

УДК 577.13:582.711.71:571.61

## ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ *DASIPHORA DAVURICA* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ

© *Е.В. Андышева*<sup>1\*</sup>, *Е.П. Храмова*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН,  
2-й км Игнатьевского шоссе, Благовещенск, 675000 (Россия),  
e-mail: lenok-luchik@mail.ru

<sup>2</sup> Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская,  
101, Новосибирск, 630090 (Россия)

В статье представлены результаты сезонного изменения фенольного состава и содержания в листьях *Dasiphora davurica* при интродукции на юге Амурской области. Анализ фенольных соединений выполнен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Выделены и идентифицированы пять флавонолгликозидов – гиперозид, изокверцитрин, рутин, авикулярин, кверцитрин, один агликон – кверцетин, а также эллаговая кислота и ее гликозид. Установлено, что фенольный состав *D. davurica* постоянен, варьирование происходит за счет минорных компонентов. Максимальное число фенольных компонентов (21) установлено в период формирования молодых листьев и периоды массового и окончания цветения. Наибольшее суммарное содержание фенольных соединений в листьях *D. davurica* установлено в фазе массовой бутонизации (24.3 мг/г), флавонолов – в период начала цветения (15.2 мг/г). Гликозиды кверцетина, кемпферола и рамнетина обнаружены во всех фазах развития. Максимум флавонолгликозидов установлен в фазах бутонизации, начала и массового цветения, агликонов (кверцетина) – в начале вегетации и конце цветения. Выявлены факты несовпадения динамики накопления гликозидов и их агликонов. Содержание большинства отдельных фенольных компонентов максимально в зрелых листьях в фазах цветения и плодоношения. Авикулярин является преобладающим гликозидом в течение всего вегетационного сезона. Эллаговая кислота в наибольшем количестве обнаружена в зрелых листьях, а ее гликозид – в молодых.

*Ключевые слова:* Rosaceae, *Dasiphora davurica*, фенольные соединения, сезонная динамика, Амурская область, ВЭЖХ.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада-института ДВО РАН (FWFR-2022-0010) и Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (проект АААА-А21-121011290025-2).*

### Введение

Курильский чай даурский *Dasiphora davurica* (Nestl.) Ikonn. (syn.: *Pentaphylloides davurica* (Nestl.) Kom.) из семейства Rosaceae Juss. [1–4] является типичным маньчжуро-даурским, горностепным видом, который распространен на Северо-Востоке Китая, в Восточной Сибири, на российском Дальнем Востоке встречается на юге Приморского края [5, 6]. Растет на скалах, часто известняковых, каменистых россыпях, в долинах рек, на сырых лугах. Светолюбивый, ксеромезофит, микротерм, мезотроф, кальцефил [7]. Более известен другой представитель рода *Dasiphora* – курильский чай кустарниковый (*Dasiphora fruticosa*) благодаря биохимическому составу и фармакологическим эффектам. *D. davurica* остается практически не изученным видом в биохимическом плане. Тем более нет сведений по изучению сезонной динамики накопления фенольных соединений *D. davurica* в условиях культуры. В настоящее время в литературе имеются сведения о накоплении фенольных соединений *D. davurica* в природных условиях российского Дальнего Во-

стока [8, 9] и интродукционных условиях Западной Сибири [10]. При этом известно, что фаза развития растения, его генотип, условия произрастания и другие факторы определяют состав и накопление фенольных соединений [11–17].

*Андышева Елена Владимировна* – научный сотрудник,  
e-mail: lenok-luchik@mail.ru

*Храмова Елена Петровна* – доктор биологических наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории фитохимии,  
e-mail: khramova@ngs.ru

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Цель работы – изучение сезонной динамики содержания фенольных соединений в листьях *Dasiphora davurica* в условиях выращивания на юге Амурской области.

### Экспериментальная часть

Исследования проводились на базе «Коллекции генетических ресурсов растений Амурского филиала Ботанического сада-института ДВО РАН» в г. Благовещенске. Материалом служили образцы *D. davurica* 2-го года жизни, выращенные на территории сада и собранные с апреля по июль, начиная с периода набухания почек и заканчивая периодом массового формирования семян (табл. 1).

Для определения содержания фенольных соединений (суммарного содержания, по группам и отдельным компонентам) брали среднюю пробу с 30 особей в каждую стадию вегетационного периода. Годичные облиственные побеги длиной 15–20 см срезали равномерно по поверхности кроны, отделяли листья и высушивали их до воздушно-сухого состояния. Точную навеску растительного материала (1.000 г) экстрагировали 82%-ным этанолом на водяной бане при температуре 60–70 °С с обратным холодильником в три приема: заливали 35 мл, 30 и 25 мл 82%-ного спирта и исчерпывающе экстрагировали [18]. После тройного экстрагирования измеряли общий объем, который обычно составлял около 70 мл. Одновременно брали точную навеску (1.000 г) для определения влажности в образце для пересчета на массу абсолютно сухого сырья [18].

Водно-этанольный экстракт (1 мл) разбавляли бидистиллированной водой до объема 5 мл и пропускали через концентрирующий патрон Диапак С16 (ЗАО «БиоХимМак») для освобождения от примесей гидрофильной природы. Флавонолгликозиды экстрагировали с патрона небольшим количеством 70%-ного этанола, агликоны – 96%-ного этанола. Элюаты объединяли, измеряли объем, который обычно составлял 5–8 мл, и пропускали через мембранный фильтр с диаметром пор 0.45 мкм.

Анализ фенольных соединений изученных образцов выполняли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе Agilent 1200 (Agilent Technologies, США) с диодно-матричным детектором, автосамплером и программным обеспечением обработки хроматографических данных ChemStation. Условия разделения: колонка Zorbax SB-C18, 4.6 × 150 мм, 5 мкм. Изократическое элюирование в системе метанол – 0.1% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (31 : 69) в течение 27 мин. Хроматографический анализ проводили в режиме градиентного элюирования. В подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0.1%) изменялось от 33 до 46% за 11 мин, затем от 46 до 56% за следующие 12 мин и от 56 до 100% за 4 мин. Скорость потока элюента – 1 мл/мин. Температура колонки – 26 °С. Объем вводимой пробы – 5 мкл. Аналитические длины волн – 254, 270, 290, 340, 360 и 370 нм.

Количественное определение индивидуальных компонентов в образцах *D. davurica* проводили по методу внешнего стандарта. Для приготовления стандартных образцов использовали образцы кверцетина, кемпферола, рамнетина, изокверцитрина, гиперозида, кверцитрина и авикулярина («Fluka» и «Sigma»). Стандартные растворы готовили в концентрации 10 мкг/мл в метиловом спирте.

Суммарное содержание фенольных соединений оценивали по сумме площадей хроматографических пиков при  $\lambda=360$  нм, так как для многих наиболее активных флавоноидов максимумы поглощения находятся в длинноволновой области (362±14 нм), что позволяет легко отличить их от других классов веществ.

Из-за отсутствия доступных стандартных образцов и сложных условий разделения для определения содержания флавонолгликозидов в экстрактах из листьев *D. davurica* методом ВЭЖХ проводили анализ свободных агликонов, образующихся после кислотного гидролиза соответствующих гликозидов. Для проведения кислотного гидролиза к 0.5 мл водно-этанольного экстракта прибавляли 0.5 мл HCl (2 н) и нагревали на кипящей водяной бане в течение 2 ч. После охлаждения разбавленный экстракт пропускали через концентрирующий патрон, агликоны экстрагировали 96%-ным этанолом. Далее проводили хроматографический анализ в режиме градиентного элюирования. В подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0.1%) изменялось от 45 до 48% за 18 мин. Суммарное содержание флавонолгликозидов (отдельно гликозидов кверцетина, кемпферола и рамнетина) в образцах рассчитывали по содержанию свободных агликонов, образующихся после кислотного гидролиза, применяя известные из литературных данных коэффициенты для пересчета концентрации агликсона на соответствующий гликозид со средней молекулярной массой 756: для кверцетина – 2.504, для кемпферола – 2.588 [19, 20]. Как отмечает Т.А. van Beek с соавторами [19], такой расчет истинного содержания гликозидов несколько завышен (примерно на 24%), так как многие флавонолгликозиды обладают более низкой молекулярной массой и в анализируемых образцах присутствуют свободные агликоны. Однако поскольку используется один и тот же метод расчета, то это позволяет определять содержание флавонолгликозидов без идентификации каждого компонента. Пересчет концентрации рамнетина на соответствующий гликозид проводили по кверцетину. Результаты количественного анализа фенольных соединений представлены в виде среднего результата и стандартного отклонения.

Таблица 1. Фенофазы *D. davurica* в условиях выращивания в Амурской области

Фаза	Период
Вегетация	I – период набухания почек (сбор образцов 24 апреля)
	II – период формирования листьев, когда листовые пластинки приняли присущую им форму, но не достигли нормального размера (сбор образцов 19 мая)
Бутонизация	III – начало бутонизации (сбор образцов 3 июня)
	IV – массовая бутонизация (сбор образцов 10 июня)
Цветение	V – начало цветения (сбор образцов 17 июня)
	VI – массовое цветение (сбор образцов 24 июня)
	VII – конец цветения (сбор образцов 30 июня)
Плодоношение	VIII – начало плодоношения (сбор образцов 7 июля)
	IX – массовое плодоношение (сбор образцов 14 июля)

### Обсуждение результатов

В водно-этанольных экстрактах из листьев *D. davurica* в течение сезонного развития установлено содержание не менее 22 соединений фенольной природы (табл. 2). На основании полученных спектральных данных (УФ-спектроскопии) и сопоставления времен удерживания пиков веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временем удерживания пиков стандартных образцов установлены пять флавонолгликозидов – гиперозид, изокверцитрин, рутин, авикулярин, кверцитрин, один агликон – кверцетин, а также эллаговая кислота и ее гликозид. Остальные компоненты (1–3, 10, 12–13, 15–22) не идентифицированы, но в процессе хроматографирования в режиме online были зарегистрированы УФ-спектры некоторых из них. Для неидентифицированных компонентов характерно поглощение в УФ-видимой области спектра, при этом спектр поглощения содержит две полосы, одна из которых находится в коротковолновой (250–290 нм) части – полоса II, другая – в более длинноволновой (340–380 нм) – полоса I. На основании этих данных компоненты отнесены к флавоноидным структурам.

Установлено, что по мере развития растений *D. davurica* фенольный состав в листьях менялся. Так, наименьшее количество компонентов (17) обнаружено в почках растений, а наибольшее число компонентов (21) в период формирования молодых листьев и в периоды массового и окончания цветения (табл. 2).

Наблюдалось изменение в суммарном содержании фенольных соединений в листьях *D. davurica* на протяжении вегетационного сезона. Максимальное суммарное содержание фенольных соединений в течение вегетационного периода приходилось на период массовой бутонизации и составляло 24.3 мг/г, наименьшее отмечено в фазе вегетации в период набухания почек и составляло 13.5 мг/г. В период формирования молодых листьев содержание фенольных соединений возрастало до 22.2 мг/г, что, возможно, связано с усиленным ростом и развитием растения в данный период, в частности, развитием листовой пластинки. В фазах цветения и плодоношения, начиная с начала цветения и до массового формирования семян, отмечены незначительные колебания суммы фенольных соединений в диапазоне от 22.6 до 23.9 мг/г (табл. 2). В целом, в листьях *D. davurica* в условиях культуры содержание фенольных соединений в течение вегетации изменялось незначительно, за исключением периода набухания почек, где концентрация минимальна и ниже в 1.6–1.8 раз по сравнению с другими периодами развития.

Доля флавонолов в суммарном содержании фенольных соединений в листьях *D. davurica* в течение вегетационного сезона составляет от 43 до 67%, при этом максимальная доля флавонолов установлена в период начала цветения, а наименьшая – в период начала плодоношения. Более высокое содержание флавонолов отмечено в период начала цветения (15.2 мг/г), а наименьшее – в период набухания почек (8.2 мг/г) (табл. 2).

Поскольку не все соединения идентифицированы, то для определения суммы флавонолгликозидов по отдельности проведен кислотный гидролиз. В результате анализа гидролизатов водно-этанольных растительных экстрактов из листьев *D. davurica* выявлено три агликона – кверцетин, кемпферол и рамнетин. Установлено преобладание гликозидов кверцетина, содержание которых варьирует от 6.5 до 12.6 мг/г, содержание гликозидов рамнетина находится в диапазоне от 1.2 до 2.6 мг/г, гликозиды кемпферола отмечены в минорных количествах от 0.3 до 0.8 мг/г (табл. 2). При этом доля производных кверцетина значительна в течение всего вегетационного периода и составляет 76–84% по сравнению с долями производных кемпферола 3–6% и рамнетина 11–20%. Установлено, что доля производных рамнетина – 20% максимальна в период массового цветения по сравнению с другими фазами вегетации. При этом следует отметить, что в этот период вегетации доля производных кверцетина снижается до своего минимума и достигает 76% (табл. 2).

Таблица 2. Содержание фенольных соединений (по компонентам, суммарное и по группам) в листьях *D. davurica* (мг/г абсолютно сухого сырья)

Фенольное соединение	Время выхода соединения, мин.	Фенофаза								
		Вегетация		Бутонизация		Цветение			Плодоношение	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Компонент 1	10.08	0.16±0.00	0.13±0.00	0.27±0.00	0.27±0.00	0.14±0.00	0.23±0.00	0.13±0.00	– <sup>1</sup>	–
Компонент 2	11.26	–	0.15±0.00	–	0.21±0.00	–	0.19±0.00	0.24±0.00	–	–
Компонент 3	13.49	0.43±0.00	0.76±0.01	0.44±0.00	–	0.23±0.00	0.35±0.00	0.39±0.00	0.59±0.01	0.53±0.01
Гиперозид	17.03	0.55±0.01	0.38±0.00	0.36±0.00	0.40±0.00	0.79±0.01	0.53±0.01	0.24±0.00	0.66±0.01	0.86±0.01
Изокверцитрин	17.76	0.41±0.00	0.63±0.01	0.61±0.01	0.54±0.01	0.16±0.00	0.58±0.01	1.11±0.01	1.15±0.01	0.73±0.01
Рутин	19.27	–	0.48±0.01	0.14±0.00	0.14±0.00	–	0.16±0.00	0.18±0.00	0.29±0.00	0.14±0.00
Эллаговая кислота	20.46	6.59±0.07	9.13±0.10	10.96±0.12	6.91±0.08	11.43±0.1	10.19±0.1	11.49±0.1	9.27±0.10	10.48±0.1
Гликозид эллаговой кислоты	20.66	2.15±0.02	4.24±0.05	3.16±0.03	9.70±0.11	2.93±0.03	2.77±0.03	4.12±0.04	5.13±0.06	4.22±0.05
Авикулярин	26.18	0.88±0.01	1.07±0.01	1.55±0.02	1.46±0.02	1.78±0.02	1.94±0.02	1.17±0.01	1.04±0.01	1.20±0.01
Компонент 10	26.78	0.61±0.01	1.77±0.02	1.01±0.01	1.26±0.02	1.48±0.02	1.18±0.01	1.44±0.02	1.50±0.02	1.42±0.02
Кверцитрин	28.33	0.16±0.00	0.48±0.01	0.26±0.00	0.29±0.00	0.45±0.00	0.53±0.01	0.37±0.00	0.20±0.00	0.17±0.00
Компонент 12	35.59	0.12±0.00	0.19±0.00	1.02±0.01	0.27±0.00	0.31±0.00	0.28±0.00	0.28±0.00	0.45±0.00	0.41±0.00
Компонент 13	36.59	0.13±0.00	0.56±0.01	–	0.69±0.01	0.62±0.01	0.39±0.00	0.64±0.01	0.55±0.01	0.61±0.01
Кверцетин	39.67	0.08±0.00	0.08±0.00	0.07±0.00	0.07±0.00	0.07±0.00	0.06±0.00	0.06±0.00	0.07±0.00	0.08±0.00
Компонент 15	41.39	0.13±0.00	0.29±0.00	0.19±0.00	0.26±0.00	0.35±0.00	0.37±0.00	0.19±0.00	0.13±0.00	–
Компонент 16	43.73	–	–	–	–	0.33±0.00	–	–	–	–
Компонент 17	45.29	0.29±0.00	0.31±0.00	0.31±0.00	0.32±0.00	–	0.40±0.00	0.34±0.00	0.37±0.00	0.32±0.00
Компонент 18	46.44	–	0.13±0.00	0.18±0.00	0.15±0.00	0.15±0.00	0.16±0.00	0.21±0.00	0.14±0.00	0.17±0.00
Компонент 19	46.77	0.41±0.00	0.75±0.01	0.52±0.01	0.59±0.01	0.45±0.00	0.80±0.01	0.35±0.00	0.60±0.01	0.51±0.01
Компонент 20	48.82	0.22±0.00	0.32±0.00	0.32±0.00	0.48±0.01	0.35±0.00	0.43±0.00	0.51±0.01	0.35±0.00	0.49±0.01
Компонент 21	49.46	0.14±0.00	0.20±0.00	0.16±0.00	0.21±0.00	0.27±0.00	0.18±0.00	0.14±0.00	–	0.18±0.00
Компонент 22	51.45	–	0.13±0.00	0.16±0.00	0.11±0.00	0.30±0.00	0.16±0.00	0.30±0.00	0.15±0.00	0.30±0.00
Сумма фенольных соединений		13.5±0.15	22.2±0.24	21.7±0.24	24.3±0.27	22.6±0.25	21.9±0.24	23.9±0.26	22.7±0.25	22.8±0.25
Сумма флавонолов <sup>2</sup>		8.2±0.1	11.2±0.1	13.2±0.1	13.7±0.2	15.2±0.2	13.2±0.1	12.3±0.1	9.8±0.1	11.9±0.1
Число компонентов		17	21	19	20	19	21	21	18	18
В том числе гликозиды:										
кверцетина		6.5±0.1	9.2±0.1	10.6±0.1	11.3±0.1	12.6±0.1	10.0±0.1	10.1±0.1	8.1±0.1	9.7±0.1
кемпферол		0.4±0.0	0.3±0.0	0.8±0.0	0.8±0.0	0.7±0.0	0.5±0.0	0.6±0.0	0.3±0.0	0.5±0.0
рамнетина		1.2±0.0	1.7±0.0	1.8±0.0	1.5±0.0	1.8±0.0	2.6±0.0	1.5±0.0	1.3±0.0	1.7±0.0
Доля флавонолов		61	51	61	56	67	60	51	43	52
Соотношение кверцетина : кемпферол : рамнетина		81 : 5 : 15	82 : 3 : 15	80 : 6 : 14	83 : 6 : 11	84 : 4 : 12	76 : 4 : 20	83 : 5 : 13	83 : 3 : 14	82 : 4 : 14

Примечание: <sup>1</sup>Прочерк означает, что содержание компонента находится ниже предела обнаружения (0.1 мг/г); <sup>2</sup> – суммарное содержание флавонолов представляет сумму флавонолгликозидов и свободных агликонов.

В течение вегетационного сезона в динамике гликозидов кверцетина, кемпферол и рамнетина отмечены по два максимума: первый – в фазе бутонизации, второй – в фазе цветения. Наибольшее содержание производных кверцетина отмечено в период начала цветения и составляет 12.6 мг/г, производных кемпферол в фазе бутонизации – 0.8 мг/г, а производных рамнетина в период массового цветения – 2.6 мг/г. Минимум производных кверцетина – 6.5 мг/г и производных рамнетина – 1.2 мг/г установлен в период набухания почек, а производных кемпферол – 0.3 мг/г в периоды формирования молодых листьев и начала плодоношения (табл. 2).

Динамика накопления свободных форм кверцетина в водно-этанольных экстрактах оказалась иной по сравнению с его гликозидами. Отмечено несовпадение динамик гликозидов кверцетина и свободной формы кверцетина, что может свидетельствовать об их взаимопревращениях (рис. 1). Выявлено два максимума содержания свободного кверцетина в течение сезона: в начале вегетации в молодых энергично развивающихся листьях – 0.08 мг/г и в зрелых листьях в период массового плодоношения – 0.08 мг/г (табл. 2, рис. 1). Два других флавоноловых агликона – кемпферол и рамнетин в свободной форме не обнаружены.

Анализ водно-этанольного экстракта из листьев *D. davurica* в течение вегетационного периода показал, что содержание большинства выделенных компонентов отмечено в минорных количествах, при этом

максимальные концентрации неравномерно распределены в течение всего вегетационного сезона, как правило, с преобладанием в фазах цветения и плодоношения (табл. 2). Так, в фазах цветения и плодоношения в большей мере накапливались гиперозид (0.79 и 0.86 мг/г соответственно), изокверцитрин (1.11 и 1.15 мг/г соответственно). Наибольшее накопление авикулярина (1.94 мг/г), кверцитрина (0.53 мг/г) и компонента 19 (0.80 мг/г) установлено в период массового цветения. Содержание рутина максимально в период формирования молодых листьев (0.48 мг/г), а в периоды набухания почек и начала цветения он не обнаружен. В течение всего вегетационного сезона отмечено повышенное содержание компонента 10, при максимуме в период формирования молодых листьев (1.77 мг/г). Наибольшее накопление компонента 12 (1.02 мг/г) отмечено в период массового формирования бутонов, компонента 20 – в период окончания цветения. Компонент 1 полностью не установлен в фазе плодоношения, а компонент 2 не установлен в начальных периодах вегетации, бутонизации, цветения и полностью в фазе плодоношения. Также ряд компонентов не выявлен только единожды в течение всего вегетационного периода. Так, компонент 3 не установлен в период массовой бутонизации, а компонент 13 – в период начала формирования бутонов. Компонент 15 не выявлен в период массового плодообразования, компонент 17 в период начала цветения, компоненты 18 и 22 в период набухания почек, а компонент 21 в период начала формирования плодов. Компонент 16 установлен только в период начала цветения (табл. 2).

Установлено, что содержание эллаговой кислоты максимально в периоды начала (11.4 мг/г) и окончания цветения (11.5 мг/г), при значительном снижении в эти фазы содержания гликозида эллаговой кислоты (2.7 и 4.1 мг/г соответственно). Наибольшее накопление гликозида эллаговой кислоты установлено в период массовой бутонизации (9.7 мг/г), при сравнительно невысоком накоплении эллаговой кислоты (6.9 мг/г) в этот период. Следует отметить, что в начале вегетационного сезона в период набухания почек содержание эллаговой кислоты и ее гликозида минимально (6.6 мг/г и 2.2 мг/г соответственно) (табл. 2, рис. 2).

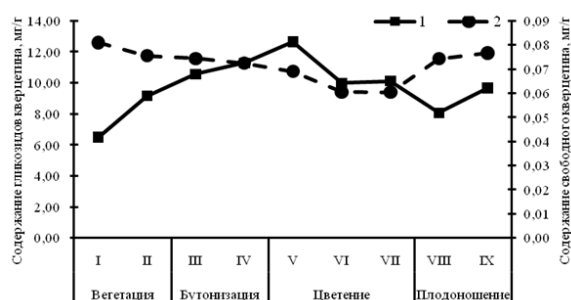


Рис. 1. Динамика накопления гликозидов кверцетина (1) и свободного кверцетина (2) в листьях *D. davurica*. По горизонталям – фазы вегетации. По вертикалям – содержание гликозидов кверцетина (левая ось), содержание свободного кверцетина (правая ось), мг/г абсолютно сухого сырья

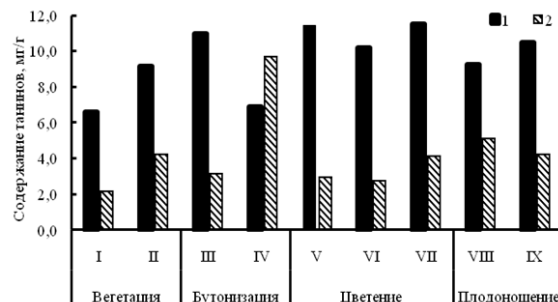


Рис. 2. Динамика накопления танинов в листьях *D. davurica*. 1 – эллаговая кислота, 2 – гликозид эллаговой кислоты. По горизонтали – фазы вегетации. По вертикали – содержание танинов, мг/г абсолютно сухого сырья

## Выводы

В листьях *D. davurica* установлено 22 фенольных соединения. Идентифицированы пять флавонолгликозидов – гиперозид, изокверцитрин, рутин, авикулярин, кверцитрин, один агликон – кверцетин, а также эллаговая кислота и ее гликозид. Состав фенольных соединений, в целом, постоянен, варьирование в течение вегетационного сезона происходит за счет минорных компонентов. Более высокое суммарное содержание фенольных соединений в листьях *D. davurica* установлено в фазе массовой бутонизации, флавонолов – в период начала цветения (15.2 мг/г). Содержание большинства индивидуальных фенольных компонентов максимально в зрелых листьях в фазах цветения и плодоношения. Максимум содержания флавонолгликозидов отмечен в фазах бутонизации и цветения, агликонов (кверцетина) – в начале вегетации и в зрелых листьях в период массового плодоношения. Отмечены факты несовпадения динамики накопления гликози-

дов кверцетина и агликонов кверцетина во всех фазах вегетации за исключением периода массовой бутонизации. Производные кверцетина преобладают в фазе цветения, производные рамнетина и кемпферола – в фазе бутонизации. Установлено, что эллаговая кислота преимущественно накапливается в зрелых листьях в периоды начала и окончания цветения, а ее гликозид в молодых листьях – в период массовой бутонизации.

### Список литературы

1. Комаров В.Л., Клобукова-Алисова Е.Н. Определитель растений Дальневосточного края. Ленинград, 1932. 1175 с.
2. Курбатский В.И. *Pentaphylloides* Duhamel – Пятилистник // Флора Сибири. Новосибирск, 1988. Т. 8. С. 36–38.
3. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.
4. Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск, 2012. 640 с.
5. Соколов С.Я., Связева О.А., Кублин В.А., Соколова Ю.Д., Мусаева И.Ф., Ловелиус О.Л. Ареалы деревьев и кустарников СССР. Ленинград, 1980. Т. 2. 144 с.
6. Lingdi L., Cuizhi G., Chaoluan L., Alexander C., Bartholomew B., Brach A.R., Boufford D.E., Ikeda H., Ohba H., Robertson K.R., Spongberg S.A. Flora of China (Rosaceae). Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis., 2003. Vol. 9. Pp. 46–434.
7. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск, 2002. 707 с.
8. Храмова Е.П., Андышева Е.В. Фенольные соединения видов рода *Pentaphylloides* (Rosaceae) Дальнего Востока // Растительный мир Азиатской России. 2014. №2. С. 65–70.
9. Andysheva E.V., Khramova E.P. A chemotaxonomic study of phenolic compounds in the species of the genus *Dasiphora* (Rosaceae) from the Russian Far East and Eastern Siberia // Botanica Pacifica. 2020. Vol. 9. N1. Pp. 77–83. DOI: 10.17581/bp.2020.09103.
10. Храмова Е.П. Хемотаксономическое исследование сибирских видов рода *Pentaphylloides* Hill. // Turczaninowia. 2013. Т. 16. №4. С. 55–62. DOI: 10.14258/turczaninowia.16.4.10.
11. Минаева В.Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск, 1978. 253 с.
12. Chaves N., Escudero J.C., Gutierrez-Merino C. Role of ecological variables in the seasonal variation of flavonoids content of *Cistus ladanifer* exudates // Journal of Chemical Ecology. 1997. Vol. 23. N3. Pp. 579–603.
13. Riipi M., Ossipov V., Lempa K., Haukioja E., Koricheva J., Ossipova S., Pihlaja K. Seasonal changes in birch leaf chemistry: are there trade-offs between leaf growth and accumulation of phenolic // Oecologia. 2002. Vol. 130. N3. Pp. 380–390.
14. Berini J.L., Brockman S.A., Hegeman A.D., Reich P.B., Muthukrishnan R., Montgomery R.A., Forester J.D. Combinations of abiotic factors differentially alter production of plant secondary metabolites in five woody plant species in the boreal-temperate transition zone // Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. 1257. DOI: 10.3389/fpls.2018.01257.
15. Liu W., Wang D., Hou X., Yang Y., Xue X., Jia Q., Zhang L., Zhao W., Yin D. Effects of growing location on the contents of main active components and antioxidant activity of *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb. by chemometric methods // Chemistry and Biodiversity. 2018. Vol. 15. N7. e1800114. DOI: 10.1002/cbdv.201800114.
16. Yang L., Wen K.S., Ruan X., Zhao Y.X., Wei F., Wang Q. Response of plant secondary metabolites to environmental factors // Molecules. 2018. Vol. 23. 762. DOI: 10.3390/molecules23040762.
17. Isah T. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production // Biological Research. 2019. Vol. 52. 39. DOI: 10.1186/s40659-019-0246-3.
18. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. 3-е изд. Ленинград, 1987. 430 с.
19. Van Beek T.A. Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts // Journal of Chromatography A. 2002. Vol. 967. N1. Pp. 21–55. DOI: 10.1016/S0021-9673(02)00172-3.
20. Юрьев Д.В., Эллер К.И., Арзамасцев А.П. Анализ флавонолгликозидов в препаратах и БАД на основе экстракта *Ginkgo biloba* // Фармация. 2003. №2. С. 7–10.

Поступила в редакцию 11 февраля 2022 г.

После переработки 4 марта 2022 г.

Принята к публикации 5 марта 2022 г.

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

*Andysheva E.V.*<sup>1\*</sup>, *Khramova E.P.*<sup>2</sup> PHENOLIC COMPOUNDS *DASIPHORA DAVURICA* DEPENDING ON THE PHASE DEVELOPMENT

<sup>1</sup> Amur Branch of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2nd km of Ignatievsky highway, Blagoveshchensk, 675000 (Russia), e-mail: lenok-luchik@mail.ru

<sup>2</sup> Central Siberian Botanical Garden SB RAS, ul. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090 (Russia)

Results of seasonal changes of phenolic compounds are presented in the article for leaves of *Dasiphora davurica* grown in culture of the south of the Amur region. The phenolic compounds were analyzed by the method of a high-performance liquid chromatography. Five glycosides of flavonol (hyperoside, isoquercitrin, rutin, avicularin, quercitrin), one aglycone (quercetin) and tannins (ellagic acid and its glycoside) were found. It was found that phenolic composition of *D. davurica* is constant, but the changes of qualitative composition occur at the expense of minor compounds. The largest number of phenolic components (21) was established in stage the period of full isolation of leaves and periods of mass and the ending of a blossoming. A higher total content of phenolic compounds in leaves of *D. davurica* was established in the stages of mass budding (24,3 mg/g). A higher of total flavonols was found in the stages of formation of the first flowers (15,2 mg/g). Quercetin, kaempferol, rhamnatin glycosides were found in all stages of development. The largest glycosides of flavonols was found in the phase of the budding, in the stage of the beginning and mass blossoming with aglycones (quercetin) at the beginning of vegetation and the ending of a blossoming. A fact of contrariety of the dynamics of accumulation of glycosides and their aglycones was revealed. A higher content of most individual phenolic compounds was found in mature leaves in the flowering and fruiting phases. Avicularin is the predominant glycoside during the growing season. Ellagic acid dominated in mature tissues whereas ellagic acid glycoside was the predominant in young leaves.

**Keywords:** Rosaceae, *Dasiphora davurica*, phenolic compounds, HPLC, seasonal dynamics, Amur oblast.

**References**

1. Komarov V.L., Klobukova-Alisova Ye.N. *Opredelitel' rasteniy Dal'nevostochnogo kraya*. [Key to plants of the Far Eastern Territory]. Leningrad, 1932, 1175 p. (in Russ.).
2. Kurbatskiy V.I. *Flora Sibiri*. [Flora of Siberia]. Novosibirsk, 1988, vol. 8, pp. 36–38. (in Russ.).
3. Cherepanov S.K. *Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR)*. [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)]. St. Petersburg, 1995, 992 p. (in Russ.).
4. *Konspekt flory Aziatskoy Rossii: Sosudistyye rasteniya* [Synopsis of the flora of Asiatic Russia: Vascular plants], ed. K.S. Baykov. Novosibirsk, 2012, 640 p. (in Russ.).
5. Sokolov S.Ya., Svyazeva O.A., Kublin V.A., Sokolova Yu.D., Musayeva I.F., Lovelius O.L. *Arealy derev'yev i kustarnikov SSSR*. [Areas of trees and shrubs of the USSR]. Leningrad, 1980, vol. 2, 144 p. (in Russ.).
6. Lingdi L., Cui Zhi G., Chaoluan L., Alexander C., Bartholomew B., Brach A.R., Boufford D.E., Ikeda H., Ohba H., Robertson K.R., Spongberg S.A. *Flora of China (Rosaceae)*. Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis., 2003, vol. 9, pp. 46–434.
7. Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N. *Drevesnyye rasteniya Aziatskoy Rossii*. [Woody plants of Asiatic Russia]. Novosibirsk, 2002, 707 p. (in Russ.).
8. Khramova Ye.P., Andysheva Ye.V. *Rastitel'nyy mir Aziatskoy Rossii*, 2014, no. 2, pp. 65–70. (in Russ.).
9. Andysheva E.V., Khramova E.P. *Botanica Pacifica*, 2020, vol. 9, no. 1, pp. 77–83. DOI: 10.17581/bp.2020.09103.
10. Khramova E.P. *Turezaninowia*, 2013, vol. 16, no. 4, pp. 55–62. DOI: 10.14258/turezaninowia.16.4.10. (in Russ.).
11. Minayeva V.G. *Flavonoidy v ontogeneze rasteniy i ikh prakticheskoye ispol'zovaniye*. [Flavonoids in plant ontogenesis and their practical use]. Novosibirsk, 1978, 253 p. (in Russ.).
12. Chaves N., Escudero J.C., Gutierrez-Merino C. *Journal of Chemical Ecology*, 1997, vol. 23, no. 3, pp. 579–603.
13. Riipi M., Ossipov V., Lempa K., Haukioja E., Koricheva J., Ossipova S., Pihlaja K. *Oecologia*, 2002, vol. 130, no. 3, pp. 380–390.
14. Berini J.L., Brockman S.A., Hegeman A.D., Reich P.B., Muthukrishnan R., Montgomery R.A., Forester J.D. *Frontiers in Plant Science*, 2018, vol. 9, 1257. DOI: 10.3389/fpls.2018.01257.
15. Liu W., Wang D., Hou X., Yang Y, Xue X., Jia Q., Zhang L., Zhao W., Yin D. *Chemistry and Biodiversity*, 2018, vol. 15, no. 7, e1800114. DOI: 10.1002/cbdv.201800114.
16. Yang L., Wen K.S., Ruan X., Zhao Y.X., Wei F., Wang Q. *Molecules*, 2018, vol. 23, 762. DOI: 10.3390/molecules23040762.
17. Isah T. *Biological Research*, 2019, vol. 52, 39. DOI: 10.1186/s40659-019-0246-3.
18. Yermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. *Metody biokhimitskogo issledovaniya rasteniy. 3-ye izd.* [Methods of biochemical research of plants. 3rd ed.]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).
19. Van Beek T.A. *Journal of Chromatography A*, 2002, vol. 967, no. 1, pp. 21–55. DOI: 10.1016/S0021-9673(02)00172-3.
20. Yur'yev D.V., Eller K.I., Arzamashev A.P. *Farmatsiya*, 2003, no. 2, pp. 7–10. (in Russ.).

Received February 11, 2022

Revised March 4, 2022

Accepted March 5, 2022

**For citing:** Andysheva E.V., Khramova E.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 3, pp. 119–125. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpr.20220310986.

\* Corresponding author.

