

УДК 582.665.11:615.322

DOI: 10.15372/ChUR20202500

Флавоноиды ревеней (*Rheum* L.) дикорастущих и культивируемых в Сибирском регионе

Г. И. ВЫСОЧИНА

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
Новосибирск (Россия)

E-mail: botgard@ngs.ru

(Поступила 31.12.19; после доработки 08.06.20)

Аннотация

Виды рода *Rheum* L. (ревень) издавна привлекали внимание исследователей как возможные источники лекарственных препаратов различного назначения. Изучались преимущественно подземные органы растений, так как основное внимание уделялось специфичной для видов этого рода группе веществ – антрахинонам и антронам, обладающим широким спектром биологической активности. В настоящей работе исследовано содержание флавоноидов в надземных органах растений рода *Rheum*, произрастающих в Сибирском регионе и культивируемых на экспериментальном участке Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (Новосибирск, Академгородок); проведена оценка перспективности их использования в качестве источника этих веществ. Показано, что ревени, произрастающие как в природе, так и в условиях культуры в лесостепной зоне Западной Сибири, отличаются высоким содержанием флавоноидов. Установлено, что в период массового цветения дикорастущих растений из регионов Сибири содержание флавоноидов варьирует в пределах для *Rheum compactum* 3.87–10.06 % (в цветках), 1.17–5.16 % (в листьях), для *Rheum undulatum* (syn. *R. rhabarbarum*) 5.04–9.62 % (в цветках), 2.00–7.57 % (в листьях) от массы абсолютно сухого сырья. Культивируемые *R. compactum* и *R. undulatum* сохраняют свою способность синтезировать флавоноиды, содержание которых в *R. compactum* достигает 7.68 % (в цветках) и 4.27 % (в листьях), а в *R. undulatum* – 9.43 и 4.95 % соответственно. Для 10 индивидуальных растений *R. undulatum* содержание флавоноидов находится в диапазоне 3.53–9.43 % (цветки) и 2.25–4.95 % (листья), коэффициенты вариации – 35 и 24 % соответственно, что является благоприятным фактором для селекции высокопродуктивных форм ревеня. При интродукции в Новосибирскую область все 15 испытанных видов ревеня, независимо от происхождения семян, показали способность синтезировать большое количество флавоноидов (особенно в цветках), что свидетельствует о перспективности их выращивания в промышленных масштабах. Наиболее отзывчивы на условия культуры представители секций *Rhapontica* и *Palmata*.

Ключевые слова: род *Rheum* L., флавоноиды, сибирские виды *Rheum compactum* L., *Rheum undulatum* L. (syn. *R. rhabarbarum* L.)

ВВЕДЕНИЕ

Поиск растений, содержащих флавоноиды, обусловлен уникальными свойствами этой группы природных соединений. На базе флавоноидов созданы лечебные средства противовоспалительного, антиоксидантного, капилляроукрепляющего, противолучевого, иммуномодулирующего и иного действия [1].

Растения рода *Rheum* L. (ревень) издавна привлекали внимание исследователей как возможные источники лекарственных препаратов различного назначения [2, 3]. *Rheum* – азиатский континентальный род, объединяет около 50 видов. Характеризуется обширным ареалом, состоящим из двух регионов: гумидного, включающего влажные лесные районы Гималаев, Китая, Монголии, Сибири и Дальнего Востока,

и аридного, состоящего из горных и равнинно-пустынных областей Казахстана, Передней, Средней и Центральной Азии, Афганистана и Ирана. Это травянистые многолетники с мощными прямостоячими стеблями и длинными мясистыми корневищами. Листья собраны в розетку, могут достигать гигантских размеров [4, 5]. Наиболее хорошо изучены представители “лесных ревеней” Центрального и Северного Китая из секций *Palmata* и *Rhapontica*: *Rheum palmatum* L., *Rheum officinale* Baill., *Rheum emodi* Wall. ex Meissn., *Rheum undulatum* L. (syn. *Rheum rhabarbarum* L.) и *Rheum compactum* L. [6]. Фармакопейные статьи на подземные органы *R. palmatum*, *Rheum tanguticum*, *R. officinale*, *Rheum coreanum* и их межвидовых гибридов включены в фармакопеи Японии [7], Китая [8], Европы [9]. В российской фармакопее официально признан ремень тангутский *R. palmatum* L. var. *tanguticum* Regel, корневища которого используются как противовоспалительное, слабительное и вяжущее средство [10].

Анализ современных научных исследований по химическому составу и биологической активности ревеней показывает, что основное внимание уделяют специфичной для видов этого рода группе веществ – антрахинонам и антронам, обладающим широким спектром биологической активности: противогрибковой, антимикробной, антивирусной, антиоксидантной, цитотоксической, иммуномодулирующей и пр. [6]. Так как основными “накопителями” этих соединений являются подземные органы растений, в странах Востока активно изучали корни и корневища ревеней. Исследованию надземных органов уделялось недостаточное внимание, тогда как цветки и листья – ценные источники флавоноидов, не менее важной группы биологически активных веществ.

Цель настоящей работы – исследование содержания флавоноидов в надземных органах растений рода *Rheum*, произрастающих в Сибирском регионе и культивируемых на экспериментальном участке Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН, Новосибирск, Академгородок), а также оценка перспективности их использования в качестве источника этих веществ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Образцы надземных органов растений (цветки и листья) двух сибирских дикорастущих ви-

дов *R. compactum* и *R. undulatum* (syn. *R. rhabarbarum*) были собраны автором в природе, а также представлены гербарным материалом разных сроков сбора. Растения 15 видов рода *Rheum* из пяти секций – *Rhapontica*, *Deserticola*, *Ribesiformia*, *Palmata* и *Spiciformia* – были выращены на экспериментальном участке ЦСБС СО РАН из семян, полученных по делектусам из ботанических садов России, Белоруссии, Германии, Польши, Франции и других стран. Сбор материала проводили на третий год жизни растений в фазе массового цветения. Аналитическую пробу составляли из 5–7 растений. В работе использован хроматоспектрофотометрический метод количественного определения флавоноидов, основанный на разделении веществ двухмерной хроматографией на бумаге.

Точную навеску воздушно-сухого сырья (0.1–0.5 г), измельченного до размера частиц 1 мм, помещали в колбу емкостью 100 мл, заливали 30 мл 40 % этилового спирта и кипятили на водяной бане с обратным холодильником 30 мин. Экстракт фильтровали. Повторную экстракцию проводили 20 мл 40 % этилового спирта в течение 15 мин. После фильтрации остаток в колбе и на фильтре промывали 5 мл спирта. Объединенный фильтрат сгущали в ротационном испарителе до 2–3 мл (точный объем).

Полученные экстракты исследовали методом хроматографии на бумаге марки Filtrak № 15 в системах растворителей: изопропиловый спирт – муравьиная кислота – вода (2 : 5 : 5) (направление I), *n*-бутиловый спирт – уксусная кислота – вода (40 : 12 : 28) (направление II). На один лист хроматографической бумаги наносили 0.10–0.15 мл экстракта в зависимости от навески сырья и количества экстракта. Каждую пробу наносили одновременно в трех повторностях. Одну хроматограмму проявляли парами аммиака и 5 % спиртовым раствором хлорида алюминия, две другие использовали для количественного определения флавоноидов. По проявленной хроматограмме уточняли расположение пятен флавоноидов. Каждое обнаруженное на хроматограмме пятно вырезали, измельчали и заполняли бумажной стружкой стеклянные колонки диаметром в верхней части 6 мм, в нижней – 1 мм и высотой 60–70 мм. Элюировали флавоноиды 40 % этиловым спиртом порциями 0.5 мл до получения объема элюата не менее 3 мл. Оптическую плотность элюатов определяли с помощью спектрофотометра СФ-26 (Россия) при длине волны 360 нм, так как содержа-

щиеся в исследуемых видах флавоноиды имеют максимум поглощения в длинноволновой области УФ-спектра (355–365 нм). В качестве контроля использовали 40 % этиловый спирт. Содержание абсолютно сухого вещества в воздушно-сухом сырье определяли гравиметрическим методом.

Расчет количества флавоноидов (в % от массы абсолютно сухого сырья) проводили по формуле $X = DV_1V_2 100 / (MV_3(100 - W) \cdot 10^4)$

где D – содержание флавоноида в 1 мл испытуемого раствора, найденное по калибровочному графику, построенному по рутину, мкг; V_1 , V_2 , V_3 – объемы экстракта, элюата и экстракта, нанесенного на бумагу, соответственно, мл; M – масса воздушно-сухого сырья, г; W – потеря при высушивании сырья до абсолютно сухой массы, %.

Для построения калибровочного графика использовали раствор рутина в 40 % этиловом спирте (концентрация 1 мг/мл), который подвергали хроматографированию и элюции при условиях, описанных выше для разделения комплекса флавоноидов в исследуемых экстрактах. Общее содержание флавоноидов вычисляли суммированием количества индивидуальных компонентов флавоноидного комплекса образца. Относительная ошибка использованной методики составляет ± 1.39 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Сибири произрастает два вида ревеней – *R. compactum* (ревень компактный) и *R. undulatum* (syn. *R. rhabarbarum*) (ревень волнистый). Вид *R. compactum* встречается по берегам рек, в лесах, долинах, на склонах, в тундре на территории Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока. Вид *R. undulatum* растет только в Восточной Сибири по опушкам, в степи, в редких лесах, на песчаной почве. Растения этих видов выращивают в садах и огородах, употребляют в пищу. Высокое содержание флавоноидов в органах надземной части растений этих видов отмечалось нами ранее [11, 12]. Было обнаружено, что цветки культивируемого *R. compactum* содержат 5.24 % флавоноидов (гликозидов кемпферола и кверцетина, в том числе 2.82 % рутина), листья – 4.27 % флавоноидов, включая 1.73 % рутина. Близкий к *R. compactum* вид *Rheum altaicum*, отличающийся от него более низким ростом, плотными и почти голыми, треугольно-яйцевидными листьями и величи-

ной плодов, признается не всеми ботаниками и часто рассматривается как синоним *R. compactum*. В условиях интродукции цветки растений этого вида содержали 6.40 % флавоноидов (гликозидов кемпферола и кверцетина, в том числе 3.70 % рутина), листья – 2.86 % флавоноидов, включая 1.28 % рутина. Динамический ряд накопления флавоноидов в фазах отрастания, бутонизации, цветения и плодоношения выглядит следующим образом, %: в растениях *R. compactum* – репродуктивные органы (0, **7.42**, 7.00, 1.74 соответственно); листья (4.07, **4.67**, 3.51, 3.02); в растениях *R. altaicum* – репродуктивные органы (0, **7.40**, 5.89, 0.83); листья (2.16, **3.97**, 3.46, 2.78) [13–15]. Максимум содержания флавоноидов в цветках и листьях обоих видов приходится на фазу бутонизации. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) во флавоноидных комплексах *R. compactum* и *R. altaicum* выявлены флавонолы кверцетин, кемпферол, рамнетин, рутин, астрагалин. Таким образом, бутоны, соцветия и листья могут быть ценным источником флавонолов. Количество рутина в цветках обоих видов достигает 13 мг/г [16, 17].

Вышеописанные результаты получены для культивируемых ревеней. Данные по содержанию флавоноидов в растениях дикорастущих сибирских видов отсутствуют, поскольку такие растения не рассматривались с позиций возможного источника этих ценных биологически активных веществ. По нашим данным (табл. 1), растения *R. compactum* из естественных местобитаний способны накапливать большие количества флавоноидов, при этом диапазон их содержания в период массового цветения растений из регионов Сибири составляет 3.87–10.06 % от массы абсолютно сухого сырья (в цветках), 1.17–5.16 % (в листьях). Следует отметить, что в цветках всегда содержится флавоноидов больше, чем в листьях [18]. Самая высокая концентрация веществ отмечена для растений с хребтов Кодар и Удокан (Становое нагорье). Наиболее частые места произрастания *R. compactum* в Сибири расположены в гольцовом, подгольцовом или лесном поясах, в верховьях горных рек и ручьев, на каменистых склонах, при этом отмечается значительная высота местности над уровнем моря и повышенная инсоляция. Вполне вероятно, что флавоноидные пигменты играют роль фильтров, защищая ткани растений от вредного влияния ультрафиолетовых лучей, и количество их в растениях связано с освещенностью места произрастания. Ранее отмечалось,

ТАБЛИЦА 1

Содержание флавоноидов в цветках и листьях растений сибирских видов

R. compactum и *R. undulatum* (syn. *R. rhabarbarum*) из природных местообитаний, % от массы абсолютно сухого сырья

Номер образца	Место сбора	Цветки	Листья
<i>R. compactum</i>			
1	Красноярский край, плато Путорана, оз. Хантайское, в лесном поясе на болотистой низине	6.13	3.33
2	Там же, в лесном поясе на берегу ручья	7.04	2.11
3	Заполярье, окрест. г. Игарка, в лесном поясе на опушке травянистого березово-ольхового леса	4.14	1.74
4	Иркутская обл., Черемховский р-н, пос. Олот, в лесном поясе на берегу реки	3.87	1.17
5	Восточные Саяны, Тункинские Альпы, р. Тубота, в лесном поясе на высоте 1300 м	7.12	3.40
6	Там же, голец Дода, в подгольцовом поясе на каменистом склоне на высоте 2100 м	4.96	2.95
7	Там же, хр. Пограничный, верховья р. Сенцы, в подгольцовом поясе на каменистом луговом склоне на высоте 1850 м	7.40	4.07
8	Там же, Тункинские Альпы, берег оз. Хонголдой, в гольцовом поясе на скалистом луговом склоне	7.83	4.34
9	Бурятия, хр. Хамар-Дабан, подножье г. Хан-Ула, в гольцовом поясе, каменистый берег речки на высоте 1900 м	4.72	3.10
10	Бурятия, Китайские Альпы, верховья р. Оспы, в подгольцовом поясе, склон в кедровом редколесье, на лугу	7.33	4.61
11	Южное побережье оз. Байкал, в 8 км вверх от устья р. Хара-Мурин, в лесном поясе на илистом склоне реки	7.57	5.16
12	Иркутская обл., Мамско-Чуйский р-н, низовья р. Большая Слюдянка, окрест. пос. Полянновка, на каменистом берегу ручья	6.21	2.94
13	Иркутская обл., бассейн р. Большой Патом, истоки левого притока р. Маракан, в подгольцовом поясе на берегу ручья	5.56	3.56
14	Иркутская обл., бассейн р. Чара, верховья р. Хомолхо, в зарослях кустарников по руслу ручья на высоте 850 м	5.82	3.45
15	Бурятия, Баргузинский хр., в окрест. пос. Дагары, верховья р. Акуликан, хвойно-тополевый травянистый лес на высоте 1200 м	5.85	4.67
16	Там же, верховья р. Светлая, на краю каменистой россыпи в подгольцовом поясе на высоте 1900 м	6.67	4.66
17	Байкальский хр., правобережье р. Поперечной, по южному склону к левому притоку р. Горемыки	4.87	3.32
18	Становое нагорье, хр. Удокан, верховья р. Наминги, на каменистом лугу в подгольцовом поясе	9.51	3.77
19	Становое нагорье, хр. Кодар, верховья р. Апсата, в лесном поясе на высоте 1300 м	10.06	3.11
20	Бурятия, Джидинский р-н, левый берег р. Джиды, в 15 км на запад от пос. Дырестуй	5.46	2.57
21	Даурия, Восточное Забайкалье, окрест. г. Балей, каменистые россыпи	5.90	3.15
		3.87–10.06	1.17–5.16
<i>R. undulatum</i> (syn. <i>R. rhabarbarum</i>)			
22	Иркутская обл., берег оз. Байкал, бух. Ая	5.96	4.26
23	Северо-восточный берег оз. Байкал, окрест. м. Онгурены, скалы	7.45	2.48
24	Восточные Саяны, Тункинский р-н, окрест. дер. Зун-Мурино, берег р. Зун-Мурин, луг	7.75	5.12
25	Иркутская обл., берег оз. Байкал, о-в Ольхон, окрест. пос. Хужир, падь Ташкиней, кустарники по долине	8.60	7.57
26	Даурия, Восточное Забайкалье, долина р. Букукун, окрест. пос. Кыра, луг	7.14	6.08
27	Бурятия, окрест. г. Кяхта, дер. Усть-Киран, распадок	9.62	6.95
28	Читинская обл., Оловянинский р-н, дер. Уламы, распадок между гор, вострещовая степь	8.98	7.42
29	Читинская обл., окрест. г. Забайкальска, в 20 км, остепненный склон юго-восточной экспозиции	5.04	2.00
		5.04–9.62	2.00–7.57

Примечание. Растения собраны в фазе массового цветения.

что с увеличением высоты произрастания содержание флавоноидов в растениях повышается [19]. Вид *R. undulatum* не растет высоко в горах, приурочен к луговым и остепненным сообществам, берегам водоемов и долинам рек. Растения этого вида также накапливают большое количество флавоноидов (до 9.62 % в цветках и 7.57 % в листьях). Высокие показатели содержания флавоноидов в надземных органах видов, произрастающих в Сибири, позволяют использовать их в качестве лекарственного сырья. Например, установлены следующие требования к флавоноидсодержащему сырью: цветки бессмертника песчаного – не менее 6.0 % флавоноидов, цветки пижмы – не менее 2.5 %, трава зверобоя – не менее 1.5 %, листья вахты трехлистной – не менее 1.0 %, трава горца птичьего – не менее 0.5 % [20].

В природе растения ревеня произрастают одиночно, не создавая массива, поэтому их заготовка затруднена. Кроме того, использование дикорастущего сырья осложняется сокращением или полным исчезновением популяций ценных видов лекарственных растений. Проблема решается посредством создания промышленных плантаций. Одновременно возникает необходимость изучения природной флоры регионов как источника высокоактивного лекарственного сырья и исходного материала для интродукции и селекции [21]. Проведенные нами исследования дикорастущих ревеней служат основанием для получения ценного исходного материала как в виде семян, так и в виде корневых систем на первых этапах интродукции. Например, популяции *R. compactum* (образцы 18, 19) со Станового нагорья и *R. undulatum* (образцы 24, 26, 27) из Восточных Саян, Даурии и Бурятии могут быть использованы при создании интродукционных плантаций и селекции в регионах Сибири. Достойны внимания и некоторые другие популяции, а именно образцы 1, 2, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 16, 22, 23, 25. Наш опыт интродукции видов рода *Rheum* как произрастающих в Сибири, так и из других регионов и стран, оказался вполне удовлетворительным. Все испытанные виды, независимо от происхождения семян, легко культивируются, содержат большое количество флавоноидов и, таким образом, могут служить отличным лекарственным сырьем (табл. 2).

При оценке сырья даже самые низкие показатели содержания для цветков и листьев вполне приемлемы: 2.62 % (*R. palmatum*) и 1.50 % (*Rheum rhaponticum*) соответственно. В культу-

ре *R. compactum* устойчиво сохраняет свою способность синтезировать флавоноиды: их содержание в цветках достигает 7.68 %, в листьях – 4.27 %, что сравнимо с дикорастущими образцами. То же самое относится к *R. altaicum*, в цветках которого до 6.40 %, а в листьях – до 2.86 % флавоноидов. Культивируемые растения *R. undulatum*, как и дикорастущие, способны синтезировать до 9.43 % флавоноидов в цветках и до 4.95 % – в листьях. Кроме усредненных показателей нами были получены данные для индивидуальных растений *R. undulatum* (см. табл. 2). Для 10 индивидуальных растений этого вида содержание флавоноидов варьирует в пределах 3.53–9.43 % (цветки) и 2.25–4.95 % (листья) при коэффициентах вариации 35 и 24 % соответственно. Таким образом, отмечена высокая вариабельность содержания флавоноидов в цветках и средняя – в листьях, что служит благоприятным фактором для селекции высокопродуктивных форм ревеня. Среднеазиатский вид *Rheum wittrockii* Lund. дает в культуре небольшую массу, однако содержание флавоноидов и в цветках (5.29 %), и в листьях (3.95 %) достаточно высокое.

Еще один представитель секции *Rhapontica* – *Rheum emodi* Wall. ex Meissn. – более 5000 лет культивируется народами Кашмира. Произрастает в Гималаях; находит широкое применение в медицине Аюрведы и Унани. Его целебные свойства традиционно используются для лечения рака, язвы, диабета, заболеваний печени и почек, микробных и грибковых инфекций [22]. Климатические условия лесостепной зоны Западной Сибири не вполне соответствуют исторически сложившимся потребностям вида *R. emodi*, произрастающего в высокогорьях (до высоты 3700 м н. у. м.), вероятно поэтому содержание флавоноидов в выращенных в Сибири растениях ниже, чем в других видах секции *Rhapontica*, и составляет 2.72–3.86 % (в цветках) и 2.2–3.50 % (в листьях).

Rheum tataricum L. (ревень татарский) – среднеазиатский эндемичный вид, произрастает в степях, по щебню, глине, солонцам, травянистым и сухим склонам, буграм. Отзывчив на условия интродукции в лесостепной зоне Западной Сибири. Образует обильную надземную массу с высоким содержанием флавоноидов – до 5.79 % (в цветках) и 4.85 % (в листьях).

Вид *Rheum ribes* L. – ревень смородинный (сек. *Ribesiformia*) – один из самых важных сырьевых растений в азиатских районах. Произрас-

ТАБЛИЦА 2

Содержание флавоноидов в цветках и листьях видов рода *Rheum* L., выращенных в ЦСБС СО РАН из семян, полученных по делектусам (в % от массы абсолютно сухого сырья)

Вид	Происхождение семян	Цветки	Листья
Секция <i>Rhapontica</i>			
<i>R. compactum</i>	Россия, Московская обл., ботанический сад ВИЛАР	6.30	2.85
	Россия, Якутск, ботанический сад	5.87	4.27
	Белоруссия, Минск, ботанический сад БГУ	7.68	4.10
<i>R. altaicum</i> Losinsk. (syn. <i>R. compactum</i>)	Россия, Москва, Главный ботанический сад РАН	6.40	2.86
	Россия, Новосибирск, ЦСБС СО РАН, участок лекарственных растений	4.25	2.28
	Польша, Вроцлав, ботанический сад	6.39	2.25
<i>R. undulatum</i> (syn. <i>R. rhabarbarum</i> L.)	Россия, Москва, дендрологический сад МСХА	3.87	2.55
	Россия, Московская обл., ботанический сад ВИЛАР:		
	Растение 1	4.74	2.65
	Растение 2	6.83	3.18
	Растение 3	6.45	3.35
	Растение 4	4.83	2.82
	Растение 5	3.68	2.84
	Растение 6	9.43	2.25
	Растение 7	8.32	4.95
	Растение 8	3.87	3.48
	Растение 9	3.53	4.08
	Растение 10	5.53	4.09
	Румыния, Клуж-Напока, ботанический сад имени Александру Борзы	4.14	2.17
	Германия, Берлин, отделение ботаники и арборетум университета Гумбольдта	4.26	1.75
Германия, Бремен, ботанический сад	5.45	2.30	
<i>R. wittrockii</i>	Россия, Москва, Главный ботанический сад РАН	5.29	3.95
	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	3.04	2.98
<i>R. emodi</i>	Россия, Москва, дендрологический сад МСХА	3.86	3.50
	Германия, Бонн, ботанический сад	2.82	2.28
	Франция, Дижон, ботанический сад	2.72	2.30
	Румыния, Клуж-Напока, ботанический сад имени Александру Борзы	3.51	2.53
Секция <i>Deserticola</i>			
<i>R. tataricum</i> L.	Россия, Москва, Главный ботанический сад РАН	5.79	4.85
	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	3.14	2.68
Секция <i>Ribesiformia</i>			
<i>R. ribes</i>	Россия, Москва, Главный ботанический сад РАН	5.71	2.84
	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	2.78	2.88
	Польша, Вроцлав, ботанический сад	4.70	3.26
	Италия, Турин, ботанический сад	4.39	2.41
<i>R. macrocarpum</i>	Польша, Вроцлав, ботанический сад	6.26	3.79
	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	3.43	2.45
Секция <i>Palmata</i>			
<i>R. palmatum</i>	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	4.83	3.53
	Франция, Дижон, ботанический сад	2.62	2.60
<i>R. rhaponticum</i>	Россия, Москва, дендрологический сад МСХА	8.11	3.36
	Дания, Копенгаген, ботанический сад университета	5.38	1.50
	Германия, Берлин, отделение ботаники и арборетум университета Гумбольдта	6.31	2.14
	Чехия, Брно, ботанический сад	3.88	2.07
<i>R. franzenbachii</i>	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	4.61	1.88
	Дания, Копенгаген, ботанический сад университета	5.76	2.63
<i>R. officinale</i>	Россия, Кировск, Полярно-альпийский ботанический сад РАН	3.66	1.92
	Белоруссия, Минск, ботанический сад БГУ	4.74	3.50
	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	5.17	2.59
	Германия, Бонн, ботанический сад	5.85	2.54
Секция <i>Spiciformia</i>			
<i>R. reticulatum</i> Losinsk.	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	4.02	2.44
<i>R. moorcroftianum</i>	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	4.45	3.47
<i>R. webbianum</i>	Венгрия, Будапешт, ботанический сад	4.44	1.92
	Польша, Вроцлав, ботанический сад	5.60	1.52

Примечание. Растения собраны в фазе массового цветения в возрасте трех лет.

тает по глинистым склонам и в ущельях субальпийской зоны Южного Закавказья, в Иране, Армении. В древние времена широко использовался как пищевое и лекарственное растение [3]. Флавоноиды (кверцетин, 5-дезоксикверцетин, 3-О-рамнозид, 3-О-галактозид и 3-О-рутинозид кверцетина) выделены из растений этого вида, произрастающих в Турции; показана их высокая антиоксидантная активность [23, 24]. В условиях культуры в Новосибирской области содержит до 5.78 % (в цветках) и 3.26 % (в листьях) флавоноидов. Перспективен как источник сырья, содержащего производные кверцетина.

К этой же секции *Ribesiformia* относится среднеазиатский вид *Rheum macrocarpum* A. Los. (ревень крупноплодный), эндем Тянь-Шаня. Содержит дубильные вещества, поэтому используется местным населением в кожевенном производстве. В цветках интродуцированных в Сибири растений обнаружено до 6.26 % флавоноидов, в листьях – до 3.79 %.

Секция *Palmata* представлена в работе четырьмя видами: *R. palmatum* L., *Rheum rhaponticum* L., *Rheum franzenbachii* Münter. и *R. officinale* Baill. Вид *R. rhaponticum* (ревень черноморский или черенковый), родиной которого является Болгария, отличается высокими показателями содержания флавоноидов в цветках (до 8.11 %) и достаточно высокими – в листьях (до 3.36 %). Другие виды этой секции также перспективны. Так, у *R. officinale* до 5.85 % флавоноидов в цветках и 3.50 % – в листьях, у *R. franzenbachii* – 5.76 и 2.63 %, у *R. palmatum* – 4.83 и 3.55 % соответственно. Вид *R. palmatum* издавна выращивался как огородная культура и хорошо показал себя в этом плане в различных регионах и странах.

Виды секции *Spiciformia* – *Rheum reticulatum* A. Los., *Rheum moorcroftianum* Royle и *Rheum webbianum* Royle – приурочены к высокогорным районам Азии. В условиях интродукции в Западной Сибири содержат до 5.60 % флавоноидов в цветках и 3.47 % – в листьях, что соответствует требованиям к сырью, содержащему флавоноиды.

Таким образом, при интродукции в Новосибирскую область все 15 испытанных видов ревеня, независимо от происхождения семян, показали способность синтезировать большое количество флавоноидов, что свидетельствует о перспективности их выращивания в промышленных масштабах для получения этих ценных биологически активных веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Растения рода *Rheum* L. отличаются высоким содержанием флавоноидов как в природе, так и в условиях культуры в лесостепной зоне Западной Сибири. В период массового цветения растений из регионов Сибири в цветках и листьях *R. compactum* обнаружено до 10.06 и 5.16 % флавоноидов соответственно, в цветках и листьях *R. undulatum* (syn. *R. rhabarbarum*) – до 9.62 и 7.57 % соответственно (от массы абсолютно сухого сырья).

В культуре *R. compactum* и *R. undulatum* сохраняют свою способность синтезировать флавоноиды. Содержание их в цветках *R. compactum* достигает 7.68 %, в листьях – 4.27 %, что сравнимо с дикорастущими образцами. Культивируемые растения *R. undulatum* накапливают до 9.43 % флавоноидов в цветках и до 4.95 % – в листьях. Размах варьирования количества флавоноидов у 10 индивидуальных растений *R. undulatum* составил 3.53–9.43 % (цветки) и 2.25–4.95 % (листья) при коэффициентах вариации 35 и 24 % соответственно, что служит благоприятным фактором для селекции высокопродуктивных форм ревеня.

При интродукции в Новосибирскую область все 15 испытанных видов ревеня, независимо от происхождения семян, показали способность синтезировать большое количество флавоноидов, что свидетельствует о перспективности выращивания данных растений в промышленных масштабах для получения этих ценных биологически активных веществ.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН № АААА-А17-117012610051-5 по проекту “Оценка морфогенетического потенциала популяций растений Северной Азии экспериментальными методами”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Макарова М. Н., Макаров В. Г. Молекулярная биология флавоноидов: химия, биохимия, фармакология. Руководство для врачей. СПб.: Лема, 2010. 428 с.
- 2 Bilal S., Mir M. R., Parrah J. D., Tiwari B. K., Tripathi V., Singh P., Mehjabeen, Abidi A. B. Rhubarb: The wondrous drug. A review // Intern. J. Pharm. Biol. Sci. 2013. Vol. 3, No. 3. P. 228–233.
- 3 Agarwal S. K., Singh S. S., Lakshmi V., Verma S., Kumar S. Chemistry and pharmacology of rhubarb (*Rheum* species) – A review // J. Sci. Ind. Res. 2001. Vol. 60, No. 1. P. 1–9.
- 4 Лозина-Лозинская А. С. Систематический обзор дикорастущих видов рода *Rheum* L. / Флора и систематика высших растений. Т. 5. М., Л., 1936. С. 67–141.

- 5 Григорьев Ю. С. Адаптивная радиация в роде *Rheum* L. (к проблеме взаимодействия систематики, географии и физиологии растений) // Бюлл. МОИП. 1981. Т. 86, Вып. 5. С. 72–82.
- 6 Высочина Г. И. Антрахиноны и биологическая активность видов рода *Rheum* L. (Polygonaceae) (обзор) // Химия раст. сырья. 2018. № 4. С. 29–41.
- 7 The Japanese Pharmacopoeia. 17th Ed. Tokyo, 2016. 2630 p.
- 8 Pharmacopoeia of the People's Republic of China. Vol. 1. Pekin, 2005. 668 p.
- 9 European Pharmacopoeia. 7th Ed. 2010. 4034 p.
- 10 Куркин В. А. Фармакогнозия. Самара: ООО "Офорт" СамГМУ, 2004. 1180 с.
- 11 Высочина Г. И. Возможности комплексного использования в медицине сибирских ревеней // Тез. Всесоюз. конф. "Новые лекарственные препараты из растений Сибири и Дальнего Востока", Томск, 1989. Вып. 2. С. 38–39.
- 12 Высочина Г. И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных. Новосибирск: Наука, 2004. 240 с.
- 13 Высочина Г. И., Кукушкина Т. А., Костикова В. А. Динамика содержания основных групп биологически активных веществ в *Rheum compactum* L. при интродукции в Новосибирскую область // Сиб. мед. журн. (Иркутск). 2015. № 1. С. 77–80.
- 14 Костикова В. А., Кукушкина Т. А., Высочина Г. И. Динамика содержания основных групп биологически активных веществ в *Rheum altaicum* Losinsk. при интродукции в Новосибирскую область // Химия уст. разв. 2017. Т. 25, № 5. С. 527–531.
- 15 Костикова В. А., Кукушкина Т. А., Высочина Г. И. Содержание фенольных соединений в сибирских видах рода *Rheum* L. при интродукции в Новосибирскую область // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 50. С. 175–178.
- 16 Костикова В. А., Высочина Г. И., Петрук А. А. Особенности накопления флавоноидов в органах надземной части *Rheum compactum* L. // Химия раст. сырья. 2015. № 4. С. 147–150.
- 17 Костикова В. А., Высочина Г. И., Петрук А. А. Особенности накопления флавонолов в органах надземной части *Rheum altaicum* Losinsk. (Polygonaceae Juss.) // Вестн. ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2016. № 2. С. 135–139.
- 18 Запрометов М. Н. Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 272 с.
- 19 Vysochina G. I., Voronkova M. S. Flavonoids of *Bistorta vivipara* (L.) Delarb. in relation to their ecological role // Contemporary Problems of Ecology. 2003. Vol. 6, No. 4. P. 426–433.
- 20 Государственная фармакопея СССР. Изд. 11, Вып. 2. М.: Медицина, 1990. 398 с.
- 21 Vysochina G. I., Kukushkina T. A., Kotsupii O. V., Zagurskaya Yu. V., Bayandina I. I. Flora of the forest-steppe zone as a source of biologically active compounds // Contemporary Problems of Ecology. 2011. Vol. 4, No. 2. P. 273–284.
- 22 Kaur A., Kaur S., Kaur M., Mahajan A., Bose S. *Rheum emodi*: A review on pharmacology and phytochemistry // World Journal of Pharmaceutical Research. 2015. Vol. 4, No. 1. P. 1892–1902.
- 23 Tosun F., Akyuz K. C. Anthraquinones and flavonoids from *Rheum ribes* // Ankara Universitesi Eczacilik Fakultesi Dergisi. 2003. Vol. 32, No. 1. P. 31–35.
- 24 Oeztuerk M., Aydogmus-Oeztuerk F., Duru M. E., Topcu G. Antioxidant activity of stem and root extracts of rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant // Food Chemistry. 2007. Vol. 103, No. 2. P. 623–630.