

*На правах рукописи*

*Е.В. Шидло*

ШИДЛО Елена Владимировна

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОХИМИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ  
РОДА *DASIPHORA* RAF. ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО  
ВОСТОКА**

1.5.9. – «Ботаника»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Новосибирск – 2024

Работа выполнена в лаборатории интродукции Амурского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанического сада-института Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Благовещенск.

**Научные руководители:** доктор биологических наук, чл.-корр. РАН  
**Крестов Павел Витальевич;**  
доктор биологических наук  
**Храмова Елена Петровна**

**Официальные оппоненты:** **Пименов Александр Владимирович,**  
доктор биологических наук,  
Институт леса им. В.Н. Сукачева  
Сибирского отделения Российской академии наук –  
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН,  
заместитель директора по научной работе,  
заведующий лабораторией.

**Мочалова Ольга Владимировна,**  
доктор биологических наук, старший научный сотрудник,  
ФГБУН «Федеральный Алтайский научный центр  
агробиотехнологий, Отдел НИИ садоводства Сибири  
им. М.А. Лисавенко, ведущий научный сотрудник  
с исполнением обязанностей заведующего лабораторией.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН), г. Владивосток

Защита состоится «29» октября 2024 г. в 13:00 на заседании диссертационного совета 24.1.265.01 при ФГБУН Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН по адресу 630090, Новосибирск-90, ул. Золотодолинская, 101.

Тел.: 8 (383) 339-97-12, факс: 8 (383) 334 44 33

E-mail: botgard@csbg-nsk.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУН Центрального сибирского ботанического сада СО РАН и на сайте <https://csbg-nsk.ru/dissovet>

Автореферат разослан «1» сентября 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор биологических наук

Храмова Елена Петровна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Род *Dasiphora* Raf. ( $\equiv$ *Pentaphylloides* Hill  $\equiv$ *Potentilla* L. *sensu lato*) в Восточной Сибири и на российском Дальнем Востоке представлен шестью видами: *D. fruticosa* (L.) Rydb., *D. parvifolia* (Fisch. ex Lehm.) Juz., *D. mandshurica* (Maxim.) Juz., *D. davurica* (Nestler) Kom., *D. gorovoi* Pshennikova, *D. flava* (Vorosch.) Gorovoj, Pshenn. et S. Volkova (Юзепчук, 1941; Конспект флоры, 2012; Пшенникова, 2006; Пшенникова, Миронова, 2014). Несмотря на небольшое таксономическое разнообразие рода *Dasiphora*, вопросы систематики остаются не решенными, система рода постоянно уточняется в связи с пересмотром его объема.

Последние три-четыре десятилетия отмечается повышенный интерес к наиболее широко распространенному виду – *D. fruticosa*, обладающему высокой экологической пластичностью, морфологической поливариантностью, пищевыми, лекарственными и декоративными свойствами, но эти исследования проводятся в основном в Северной Америке, Китае, Восточной Европе, Европейской части России, Сибири и на Кавказе (Федосеева, 1978, 1979, 1991; Ганенко и др., 1988, 1989, 1991; Шкель и др., 1997; Николаева, 2001; Александрова, 2008; Триль и др., 2008; Данилова и др., 2012; Годин, Комаревцева, 2015; Малютина и др., 2018; Bate-Smith, 1961; Miliauskas et al., 2004; Li et al., 2007; Nikolaeva, 2007; Tomczyk et al., 2010; Wang et al., 2015; Liu et al., 2015, 2016, 2018; Luo et al., 2016; Yu et al., 2016; Augustynowicz et al., 2020; Syrpas et al., 2020).

Имеющиеся в литературе сведения о представителях рода *Dasiphora* на территории Восточной Сибири и российского Дальнего Востока носят фрагментарный характер и не дают объективного представления как о роде в целом, так и о наиболее широко распространенном виде *D. fruticosa*. В связи с этим, детальное изучение таксономически значимых признаков рода, а также отдельных видов на массовом материале из природных и интродуцированных популяций с учетом морфологической и биохимической изменчивости признаков, в том числе на фоне неоднородности климатических факторов. Морфологическая изменчивость представителей рода *Dasiphora* изучена по метрическим признакам и качественным параметрам опушения листа и чашечки. Для изучения биохимической изменчивости были исследованы фенольные соединения и химические элементы.

**Цель работы** – изучить морфологию, состав и содержание фенольных соединений и химических элементов у представителей рода *Dasiphora* Восточной Сибири и российского Дальнего Востока для применения полученных данных в систематике, рациональном использовании дикорастущего сырья и обогащении культурной флоры новыми ценными видами.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- 1) исследовать изменчивость морфологических параметров листа и чашечки видов рода *Dasiphora* Восточной Сибири и российского Дальнего Востока;
- 2) изучить изменчивость морфологических параметров листа и чашечки *D. fruticosa* на индивидуальном и межпопуляционном уровне из разных местообитаний в связи с климатическими факторами;
- 3) исследовать состав и содержание фенольных соединений видов рода *Dasiphora* Восточной Сибири и российского Дальнего Востока;

4) проанализировать состав и содержание фенольных соединений и антиоксидантную активность растений *D. fruticosa* из разных местообитаний в связи с климатическими факторами;

5) изучить сезонную динамику накопления фенольных соединений трех представителей рода *Dasiphora* и культиваров *D. fruticosa* в условиях культуры юга Амурской области;

6) провести сравнительное изучение элементного состава растений видов рода *Dasiphora* в связи с условиями местообитаний.

**Методология и методы.** Для исследования растений рода *Dasiphora* применен комплексный экспериментальный подход, включающий морфологические и биохимические популяционные исследования в природных местообитаниях, интродукцию растений, сравнение растительных образцов в культуре и естественных местообитаниях. Изучение биохимического состава растений выполнено с привлечением современных методов исследований – высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ), оперативного амперометрического метода.

**Научная новизна.** Впервые исследованы межвидовая и внутривидовая изменчивость морфологических признаков шести таксонов рода *Dasiphora*, а также индивидуальная и межпопуляционная изменчивость растений *D. fruticosa* из 52 природных популяций в связи с климатическими факторами. Впервые современным методом ВЭЖХ проведено хемотаксономическое исследование растений рода *Dasiphora* на основе фенольных соединений и сделано заключение о значимости качественных признаков как хемотаксономических маркеров. Впервые представлен состав и содержание фенольных соединений и химических элементов двух видов – *D. gorovoi* и *D. flava*. Впервые исследована эколого-географическая изменчивость состава и содержания фенольных соединений растений *D. fruticosa* из 52 природных популяций и динамика накопления фенольных соединений трех видов – *D. fruticosa*, *D. mandshurica* и *D. davurica*, в разные фенологические фазы. Впервые оценен антиоксидантный потенциал экстрактов из надземных органов растений *D. fruticosa* амперометрическим методом. Определен состав и содержание макро- и микроэлементов растений рода *Dasiphora*, которые могут быть использованы в базах данных по химическому составу растений.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты работы расширяют представление о морфологии видов рода *Dasiphora* в природных популяциях, составе и содержании фенольных соединений, как в природных популяциях, так и условиях культуры. Материалы диссертации могут быть использованы в систематике рода *Dasiphora* для уточнения спорных вопросов разграничения близких видов, для идентификации сборов, и позволяют обосновать видовой ранг *D. flava*. Данные по изменчивости содержания фенольных соединений в связи с разнокачественностью отдельных частей растения, сезонными изменениями и климатическими условиями могут быть использованы для выявления растений (отдельных органов) и популяций с

повышенным содержанием фенольных соединений и определения оптимальных сроков заготовки растительного сырья.

### **Защищаемые положения**

1. Для листьев и чашечек растений рода *Dasiphora* характерен низкий уровень изменчивости большинства метрических морфологических признаков и высокая вариабельность параметров опушения на межвидовом и внутривидовом уровнях. Межпопуляционные различия морфологических признаков связаны с климатическими факторами.

2. Состав фенольных соединений растений рода *Dasiphora* Восточной Сибири и российского Дальнего Востока является хемотаксономическим маркером на видовом уровне и может быть использован для обоснования таксономического ранга исследованных видов.

3. Состав и динамика фенольных соединений *Dasiphora fruticosa* отражает связь накопления полифенолов с климатическими факторами в процессе адаптации к условиям окружающей среды.

**Апробация работа.** Результаты работы представлены на 16 конференциях: X Дальневосточной конференции по заповедному делу (Благовещенск, 2012); III (V) Всероссийской молодежной конференции с участием иностранных ученых «Перспективы развития и проблемы современной ботаники» (Новосибирск, 2014); Международной конференции «Актуальные проблемы сохранения растительного генофонда Восточной Азии (Владивосток, 2014); I Международной научно-практической конференции «Лекарственные растения: биоразнообразие, технологии, применение» (Гродно, 2014); VI и VII Всероссийской конференции с международным участием «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья» (Барнаул, 2014, 2017); Всероссийской конференции с международным участием «От растения к препарату: традиции и современность» (Москва, 2014); IX и XI Международном симпозиуме «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты» (Москва, 2015, 2022); II Международной научной конференции «Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы» (Новосибирск, 2015); LXIV Комаровских чтениях (Владивосток, 2016); Международной конференции «Synchrotron and free electron laser radiation generation and application» (Новосибирск, 2016, 2018); Международном симпозиуме «Lost world» in biodiversity studies (Владивосток, 2019); Международной научной конференции: «Роль метаболизма в совершенствовании средств производства» (Москва, 2019); Всероссийской конференции с участием иностранных ученых (Новосибирск, 2020).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 33 работы, из них 16 научных статей, в том числе 7 статей – в журналах, входящих в международные реферативные базы и системы цитирования, 7 – в российских журналах, рекомендуемых ВАК РФ, 2 – статьи в рецензируемых изданиях.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 269 страницах, содержит 93 иллюстрации, 25 таблиц. Состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и 11 приложений. Список литературы включает 413 работ, из них 135 – на иностранных языках.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую и искреннюю благодарность научным руководителям чл.-корр. РАН, д.б.н. П. В. Крестову и д.б.н. Е. П. Храмовой за

всестороннюю помощь при выполнении и подготовке диссертационной работы. Отдельная благодарность коллегам из БСИ ДВО РАН, ЦСБС СО РАН, ИХКГ СО РАН: д.б.н. В. А. Бакалину, к.ф.-м.н. Д. Е. Кислову, О. В. Чанкиной, к.б.н. Т. М. Шалдаевой, к.б.н. Е. А. Марчук, к.б.н. К. А. Корзникову, к.б.н. В. А. Костиковой, к.б.н. Л. М. Пшенниковой, к.б.н. М. Н. Колдаевой, к.б.н. О. В. Жилину, к.б.н. А. Н. Воробьевой.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

**1.1. Некоторые аспекты морфологической и биохимической изменчивости растений.** В данной главе дано представление об изменчивости и ее формах (Дарвин, 1868; Майр, 1947; Мамаев, 1973; Lennaeus, 1753; Adanson, 1763), проведен анализ работ посвященных изучению разных типов изменчивости растений (Синская, 1963; Филипченко, 1978; Мамаев, 1973; Махнев, 1987; Банаев, 2010; Костикова, 2012; Bischoff, 1839). Аргументирован выбор ряда морфологических и биохимических признаков для изучения изменчивости растений рода *Dasiphora* (Высочина, 2004; Hansel, 1956; Bate-Smith, 1956; Erdtman, 1963; Cronquist, 1980; Harborne et al., 2000).

**1.2. Таксономическое изучение и морфологическая характеристика видов рода *Dasiphora*.** Систематическое положение рода *Dasiphora* со времен К. Линнея и до настоящего времени остается спорным. В литературе исследователи придерживаются трех названий рода:  $\equiv$ *Potentilla* L. *sensu lato* (Ворошилов, 1966; Камелин, 2001б; Цвелев и др., 2001; Ledebour, 1853; Wolf, 1908),  $\equiv$ *Pentaphylloides* Hill. (Курбатский, 1988; Duhamel, 1755; Schwarz, 1949; Löve, 1954),  $\equiv$ *Dasiphora* (Юзепчук, 1941; Горчаковский, 1969; Положий, Лошкарева, 1975; Пробатова и др., 2006; Rydberg, 1908; Hutchinson, 1964). В настоящей работе мы рассматриваем кустарниковые лапчатки в составе рода *Dasiphora* (Конспект флоры..., 2012). Морфологическая характеристика видов рода приведена согласно региональной сводке (Сосудистые..., 1996) и материалам других работ (Юзепчук, 1961; Пшенникова, 2006; Пшенникова, Миронова, 2014).

**1.3. Ареал, экология и фитоценотическая приуроченность видов рода *Dasiphora*.** Растения рода *Dasiphora* распространены в умеренной зоне и соответствующих высотных поясах, преимущественно в горных районах Восточной и Центральной Азии, немногие виды доходят до Западной Азии, Европы, Северной Америки (Сосудистые..., 1996). Для видов рода *Dasiphora* выделены индивидуальные экологические ниши: растения секции *Fruticosae* распространены в более увлажненных местах, растения секций *Parvifoliae* и *Davuricae* поднимаются в горы на более сухие каменистые южные склоны, с недостаточным увлажнением (Юзепчук, 1941).

## ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И РАЙОНЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**2.1. Объекты и материалы исследований.** Исследования проводились в период с 2013 по 2023 гг. Объектами исследования послужили растения шести видов рода *Dasiphora* из 64 ценологических популяций (ЦП) Восточной Сибири (ВС) и российского Дальнего Востока (РДВ): *D. fruticosa* (из 54 ЦП), *D. davurica* (из 4 ЦП), *D. mandshurica* (из 3 ЦП), *D. parvifolia* (с 1 ЦП), *D. gorovoi* (с 1 ЦП) и *D. flava* (с 1 ЦП). А также растения четырех видов – *D. fruticosa*, *D. davurica*, *D. mandshurica*, *D. gorovoi*, и трех сортов одного вида *D. fruticosa*, выращенных на экспериментальных участках ФГБУН Ботанического сада-института Дальневосточного отделения Российской академии наук

(БСИ ДВО РАН) в Амурской области и Приморском крае. Объем выборки составлял не менее 20 особей.

**2.2. Методы исследований.** Изучение морфологической изменчивости проводили по количественным признакам и качественным параметрам опушения листа и чашечки. Тип опушения определяли с помощью бинокля Nikon SMZ 745T по методу балльной оценки Г. Н. Зайцева (1973). В качестве меры изменчивости использовали коэффициент вариации ( $C_v$ , %) (Мамаев, 1975). Состав и содержание фенольных соединений (ФС) определяли методом ВЭЖХ, достоверность экспериментальных данных обеспечена использованием современных средств, методик проведения исследований и репрезентативностью выборки. Состав и содержание химических элементов определяли методом РФА СИ (Дарьин, Ракшун, 2013; Trunova et al., 2015; Piminov et al., 2016). Суммарное содержание антиоксидантов фенольного типа (ССА) определяли амперометрическим методом (Яшин и др., 2005). Статистическая обработка экспериментальных данных проводили с использованием программ Microsoft Excel 7.0. и Statistica 8.0. с учетом методических указаний по биологической статистике (Зайцев, 1991).

**2.3. Физико-географическая характеристика районов исследования.** В данной главе приведена физико-географическая характеристика и основные климатические показатели районов исследования естественных местообитаний и районов интродукции растений рода *Dasiphora*.

### ГЛАВА 3. МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ РОДА *DASIPHORA* ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

**3.1. Изменчивость морфологических признаков растений рода *Dasiphora*.** Анализ изменчивости количественных параметров показал, что: «длина и ширина листочков и чашелистиков», «расстояние от верхушки до самой широкой части конечной доли и наоборот», «расстояние между парами листочков» характеризуются – очень низким, низким и средним коэффициентами вариации, являются стабильными параметрами на внутривидовом уровне и могут быть использованы для идентификации. Качественные признаки опушения у видов *Dasiphora* во многих «определителях» являются диагностическими, но степень их изменчивости у разных видов варьирует. У *D. davurica* и *D. flava* признак «отсутствие» опушения, а у *D. mandshurica* комбинация типов опушения «очень густое и густое» нижней и верхней сторон листа, являются диагностическими и информативными. У *D. davurica* – опушение верхней и нижней сторон листа, черешка, чашечки, внутреннего чашелистика, а у *D. gorovoi* и *D. flava* все параметры опушения стабильны и не подвержены изменчивости. У видов *D. fruticosa* и *D. parvifolia* все параметры, а у *D. mandshurica* – опушение черешка, чашелистиков и чашечки, имеют смешанный тип опушения, где четко прослеживается внутривидовое варьирование. По результатам анализа 34 морфологических параметров, с использованием оптимизированной версии алгоритма CART, реализованного в пакете «Scikit-Learn» (Pedregosa et al., 2011), автоматически взвешен и определен вклад каждого признака на межвидовом уровне, построены классификационные деревья (рис. 1), после

анализа, которых получен упрощенный ключ для определения видов рода *Dasiphora* по определенному числу признаков.

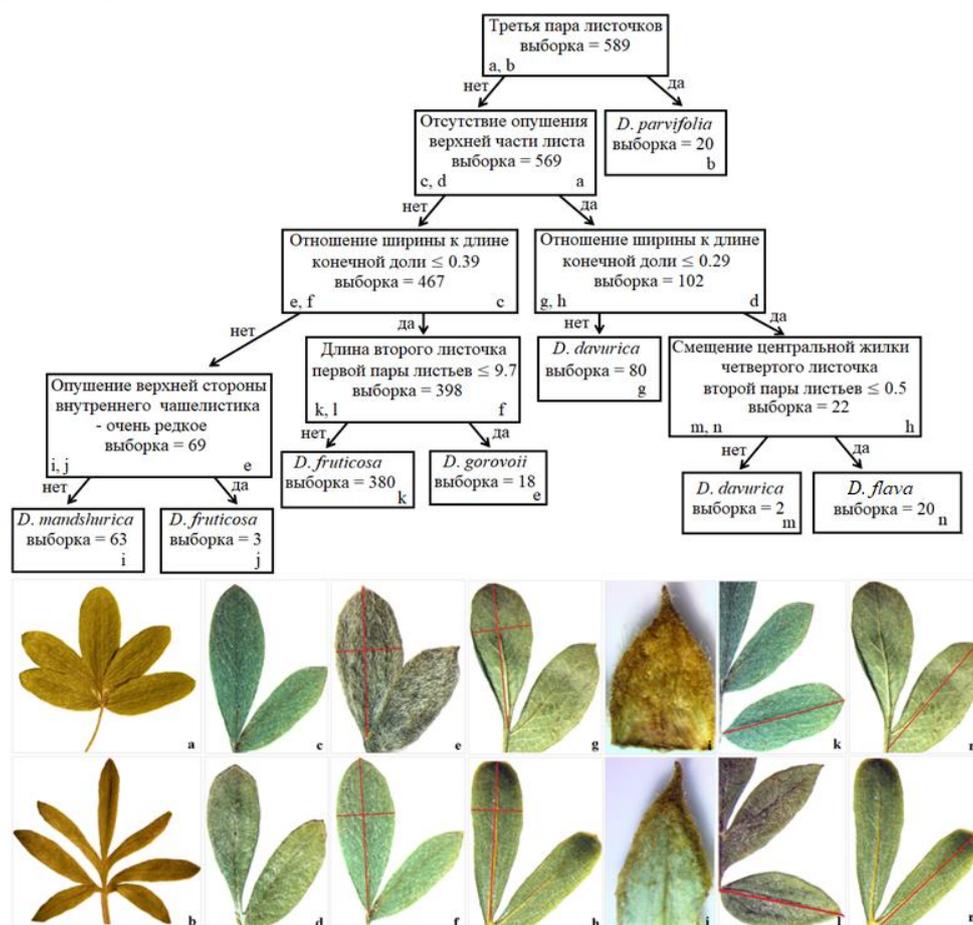


Рис. 1. Классификационное дерево видов рода *Dasiphora* по морфологическим параметрам.

### 3.2. Изменчивость морфологических признаков растений *Dasiphora fruticosa* в связи с климатическими факторами

**3.2.1. Индивидуальная изменчивость морфологических признаков растений *Dasiphora fruticosa*.** На индивидуальном уровне к наиболее стабильным количественными параметрам относятся – длина и ширина конечной доли листа, расстояние от верхушки до самой широкой части и от основания до самой широкой части конечной доли, длина первого листочка, отношение длины конечной доли к длине первого листочка, отношение ширины к длине конечной доли листа и отношение расстояния от верхушки до самой широкой части к расстоянию от основания до самой широкой части конечной доли листа, остальные параметры отличаются высокой вариабельностью. Анализ качественных параметров опушения показал, что только признаки: опушение верхней стороны внутреннего чашелистика, черешка и цветоложа являются стабильными, так как в большинстве популяций монотипны. Для большинства качественных параметров опушения характерно доминирование редкого и очень редкого типов опушения, для параметра опушение цветоложа – густого. Высокий уровень полиморфности параметров опушения характерен для Сахалинской, Камчатской, Курильской, Еврейской, Иркутской, Бурятской и Якутской групп популяций. В Магаданской, Приморской, Забайкальской и Хабаровской группах отмечена

стабильность параметров опушения (доля опушения 100%). По результатам комплексной оценки уникальности популяций *D. fruticosa* по совокупности исследованных морфологических параметров предсказана уникальность популяций. Выделены 19 уникальных популяций и 33 популяции, которые характеризуются смешением признаков, достоверность определения их образцов находится в диапазоне от 57% до 95%, а также определен вклад морфологических признаков в их разделение.

**3.2.2. Межпопуляционная изменчивость морфологических признаков растений *Dasiphora fruticosa*.** Анализ количественных параметров показал, что 11 из них стабильны и характеризуются очень низкой изменчивостью – отношение длины конечной доли к длине первого листочка, низкой изменчивостью – длина конечной доли, ширина конечной доли, отношение между длиной и шириной конечной доли, расстояние от основания до самой широкой части конечной доли и средней изменчивостью – расстояние от верхушки до самой широкой части конечной доли, отношение между расстоянием от верхушки до самой широкой части и расстоянием от основания до самой широкой части конечной доли, смещение центральной жилки третьего и четвертого листочков, среднее значение между смещением центральных жилок. Параметры – расстояние между парами листочков, длина черешка и отношение между расстоянием между парами листочков и длиной черешка показывают высокий уровень варьирования. Анализ параметров опушения листа и чашечки показал, высокую изменчивость на межпопуляционном уровне. Все параметры опушения характеризуются высоким и очень высоким коэффициентами вариации, что свидетельствует о полиморфности признака опушения и его зависимости от факторов среды. Ряд признаков характеризуются доминированием определенного типа опушения. Проведена оценка внутривидового (индивидуального) и межпопуляционного (эколого-географического) варьирования количественных параметров. Установлено, что для восьми параметров уровень эколого-географической изменчивости выше уровня индивидуальной, поэтому они хорошо экологически обусловлены. Четыре параметра генетически детерминированы и слабо зависят от условий среды, так как коэффициенты эколого-географической изменчивости меньше индивидуального варьирования особей. С помощью регрессионного анализа установлено, что влиянием климатических факторов можно объяснить 42–46% варьирования количественных признаков, 10–19% опушение листа, 29–77% опушение чашелистиков и 41% варьирование опушения цветоложа. Таким образом, популяционные различия климатически обусловлены, но часть различий климатом не объясняется, эта часть может контролироваться биологическими факторами, поэтому популяции могут находиться в одинаковых или сходных условиях, но быть различными в силу генетических мутаций.

На основании вышеизложенного можно заключить, что на межвидовом и внутривидовом уровнях отмечена стабильность большинства количественных признаков и высокая вариабельность параметров опушения листа и чашечки. Межпопуляционные различия частично обусловлены климатом, установлена связь между климатическими параметрами и морфологическими признаками.

## ГЛАВА 4. ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ РАСТЕНИЙ РОДА *DASIPHORA* ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

**4.1. Хемотаксономический анализ фенольных соединений растений рода *Dasiphora*.** В результате исследования фенольного состава в листьях растений рода *Dasiphora* установлено содержание от 19 до 33 соединений. Идентифицированы – гиперозид, изокверцитрин, рутин, авикулярин, кверцитрин, астрагалин и кемпферол-3-О-рутинозид, три агликона – кверцетин, кемпферол и рамнетин, а также эллаговая кислота и ее гликозид. Остальные компоненты отнесены к флавоноидным структурам на основании УФ-спектров, снятых «on-line» в процессе хроматографирования (табл. 1).

Таблица 1. Содержание ФС в листьях растений рода *Dasiphora* (мг/г абс. сух. сырья)

| Фенольные компоненты       | <i>D. fruticosa</i> | <i>D. parvifolia</i> | <i>D. flava</i> | <i>D. davurica</i> | <i>D. gorovoi</i> | <i>D. mandshurica</i> |
|----------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Компонент 1                | 0,64±0,42           | 1,93±0,02            | 0,37±0,00       | 0,25±0,09          | 0,33±0,00         | 0,18±0,02             |
| Компонент 2                | 1,72±1,06           | 2,40±0,03            | 0,19±0,00       | 0,31±0,11          | 0,43±0,00         | 0,14±0,02             |
| Компонент 3                | 0,87±0,56           | 0,49±0,01            | 0,11±0,00       | 0,30±0,13          | – <sup>1</sup>    | 0,05±0,00             |
| Компонент 4                | 0,30±0,07           | –                    | 0,15±0,00       | 0,30±0,13          | –                 | –                     |
| Гиперозид                  | 2,04±1,22           | 4,47±0,05            | 0,90±0,01       | 1,69±0,54          | 1,20±0,01         | 0,53±0,32             |
| Изокверцитрин              | 2,30±1,06           | 0,73±0,01            | 1,01±0,01       | 1,18±0,33          | 2,62±0,03         | 0,90±0,14             |
| Рутин                      | 0,34±0,20           | 0,18±0,00            | –               | 0,21±0,04          | –                 | 0,12±0,00             |
| Эллаговая кислота          | 3,00±1,80           | 7,10±0,08            | 1,22±0,01       | 3,01±0,84          | 2,05±0,02         | 0,46±0,15             |
| Гликозид эллаговой кислоты | 9,00±4,12           | 1,32±0,01            | 0,63±0,01       | 9,47±2,00          | 0,15±0,00         | 0,78±0,33             |
| Компонент 10               | 0,86±0,43           | –                    | –               | –                  | –                 | –                     |
| Авикулярин                 | 1,53±0,91           | 1,66±0,02            | 2,19±0,02       | 0,84±0,14          | 2,68±0,03         | 2,32±1,29             |
| Компонент 12               | 0,93±0,56           | 2,36±0,03            | 1,31±0,01       | 0,77±0,13          | 1,27±0,01         | 0,73±0,15             |
| Кверцитрин                 | 0,31±0,19           | 0,46±0,01            | 0,62±0,01       | 0,49±0,29          | 1,93±0,02         | 0,33±0,02             |
| Астрагалин                 | 0,32±0,20           | 0,39±0,00            | 0,08±0,00       | 0,22±0,15          | 0,22±0,00         | 0,49±0,30             |
| Кемпферол-3-О-рутинозид    | 0,33±0,19           | 0,12±0,00            | –               | 0,33±0,20          | –                 | 0,10±0,06             |
| Компонент 16               | 0,23±0,08           | 0,19±0,00            | –               | 0,48±0,24          | –                 | 0,12±0,00             |
| Компонент 17               | 0,25±0,13           | –                    | –               | –                  | –                 | –                     |
| Компонент 18               | 0,21±0,09           | –                    | –               | –                  | –                 | –                     |
| Компонент 19               | 0,18±0,09           | –                    | –               | –                  | 0,25±0,00         | –                     |
| Компонент 20               | 0,22±0,08           | –                    | –               | –                  | 0,34±0,00         | –                     |
| Компонент 21               | 0,39±0,23           | –                    | –               | –                  | 0,74±0,01         | 0,63±0,00             |
| Кверцетин                  | 0,13±0,08           | 0,14±0,00            | 0,19±0,00       | 0,12±0,03          | 0,19±0,00         | 0,12±0,06             |
| Компонент 23               | 0,23±0,11           | –                    | 0,24±0,00       | 0,16±0,01          | 0,38±0,00         | 0,19±0,04             |
| Компонент 24               | 0,40±0,24           | 0,16±0,00            | –               | –                  | 0,13±0,00         | 0,94±0,01             |
| Компонент 25               | 1,70±1,02           | 1,39±0,02            | 0,78±0,01       | 0,33±0,06          | 1,64±0,02         | 1,57±0,94             |
| Компонент 26               | 0,63±0,38           | –                    | 2,10±0,02       | 0,20±0,09          | 0,15±0,00         | 0,39±0,14             |
| Компонент 27               | 0,53±0,31           | 0,53±0,01            | –               | 0,33±0,15          | 2,12±0,02         | 1,63±0,68             |
| Компонент 28               | 1,29±0,77           | –                    | –               | –                  | –                 | 1,60±0,00             |
| Кемпферол                  | 0,06±0,04           | –                    | –               | 0,06±0,00          | –                 | 0,10±0,03             |
| Компонент 30               | 1,67±1,00           | –                    | 0,27±0,00       | 0,19±0,08          | –                 | 0,42±0,08             |
| Компонент 31               | 0,30±0,18           | –                    | 1,16±0,01       | 0,18±0,07          | 0,50±0,01         | 1,00±0,13             |
| Компонент 32               | 0,13±0,01           | –                    | –               | 0,15±0,00          | 3,65±0,04         | 0,13±0,01             |
| Компонент 33               | 0,43±0,26           | 0,36±0,00            | –               | –                  | –                 | –                     |
| Рамнетин                   | –                   | –                    | 0,23±0,00       | 0,08±0,00          | 0,18±0,00         | 0,31±0,03             |
| ∑ ФС                       | 27±7                | 26±0,3               | 14±0,2          | 21±3               | 23±0,3            | 14±5                  |
| В том числе гликозиды:     |                     |                      |                 |                    |                   |                       |
| кверцетина                 | 13,2±4,5            | 8,9±0,1              | 4,2±0,0         | 7,4±1,2            | 7,7±0,1           | 3,3±1,8               |
| кемпферола                 | 1,1±0,5             | 1,5±0,0              | 0,1±0,0         | 0,3±0,1            | 0,3±0,0           | 1,6±1,0               |
| рамнетина                  | 2,9±1,7             | –                    | 3,8±0,0         | 0,4±0,3            | 11,3±0,1          | 3,8±1,3               |

Примечание: <sup>1</sup> – прочерк означает, что содержание компонента находится ниже предела обнаружения (0,01 мг/г),   – главный компонент ( $C \geq 1,0$  мг/г),   – минорный компонент ( $1,0 \leq C \leq 0,1$  мг/г);   – в следовых количествах ( $C \leq 0,1$  мг/г).

Наибольшее сходство по компонентному составу согласно рассчитанным коэффициентам парного сходства (86%) отмечено у *D. davurica* и *D. mandshurica*. Между видами *D. parvifolia*, *D. gorovoi* и *D. flava* установлено минимальное сходство по фенольному составу (52%). Групповое сходство видов максимально для *D. mandshurica* (559), что свидетельствует о его наибольшем сходстве с остальными исследованными видами. В гидролизатах экстрактов, полученных после кислотного гидролиза, установлено три агликона: кверцетин, кемпферол и рамнетин (7-метилкверцетин). Гликозиды кверцетина и кемпферола присутствуют во всех образцах, а у *D. parvifolia* не выявлены гликозиды рамнетина (табл. 1).

По содержанию агликонов в гидролизатах виды разделились на два основных кластера (рис. 2). В первый кластер вошли виды *D. fruticosa*, *D. parvifolia* и *D. davurica*, характеризующиеся высоким содержанием производных кверцетина и низким – производных рамнетина. Во второй – *D. mandshurica*, *D. gorovoi* и *D. flava* с высоким содержанием рамнетина, наличие которого является признаком продвинутости вида в эволюционном плане (Высочина, 2004; Bate-Smith, 1974; Harborne, 1977).

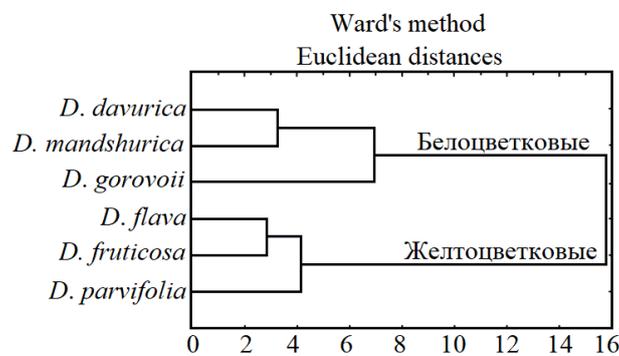


Рис. 2. Дендрограмма сходства видов рода *Dasiphora* по содержанию агликонов в гидролизатах экстрактов листьев.

Все вышеизложенное свидетельствует об отличиях компонентного состава ФС экстрактов и гидролизатов растений рода *Dasiphora*. Для видов *D. fruticosa*, *D. parvifolia* и *D. davurica* свойственно повышенное накопление гликозидов кверцетина, *D. gorovoi*, *D. flava* и *D. mandshurica* – гликозидов рамнетина, *D. mandshurica* и *D. parvifolia* – гликозидов кемпферола.

**4.2. Изменчивость растений *Dasiphora fruticosa* по составу и содержанию фенольных соединений в связи с климатическими факторами.** Состав фенольного комплекса листьев и цветков *D. fruticosa* из 52 популяций остается сходным вне зависимости от местообитания и органа растения, варьирование, возможно, за счет минорных компонентов. Содержание отдельных компонентов в листьях и цветках растений *D. fruticosa* колеблется на высоком и очень высоком уровне ( $C_v \geq 31\%$ ), при этом изменчивость признака «суммарное содержание ФС» классифицируется как средняя ( $C_v = 21\text{--}24\%$ ). В цветках уровень варибельности признака содержание ФС (в сумме, по группам и отдельным компонентам) ( $C_v = 21\text{--}88\%$ ) ниже, чем в листьях растений ( $C_v = 24\text{--}116\%$ ). В листьях и цветках растений большинства популяций преобладают производные кверцетина (42–95%), по сравнению с производными кемпферола (4–19%) и рамнетина (0–52%), а по их соотношению можно выделить два типа популяций *D. fruticosa* на территории ВС и РДВ: первый тип – с преобладанием в

листьях и цветках растений производных кверцетина и кемпферола и отсутствием рамнетина, а второй – с присутствием всех трех гликозидов.

Установлены значимые различия между популяциями по содержанию гликозидов кверцетина, кемпферола и рамнетина в связи с климатическими зонами (рис. 3).

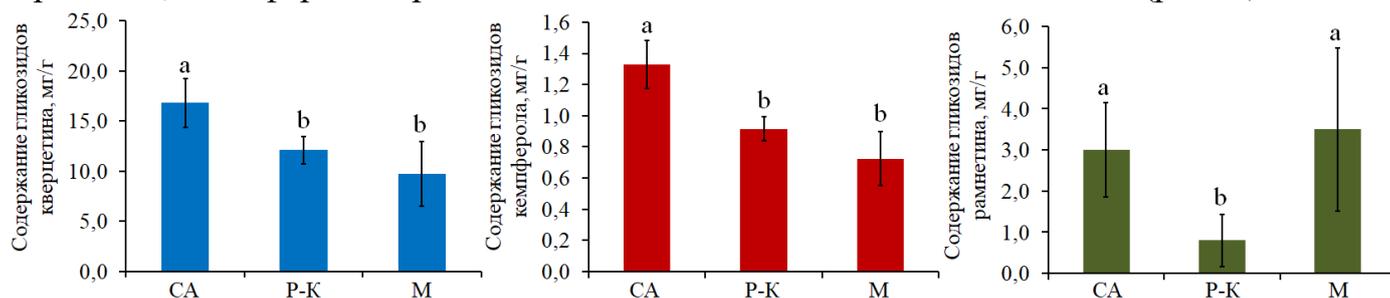


Рис. 3. Содержание гликозидов кверцетина, кемпферола и рамнетина в листьях *D. fruticosa* из разных климатических зон. Значения, достоверно различающиеся при  $p < 0,05$ , обозначены разными буквами (a, b) над столбцами. Климатические зоны: СА – субарктическая, Р-К – резко-континентальная, М – муссонная.

Для выявления особенностей накопления компонентов фенольного комплекса в разных популяциях *D. fruticosa* применена статистическая обработка результатов с помощью метода главных компонент.

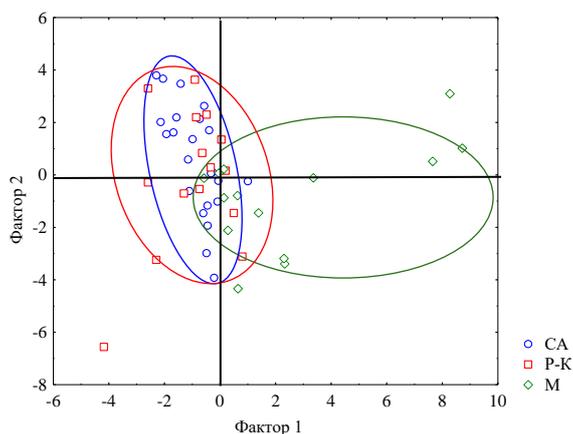


Рис. 4. Распределение популяций *D. fruticosa* в пространстве двух главных компонент по биохимическим и климатическим данным. Климатические зоны: СА – субарктический, Р-К – резко-континентальный, М – муссонный климат.

На диаграмме рассеяния, построенной по факторам 1 и 2 (рис. 4), популяции с высоким содержанием ФС, гликозидов кверцетина и кемпферола, флавонолов, гликозида эллаговой кислоты, расположены слева в зоне с отрицательными значениями векторов по фактору 1 (отрицательная корреляция). Популяции с высоким содержанием гликозидов рамнетина и авикулярина расположились в зоне с положительными значениями векторов по фактору 1 (положительная корреляция). Можно предположить, что для растений, произрастающих в субарктической (СА) и резко-континентальной (Р-К) климатических зонах суммарное содержание ФС, флавонолов, гликозидов кверцетина и кемпферола, гликозидов эллаговой кислоты, изокверцитрина, рутина, кемпферол-3-О-рутинозида выше, чем для растений из муссонной климатической зоны, а авикулярина и гликозидов рамнетина, напротив, ниже.

**4.3. Суммарное содержание антиоксидантов фенольного типа (ССА) растений *Dasiphora fruticosa* из разных местообитаний.** Выявлено, что водно-этанольные экстракты из листьев и цветков проявляют значительную антиоксидантную активность. Максимальную активность показали водно-этанольные экстракты из цветков и листьев растений Бугарской популяции из Хабаровского края. Следует отметить, что эти же образцы выделяются по высокому суммарному содержанию ФС, а также эллаговых веществ и гликозидов кверцетина. С помощью регрессионного анализа показано что, ССА экстрактов из листьев *D. fruticosa* на 21–27% определяется концентрацией эллаговых соединений, суммарным содержанием ФС и суммой флавонолов, цветков – на 38 и 43% содержанием авикулярина и гликозидов рамнетина.

Из вышеизложенного следует, что накопление ФС (в сумме, по группам и отдельным компонентам) у *D. fruticosa* связано с продолжительностью солнечного сияния, континентальностью климата, снижением относительной влажности и теплообеспеченности, а высокая изменчивость содержания отдельных фенольных компонентов при относительной стабильности суммарного содержания ФС подтверждает их участие в адаптации к условиям окружающей среды.

## ГЛАВА 5. СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ РОДА *DASIPHORA* В УСЛОВИЯХ КУЛЬТУРЫ

**5.1. Сравнительное изучение фенольных соединений в листьях *Dasiphora gorovoi* в природе и культуре.** Исследование состава и содержания фенольного комплекса листьев *D. gorovoi* в природе и культуре Приморского края показало сходство в составе и суммарном содержании ФС. Содержание флавонолов на 18% выше в листьях растений, произрастающих в природных условиях, чем в культуре. В природных образцах преобладали производные рамнетина, в условиях культуры производные кверцетина и кемпферола, содержание которых возросло в 1,5–2 раза. Концентрация свободного кверцетина в три раза больше в листьях растений из природы. В листьях дикорастущих растений преобладали изокверцитрин, авикулярин, астрагалин и кверцетин, в интродуцированных – гиперозид, кверцитрин, рамнетин, эллаговая кислота и ее гликозид.

**5.2. Сезонная динамика фенольных соединений в листьях растений рода *Dasiphora*.** Исследована динамика накопления ФС в листьях растений трех видов рода *Dasiphora* в течение вегетационного периода 2014 г. в соответствии с фенологическими фазами, начиная с периода набухания почек и заканчивая массовым созреванием плодов. Фаза вегетации: периоды набухания почек и формирования листьев. Фаза бутонизации: начало бутонизации и массовая бутонизация. Фаза цветения: начало цветения, массовое цветение и конец цветения. Фаза плодоношения: начало плодоношения и массовое плодоношение.

**5.2.1. Сезонная динамика фенольных соединений в листьях *Dasiphora fruticosa*.** Отмечено два максимума накопления суммы ФС: в период начала цветения (40,9 мг/г) и период начала плодоношения (40,0 мг/г). Содержание большинства компонентов минимально в начале вегетации и максимально в фазе цветения и плодоношения. Гиперозид, изокверцитрин и авикулярин в большей мере накапливались в фазах цветения

и плодоношения, рутин в период начала цветения, астрагалин и кверцитрин в период массового цветения. Наибольшее накопление гликозидов кверцетина установлено в период массового плодообразования (18,0 мг/г), рамнетина в период начала и массового цветения (6,8 и 6,6 мг/г), кемпферола в период начала плодоношения (1,3 мг/г) (рис. 5).

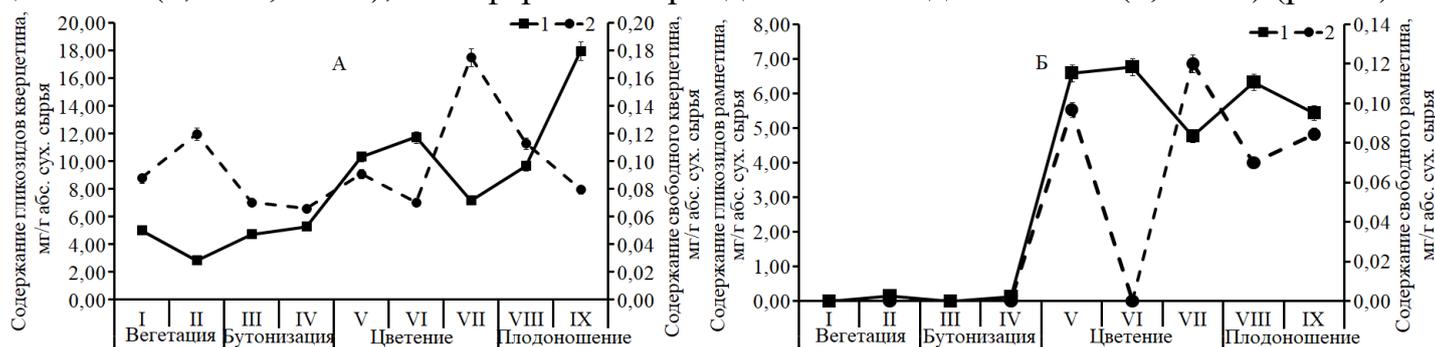


Рис. 5. Динамика накопления флавонолгликозидов (1) и свободных агликонов (2) в листьях *D. fruticosa* по фазам вегетации: А – производные кверцетина; Б – производные рамнетина.

Максимум свободного кверцетина установлен в молодых листьях в начале вегетации (0,12 мг/г) и в зрелых листьях в конце цветения (0,18 мг/г). Отмечен факт несовпадения динамики накопления гликозилированных и негликозилированных форм флавонолов, что может свидетельствовать об их взаимопревращениях. Максимум свободного рамнетина отмечен в период окончания цветения (0,12 мг/г) (рис. 5). Содержание эллаговой кислоты максимально в фазу бутонизации (10,4 мг/г), а гликозида эллаговой кислоты в период массового цветения (6,5 мг/г).

**5.2.2. Сезонная динамика фенольных соединений в листьях *Dasiphora davurica*.** Наибольшее содержание суммы ФС в листьях растений *D. davurica* установлено в период массовой бутонизации (24,3 мг/г). Гиперозид, изокверцитрин, авикулярин и кверцитрин в большей мере накапливались в фазах цветения и плодоношения, а рутин – в период формирования молодых листьев. Максимум гликозидов кверцетина отмечен в период начала цветения (12,6 мг/г), гликозидов кемпферола в фазе бутонизации (0,8 мг/г), а гликозидов рамнетина в период массового цветения (2,6 мг/г). Максимум содержания свободного кверцетина отмечен в молодых листьях в начале вегетации и в зрелых листьях в период массового плодоношения (0,08 мг/г) (рис. 6). Наибольшее содержание эллаговой кислоты отмечено в периоды начала (11,4 мг/г) и окончания цветения (11,5 мг/г), гликозида эллаговой кислоты – в период массовой бутонизации (9,7 мг/г).

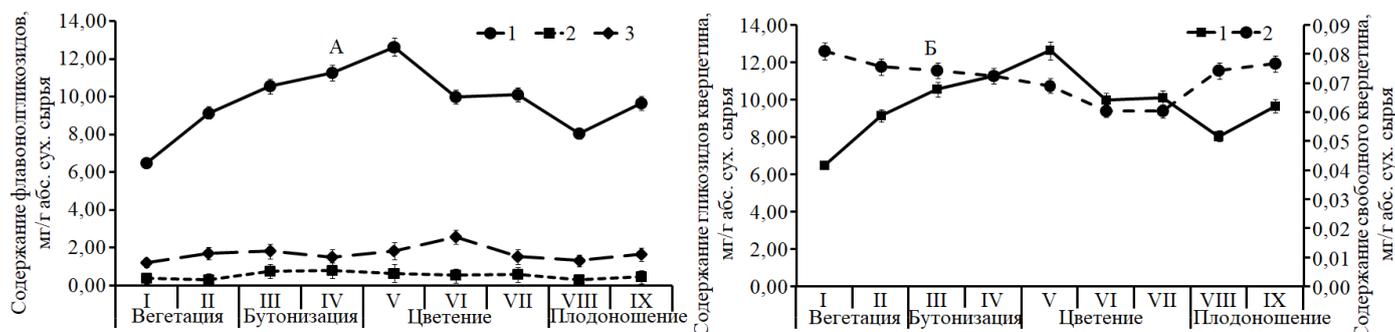


Рис. 6. Динамика накопления флавонолгликозидов в листьях *D. davurica* по фазам вегетации: А – гликозиды кверцетина (1), кемпферола (2) и рамнетина (3); Б – гликозиды кверцетина (1) и свободный кверцетин (2).

**5.2.3. Сезонная динамика фенольных соединений в листьях *Dasiphora mandshurica*.** Наибольшее накопление суммы ФС установлено в период формирования молодых листьев (35,3 мг/г). Гиперозид и авикулярин на протяжении всего вегетационного периода являлись главными компонентами. Наибольшее содержание гиперозида, изокверцитрина, кверцитрина отмечено в период формирования молодых листьев, рутина – в период массовой бутонизации, астрагалина – в период начала цветения, авикулярина – в период массового плодоношения. Максимум гликозидов кверцетина установлен в фазах вегетации (8,9 мг/г) и начала цветения (9,7 мг/г), а рамнетина – в фазах начала бутонизации (12,5 мг/г) и цветения (13,5 мг/г). Гликозиды кемпферола отмечены в минорных количествах, максимум установлен в период набухания почек (1,1 мг/г). Отмечены факты несовпадения накопления свободного кверцетина и его гликозидов. Максимум свободного кверцетина установлен в период формирования молодых листьев и начала бутонизации (0,10–0,11 мг/г), а свободного рамнетина в период окончания цветения (0,42 мг/г) (рис. 7). В целом, установлено невысокое содержание эллаговых веществ, которое снижается к концу вегетации. Максимум эллаговой кислоты отмечен в период формирования листьев (5,7 мг/г), а гликозида эллаговой кислоты в период начала бутонизации (5,2 мг/г).

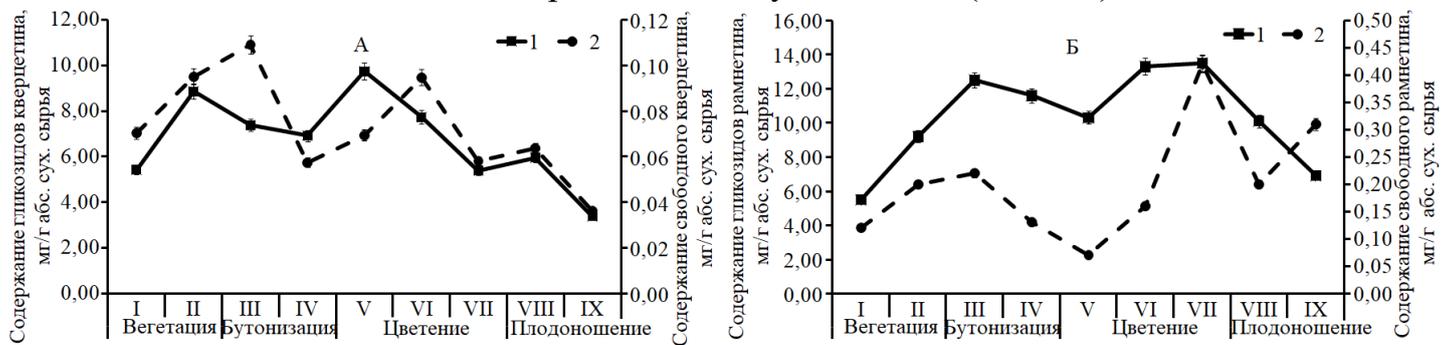


Рис. 7. Динамика накопления флавонолгликозидов (1) и свободных агликонов (2) в листьях *D. mandshurica* по фазам вегетации: А – производные кверцетина; Б – производные рамнетина.

**5.2.4. Сравнительное изучение сезонной динамики трех видов рода *Dasiphora*.** Установлено, что фенольный комплекс в листьях трех видов рода *Dasiphora* при интродукции в процессе вегетации варьирует от 13 до 25 компонентов в зависимости от видовой принадлежности и фазы вегетации. Более существенные изменения отмечены в составе фенольных компонентов в экстрактах листьев *D. fruticosa*, менее существенные – *D. davurica*. Максимум ФС в образцах *D. fruticosa* отмечен в начале цветения и плодоношения, в образцах *D. mandshurica* – в начале вегетации, *D. davurica* – в период массовой бутонизации. *D. fruticosa* является наиболее перспективным видом в условиях культуры юга Амурской области для использования в качестве растительного сырья.

**5.3. Сравнительное изучение фенольных соединений сортов *Dasiphora fruticosa*.** Исследован состав и содержание ФС листьев и цветков трех сортов *D. fruticosa* – «Kobold» с ярко желтыми цветками, «White moon» с белыми цветками и «Tangerine» с цветками желтого цвета с оранжевыми разводами, выращенные в условиях культуры Амурской области. Максимальное число компонентов обнаружено в экстрактах сорта «White moon» (21 компонент). Кемпферол-3-О-рутинозид обнаружен только в образцах

сорта «Tangerine», а в образцах сорта «White moon» – свободный рамнетин. Максимум суммы ФС отмечен в цветках сортов «Kobold» и «Tangerine» (42,5 мг/г и 39,7 мг/г). По результатам анализа свободных агликонов, образующихся после кислотного гидролиза гликозидов, установлено три агликона: кверцетин, кемпферол и рамнетин. Кверцетин и кемпферол выявлены в листьях и цветках всех исследуемых сортов, рамнетин не обнаружен в листьях сорта «Tangerine». Максимум гликозидов кверцетина отмечен в цветках сорта «Kobold» (18,8 мг/г), у сорта «White moon» в цветках – гликозидов кемпферола (4,1 мг/г), а в листьях – гликозидов рамнетина (4,0 мг/г). Суммарное содержание эллаговых веществ сортов «Kobold» и «Tangerine» в цветках (6,07 мг/г и 5,53 мг/г) в 2–3 раза выше, чем в листьях (1,42 мг/г и 2,88 мг/г), а в цветках и листьях сорта «White moon» практически на одном уровне (4,54 мг/г и 3,27 мг/г).

На основании вышеизложенного можно заключить, что в процессе развития растений, в зависимости от условий обитания и сорта содержание ФС (в сумме, по группам и отдельным компонентам) изменяется. Высокое содержание ФС и наиболее резкие изменения у 3-х представителей рода наблюдались от периода роста листа к генеративному развитию. Отмечается связь состава и содержания ФС (в сумме, по группам и отдельным компонентам) в листьях и цветках трех сортов *D. fruticosa* с цветовой гаммой венчика. Состав и суммарное содержание ФС *D. gorovoi* в природе и культуре близки, но есть различия в содержании отдельных компонентов, гликозидов и флавонолов.

## ГЛАВА 6. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ РОДА *DASIPHORA* ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

**6.1. Особенности содержания макро- и микроэлементов растениями рода *Dasiphora*.** В результате исследования 6-ти таксонов рода *Dasiphora* и почв из точек отбора образцов обнаружен 21 макро- и микроэлемент. Впервые определен элементный состав двух таксонов – *D. gorovoi* и *D. flava* из локальных местообитаний Приморского края. Наибольшее суммарное содержание макроэлементов (К и Са) отмечено в листьях и стеблях *D. davurica* и *D. flava* (23167–31349 мг/кг). Максимум суммы микроэлементов отмечен в стеблях растений *D. gorovoi* (1768 мг/кг) и *D. fruticosa* (1260 мг/кг). По максимальному содержанию Ti, V, Co, Ni, Cu, Zr и Nb в надземных органах выделен вид *D. fruticosa*, Zr, Fe, Se и Cr – *D. parvifolia*, Mn, Sr, Br и Mo – *D. mandshurica*, Mn, Zn, Rb, Y, Ti, Pb и Br – *D. gorovoi*, Cu и Rb – *D. flava*. В целом, сравнение элементного состава видов рода *Dasiphora* не выявило достоверной таксономической специфичности. Однако растения видов *D. fruticosa* и *D. gorovoi* выделяются среди остальных по повышенному содержанию ряда элементов, что повышает к ним интерес как к источникам микроэлементов.

**6.2. Сравнительное изучение макро- и микроэлементного состава растений *Dasiphora fruticosa* из разных местообитаний.** В надземных органах растений *D. fruticosa* из 32 природных популяций ВС и РДВ, установлен 21 макро- и микроэлемент. Диапазон суммы макроэлементов варьировал – от 17020 до 33388 мг/кг в листьях, от 12675 до 24094 мг/кг в цветках и от 14046 до 27856 мг/кг в стеблях. Максимум макроэлементов (К и Са) отмечен в надземных органах *D. fruticosa* популяций из

Амурской области. Сумма микроэлементов в надземных органах *D. fruticosa* варьировала от 187 до 10405 мг/кг, при этом максимум установлен в листьях растений из Сахалинской области, стеблях и цветках растений из Амурской области. Сравнительный анализ накопления отдельных элементов показал, что в надземных органах *D. fruticosa* вне зависимости от мест произрастания, в большей мере накапливаются Fe, Mn, Sr. Наибольшее содержание Ti, Fe, Co, As, Mo, V, Nb, Cu, Cr и Zr отмечено в стеблях и цветках растений из популяций Амурской области; Zn, Pb, Mn и Rb в надземных органах растений из популяций Хабаровского края; Br и Sr в листьях растений из популяции Сахалинской области; Ni в стеблях растений из популяции Приморского края; Se в листьях растений из популяции Республики Бурятия.

На основании вышеизложенного можно заключить, что каждому исследованному виду рода свойственны определенные концентрации элементов. Среднегеометрические значения содержания элементов на внутривидовом уровне сопоставимы со значениями других регионов, могут характеризовать вид и применяться при сравнительном анализе с другими растениями.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ морфологической изменчивости листа и чашечки растений рода *Dasiphora* показал, что менее изменчивыми и информативными параметрами для всех исследованных видов являются девять количественных – длина и ширина листочков и чашелистиков, расстояние от верхушки до самой широкой части конечной доли и наоборот, расстояние между парами листочков; три качественных параметра опушения – опушение верхней и нижней сторон листовой пластинки, опушение черешка для *D. flava*, *D. davurica*, *D. mandshurica* и *D. gorovoi*, и могут быть использованы для идентификации. Остальные параметры имеют высокую степень варьирования.

2. Исследование внутривидовой морфологической изменчивости листа и чашечки растений *D. fruticosa* показало, что наименьшей вариабельностью на индивидуальном уровне характеризуются восемь количественных и три качественных параметра опушения, на межпопуляционном уровне – 11 количественных параметров, а параметры опушения имеют высокий уровень изменчивости. Популяционные различия климатически обусловлены, влиянием климата можно объяснить 42–46% варьирования количественных признаков и 10–77% – параметров опушения.

3. Исследованы состав и содержание фенольных соединений растений шести таксонов рода *Dasiphora* методом ВЭЖХ, в экстрактах листьев и цветков обнаружены флавонолы и эллаговые соединения. Растениям каждого вида свойственен определенный набор фенольных соединений, специфичный по составу и содержанию, что может быть использовано при уточнении таксономической принадлежности. Гликозиды кверцетина, кемпферола и рамнетина присутствуют практически во всех таксонах, за исключением *D. parvifolia*, у которого не выявлены рамнетин и его производные.

4. Показано, что состав фенольного комплекса растений *D. fruticosa* на межпопуляционном уровне остается сходным, варьирование происходит за счет минорных компонентов. Содержание отдельных компонентов характеризуется высоким уровнем изменчивости, по суммарному признаку вариабельность снижается, при этом содержание фенольных соединений в цветках более стабильно, чем в листьях. По содержанию флавонолгликозидов выделено два типа популяций: с преобладанием производных кверцетина и кемпферола и отсутствием рамнетина, и популяции с тремя

гликозидами. Наиболее значимый вклад в накопление фенольных соединений *D. fruticosa* вносят факторы: продолжительность солнечного сияния в июне-июле, континентальность, низкая теплообеспеченность и относительная влажность.

5. Выявлено, что экстракты из листьев и цветков *D. fruticosa* проявляют значительную антиоксидантную активность, которая изменяется в зависимости от местообитания и определяется на 21–43% концентрацией эллаговых соединений, суммарным содержанием фенольных соединений, флавонолов, авикулярина и гликозидов рамнетина.

6. Установлено, что состав и содержание фенольных соединений в листьях трех видов рода *Dasiphora* изменяется по фазам вегетации. Более существенные изменения отмечены в листьях *D. fruticosa*, менее существенные – *D. davurica*. Максимум суммарного содержания фенольных соединений, флавонолгликозидов и гликозида эллаговой кислоты отмечен в листьях *D. fruticosa* в фазах цветения и плодоношения. Наиболее перспективным видом в условиях культуры юга Амурской области для использования в качестве растительного сырья является *D. fruticosa*.

7. Повышенное суммарное содержание фенольных соединений, эллаговых соединений и гликозидов кверцетина выявлено у сортов *D. fruticosa* «Kobold» и «Tangerine», гликозидов кемпферола и рамнетина – у сорта *D. fruticosa* «White moon». Отмечена связь состава и содержания фенольных соединений в листьях и цветках трех сортов с цветовой гаммой венчика.

8. Определено содержание 21 макро- и микроэлемента в надземных органах растений рода *Dasiphora*. Каждому исследованному виду рода свойственны определенные концентрации элементов. По максимальному содержанию Ti, V, Co, Ni, Cu, Zr и Nb в надземных органах выделяется *D. fruticosa*, Zr, Fe, Se и Cr – *D. parvifolia*, Mn, Sr, Br и Mo – *D. mandshurica*, Mn, Zn, Rb, Y, Ti, Pb и Br – *D. gorovoi*, Cu и Rb – *D. flava*.

#### СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Храмова, Е. П. Элементный состав видов рода *Pentaphylloides* (Rosaceae) Дальнего Востока России / Е. П. Храмова, О. В. Чанкина, **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, Я. В. Ракшун, Д. С. Сороколетов // Известия РАН. Серия физическая. – 2015. – Т. 79. – № 1. – С. 77–83. DOI:10.7868/S0367676515010172

2. **Andysheva, E. V. (Shidlo, E. V.)**. Element composition of *Pentaphylloides fruticosa* of the Russian Far East and East Siberia / **E. V. Andysheva (E. V. Shidlo)**, O. V. Chankina, E. P. Khramova, Ya. V. Rakshun, D. S. Sorokoletov // Physics Procedia. – 2016. – V. 84. – P. 263–269. DOI:10.1016/j.phpro.2016.11.045

3. **Andysheva, E. V. (Shidlo, E. V.)**. Phenolic compounds of *Dasiphora fruticosa* plants from natural populations in the south of the Russian Far East / **E. V. Andysheva (E. V. Shidlo)**, E. P. Khramova // BIO Web Conferences. – 2020. – V. 24. – P. 1–5. DOI:10.1051/bioconf/20202400002

4. **Andysheva, E. V. (Shidlo, E. V.)**. A chemotaxonomic study of phenolic compounds in the species of the genus *Dasiphora* (Rosaceae) from the Russian Far East and Eastern Siberia / **E. V. Andysheva (E. V. Shidlo)**, E. P. Khramova // Botanica Pacifica. – 2020. – 9(1): 77–83. DOI:10.17581/bp.2020.09103

5. **Андышева, Е. В. (Шидло, Е. В.)**. Фенольные соединения *Dasiphora davurica* в зависимости от фазы развития / **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, Е. П. Храмова // Химия растительного сырья. – 2022. – № 3. – С. 119–125. DOI:10.14258/jcprm.20220310986

6. **Andysheva, E. V. (Shidlo, E. V.).** Interspecific variability in morphological characters of species of the genus *Dasiphora* in Northeast Asia / **E. V. Andysheva (E. V. Shidlo)**, D. E. Kislov // *Botanica Pacifica*. – 2022. – 11(2): 25–31. DOI:10.17581/bp.2022.11202
7. **Андышева, Е. В. (Шидло, Е. В.).** Динамика содержания фенольных соединений в листьях *D. mandshurica* в условиях культуры / **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, Е. П. Храмова // *Химия растительного сырья*. – 2023. – № 2. – С. 153–161. DOI:10.14258/jcprm.20230211452
8. Храмова, Е. П. Фенольные соединения видов рода *Pentaphylloides* (Rosaceae) Дальнего Востока / Е. П. Храмова, **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)** // *Растительный мир Азиатской России*. – 2014. – № 2(14). – С. 65–70.
9. **Андышева, Е. В. (Шидло, Е. В.).** Состав и содержание фенольных соединений *Pentaphylloides fruticosa* из Амурской области / **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, Е. П. Храмова // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. – 2014. – № 4. – С. 38.
10. Храмова, Е. П. Сравнительное изучение фенольных соединений *Pentaphylloides fruticosa* Дальнего Востока и Забайкальского края / Е. П. Храмова, **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)** // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. – 2014. – № 4. – С. 68–69.
11. **Андышева, Е. В. (Шидло, Е. В.).** Сравнительное изучение фенольных соединений сортов *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) / **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, Е. П. Храмова // *Растительный мир Азиатской России*. – 2015. – № 2(18). – С. 27–31.
12. **Андышева, Е. В. (Шидло, Е. В.).** Сезонная динамика содержания фенольных соединений в листьях *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) при интродукции на юге Амурской области / **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, Е. П. Храмова // *Растительные ресурсы*. – 2016. – Т. 52. – № 2. – С. 272–281.
13. **Андышева, Е. В. (Шидло, Е. В.).** Сравнительное изучение фенольных соединений в листьях *Dasiphora gorovoi* (Rosaceae) в природе и интродукции / **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, Е. П. Храмова, П. В. Крестов // *Растительные ресурсы*. – 2018. – Т. 54. – № 1. – С. 129–139.
14. **Андышева, Е. В. (Шидло, Е. В.).** Сравнительный анализ элементного состава представителей рода *Dasiphora* из Приморского края и Республики Бурятия / **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, О. В. Чанкина, Е. П. Храмова, П. В. Крестов, Я. В. Ракшун, Д. С. Сороколетов // *Сибирский физический журнал*. – 2019. – Т. 14. – № 4. – С. 103–117. DOI:10.25205/2541-9447-2019-14-4-103-117
15. **Андышева, Е. В. (Шидло, Е. В.).** Морфологические и биохимические особенности рода *Dasiphora* (Rosaceae) Российского Дальнего Востока и Байкальской Сибири / **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, Е. П. Храмова, П. В. Крестов // *Комаровские чтения*. – 2016. – Вып. LXIV. – С. 72–100.
16. **Андышева, Е. В. (Шидло, Е. В.).** Содержание фенольных соединений и антиоксидантная активность *Dasiphora fruticosa* из природных популяций Верхнего Приамурья / **Е. В. Андышева (Е. В. Шидло)**, Т. М. Шалдаева, Е. П. Храмова // *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. – 2017. – № 18. – С. 1–7. DOI:10.17581/bbgi1801