

УДК 635.71+615.322

Изучение состава фенольных соединений листьев инвазивного вида *Reynoutria sachalinensis*

Т.А. Кроль¹ , Д.Н. Балеев¹, В.И. Осипов¹

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», 117216, ул. Грина, д. 7, стр. 1, г. Москва, Россия, vilarii@mail.ru

Аннотация

Reynoutria sachalinensis представляет собой инвазивное многолетнее травянистое растение, относящиеся к семейству Polygonaceae. Данное растение богато фенольными соединениями, однако их состав в надземной части растения изучен недостаточно. Целью работы было изучение качественного состава фенольных соединений листьев *R. sachalinensis* методом ультра-эффективной жидкостной хроматографии в комбинации с фотодиодной и масс-спектрометрической регистрацией (УЭЖХ-ДД-МС). Образцы листьев собирали в начале июля с растений, ранее интродуцированных в Ботанический сад Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений (ФГБНУ ВИЛАР). В результате исследования в листьях *R. sachalinensis* были обнаружены 47 фенольных соединений, 38 из которых были идентифицированы. Гидролизуемые танины представлены только моногаллоил-глюкозой, тогда как состав конденсированных танинов был более разнообразным. Обнаружены димеры, тримеры и тетрамеры процианидина В-типа, димеры дигаллата процианидина В-типа, а также тримеры и тетрамер процианидина А-типа. Кроме того, идентифицированы мономеры флаван-3-ола: катехин, эпикатехин и катехин-галлат, а также изомеры кумароилгексозы, кофеоилхинной, кумароилхинной и кафтаровой кислот. Флавоноиды были представлены в листьях в основном гликозидами кверцетина и апигенина. Обнаружены также стильбены: изомеры ресвератролозида или полидатына.

Ключевые слова: фенольные соединения, ультра-эффективная жидкостная хроматография, масс-спектрометрия, *Reynoutria sachalinensis*

Study of the composition of phenolic compounds in the leaves of an invasive species *Reynoutria sachalinensis*

T.A. Krol¹ , D.N. Baleev¹, V.I. Ossipov¹

¹All-Russian Institute of medicinal and aromatic plants, 117216, Grina street, 7, Moscow, Russia, vilarii@mail.ru

Abstract

Reynoutria sachalinensis is an invasive perennial herbaceous plant belonging to the Polygonaceae family. This plant is rich in phenolic compounds, but their composition in the above-ground part of the plant has not yet been sufficiently studied. The objective of this study was to examine the qualitative composition of phenolic compounds in the leaves of *R. sachalinensis* with application of ultra-performance liquid chromatography in combination with photodiode and mass spectrometric detectors (UPLC-PDA-MS). Leaf samples were collected in early July from plants previously introduced to the Botanical Garden of the All-Russian Institute of Medicinal and Aromatic Plants (VILAR). As a result, 47 phenolic compounds were detected in the leaves of *R. sachalinensis*, with 38 of which being identified. Hydrolyzable tannins were represented only by monogalloyl-glucose, whereas while the composition of condensed tannins was more diverse.

Dimers, trimers and tetramers of B-type procyanidin, dimers of B-type procyanidin digallate, and trimer and tetramer of A-type procyanidin were found. In addition, the flavan-3-ol monomers catechin, epicatechin, and catechin-gallate, as well as isomers of coumaroylhexose, caffeoylquinic acid, coumaroylquinic acid, and caftaric acid were identified. Flavonoids in the leaves were mainly represented in the leaves by quercetin and apigenin glycosides. Two stilbenes were also detected: isomers of resveratrol or polydatin.

Key words: phenolic compounds, ultra-performance liquid chromatography, mass-spectrometry, *Reynoutria sachalinensis*

Введение

В настоящее время все больше внимания уделяется вопросам, связанным с инвазией видов. Это обусловлено тем, что появление в фитоценозах инвазионных видов растений представляет угрозу не только экологии, но и наносит экономический вред гидроэнергетике, сельскому, лесному и рыбному хозяйству (Сенатор и др., 2017; Šerá et al., 2024).

Инвазивные виды растений способны образовывать почти монодоминантные заросли (Гусев, 2017), в результате чего происходит резкое сокращение видового разнообразия растений (Stefanowicz et al., 2021). Такая способность некоторых видов обусловлена высокой адаптивной способностью к условиям окружающей среды, особенностями расселения вида, наличием активного вегетативного роста и размножения. Кроме того, некоторые виды инвазивных растений синтезируют большие количества фенольных соединений, которые попадая в почву могут оказывать ингибирующее действие на почвенные организмы и на местные растения в пределах захваченных сообществ (Lavoie, 2017; Stefanowicz et al., 2021). В связи с этим, необходим поиск как мер борьбы с распространением этих растений, так и возможности их использования как источников биологически активных соединений.

Reynoutria sachalinensis (F. Schmidt) Nakai (Polygonaceae) является инвазивным растением как в России, так и в ряде европейских стран (Békési-Kallenberger et al., 2016; Vinogradova et al., 2021; Кадетов, Шамонова, 2024). Естественный ареал данного вида находится в Восточной Азии (Park et al., 2018).

Reynoutria sachalinensis – это многолетнее травянистое растение с мощным ветвистым корневищем. Данный вид демонстрирует высокую скорость роста (около 4...5 см/день), а высота побегов может достигать 3...4 метров (Marigo, Pautou, 1998). В центральном регионе России данный вид размножается преимущественно вегетативно с помощью корневищ, цветение начинается очень поздно (конец сентября – октябрь) и семена не успевают созреть (Vinogradova et al., 2021). *R. sachalinensis* часто произрастает на низкорасположенных аллювиальных равнинах (Marigo, Pautou, 1998). Местами может образовывать массивные заросли по берегам рек (Lavoie, 2017). Данный вид встречается на высоте до 1000 м (Sukopp, Starfinger, 1995).

R. sachalinensis выращивают как декоративное, пищевое и нетрадиционное кормовое растение (Cirlig et al., 2023). Исследуют возможности использования растения в качестве фиторемедиаторов (Lu et al., 2021, Kim et al., 2024). На основе экстракта из данного вида разработан биопестицид (EFSA, 2015), который используют в борьбе с *Podosphaera xanthii* огурцов (*Cucumis sativus*), цуккини (*Cucurbita pepo*), а также с *Leveillula taurica* на томатах (*Lycopersicon esculentum*) (Konstantinidou-Doltsinis, Schmit, 1998; Petsikos-Panayotarou et al., 2002; Konstantinidou-Doltsinis et al., 2006; Margaritopoulou et al., 2020).

R. sachalinensis известна в странах Азии как лекарственное растение, применяемое в традиционной медицине в качестве противовоспалительного, жаропонижающего средства, для профилактики высокого кровяного давления (Lachowicz, Oszmiański, 2019; Kim et al.,

2024). Данное растение содержит такие фенольные соединения, как антрахиноны, стильбены, конденсированные танины, фенольные кислоты и флавоноиды (Lachowicz, Oszmiański, 2019). Большинство исследований посвящено изучению состава и содержания биологически активных веществ, накапливающихся в корневище. Фитохимический состав надземной части изучен недостаточно. В связи с этим целью нашего исследования было изучение качественного состава фенольных соединений листьев *R. sachalinensis* методом ультра-эффективной жидкостной хроматографии.

Материалы и методы

Объектом исследования были листья растений *R. sachalinensis*, произрастающих на территории Ботанического сада Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений (ФГБНУ ВИЛАР). Образцы листьев собирали в начале июля 2020 года.

Лиофильно высушенные (Labconco FreeZone 2.5 L, США) и измельченные листья массой 15 мг (CPA 225D, Sartorius, Германия) экстрагировали трехкратно 80% ацетоном (для хроматографии, Компонент-Реактив, Россия) (Кроль и др., 2023).

Для анализа использовали ультра-эффективную жидкостную хроматографическую систему (УЭЖХ, Acquity UPLC® 2.9.0, Waters Corporation, Милфорд, США), которая включала фотодиодный детектор (190-500 нм) и тройной квадрупольный масс-спектрометр Xevo TQ (Waters Corporation, Милфорд, США). Хроматографическая колонка ACQUITY UPLC® BEH Phenyl (100 × 2,1 мм, 1,7 µm, Waters, Ирландия). В градиентной программе применяли 0,1% муравьиную кислоту (А) и ацетонитрил (Б): 0,0...0,5 мин, 0,1% Б в А, 0,5...5,0 мин, 0,1...30,0% Б в А (линейный градиент), 5,0...6,0 мин, 30...35% Б в А (линейный градиент). Скорость потока элюента составляла 0,5 мл/мин, объем введенного образца – 5 мкл (Engstrom et al., 2015). Масс-спектрометр работал в отрицательном режиме ионизации. Условия ESI: скорость потока газа осушителя (N₂) 1000 л/ч, расход газа распылителя (аргон) 100 л/ч, напряжение распыления при 2,4 кВ, температура линии десольватации 650°C; температура источника 150°C. Масс-спектрометрические данные анализировали с использованием программы DataAnalysis 4.0.

Идентификацию фенольных соединений проводили путем сравнения результатов УФ- и МС-анализа с результатами из доступной базы масс-спектрометрических данных «The Human Metabolome Database» (HMDB) (Wishart et al., 2018), а также с результатами других исследователей (Zhang et al., 2005; Park et al., 2011; Lachowicz, Oszmiański, 2019).

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного анализа, в экстракте из листьев *R. sachalinensis* были обнаружены 47 фенольных соединений, 38 из которых были предварительно идентифицированы (рисунок 1, таблица 1).

Анализ масс-спектра соединения 1 показал наличие основного депротонированного иона [M-H]⁻ с m/z 191, что соответствует хинной кислоте.

В листьях *R. sachalinensis* гидролизуемые танины были представлены только одним соединением – моногаллоил-глюкозой (соединение 2).

Соединения 5, 6, 7, 11, 13 и 20 имели УФ-спектр, характерный для кофейной кислоты с максимумами поглощения в области 241...249, 295...300 плечо, 324...327 нм. В масс-спектре соединений 5 и 6 присутствовал депротонированный ион [M-H]⁻ m/z 311 и его димер m/z 623 [2M-H]⁻, а также характерный фрагмент с m/z 179, соответствующий иону [Кофейная кислота-H]⁻. Это позволило идентифицировать данные соединения как изомеры кафтаровой кислоты. Ранее было установлено, что эта кислота присутствует в листьях данного вида и в небольших количествах в стеблях (около 0,02 мг/г) (Lachowicz, Oszmiański, 2019).

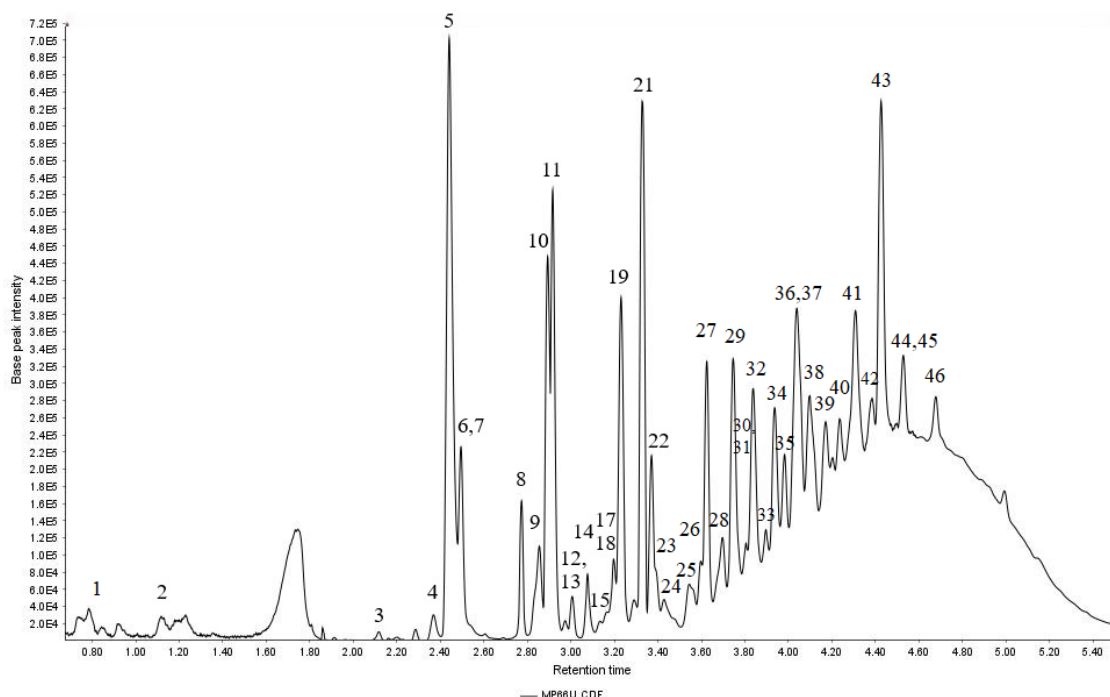


Рисунок 1 – УЭЖХ-УФ (280 нм) профиль фенольных соединений экстракта листьев *R. sachalinensis*

Таблица 1 – Результаты УЭЖХ-УФ-МС идентификации фенольных соединений листьев *R. sachalinensis*

№	Время (мин)	УФ макс. (нм)	Масс-спектр		Фрагменты (m/z)	Фенольное соединение
			[M-H] ⁻ (m/z)	[2M-H] ⁻ (m/z)		
1	2	3	4	5	6	7
Галлоилглюкозы						
2	1,24	218, 279	331	–	169	Моногаллоил-глюкоза, изомер 1
Фенольные кислоты						
5	2,44	249, 300 пл, 327	311	623	177, 179	Кафтаровая кислота, изомер 1
6	2,49	243, 295 пл, 324	311	623	177, 179	Кафтаровая кислота, изомер 2
7			353	707	179, 191	Кофеилхинная кислота, изомер 1
9	2,85	230, 295 пл, 311	337	675	163, 191	Кумароилхинная кислота, изомер 1
11	2,92	241, 295 пл, 325	353	707	177, 179, 191	Кофеилхинная кислота, изомер 2
12	3,01	235, 316	325	–	163, 173	Кумароилгексозид, изомер 1
13			353	707	179, 191	Кофеилхинная кислота, изомер 3
15	3,13	235, 282, 314	325	–	163	Кумароилгексозид, изомер 2
16	3,16	234, 283, 325	325	–	163	Кумароилгексозид, изомер 3
20	3,29	233, 286, 313	353	707	191, 179, 163	Кофеилхинная кислота, изомер 4
22	3,37	229, 298 пл, 311	337	675	191, 163	Кумароилхинная кислота, изомер 2
28	3,70	227, 287, 307	337	675	191, 163	Кумароилхинная кислота, изомер 3
Мономеры флаван-3-ола						
3	2,12	230, 279	441	–	289	Катехин-галлат
10	2,90	202, 225, 280	289	579	245	Катехин
21	3,33	201, 279	289	579	245	Эпикатехин
Олигомеры флаван-3-ола						
8	2,76	200, 279	577	1155	245, 289, 425, 451	Димер процианидина В-типа, изомер 1
14	3,08	227, 279	865	–	577, 451	Тример процианидина В-типа, изомер 1
17	3,19	224, 284, 299, 325	881	–	289, 576, 691	Дигаллат димера процианидина В-типа, изомер 1

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
18	3,20	227, 280	863	–	289, 423, 425, 449, 451, 575	Тример процианидина А-типа, изомер 1
19	3,23	201, 279	577	1155	245, 289, 425, 451, 865	Димер процианидина В-типа, изомер 2
23	3,39	229, 283, 313	–	–	287, 289, 575, 863	Процианидин
24	3,43	232, 280	–	–	289, 1153	Процианидин
27	3,62	200, 279	865	–	289, 425, 563, 577	Тример процианидина В-типа, изомер 2
29	3,75	217, 278	1153	–	289, 425, 451, 577, 865	Тетрамер процианидина В-типа, изомер 1
31	3,80	230, 279	1153	–	289, 425, 451, 576, 865	Тетрамер процианидина В-типа, изомер 2
32	3,84	219, 279	863	–	287, 289, 575	Тример процианидина А-типа, изомер 2
38	4,10	223, 279	1153	–	451, 575, 865	Тетрамер процианидина В-типа, изомер 3
39	4,17	223, 279	–	–	289, 451, 575, 865, 1152	Процианидин
42	4,38	223, 279	1153	–	289, 425, 576, 577, 865	Тетрамер процианидина В-типа, изомер 4
46	4,68	227, 280	1151	–	833, 865	Тетрамер процианидина А-типа, изомер
Флавоноид-гликозиды						
25	3,56	230, 274, 334	563	–	269	Производное апигенина
26	3,60	228, 270, 347	447	895	–	Флавоноид-гексозид
30	3,79	227, 271, 349	447	895	–	Флавоноид-гексозид
33	3,89	201, 225, 279, 351	609	–	301	Кверцетин-рамно-глюкозид, изомер 1
34	3,92	223, 279, 352	609	–	–	Кверцетин-рутинозид, изомер 1
40	4,20	268, 353	433	867	301	Кверцетин-пентозид, изомер 1
41	4,31	264, 352	433	867	301	Кверцетин-пентозид, изомер 2
43	4,43	254, 349	447	895	301	Кверцетин-рамнозид
35	3,98	223, 271, 337	431	–	269	Апигенин-глюкозид
Производные стильбена						
36	4,04	295, 319	389	779	227	Производное ресвератрола (изомер ресвератролозида или полидатына)
47	4,70	–	389	–	227	Производное ресвератрола (изомер ресвератролозида или полидатына)
Прочие соединения						
1	0,81	208, 261	191	–	–	Хинная кислота
Не идентифицированные соединения						
4	2,36	250, 303, 403	177	–	–	Не идентифицировано
37	4,04	268, 325	431	863	269	Не идентифицировано
44	4,53	223, 283, 319, 339	475	951	299, 285	Не идентифицировано
45			227	–	–	Не идентифицировано

Примечание: пл – плечо

Анализ масс-спектров соединений 7, 11, 13 и 20 показал наличие основного депротонированного иона $[M-H]^-$ с m/z 353, иона $[2M-H]^-$ с m/z 707 и фрагмента исходного иона с m/z 191, соответствующего иону $[Хинная\ кислота-H]^-$ и фрагмента с m/z 179, соответствующего иону $[Кофейная\ кислота-H]^-$. Данные соединения идентифицированы как изомеры кофеилхинной кислоты. Ранее ее изомеры были обнаружены в многих видах семейства Polygonaceae (Lachowicz, Oszmiański, 2019).

Соединения 9, 15, 16, 22 и 28 имели УФ-спектр, характерный для *p*-кумаровой кислоты с максимумами поглощения в области 227...235 и 307...314 нм. В масс-спектре соединений 9, 22 и 28 присутствовал депротонированный ион $[M-H]^-$ m/z 337 и его димер m/z 675 $[2M-H]^-$, а также характерный фрагмент с m/z 163, соответствующий иону $[p\text{-Кумаровая кислота-H}]^-$ и фрагмента исходного иона с m/z 191, соответствующий иону $[Хинная кислота-H]^-$. Все это позволило идентифицировать соединения как изомеры *p*-кумароилхинной кислоты, обнаруженные в растении ранее (Lachowicz, Oszmiański, 2019).

Анализ масс-спектров соединений 12, 15 и 16 показал наличие основного депротонированного иона $[M-H]^-$ с m/z 325 и фрагмента исходного иона с m/z 163, соответствующего иону $[p\text{-Кумаровая кислота-H}]^-$. Данные соединения были предварительно идентифицированы как изомеры *p*-кумароилгексозида, которые были обнаружены в *R. sachalinensis* впервые. Для предварительной идентификации использовали базу МС данных HMDB.

Восемнадцать соединений имели УФ-спектр характерный для флаван-3-олов (рисунок 2). Анализ масс-спектра соединения 3 показал наличие основного иона с m/z 441, а также характерный фрагмент с m/z 289 соответствующий катехину. В результате оно было идентифицировано как катехин-галлат.

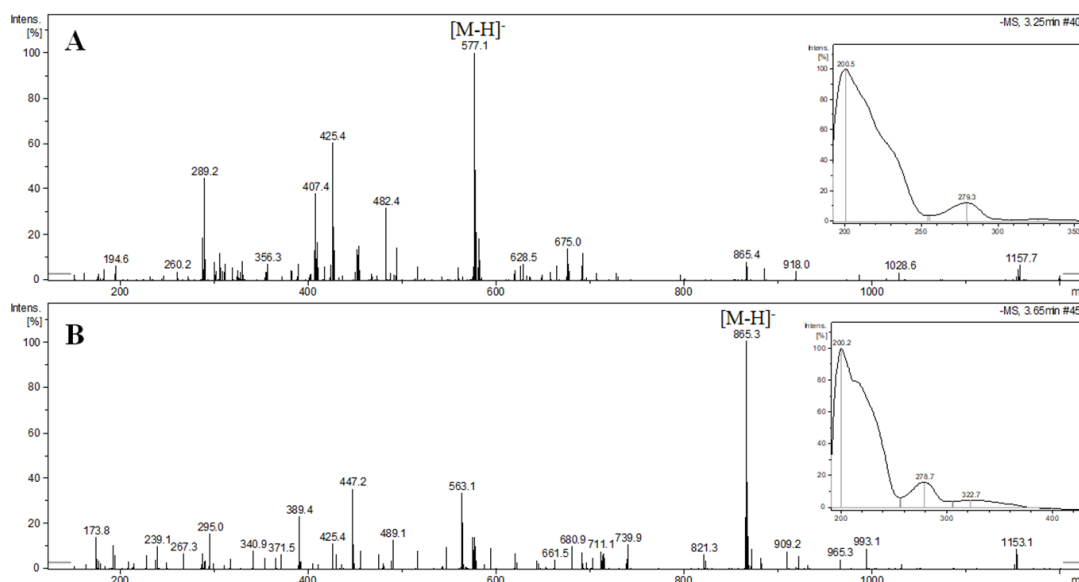


Рисунок 2 – Примеры МС- и УФ-спектров конденсированных танинов экстракта листьев *R. sachalinensis*: А – димер процианидина В-типа, В – тример процианидина В-типа

Изучение масс-спектра соединений 10 и 21 показало присутствие депротонированного иона с m/z 289 $[M-H]^-$ и его димера с m/z 579 $[2M-H]^-$ m/z , а также характерного фрагмента с m/z 245 (Bai et al., 2024). Данные соединения были идентифицированы, соответственно, как катехин и эпикатехин. Идентификация подтверждается литературными данными (Nawrot-Hadzik et al., 2019; Lachowicz, Oszmiański, 2019).

Соединения 8 и 19 были идентифицированы как изомеры димера процианидина В-типа. Данные соединения показали депротонированный ион с m/z 577 $[M-H]^-$ и 1155 $[2M-H]^-$ и фрагменты с m/z 245, 289, 425, 451 (рисунок 2).

Анализ масс-спектра соединения 17 показал наличие основного иона с m/z 881, а также характерных фрагментов с m/z 289, 576, 691, и было идентифицировано как изомер дигаллата димера процианидина В-типа. Также в листьях были обнаружены изомеры

тримера процианидина А-типа (соединения 14 и 27) и В-типа (соединения 18 и 32) (рисунок 2). Анализ масс-спектра соединений 29, 31, 38 и 42 показал наличие основного депротонированного иона $[M-H]^-$ с m/z 1153 и характерных фрагментов исходного. Данные соединения были идентифицированы как тетрамеры процианидина В-типа. Соединения 46 было предварительно идентифицировано как изомер тетрамера процианидина А-типа (m/z 1051 $[M-H]^-$). Ранее сообщалось о наличии в *R. sachalinensis* и *R. japonica* только процианидинов В-типа, поэтому мы с осторожностью говорим о присутствии в листьях процианидинов А-типа. Для подтверждения предварительно полученных данных необходимы дальнейшие исследования.

Анализ масс-спектров соединений 23, 24 и 39 не позволил определить m/z значение исходного иона $[M-H]^-$. Однако в масс-спектре данных соединений присутствуют фрагменты, характерные для процианидинов (таблица). УФ-спектр также типичен для флаван-3-олов.

Анализ опубликованных ранее данных о составе и содержании конденсированных танинов в *R. sachalinensis* показал, что эта группа фенольных соединений характерна не только для *R. sachalinensis*, но для других видов семейства Polygonaceae (Lachowicz, Oszmiański, 2019; Li et al., 2021). В *R. sachalinensis* они содержатся в листьях, стеблях и корневищах (Lachowicz, Oszmiański, 2019). М. Bensa с соавторами (2020) сообщают, что содержание димерных процианидинов в листьях достигает 206 мг/100 г сухого вещества. По данным N. Vrchotová с соавторами (2007) содержание катехина и эпикатехина в весенних побегах может составлять 0,17 мг/г и 0,67 мг/г соответственно.

Кроме того, в листьях *R. sachalinensis* обнаружен ряд флавоноидов.

Масс-спектр соединений 26 и 30 содержал депротонированный ион с m/z 447 $[M-H]^-$ и его димер с m/z 895 $[2M-H]^-$. Наблюдали УФ-спектр с максимумами поглощения в области 227...228, 270...271 и 347...349 нм. Данные соединения относятся к флавоноидам, однако для их идентификации недостаточно данных.

Соединения 33 и 34 имели депротонированный ион с m/z 609 $[M-H]^-$ и содержали фрагмент с m/z 301, соответствующий иону [Кверцетин-Н] $^-$. УФ-спектр этих соединений соответствовал кверцетину и его производным. Соединения 33 и 34 были идентифицированы, соответственно, как кверцетин-рамно-глюкозид и кверцетин-рутинозид (Lachowicz, Oszmiański, 2019).

Соединения 40, 41 и 43 также имели характерный для кверцетина УФ-спектр с максимумами поглощения в области 254...268 и 349...353 нм. Анализ масс-спектра соединения 40 и 41 показал присутствие депротонированного иона с m/z 433 $[M-H]^-$ и его димера с m/z 867 $[2M-H]^-$, а также характерного фрагмента с m/z 301. На основании полученных данных эти соединения были идентифицированы как изомеры кверцетин-пентозида. Масс-спектр соединения 43 содержал депротонированный ион с m/z 447 $[M-H]^-$, его димер с m/z 895 $[2M-H]^-$ и фрагмент с m/z 301. На основании этого оно идентифицировано как изомер кверцетин-рамнозида (Lachowicz, Oszmiański, 2019).

Соединения 25 и 35 имели УФ-спектр, характерный для производных апигенина, с максимумами поглощения в области 223...230, 271...274 и 334...337 нм. Масс-спектры этих соединений содержали депротонированные ионы $[M-H]^-$ с m/z 563 и 431, а также фрагмент m/z 269 [Апигенин-Н] $^-$. В результате, соединения 25 и 35 были идентифицированы, соответственно, как апигенин-пентозид-гексозид (производное апигенина) и апигенин-глюкозид (Park et al., 2011).

Полученные нами результаты во многом подтверждаются другими исследованиями (Zhang et al., 2005; Park et al., 2011; Lachowicz, Oszmiański, 2019). Ранее в *R. sachalinensis* были обнаружены производные кверцетина, кемпферола, лютеолина и апигенина. При этом, в основном накапливается кверцетин-3-О-галактозид и кверцетин-3-О-глюкозид (Park et al.,

2011). Содержание флавоноидов в вегетативных органах *R. sachalinensis* составляет около 2,76% (Куклина, Цыбулько, 2019). В цветках общее содержание кверцетина достигает 19,5 мг/г (Vrchotová et al., 2010). Стилбены были представлены производными ресвератрола: изомерами ресвератролозида или полидатына (Lachowicz, Oszmiański, 2019).

Соединения 4, 37, 44 и 45 не удалось идентифицировать.

Таким образом, *R. sachalinensis* является богатым источником фенольных соединений, которые необходимы растению для защиты от различных видов биотического и абиотического стресса (Kumar et al., 2019). Кроме того, обнаруженные фенольные соединения обладают противовоспалительной, противоопухолевой, противовирусной и антибактериальной активностью и широко используются в традиционной медицине (Dołowska-Jóźwiak et al., 2021; Magacz et al., 2021; Zhang et al., 2022).

Заключение

В результате проведенного УЭЖХ-ДД-МС анализа, в листьях *R. sachalinensis* обнаружено 47 фенольных соединений, 38 из которых были идентифицированы. Гидролизуемые танины были представлены только моногаллоил-глюкозой, тогда как состав конденсированных танинов был более разнообразным. Обнаружены димеры, тримеры и тетрамеры процианидина В-типа, димеры дигаллата процианидина В-типа, а также тримеры и тетрамер процианидина А-типа. Кроме того, идентифицированы мономеры флаван-3-ола: катехин, эпикатехин и катехин-галлат, а также изомеры кумароилгексозы, кофеоилхинной, кумароилхинной и кафтаровой кислот. Флавоноиды были представлены в листьях в основном гликозидами кверцетина и апигенина. Обнаружены также стилбены: изомеры ресвератролозида или полидатына.

Благодарности

Мы выражаем благодарность проф. Ю.-П. Салминен, Университет Турку (Финляндия), за предоставленную возможность использовать УЭЖХ-ДД-МС систему.

Acknowledgment

We express our gratitude to Prof. Juha-Pekka Salminen, University of Turku (Finland), for the opportunity to use the UPLC-PDA-MS system.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках НИР FGUU-2025-0005.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Гусев А.П. Задержка восстановительной сукцессии инвазивными видами растений (на примере юго-востока Белоруссии) // Экология. 2017. 4. 261-266. <https://doi.org/10.7868/S0367059717040084>
2. Кадетов Н.Г., Шамонова М.А. Трансформация компонентов биогеоценозов видами рода рейнуртия (*Reynoutria* Houtt.) на примере Московской агломерации // Антропогенная трансформация природной среды. 2024. 10, 1. 6-17. <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2024-1-6-17>
3. Кроль Т.А., Балеев Д.Н., Осипов В.И. Состав и содержание гидролизуемых танинов в листьях фейхоа, *Acca sellowiana* // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2023. 12, 3. 89-95. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-3-89-95>

4. Куклина А.Г., Цыбулько Н.С. Биологически активные метаболиты в растительном сырье *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai и *R. × bohemica* Chreyek & Chrtkova (Polygonaceae) // Роль метаболомики в совершенствовании биотехнологических средств производства: материалы конференции. М.: ВИЛАР, 2019. 118-122. <https://elibrary.ru/glrclf>
5. Сенатор С.А., Саксонов С.В., Васюков В.М., Раков Н.С. Инвазионные и потенциально инвазионные растения Среднего Поволжья // Российский журнал биологических инвазий. 2017. 10, 1. 57-69. <https://elibrary.ru/ytkdmj>
6. Bai J., Zou Q., Su H., Liao B., Wang P., Huang J., Zhang D., Gong L., Xu E., Zhang J., Huang Z., Qiu X. Processing of *Reynoutria multiflora*: transformation of catechin and gallic acid derivatives and their identification // Frontiers in Pharmacology. 2024. 15. 1356876. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1356876>
7. Békési-Kallenberger H., Horváth G., Bencsik T., Balázs V.L., Filep R., Papp N. Comparative histological and phytochemical study of *Fallopia* species // Natural Product Communications. 2016. 11, 2. 251-254. <https://doi.org/10.1177/1934578X1601100229>
8. Bensa M., Glavnik V., Vovk I. Leaves of invasive plants—Japanese, Bohemian and giant knotweed—the promising new source of flavan-3-ols and proanthocyanidins // Plants. 2020. 9, 1. 118. <https://doi.org/10.3390/plants9010118>
9. Cirlig N., Iurcu-Straistaru E., ȚiȚei V., Cozari S., Gutu A., Teleu Ța A., Bivol A. Assessment of the specific diseases in *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai under the influence of environmental conditions of the Republic of Moldova // Scientific Papers. Series A. Agronomy. 2023. 66, 1. 279-285. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/279-285_13.pdf
10. Dołowska-Jóźwiak A., Matkowski A., Nawrot-Hadzik I. Antglycoxidative Properties of Extracts and Fractions from *Reynoutria* Rhizomes // Nutrients. 2021. 13, 11. 4066. <https://doi.org/10.3390/nu13114066>
11. Engstrom M.T., Palijarvi M., Salminen J.P. Rapid fingerprint analysis of plant extracts for ellagitannins, gallic acid, and quinic acid derivatives and quercetin-, kaempferol- and myricetin-based flavonol glycosides by UPLC-QqQ-MS/MS // Journal of agricultural and food chemistry. 2015. 63, 16. 4068-4079. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00595>
12. European Food Safety Authority (EFSA). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Reynoutria sachalinensis* extract // EFSA Journal. 2015. 13, 9. 4221. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4221>
13. Kim Y.J., Park K., Jang B.K., Kwon S.P., Cho J.S.. Classification of dormancy types and breakout conditions in *Reynoutria sachalinensis* exhibiting seed dormancy polymorphism // Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2024. 65. 997-1007. <https://doi.org/10.1007/s13580-024-00626-2>
14. Konstantinidou-Doltsinis S., Markellou E., Kasselaki A.M., Fanouraki M.N., Koumaki C.M., Schmitt M.A., Liopa-Tsakalidis A., Malathrakis N.E. Efficacy of Milsana®, a formulated plant extract from *Reynoutria sachalinensis*, against powdery mildew of tomato (*Leveillula taurica*) // Biocontrol. 2006. 51. 375-392. <https://doi.org/10.1007/s10526-005-5247-1>
15. Konstantinidou-Doltsinis S., Schmit A. Impact of treatment with plant extracts from *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai on intensity of powdery mildew severity and yield in cucumber under high disease pressure // Crop Protection. 1998. 17, 8. 649-656 [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00066-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00066-0)
16. Kumar S., Abedin M.M., Singh A.K., Das S. Role of phenolic compounds in plant-defensive mechanisms // Plant Phenolics in Sustainable Agriculture. Springer: Singapore. 2020. 517-532. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4890-1_22

17. Lachowicz S., Oszmiański J. Profile of bioactive compounds in the morphological parts of wild *Fallopia japonica* (Houtt) and *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) and their antioxidative activity // *Molecules*. 2019. 24, 7. 1436. <https://doi.org/10.3390/molecules24071436>
18. Lavoie C. The impact of invasive knotweed species (*Reynoutria* spp.) on the environment: review and research perspectives // *Biological Invasions*. 2017. 19, 8. 2319-2337. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1444-y>
19. Li Y.Q., Kitaoka M., Takayoshi J., Wang Y.F., Matsuo Y., Saito Y., Huang Y.L., Li D.P., Nonaka G., Jiang Z.H., Tanaka T. Ellagitannins and oligomeric proanthocyanidins of three polygonaceous plants // *Molecules*. 2021. 26, 2. 337. <https://doi.org/10.3390/molecules26020337>
20. Lu X., Yamaji K., Haruma T., Yachi M., Doyama K., Tomiyama S. Metal Accumulation and Tolerance in *Artemisia indica* var. *maximowiczii* (Nakai) H. Hara. and *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) Ronse Decr., a Naturally Growing Plant Species at Mine Site // *Minerals*. 2021. 11, 8. 806. <https://doi.org/10.3390/min11080806>
21. Magacz M., Osajca M., Nawrot-Hadzik I., Drożdż R., Jurczak A., Hadzik J., Smakosz A., Krzyściak W. Phenolic compounds of *Reynoutria* Sp. as modulators of oral cavity Lactoperoxidase system // *Antioxidants*. 2021. 10, 5. 676. <https://doi.org/10.3390/antiox10050676>
22. Marigo G., Pautou G. Phenology, growth and ecophysiological characteristics of *Fallopia sachalinensis* // *Journal of Vegetation Science*. 1998. 9, 3. 379-386. <https://doi.org/10.2307/3237102>
23. Margaritopoulou T., Toufexi E., Kizis D., Balayiannis G., Anagnostopoulos C., Theocharis A., Rempelos L., Troyanos Y., Leifert C., Markellou E. *Reynoutria sachalinensis* extract elicits SA-dependent defense responses in courgette genotypes against powdery mildew caused by *Podosphaera xanthii* // *Scientific Reports*. 2020. 10, 1. 3354. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60148-6>
24. Nawrot-Hadzik I., Ślusarczyk S., Granica S., Hadzik J., Matkowski A. Phytochemical diversity in rhizomes of three *Reynoutria* species and their antioxidant activity correlations elucidated by LC-ESI-MS/MS analysis // *Molecules*. 2019. 24, 6. 1136. <https://doi.org/10.3390/molecules24061136>
25. Park C.W., Bhandari G.S., Won H., Park J.H., Park D.S. Polyploidy and introgression in invasive giant knotweed (*Fallopia sachalinensis*) during the colonization of remote volcanic islands // *Scientific reports*. 2018. 8, 1. 16021. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34025-2>
26. Park J.H., Moon H.K., Park C.W. Flavonoid chemistry of *Fallopia* sect. *Reynoutria* (Polygonaceae) in Korea // *Korean Journal of Plant Taxonomy*. 2011. 41, 1. 10-15. <https://doi.org/10.11110/kjpt.2011.41.1.010>
27. Petsikos-Panayotarou N., Schmitt A., Markellou E., Kalamarakis A.E., Tzempelikou K., Siranidou E., Konstantinidou-Doltsinis S. Management of cucumber powdery mildew by new formulations of *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai extract // *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2002. 19, 5. 478-490. <http://www.jstor.org/stable/43215470>
28. Šerá B., Doshi P., Věchet L. Extracts from the leaves of knotweeds (*Reynoutria* spp.) have a stimulating effect on the germination and initial growth of wheat grains // *The Science of Nature*. 2024. 111, 61. 1-7. <https://doi.org/10.1007/s00114-024-01946-0>
29. Stefanowicz A.M., Kapusta P., Stanek M., Frac M., Oszust K., Woch M.W., Zubek S. Invasive plant *Reynoutria japonica* produces large amounts of phenolic compounds and reduces the biomass but not activity of soil microbial communities // *Science of the Total Environment*. 2021. 767. 145439. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145439>
30. Sukopp H., Starfinger U. *Reynoutria sachalinensis* in Europe and in the Far East: a comparison of the species ecology in its native and adventive distribution range // *Plant Invasions: General Aspects and Special Problems: Proc. Sci. Conf. Amsterdam: SPB Academic Publishing*, 1995. 151-159.

31. Vinogradova Y., Kuklina A., Ryabchenko A. Taxonomic Characteristics of Vegetative Organs for Invasive Species of *Reynoutria* Hook // Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. 2021. 5, 1. 160-168. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0015>
32. Vrchotová N., Sera B., Triska J. The stilbene and catechin content of the spring sprouts of *Reynoutria* species // Acta Chromatographica. 2007. 19. 21-28. https://www.academia.edu/download/45471521/THE_STILBENE_AND_CATECHIN_CONTENT_OF_THE20160509-5542-16qo0ph.pdf
33. Vrchotová N., Seráa B., Dadáková E. HPLC and CE analysis of catechins, stilbens and quercetin in flowers and stems of *Polygonum cuspidatum*, *P. sachalinense* and *P. x bohemicum* // Journal of the Indian Chemical Society. 2010. 87. 1-6. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3ea34986a8dd92ce430504db18d019df4b81cd20>
34. Wishart D.S., Feunang Y.D., Marcu A., Guo A.C., Liang K., Vázquez-Fresno R., Sajed T., Johnson D., Li C., Karu N., Sayeeda Z., Lo E., Assempour N., Berjanskii M., Singhal S., Arndt D., Liang Y., Badran H., Grant J., Serra-Cayuela A., Liu Y., Mandal R., Neveu V., Pon A., Knox C., Wilson M., Manach C., Scalbert A. HMDB 4.0: the human metabolome database for 2018 // Nucleic acids research. 2018. 46, D1. D608-D617. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx1089>
35. Zhang X., Thuong P.T., Jin W., Su N.D., Sok D.E., Bae K., Kang S.S. Antioxidant activity of anthraquinones and flavonoids from flower of *Reynoutria sachalinensis* // Archives of pharmacal research. 2005. 28. 22-27. <https://doi.org/10.1007/BF02975130>
36. Zhang Y., Cai P., Cheng G., Zhang Y. A brief review of phenolic compounds identified from plants: Their extraction, analysis, and biological activity // Natural product communications. 2022. 17, 1. 1-14. <https://doi.org/10.1177/1934578X211069721>

References

1. Gusev, A.P. (2017). Inhibition of restorative succession by invasive plant species: examples from southeastern Belarus. *Russian journal of ecology*, 4, 261-266. <https://doi.org/10.7868/S0367059717040084>. (In Russian, English Abstract).
2. Kadetov, N., & Shamonova, M. (2024). Transformation of biogeocenoses components by species of *Reynoutria* houtt. on the example of Moscow agglomeration. *Anthropogenic Transformation of Nature*, 10(1), 6-17. <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2024-1-6-17>. (In Russian, English Abstract).
3. Krol, T.A., Baleev, D.N., & Ossipov, V.I. Composition and content of hydrolysable tannins in feijoa leaves, *Acca sellowiana*. (2023). *Drug Development & Registration*, 12(3), 89-95. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-3-89-95>
4. Kuklina, A.G., Tsybulko, N.S. (2019) Biologically active metabolites in plant material of *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai и *R. x bohemica* Chreyek & Chrtkova (Polygonaceae). In *The Role of Metabolomics in the Improvement of Biotechnological Means of Production: Proc. Sci. Conf.* (pp. 118-122). All-Russian Institute of medicinal and aromatic plants. <https://elibrary.ru/glrclfp>. (In Russian, English abstract).
5. Senator, S.A., Saksonov, S.V., Vasjukov, V.M., & Rakov, N.S. (2017). Invasive and potentially invasive plants of the Middle Volga region // *Russian Journal of Biological Invasions*, 10(1), 57-69. <https://elibrary.ru/ylkdmj>. (In Russian, English Abstract).
6. Bai, J., Zou, Q., Su, H., Liao, B., Wang, P., Huang, J., Zhang, D., Gong, L., Xu, E., Zhang, J., Huang, Z., & Qiu, X. (2024). Processing of *Reynoutria multiflora*: transformation of catechin and gallic acid derivatives and their identification. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1356876. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1356876>

7. Békési-Kallenberger, H., Horváth, G., Bencsik, T., Balázs, V. L., Filep, R., & Papp, N. (2016). Comparative histological and phytochemical study of *Fallopia* species. *Natural Product Communications*, 11(2), 251-254. <https://doi.org/10.1177/1934578X1601100229>
8. Bensa, M., Glavnik, V., & Vovk, I. (2020). Leaves of invasive plants—Japanese, Bohemian and giant knotweed—the promising new source of flavan-3-ols and proanthocyanidins. *Plants*, 9(1), 118. <https://doi.org/10.3390/plants9010118>
9. Cirlig, N., Iurcu-Straistaru, E., Ţi Ţei, V., Cozari, S., Gutu, A., Teleu Ţa, A., & Bivol, A. (2023). Assessment of the specific diseases in *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai under the influence of environmental conditions of the Republic of Moldova. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 66(1), 279-285. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/279-285_13.pdf
10. Dołowska-Jóźwiak, A., Matkowski, A., & Nawrot-Hadzik, I. (2021). Antiglycoxidative Properties of Extracts and Fractions from *Reynoutria* Rhizomes. *Nutrients*, 13(11), 4066. <https://doi.org/10.3390/nu13114066>
11. Engstrom, M.T., Paljarvi, M., & Salminen, J.P. (2015). Rapid fingerprint analysis of plant extracts for ellagitannins, gallic acid, and quinic acid derivatives and quercetin-, kaempferol- and myricetin-based flavonol glycosides by UPLC-QqQ-MS/MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(16), 4068-4079. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00595>
12. European Food Safety Authority (EFSA). (2015). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Reynoutria sachalinensis* extract. *EFSA Journal*, 13(9), 4221. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4221>
13. Kim, Y.J., Park, K., Jang, B.K., Kwon, S. P., & Cho, J.S. (2024). Classification of dormancy types and breakout conditions in *Reynoutria sachalinensis* exhibiting seed dormancy polymorphism. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 65, 997-1007. <https://doi.org/10.1007/s13580-024-00626-2>
14. Konstantinidou-Doltsinis, S., Markellou E., Kasselaki, A.M., Fanouraki, M.N., Koumaki, C.M., Schmitt, M.A., Liopa-Tsakalidis, A., & Malathrakakis, N.E. (2006). Efficacy of Milsana®, a formulated plant extract from *Reynoutria sachalinensis*, against powdery mildew of tomato (*Leveillula taurica*). *Biocontrol*, 51(3), 375-392. <https://doi.org/10.1007/s10526-005-5247-1>
15. Konstantinidou-Doltsinis, S., & Schmit, A. (1998). Impact of treatment with plant extracts from *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai on intensity of powdery mildew severity and yield in cucumber under high disease pressure. *Crop Protection*, 17(8), 649-656. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00066-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00066-0)
16. Kumar, S., Abedin, M.M., Singh, A.K., & Das, S. (2020). Role of phenolic compounds in plant-defensive mechanisms. In Lone, R., Shuab, R., Kamili, A. (Eds.) *Plant Phenolics in Sustainable Agriculture* (Vol. 1, pp 517-532) Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4890-1_22
17. Lachowicz, S., & Oszmiański, J. (2019). Profile of bioactive compounds in the morphological parts of wild *Fallopia japonica* (Houtt) and *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) and their antioxidative activity. *Molecules*, 24(7), 1436. <https://doi.org/10.3390/molecules24071436>
18. Lavoie, C. (2017). The impact of invasive knotweed species (*Reynoutria* spp.) on the environment: review and research perspectives. *Biological Invasions*, 19(8), 2319-2337. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1444-y>
19. Li, Y.Q., Kitaoka, M., Takayoshi, J., Wang, Y.F., Matsuo, Y., Saito, Y., Huang, Y.L., Li, D.P., Nonaka, G., Jiang, Z.H., & Tanaka, T. (2021). Ellagitannins and oligomeric proanthocyanidins of three polygonaceous plants. *Molecules*, 26(2), 337. <https://doi.org/10.3390/molecules26020337>
20. Lu, X., Yamaji, K., Haruma, T., Yachi, M., Doyama, K., & Tomiyama, S. (2021). Metal Accumulation and Tolerance in *Artemisia indica* var. *maximowiczii* (Nakai) H. Hara. and *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) Ronse Decr., a Naturally Growing Plant Species at Mine Site. *Minerals*, 11(8), 806. <https://doi.org/10.3390/min11080806>

21. Magacz M., Oszejca M., Nawrot-Hadzik I., Drożdż R., Jurczak A., Hadzik J., Smakosz A., & Krzyściak, W. (2021). Phenolic compounds of *Reynoutria* Sp. as modulators of oral cavity Lactoperoxidase system. *Antioxidants*, 10(5), 676. <https://doi.org/10.3390/antiox10050676>
22. Marigo, G., & Pautou, G. (1998). Phenology, growth and ecophysiological characteristics of *Fallopia sachalinensis*. *Journal of Vegetation Science*, 9(3), 379-386. <https://doi.org/10.2307/3237102>
23. Margaritopoulou, T., Toufexi, E., Kizis, D., Balayiannis, G., Anagnostopoulos, C., Theocharis, A., Rempelos, L., Troyanos, Y., Leifert, C., & Markellou, E. (2020). *Reynoutria sachalinensis* extract elicits SA-dependent defense responses in courgette genotypes against powdery mildew caused by *Podosphaera xanthii*. *Scientific Reports*, 10(1), 3354. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60148-6>
24. Nawrot-Hadzik, I., Ślusarczyk, S., Granica, S., Hadzik, J., & Matkowski, A. (2019). Phytochemical diversity in rhizomes of three *Reynoutria* species and their antioxidant activity correlations elucidated by LC-ESI-MS/MS analysis. *Molecules*, 24(6), 1136. <https://doi.org/10.3390/molecules24061136>
25. Park, C.W., Bhandari, G.S., Won, H., Park, J.H., & Park, D.S. (2018). Polyploidy and introgression in invasive giant knotweed (*Fallopia sachalinensis*) during the colonization of remote volcanic islands. *Scientific reports*, 8(1), 16021. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34025-2>
26. Park, J.H., Moon, H.K., & Park, C.W. (2011). Flavonoid chemistry of *Fallopia* sect. *Reynoutria* (Polygonaceae) in Korea. *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 41(1), 10-15. <https://doi.org/10.11110/kjpt.2011.41.1.010>. (In Korean, English Abstract).
27. Petsikos-Panayotarou, N., Schmitt, A., Markellou, E., Kalamarakis, A. E., Tzempelikou, K., Siranidou, E., & Konstantinidou-Doltsinis, S. (2002). Management of cucumber powdery mildew by new formulations of *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai extract. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 19(5), 478-490. <http://www.jstor.org/stable/43215470>
28. Šerá, B., Doshi, P., & Věchet, L. (2024). Extracts from the leaves of knotweeds (*Reynoutria* spp.) have a stimulating effect on the germination and initial growth of wheat grains. *The Science of Nature*, 111(61), 1-7. <https://doi.org/10.1007/s00114-024-01946-0>
29. Stefanowicz, A.M., Kapusta, P., Stanek, M., Frąc, M., Oszust, K., Woch, M.W., & Zubek, S. (2021). Invasive plant *Reynoutria japonica* produces large amounts of phenolic compounds and reduces the biomass but not activity of soil microbial communities. *Science of the Total Environment*, 767, 145439. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145439>
30. Sukopp, H., & Starfinger, U. (1995). *Reynoutria sachalinensis* in Europe and in the Far East: a comparison of the species ecology in its native and adventive distribution range. In *Plant Invasions: General Aspects and Special Problems: Proc. Sci. Conf.* (pp. 151-159). SPB Academic Publishing.
31. Vinogradova, Y., Kuklina, A., & Ryabchenko, A. (2021). Taxonomic Characteristics of Vegetative Organs for Invasive Species of *Reynoutria* Hook. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 5(1), 160-168. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0015>
32. Vrchotová, N., Šerá, B., & Dadáková, E. (2010). HPLC and CE analysis of catechins, stilbens and quercetin in flowers and stems of *Polygonum cuspidatum*, *P. sachalinense* and *P. × bohemicum*. *Journal of the Indian Chemical Society*, 87, 1-6. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3ea34986a8dd92ce430504db18d019df4b81cd20>
33. Vrchotová, N., Šerá, B., & Triska, J. (2007). The stilbene and catechin content of the spring sprouts of *Reynoutria* species. *Acta Chromatographica*, 19, 21. https://www.academia.edu/download/45471521/THE_STILBENE_AND_CATECHIN_CONTENT_OF_THE20160509-5542-16qo0ph.pdf

34. Wishart, D.S., Feunang, Y.D., Marcu, A., Guo, A.C., Liang, K., Vázquez-Fresno, R., Sajed, T., Johnson, D., Li, C., Karu, N., Sayeeda, Z., Lo, E., Assempour, N., Berjanskii, M., Singhal, S., Arndt, D., Liang, Y., Badran, H., Grant, J., Serra-Cayuela, A., Liu, Y., Mandal, R., Neveu, V., Pon, A., Knox, C., Wilson, M., Manach, C., & Scalbert, A. (2018). HMDB 4.0: the human metabolome database for 2018. *Nucleic Acids Research*, 46(D1), D608-D617. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx1089>
35. Zhang, X., Thuong, P.T., Jin, W., Su, N.D., Sok, D.E., Bae, K., & Kang, S.S. (2005). Antioxidant activity of anthraquinones and flavonoids from flower of *Reynoutria sachalinensis*. *Archives of Pharmacol Research*, 28, 22-27. <https://doi.org/10.1007/BF02975130>
36. Zhang, Y., Cai, P., Cheng, G., & Zhang, Y. (2022). A brief review of phenolic compounds identified from plants: Their extraction, analysis, and biological activity. *Natural Product Communications*, 17(1), 1-14. <https://doi.org/10.1177/1934578X211069721>

Авторы:

Татьяна Анатольевна Кроль, к.с.-х.н., в.н.с. лаборатории геномики и биохимии лекарственных растений, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», tatianakroll1@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4642-651X
SPIN: 1620-2290

Дмитрий Николаевич Балеев, к.с.-х.н., в.н.с. лаборатории атомарно-молекулярной биорегуляции и селекции, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» dbaleev@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1228-0594
SPIN: 5487-2926

Владимир Ионович Осипов, д.б.н., г.н.с. лаборатории атомарно-молекулярной биорегуляции и селекции, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» ossipov@utu.fi
ORCID: 0000-0002-8383-9965
SPIN: 8784-6445

Authors details:

Tatiana Krol, PhD in Agriculture, leading researcher of All-Russian scientific research Institute of medicinal and aromatic plants (VILAR), tatianakroll1@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4642-651X
SPIN: 1620-2290

Dmitriy Baleev, PhD in Agriculture, leading researcher of All-Russian scientific research Institute of medicinal and aromatic plants (VILAR), dbaleev@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1228-0594
SPIN: 5487-2926

Vladimir Ossipov, Dr. Sc., chief researcher of All-Russian scientific research Institute of medicinal and aromatic plants (VILAR), ossipov@utu.fi
ORCID: 0000-0002-8383-9965
SPIN: 8784-6445

Отказ от ответственности: заявления, мнения и данные, содержащиеся в публикации, принадлежат исключительно авторам и соавторам. ФГБНУ ВНИИСПК и редакция журнала снимают с себя ответственность за любой ущерб людям и/или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.