлен *D. fruticosa* (проективное покрытие 10%, высота 0.5–0.8 м) и отдельными экземплярами *Caragana arborescens* Lam. (высота 0.8–0.9 м). Общее проективное покрытие живого напочвенного покрова составляет 90%. Степень задернения почвы – 50%. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 90%. Горизонтальная структура фитоценоза однородная, микроассоциации не выделяются.	54°29' с.ш. 89°49' в.д., 776 м над ур. м.	15.08.2024
ЦП 3	Разнотравный луг (поляна среди лиственничника) на надпойменной террасе р. Белый Июс вблизи пос. Малая Сыя. Подлесок выражен как ярус, имеет проективное покрытие 30%, образован *D. fruticosa*, *Rubus idaeus* L., *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt, *Swida alba* (L.) Opiz) и др. Высота кустарникового яруса составляет 0.9–1.2 м без разделения на подъярусы. Общее проективное покрытие живого напочвенного покрова составляет 90%. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 80%, высота – 40–50 см. Горизонтальная структура фитоценоза однородная, микроассоциации не выделяются.	54°24' с.ш. 89°27' в.д., 1014 м над ур. м.	15.08.2024
ЦП 4	Ирисово-разнотравная степь вблизи пос. Тупик. Древесный ярус отсутствует. Подлесок как ярус не выражен (проективное покрытие 15%), представлен отдельными экземплярами *D. fruticosa* высотой 0.8 м. Общее проективное покрытие живого напочвенного покрова составляет 70%. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 70%, высота – 35–45 см. Горизонтальная структура фитоценоза неоднородная, выделяется 2 микроассоциации: ирисовая (занимает 20% площади), разнотравная (80% площади).	54°22' с.ш. 89°56' в.д., 577 м над ур. м.	16.08.2024

Все показатели содержания соединений в химическом составе органов *D. fruticosa* приведены в процентах в пересчете на абсолютно-сухую массу сырья. Определения проводили в трех биологических и трех аналитических повторностях. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы *Microsoft Office Excel* 2013. Достоверность различий средних значений оценивали по *t*-критерию Стьюдента с уровнем значимости $p<0.05$. Силу связи между признаками устанавливали методом нахождения коэффициентов корреляции Пирсона.

Обсуждение результатов

Предварительные опыты для определения оптимальных условий комплексообразования солей фосфорновольфрамовой и фосфорномолибденовой кислот, содержащихся в реактиве ФЧ с галловой кислотой и с фенольными соединениями, присутствующими в экстрактах *D. fruticosa* в щелочной среде, показали, что максимальные значения оптической плотности образованных комплексов синего цвета достигаются при использовании объемного соотношения компонентов «ГК/ФЧ» и «экстракт Б/ФЧ» равного 1/5 (табл. 2 электронного приложения).

Спектры светопоглощения окрашенных комплексов, образованных реактивом ФЧ с фенольными соединениями, содержащимися в экстрактах из листьев, цветков и стеблей *D. fruticosa*, а также с галловой кислотой, идентичны (рис. 1*А*), максимумы светопоглощения располагаются на длине волны 760 нм. Поэтому как аналитическая была выбрана длина волны 760 нм.

Конгруэнтны между собой и спектры светопоглощения комплексов, образованных при взаимодействии 5%-ного раствора $AlCl_3$ с гликозидными формами полифенольных соединений, содержащимися в экстрактах органов *D. fruticosa* в щелочной среде, а также с рутином (рис. 1*Б*). Спектры имеют два максимума. Интенсивный максимум поглощения наблюдался на длине волны 340.7±0.1 нм, на которой происходит максимальное поглощение фенольного кольца и характерен для флавонов, положение максимума которых находится в диапазоне 304–350 нм и возникает максимум вероятно в связи с $\pi\rightarrow\pi^*$ электронными переходами в циннамоильной части молекул [15, 16]. Второй малоинтенсивный длинноволновой максимум поглощения наблюдался при 510±0.1 нм, что характерно для флавонов и флавонолов с большим количеством кислородных заместителей и возникает он при взаимодействии в щелочной среде ионов Al^{3+} с флавонолом рутином, флавоном флаван-3-олом (катехины), флавоном лютеолином и фенольными кислотами [16, 17]. Комплексные соединения Al^{3+} с флавоноидами окрашены и поглощают при разных длинах волн, в том числе 410 нм [17], 430 нм [18] и 510 нм [13, 19–21]. Светопоглощение в области 410–430 нм характерно для флавонолов и флавона лютеолина, имеющих в молекуле -OH группы в положениях 3 и/или 5 [19, 22]. Для корректного сравнения полученных нами результатов с литературными данными при определении содержания суммы флавоноидов в качестве аналитической длины волны была выбрана 510 нм.

Способность флавоноидов взаимодействовать с ионами металлов с образованием прочных хелатных комплексов используется для определения общего количества флавоноидов в растительном сырье. В реакции комплексообразования ионов металла с флавоноидами (пример структурных формул некоторых молекул флавоноидов приведен на рисунке 2) могут принимать участие -OH (гидроксильные) и карбонильные группы (-C=O) в положениях 5 и 4 соответственно *A*-кольца молекулы флавоноида, могут взаимодействовать две -OH группы в положениях 3′ и 4′ *B*-кольца (катехольная группа, присутствующая и в катехинах, и в других флавоноидах), а также -OH и (-C=O) группы в положениях 3 и 4 соответственно *C*-кольца [19, 23–26].

Относительно основного участка связывания ионов Al^{+3} с молекулами флавоноидов имеются различные точки зрения. Одни исследователи считают, что комплексообразование осуществляется через катехольную группу [19, 24, 26]. Другие [16, 27] полагают, что 3- или 5-гидроксипиран-4-оновый фрагмент флавоноидов является основным участком связывания ионов металлов.

Результаты количественного определения химического состава листьев, цветков и стеблей *D. fruticosa* по содержанию простых неполярных липидов, экстрактивных соединений, суммы фенольных соединений и флавоноидов представлены в таблице 3 электронного приложения. Применение параметрического метода анализа к полученным данным (вычисление *t*-критерия Стьюдента) показало, что химический состав экстрактов, полученных из разных органов в пределах каждой ценотической популяции, значительно ($p<0.05$) различался по содержанию обнаруженных соединений. Вместе с тем оказывало значимое влияние на содержание и условия произрастания растений.

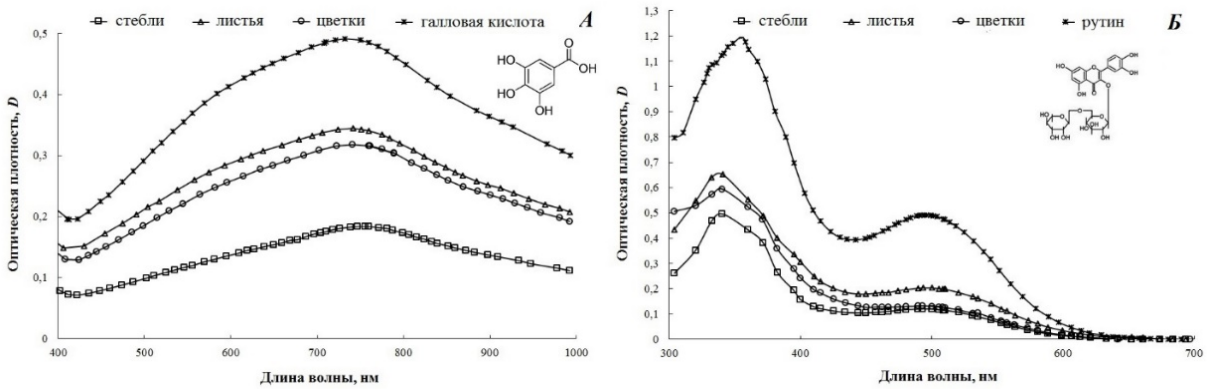


Рис. 1. Спектры светопоглощения комплексов, образованных: *А* – реактивом ФЧ с фенольными соединениями, содержащимися в экстрактах Б из стеблей, листьев и цветков *D. Fruticosa* (ЦП 3) и с раствором ГК концентрацией 0.01 г/100 мл; *Б* – 5%-ным раствором $AlCl_3$ с флавоноидами, содержащимися в экстрактах Б из стеблей, листьев и цветков *D. fruticosa* (ЦП 1) и с раствором рутина концентрацией 1000 мкг/мл

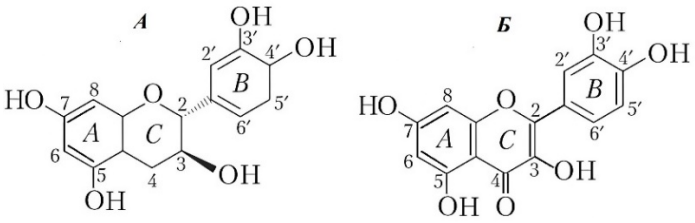


Рис. 2. Структурные формулы молекулы (+)-катехина (2R-3S) (*А*) и кверцетина (*Б*)

Простые неполярные липиды. В связи с многокомпонентностью состава *D. fruticosa* сырье первоначально экстрагировали петролейным эфиром для извлечения из сырья простых неполярных липидов – свободных жирных кислот и их эфиров, моно-, ди- и триацилглицеринов, стеринов, воска, углеводородов. Эти вещества могут завышать значения суммы фенольных соединений, поскольку фенольные соединения взаимодействуют с гидроксильным и пероксильным радикалами липидов из-за способности фенольных соединений отдавать электрон [28]. Массовая доля простых неполярных липидов в органах *D. fruticosa,* произрастающего в Ширинском районе Республики Хакасия, варьировала от 0.72 до 2.32% от массы сухого сырья (или от 0.65 до 2.00% от массы воздушно-сухого сырья). Полученные значения $X_{НЛ}$ выше в сравнении с содержанием липидной фракции в побегах *P. fruticosa,* сырье которого было собрано в Прибайкальском районе Бурятии (0.48% от массы воздушно-сухого сырья) [29]. В нашей работе установлено, что массовая доля простых неполярных липидов варьирует в зависимости от органа растения и места произрастания *D. fruticosa*. Наибольшие значения $X_{НЛ}$ установлены для листьев растений независимо от условий произрастания. Величины $X_{НЛ}$ были значимо выше этого показателя для цветков и стеблей до 62.50 и 56.89% соответственно. Однако условия произрастания все же оказывают влияние на величину $X_{НЛ}$, по данному признаку все образцы *D. fruticosa* можно разделить на две группы: в первую группу входят образцы, для которых значение $X_{НЛ}$ значимо снижалось в порядке: листья > стебли > цветки (ЦП 1, ЦП 2); во вторую – образцы, для которых значение $X_{НЛ}$ значимо снижалось в порядке: листья > цветки > стебли (ЦП 3, ЦП 4). Максимальное значение $X_{НЛ}$ отмечено для листьев растений с ЦП 3, минимальное – для цветков с ЦП 1.

*Экстрактивные веществ*а (ЭВ). Общее содержание ЭВ, извлекаемых 75% этиловым спиртом из твердого остатка органов *D. Fruticosa,* после извлечения из них неполярных липидов варьировало в диапазоне от 14.67 до 28.46% в зависимости от органа растения и места произрастания растений и значимо уменьшалось в рядах: листья > цветки > стебли (ЦП 1, ЦП 2 и ЦП 3) и цветки > листья > стебли (ЦП 4), хотя различие между содержанием ЭВ в цветках и листьях незначительно. Максимальное значение $X_{ЭВ}$ отмечено в листьях растений (ЦП 3), минимальное – в стеблях (ЦП 1).

Фенольные соединения (ФС). Содержание суммы ФС (в пересчете на галловую кислоту) в отдельных органах *D. fruticosa* (без их дифференцирования на мономеры, димеры, галловую кислоту, высшие фенольные соединения) значимо варьировало от 6.36 до 12.31% от массы сухого сырья в зависимости от условий

произрастания растений и его органа. Независимо от условий произрастания содержание суммы ФС максимально в листьях, минимально – в стеблях, цветки занимали промежуточные значения. Полученный нами порядок снижения суммы ФС в зависимости от органа растения (листья > цветки > стебли) хорошо согласуется с результатами работ [6, 13], но отличается от результатов работы [30], в которой установлено превышение суммарного содержания ФС в цветках по сравнению с листьями. В нашей работе содержание суммы ФС в листьях и цветках близки по значению, а различия незначимы только у растений из ЦП 2, ЦП 4. Максимальное содержание суммы ФС наблюдалось для листьев растений (ЦП 3), минимальное – для стеблей (ЦП 4). Максимальное значение суммы ФС в листьях растений, произрастающих в Хакасии выше на 43.78%, цветках – на 53.18%, стеблях – на 85.16%, чем этот показатель для растений, произрастающих в провинциях Шэньси и Цинхай КНР [13], но меньше на 24.71% показателя для листьев *D. fruticosa,* произрастающего в предгорье Абаканского хребта Аскизского района Хакасии [11] (в последней цитируемой работе иная методика пробоподготовки, анализа, расчетов).

Флавоноидные соединения. Осуществление количественного анализа позволило выявить, что доминирующая группа фенольных соединений в листьях, цветках и стеблях *D. fruticosa* – флавоноиды. Их доля от суммы ФС в листьях варьирует в диапазоне 60.36–91.88%, цветках 62.56–80.94%, стеблях 63.05–83.67%. Содержание суммы флавоноидов (в пересчете на рутин) в органах *D. fruticosa* варьирует в зависимости от условий произрастания растений и органа растения в диапазоне 4.13–11.31%. Флавоноиды, вне зависимости от условий произрастания, в значительно большей степени локализовались в листьях, в меньшей – в цветках и минимально – в стеблях. За исключением содержания флавоноидов в листьях и цветках *D. Fruticosa* (ЦП 4) – различия незначительны.

Проведен анализ межпопуляционной изменчивости согласно количественному содержанию определенных веществ в стеблях, листьях, цветках *D. fruticosa* по рассчитанным данным средних арифметических значений, стандартных отклонений, коэффициентов вариации (табл. 2). Силу изменчивости оценивали по известной шкале С.А. Мамаева: значения Cv в пределах 7–15% – очень низкий уровень изменчивости, 16–25% – средний уровень, 26–35% – повышенный, 36–50% – высокий, более 50% – очень высокий.

Значения коэффициентов вариации содержания простых неполярных липидов в листьях и стеблях *D. Fruticosa* из четырех ценопопуляций, располагающихся в непосредственной близости друг от друга свидетельствуют о среднем уровне изменчивости параметра, в цветках – повышенного. Вместе с тем для стеблей, листьев, цветков *D. Fruticosa* характерен низкий уровень изменчивости содержания экстрактивных веществ и фенольных соединений. Низкий уровень изменчивости содержания флавоноидов отмечен в цветках и стеблях, в то время как в листьях – средний уровень изменчивости. Следует отметить, что изменчивость содержания простых неполярных липидов и экстрактивных веществ ниже в листьях, чем в стеблях и цветках, сумм фенольных соединений и флавоноидов ниже в стеблях и цветках, чем в листьях.

pH жидкой среды. Флавоноиды – слабые многоосновные кислоты, диссоциирующие ступенчато, последовательно отщепляя катионы водорода, а значит pH экстрактов оказывает существенное влияние на образование комплексов ионов Al^{3+} с флавоноидами, присутствующими в экстрактах. Согласно нашим результатам, все экстракты имели слабокислый, ближе к нейтральному pH (около 6), что способствует формированию комплексов с наибольшим координационным числом [16]. Действительно, как следует из таблицы 2, содержание суммы флавоноидов увеличивается при повышении pH экстрактов из листьев от 5.62 до 5.67, из цветков – от 5.71 до 5.81, из стеблей – от 5.68 до 5.99. Данное наблюдение объясняется тем, что в более кислых экстрактах некоторые молекулы флавоноидов присутствуют в протонированной форме, не склонной к комплексообразованию, тогда как в экстрактах со значениями pH, близких к нейтральной среде, возрастает степень депротонирования гидроксильных групп в кольце B, что приводит к росту реакционной активности флавоноидов и увеличению концентрации образованных комплексов с ионами металлов [31–33].

Таблица 2. Содержание некоторых соединений в стеблях, листьях и цветках *D. fruticosa* (в сумме в абсолютно-сухом сырье в процентах) из четырех ценотических популяций Хакасии

Компоненты	Листья		Цветки		Стебли	
	Xcp ± δ, %	Cv, %	Xcp ± δ, %	Cv, %	Xcp ± δ, %	Cv, %
Простые неполярные липиды, %	1.87±0.36	19.34	1.19±0.32	26.6	1.10±0.23	20.46
Экстрактивные вещества, %	27.78±0.45	1.64	26.41±1.51	5.7	16.18±1.58	9.79
Сумма фенольных соединений, %	10.78±1.05	9.74	9.39±0.38	4.04	6.57±0.26	3.94
Сумма флавоноидов, %	8.61±2.19	25.38	6.39±0.83	12.97	4.61±0.57	12.37

Примечание: $X_{ср}$ – среднее арифметическое значение, δ – стандартное отклонение, Cv – коэффициент вариации.

Сравнение полученных результатов определения содержания флавоноидов в органах *D. fruticosa* и литературных данных [13] показало, что максимальное содержание флавоноидов в листьях *D. fruticosa,* произрастающего в Хакасии, выше до 49.95%, стеблях – до 15.05%, чем этот показатель для *D. fruticosa*, произрастающего в провинциях Китая. Однако содержание флавоноидов в цветках ниже для растений, произрастающих в Хакасии, чем в горах провинции Шэньси, на 11.90%. Кроме того, содержание флавоноидов в листьях и цветках *D. fruticosa*, произрастающего в Хакасии, выше до 54.81% для листьев и до 20.24% для цветков растений, произрастающих на территории Алтая [34].

Флавоноиды синтезируются активнее в растениях, произрастающих в жестких условиях среды, которые могут создаваться природными явлениями и антропогенными факторами [35]. Для оценки вклада климатических и других параметров в накопление определенных соединений к полученным данным применен корреляционно-регрессионный анализ (табл. 4 электронного приложения). Содержание простых неполярных липидов только в стеблях *D. fruticosa* имеет статистически значимую очень высокую отрицательную связь с относительной влажностью воздуха в день сбора образцов, в листьях и цветках – таких зависимостей не выявлено. Содержание экстрактивных веществ в цветках и стеблях отрицательно коррелирует с высотой местообитания растений над уровнем моря и атмосферным давлением в день сбора образцов соответственно; в листьях – сильно коррелирует (отрицательно или положительно) с показателями климата за весь наблюдаемый период: суммой температур выше 10 °С, средней температурой воздуха, суммой скорости ветра в районе исследования, суммой осадков, относительной влажностью воздуха и числом дней с осадками. Те же показатели климата за период оказывают сильное влияние (отрицательное или положительное) на количественное содержание фенольных соединений в листьях. В цветках содержание фенольных соединений имеет очень высокую отрицательную связь с суммой температур выше 10 °С за период, а также атмосферным давлением в день сбора образцов, в стеблях – с температурой воздуха в день сбора образцов. Что касается содержания суммы флавоноидов, статистически значимых корреляций с показателями климата, условиями места произрастания *D. fruticosa* не обнаружено.

Выводы

В стеблях, листьях и цветках растений *D. fruticosa* из ценопопуляций, типичных для юга Сибири ландшафтов Ширинского района Республики Хакасия, установлено присутствие простых неполярных липидов, массовая доля которых достигала 2.32%. Общее содержание экстрактивных веществ, извлекаемых 75% этиловым спиртом из твердого послеэкстракционного остатка – до 28.46%. Содержание суммы фенольных соединений в органах *D. fruticosa* достаточно высокое – до 12.31%. Доминирующей группой фенольных соединений в органах *D. fruticosa* являются флавоноиды, их содержание в сумме – до 11.31%. Все соединения присутствуют в органах растений, при этом локализованы в большей степени в листьях и цветках, в меньшей – в стеблях. Содержание соединений значимо ($p<0.05$) варьировало в зависимости от климатических условий произрастания растений. Наибольший вклад вносили такие факторы, как относительная влажность воздуха в день сбора образцов, так и за весь период наблюдения, высота местообитания растений над уровнем моря, атмосферное давление и температура воздуха в день сбора образцов, а также такие показатели климата за весь период: сумма температур выше 10 °С, средняя температура воздуха, сумма скорости ветра в районе исследования, сумма осадков и число дней с осадками. Повышенное содержание всех соединений выявлено в листьях *D. fruticosa*, произрастающего на надпойменной террасе р. Белый Июс вблизи пос. Малая Сыя. Для места произрастания данной ценопопуляции *D. fruticosa* характерны максимальные значения следующих показателей: высоты солнца над горизонтом, суммы осадков за период, относительной влажности воздуха и числом дней с осадками за период, а также минимальные значения суммы скорости ветра в районе исследования. Результаты, полученные в работе, можно использовать как дополнение к ранее полученным сведениям о химическом составе *D. fruticosa*, которые необходимы для расширения сырьевой базы дикорастущего флавоноидсодержащего сырья, имеющего практическое значение в медицинской, фармацевтической и пищевой отраслях промышленности.

Дополнительная информация

В электронном приложении к статье (DOI: https://www.doi.org/10.14258/jcprm.20260317235s) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.

Финансирование
Работа выполнена в рамках базового проекта «Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» – «Биоразнообразие лесов Сибири: эколого-динамический, генетико-селекционный, физико-химический и ресурсно-технологический аспекты» (2024–2026 гг.) FWES-2024-0028.

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., Latte K.P. *Potentilla* – A review of its phytochemical and pharmacological profile // Journal of Ethnopharmacology. 2009. Vol. 122, no. 2. Pp. 184–204. https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.12.022.
2. Патент №2507857 (РФ). Способ получения заменителя чая / А.В. Рындин, В.И. Трухачев, Э.К. Пчихачев, Г.П. Стародубцева, Б.В. Корзун, С.И. Любая, Т.Г. Шаповаленко, Л.В. Вавилова. – 2014.
3. Патент №2061383 (РФ). Способ получения заменителя чая / Н.М. Шкель, В.М. Триль, Т.А. Волхонская. – 1996.
4. Евстропов А.Н., Бурова Л.Г., Грек О.Р., Захарова Л.Н., Волхонская Т.А. Приминение полифенольного комплекса, экстрагированного из пятилистника кустарникового (*Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Scwarz), для профилактики Коксаки-вирусной инфекции // Бюллетень сибирской медицины. 2002. №4. С. 27–31. https://doi.org/10.20538/1682-0363-2002-4-27-31
5. 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. 49, №4. С. 598–612.
6. Храмова Е.П. Фенольные соединения надземной части *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae), произрастающего в Горном Алтае // Растительные ресурсы. 2014. Т. 50, №4. С. 123–135.
7. Требухов А.В., Горячева М.В. Перспективы применения побегов курильского чая кустарникового в реабилитации пациентов, часто и длительно болеющих респираторными вирусными заболеваниями // Медицинский совет. 2023. Т. 17, №23. С. 358–368. https://doi.org/10.21518/ms2023-452.
8. Требухов А.В., Дворникова Л.Г., Горячева М.В., Малолеткина Т.С. Химический состав и перспективы применения в медицинской практике побегов курильского чая (*Pentaphylloides* fruticosa (L.) O. Schwarz): обзор // Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2024. Т. 14, №2. С. 159–170. https://doi.org/10.30895/1991-2919-2024-14-2-159-170.
9. Малютина А.Ю., Правлоцкая А.В., Новиков О.О., Писарев Д.И. Изучение компонентного состава полифенолов травы *Pentaphylloides* fruticose L. // Фармация и фармакология. 2018. Т. 6, №2. С. 135–150. https://doi.org/10.19163/2307-9266-2018-6-2-135-150.
10. 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. https://doi.org/10.1016/j.phpro.2016.11.045.
11. Khramova E.P. Influence of abiotic environmental factors on the accumulation of phenolic metabolites of *Dasiphora fruticosa* // Contemporary problems of ecology. 2022. Vol. 15, no. 5. Pp. 508–520. https://doi.org/10.1134/S1995425522050067.
12. Tomczyk M., Leszczyńska K., Jakoniuk P. Antimicrobial activity of *Potentilla* species // Fitoterapia. 2008. Vol. 79, no. 7–8. Pp. 592–596. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2008.06.006.
13. Yu D., Pu W., Li D., Wang D., Liu Q., Wang Y. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Different Organs of *Potentilla fruticosa* L. from Two Main Production Areas of China // Chem. Biodiversity. 2016. Vol. 13. Pp. 1140–1148. https://doi.org/10.1002/cbdv.201500512.
14. Оганесян Э.Т., Поздняков Д.И., Аджиахметова С.Л., Червонная Н.М., Харченко И.И. Содержание фенольных соединений в растительных объектах // Медицинский вестник Башкортостана. 2022. Т. 17, №5 (101). С. 66–70.
15. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. (Таблицы спектральных данных): пер. с англ. М., 2006. 439 с.
16. Malesev D., Kuntic V. Investigation of metal-flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal–flavonoid complexing reactions // J. Serb. Chem. Soc. 2007. Vol. 72, no. 10. Pp. 921–939. https://doi.org/10.2298/JSC0710921M.
17. Zhang D.-Y., Luo M., Wang W., Zhao C.-J., Gu C.-B., Zu Y.-G., Fu Y.-J., Yao X.-H., Duan M.-H. Variation of active constituents and antioxidant activity in pyrola [*P. incarnata* Fisch.] from different sites of Northeast China // Food Chemistry. 2013. Vol. 141. Pp. 2213–2219. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.045.

18. Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., Rahmat A. Antioxidant activities, total phenolic and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) // Molecules. 2010. Vol. 15. Pp. 4324–4333. https://doi.org/10.3390/molecules15064324.
19. Pekal A., Pyrzynska K. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay // Food analytical methods. 2014. Vol. 7. Pp. 1776–1782. https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x.
20. Jaiswal A.K., Abu-Ghannam N. Degradation kinetic modelling of color, texture, polyphenols and antioxidant capacity of York cabbage after microwave processing // Food Research International. 2013. Vol. 53. Pp. 125–133. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.007.
21. Eghdami A., Sadeghi F. Determination of total phenolic and flavonoids contents in methanolic and aqueous extract of *Achillea Millefolium* // Org. Chem J. 2010. Vol. 2. Pp. 81–84.
22. Jurd L. Aluminium complexes of phenolic flavones. Spectral and structural correlation // Phytochemistry. 1969. Vol. 8, no. 2. Pp. 445–462. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)85447-3.
23. Lekka Ch.E., Ren J., Meng Sh., Kaxiras E. Structural, Electronic and Optical properties of Representative Cu-Flavonoid Complexes // J. Phys. Chem. B. 2009. Vol. 113, no. 18. Pp. 6478–6483. https://doi.org/10.1021/jp807948z.
24. Cornard J.P., Merlin J.C. Spectroscopic and structural study of complexes of quercetin with Al (III) // Journal of Inorganic Biochemistry. 2002. Vol. 92, no. 1. Pp. 19–27. https://doi.org/10.1016/s0162-0134(02)00469-5.
25. Червяковский Е.М., Курченко В.П., Костюк В.А. Роль флавоноидов в биологических реакциях с переносом электронов // Труды Белорусского государственного университета: научный журнал. 2009. Т. 4-1. С. 1–19.
26. Bodini M.E., Copia G., Tapia R., Leighton F., Herrera L. Iron complexes of quercetin in aprotic medium. Redox chemistry and interaction with superoxide anion radical // Polyhedron. 1999. Vol. 18, no. 17. Pp. 2233–2239. https://doi.org/10.1016/S0277-5387(99)00124-2.
27. Pietta P.-G. Flavonoids as Antioxidants // Journal of Natural Products. 2000. Vol. 63, no. 7. Pp. 1035–1042. https://doi.org/10.1021/np9904509.
28. Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафаров Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пущино, 2013. 310 с.
29. Nikolaeva I.G., Radnaeva I.D., Taraskin V.V., Tykheev Zh.A., Shelukheeva M.G. Fatty-acid compositions of *Pentaphylloides fruticose* and *P. Parvifolia* // Chemistry of natural compositions. 2015. Vol. 51, no. 4. Pp. 758–759. https://doi.org/10.1007/s10600-015-1402-9.
30. Андышева Е.В., Храмова Е.П. Сравнительное изучение фенольных соединений сортов *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) // Растительный мир азиатской России. 2015. №2(18). С. 27–31.
31. Трофимова Н.Н., Столповская Е.В., Бабкин В.А. Исследование методов синтеза, строения и свойств комплексов флавоноидов с ионами металлов. Сообщение 2. Оптимизация реакции комплексообразования цинка с дигидрокверцетином в водной среде // Химия растительного сырья. 2013. №3. С. 91–97.
32. Jornada D.H., dos Santos Fernandes G.F., Chiba D.E., De Melo T.R.F., Dos Santos J.L., Chung M.C. The prodrug approach: a successful tool for improving drug solubility // Molecules. 2016. Vol. 21, no. 1. 42. https://doi.org/10/3390/molecules21010042.
33. Smith A.J., Kavuru P., Wojtas L., Zaworotko M.J., Shytle R.D. Cocrystals of Quercetin with Improved Solubility and Oral Bioavailability // Molecular pharmaceutics. 2011. Vol. 8, no. 5. Pp. 1867–1876. https://doi.org/10.1021/mp200209j
34. 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/jcprm.2020015145.
35. Коровкина А.В., Цветов Н.С., Паукшта О.И., Шаварда А.Л., Петрашова Д.А., Жиров В.К. Определение содержания полифенольных компонентов, антиоксидантной и антирадикальной активности этанольных экстрактов растения *Koenigia Weyrichii*, произрастающего на Кольском полуострове // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 275–282. https://doi.org/10.14258/jcprm.2021039226.

Поступила в редакцию 15 апреля 2025 г.

После переработки 9 июля 2025 г.

Принята к публикации 14 мая 2026 г.

Semenovich A.V.[*], *Suleimanova Zh.R., Goncharova I.A., Loskutov S.R., Pimenov A.V.* CENOPOPULATION VARIABILITY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF DASIPHORA FRUTICOSA (L.) RYDB. IN THE REPUBLIC OF KHAKASIA

Forest Institute named after. V.N. Sukacheva SB RAS FRC KSC SB RAS, st. Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036, Russia, semenovich_a@ksc.krasn.ru

The results of studying the chemical composition of leaves, flowers and stems of Kuril tea plants (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.) from cenopopulations of landscapes typical for southern Siberia in the Shirinsky district of the Republic of Khakasia showed a high content of some pharmacologically significant compounds: simple non-polar lipids (up to 2.32% of the dry weight), extractives (up to 28.46% of the dry weight), the sum of phenolic compounds (in terms of gallic acid) – up to 12.31% of the dry weight, the sum of flavonoids (in terms of rutin) – up to 11.31% of the dry weight. All compounds were localized to a greater extent in leaves and flowers, less in plant stems. Their content varied significantly ($P<0.05$) depending on natural-climatic conditions of plant growth: relative humidity and air temperature, precipitation amount and number of days with precipitation during the observed period. The results of the study develop a regional database on the chemical composition of *D. fruticosa*, which is necessary to expand the raw material base of wild-growing flavanoid-containing raw materials of practical importance for the medical, pharmaceutical and food industries.

Keywords: *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb., phenolic compounds, flavonoids, Republic of Khakassia, simple nonpolar lipids, extractive substances.

For citing: Semenovich A.V., Suleimanova Zh.R., Goncharova I.A., Loskutov S.R., Pimenov A.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 3, pp. 249–259. (in Russ.). https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317235.

References

1. Tomczyk M., Latte K.P. *Journal of Ethnopharmacology*, 2009, vol. 122, no. 2, pp. 184–204. https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.12.022.
2. Patent 2507857 (RU). 2014. (in Russ.).
3. Patent 2061383 (RU). 1996. (in Russ.).
4. Yevstropov A.N., Burova L.G., Grek O.R., Zakharova L.N., Volkhonskaya T.A. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*, 2002, no. 4, pp. 27–31. https://doi.org/10.20538/1682-0363-2002-4-27-31. (in Russ.).
5. Khramova Ye.P., Tsybulya N.V., Chindyayeva L.N. *Rastitel'nyye resursy*, 2013, vol. 49, no. 4, pp. 598–612. (in Russ.).
6. Khramova Ye.P. *Rastitel'nyye resursy*, 2014, vol. 50, no. 4, pp. 123–135. (in Russ.).
7. Trebukhov A.V., Goryacheva M.V. *Meditsinskiy sovet*, 2023, vol. 17, no. 23, pp. 358–368. https://doi.org/10.21518/ms2023-452. (in Russ.).
8. Trebukhov A.V., Dvornikova L.G., Goryacheva M.V., Maloletkina T.S. *Regulyatornyye issledovaniya i ekspertiza lekarstvennykh sredstv*, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 159–170. https://doi.org/10.30895/1991-2919-2024-14-2-159-170. (in Russ.).
9. Malyutina A.Yu., Pravlotskaya A.V., Novikov O.O., Pisarev D.I. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2018, vol. 6, no. 2, pp. 135–150. https://doi.org/10.19163/2307-9266-2018-6-2-135-150. (in Russ.).
10. Andysheva E.V., Chankina O.V., Khramova E.P., Rakshun Ya.V., Sorokoletov D.S. *Physics Procedia*, 2016, vol. 84, pp. 263–269. https://doi.org/10.1016/j.phpro.2016.11.045.
11. Khramova E.P. *Contemporary problems of ecology*, 2022, vol. 15, no. 5, pp. 508–520. https://doi.org/10.1134/S1995425522050067.
12. Tomczyk M., Leszczyńska K., Jakoniuk P. *Fitoterapia*, 2008, vol. 79, no. 7–8, pp. 592–596. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2008.06.006.
13. Yu D., Pu W., Li D., Wang D., Liu Q., Wang Y. *Chem. Biodiversity*, 2016, vol. 13, pp. 1140–1148. https://doi.org/10.1002/cbdv.201500512.
14. Oganesyan E.T., Pozdnyakov D.I., Adzhiakhmetova S.L., Chervonnaya N.M., Kharchenko I.I. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana*, 2022, vol. 17, no. 5 (101), pp. 66–70. (in Russ.).
15. Prech E., Byul'mann F., Affol'ter K. *Opredeleniye stroyeniya organicheskikh soyedineniy. (Tablitsy spektral'-nykh dannykh): per. s angl.* [Determination of the structure of organic compounds. (Tables of spectral data): trans. from English]. Moscow, 2006, 439 p. (in Russ.).
16. Malesev D., Kuntic V. *J. Serb. Chem. Soc*., 2007, vol. 72, no. 10, pp. 921–939. https://doi.org/10.2298/JSC0710921M.
17. Zhang D.-Y., Luo M., Wang W., Zhao C.-J., Gu C.-B., Zu Y.-G., Fu Y.-J., Yao X.-H., Duan M.-H. *Food Chemistry*, 2013, vol. 141, pp. 2213–2219. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.045.
18. Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., Rahmat A. *Molecules*, 2010, vol. 15, pp. 4324–4333. https://doi.org/10.3390/molecules15064324.
19. Pekal A., Pyrzynska K. *Food analytical methods*, 2014, vol. 7, pp. 1776–1782. https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x.
20. Jaiswal A.K., Abu-Ghannam N. *Food Research International*, 2013, vol. 53, pp. 125–133. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.007.
21. Eghdami A., Sadeghi F. *Org. Chem J*., 2010, vol. 2, pp. 81–84.
22. Jurd L. *Phytochemistry*, 1969, vol. 8, no. 2, pp. 445–462. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)85447-3.

[*] Corresponding author.

23. Lekka Ch.E., Ren J., Meng Sh., Kaxiras E. *J. Phys. Chem. B*, 2009, vol. 113, no. 18, pp. 6478–6483. https://doi.org/10.1021/jp807948z.
24. Cornard J.P., Merlin J.C. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 2002, vol. 92, no. 1, pp. 19–27. https://doi.org/10.1016/s0162-0134(02)00469-5.
25. Chervyakovskiy Ye.M., Kurchenko V.P., Kostyuk V.A. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta: nauchnyy zhurnal*, 2009, vol. 4-1, pp. 1–19. (in Russ.).
26. Bodini M.E., Copia G., Tapia R., Leighton F., Herrera L. *Polyhedron*, 1999, vol. 18, no. 17, pp. 2233–2239. https://doi.org/10.1016/S0277-5387(99)00124-2.
27. Pietta P.-G. *Journal of Natural Products*, 2000, vol. 63, no. 7. Pp. 1035–1042. https://doi.org/10.1021/np9904509.
28. Tarakhovskiy Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S., Muzafarov Ye.N. *Flavonoidy: biokhimiya, biofizika, meditsina*. [Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine]. Pushchino, 2013, 310 p. (in Russ.).
29. Nikolaeva I.G., Radnaeva I.D., Taraskin V.V., Tykheev Zh.A., Shelukheeva M.G. *Chemistry of natural compositions*, 2015, vol. 51, no. 4, pp. 758–759. https://doi.org/10.1007/s10600-015-1402-9.
30. Andysheva Ye.V., Khramova Ye.P. *Rastitel'nyy mir aziatskoy Rossii*, 2015, no. 2(18), pp. 27–31. (in Russ.).
31. Trofimova N.N., Stolpovskaya Ye.V., Babkin V.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, no. 3, pp. 91–97. (in Russ.).
32. Jornada D.H., dos Santos Fernandes G.F., Chiba D.E., De Melo T.R.F., Dos Santos J.L., Chung M.C. *Molecules*, 2016, vol. 21, no. 1, 42. https://doi.org/10/3390/molecules21010042.
33. Smith A.J., Kavuru P., Wojtas L., Zaworotko M.J., Shytle R.D. *Molecular pharmaceutics*, 2011, vol. 8, no. 5, pp. 1867–1876. https://doi.org/10.1021/mp200209j
34. 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/jcprm.2020015145. (in Russ.).
35. Korovkina A.V., Tsvetov N.S., Paukshta O.I., Shavarda A.L., Petrashova D.A., Zhirov V.K. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 275–282. https://doi.org/10.14258/jcprm.2021039226. (in Russ.).

Received April 15, 2025

Revised July 9, 2025

Accepted May 14, 2026

Сведения об авторах

Семенович Анжелика Владимировна – кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории физико-химической биологии древесных растений, semenovich_a@ksc.krasn.ru

Сулейманова Жаннетта Романовна – научный сотрудник, janetta_syleiman@mail.ru

Гончарова Ирина Александровна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории фитоценологии и лесного ресурсоведения, iagoncharova007@mail.ru

Лоскутов Сергей Реджинальдович – доктор химических наук, главный научный сотрудник, lsr@ksc.krasn.ru

Пименов Александр Владимирович – доктор биологических наук, заместитель директора института по научной работе, pimenov@ksc.krasn.ru

Information about authors

Semenovich Anzhelika Vladimirovna – Candidate of Chemical Sciences, Research Associate at the Laboratory of Physical and Chemical Biology of Woody Plants, semenovich_a@ksc.krasn.ru

Suleimanova Zhannetta Romanovna – Researcher, janetta_syleiman@mail.ru

Goncharova Irina Aleksandrovna – Candidate of Biological Sciences, Research Associate at the Laboratory of Phytocenology and Forest Resource Studies, iagoncharova007@mail.ru

Loskutov Sergey Reginaldovich – Doctor of Chemical Sciences, Chief Researcher, lsr@ksc.krasn.ru

Pimenov Aleksandr Vladimirovich – Doctor of Biological Sciences, Deputy Director of the Institute for Research, pimenov@ksc.krasn.ru