ХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ. 2015. №4. С. 147–150.
DOI: 10.14258/jcprm.201504758

Краткие сообщения

УДК 582.665.11:577.13 (571.1)

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ В ОРГАНАХ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *RHEUM COMPACTUM* L.

© ***В.А. Костикова*, Г.И. Высочина, А.А. Петрук***

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск, 630090 (Россия), e-mail: serebryakova-va@yandex.ru

Изучены особенности накопления флавоноидов в органах надземной части растений *Rheum compactum* L. методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. В этанольных экстрактах из репродуктивных органов, стеблей и листьев R. compactum идентифицированы флавонолы кверцетин, кемпферол, рамнетин, рутин, астрагалин и флавон лютеолин. Выявлено, что флавонолы кверцетин, кемпферол, рамнетин, рутин и астрагалин содержатся во всех органах. Экстракт из плодов отличается наличием флавона лютеолина. Бутоны (13,06%), соцветия (6,92%) и листья в фазах вегетации (5,28%) и бутонизации (6,23%) могут быть источником рутина. Меньше всего рутина в черешках листьев (0,16–0,40%). Содержание остальных идентифицированных фенольных соединений в экстрактах из надземных органов *R. compactum* не достигает 1%. Более высокое содержание кверцетина в соцветиях (0,55%) и бутонах (0,22%), кемпферола и астрагалина – в бутонах (0,19 и 0,44%, соответственно) и в листьях в фазе вегетации (0,14 и 0,26%), а рамнетина – в листьях в фазе вегетации (0,24%) и в бутонах (0,15%). В черешках листьев содержится меньше флавоноидов, чем в листьях и репродуктивных органах.

Ключевые слова: Rheum compactum, флавоноиды, ВЭЖХ.

Введение

Представители рода *Rheum* L. – многолетние лекарственные и овощные растения семейства *Polygonaceae* Juss. В лекарственных целях используется корневище ревеня из-за его слабительного и вяжущего действия. В пищу в основном употребляют сочные мясистые черешки листьев [1]. Листья ревеня, которые составляют 50% фитомассы культуры, не уступают по биохимическим показателям черешкам и также могут использоваться в пищу [2]. Экстракты из ревеня обладают антимикробной, противоязвенной, антиоксидантной и другой активностью [3–5].

Растения рода *Rheum* могут быть источником флавоноидов [6]. Эта группа веществ оказывают антиоксидантное, противовоспалительное, иммуномодулирующее действие на организм человека и животных [7]. Большинство исследований биологически активных соединений проводятся на видах рода *Rheum*, которые используются в традиционной китайской или корейской медицине [8]. Относительно мало известно о накоплении флавоноидов в органах сибирских видов *Rheum* в течение вегетационного периода.

Одним из типичных представителей рода является сибирско-монгольско-китайский вид *Rheum compactum* L. – ревень густоцветковый, или компактный. Это многолетнее травянистое растение 30–120 см высотой. Листья округлые, тупые, с сердцевидным основанием. Соцветие метельчатое, густое. Плод – орешек с почти равными ему по ширине сердцевидными крыльями. Произрастает на скалах, каменистых россыпях и в каменистых степях в горном, лесном поясе и высокогорьях [9, 10].

Известно применение *R. compactum* как общеукрепляющего средства при лечении анемии и туберкулеза. В тибетской медицине используется в составе многих рецептов при инфекционных заболеваниях. В Сибири и Средней Азии порошок

Костикова Вера Андреевна – младший научный сотрудник, кандидат биологических наук, тел. (383) 339-98-14, e-mail: serebryakova-va@yandex.ru
Высочина Галина Ивановна – заведующая лабораторией, доктор биологических наук, профессор, тел. (383) 339-98-10, e-mail: vysochina_galina@mail.ru
Петрук Анастасия Андреевна – научный сотрудник, кандидат биологических наук, тел. (383) 339-98-18, e-mail: pet.a@mail.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

из подземных органов применяют наружно при ожогах, отвар – как слабительное или вяжущее (в зависимости от дозы). Листья, черешки и цветоносы используют в пищу. Высушенные черешки добавляют в компоты. Известно как красильное растение [11].

Сведений о вторичных метаболитах ревеня густоцветкового очень мало. В надземной части растений найдены гликозиды кемпферола, кверцетина и мирицетина, в подземных органах – оксиметилантрахиноны хризофанол, эмодин, фисцион, алоэ-эмодин и реин [6].

Цель работы − исследование особенностей накопления флавоноидов в органах надземной части *R. compactum* в разные фазы вегетации.

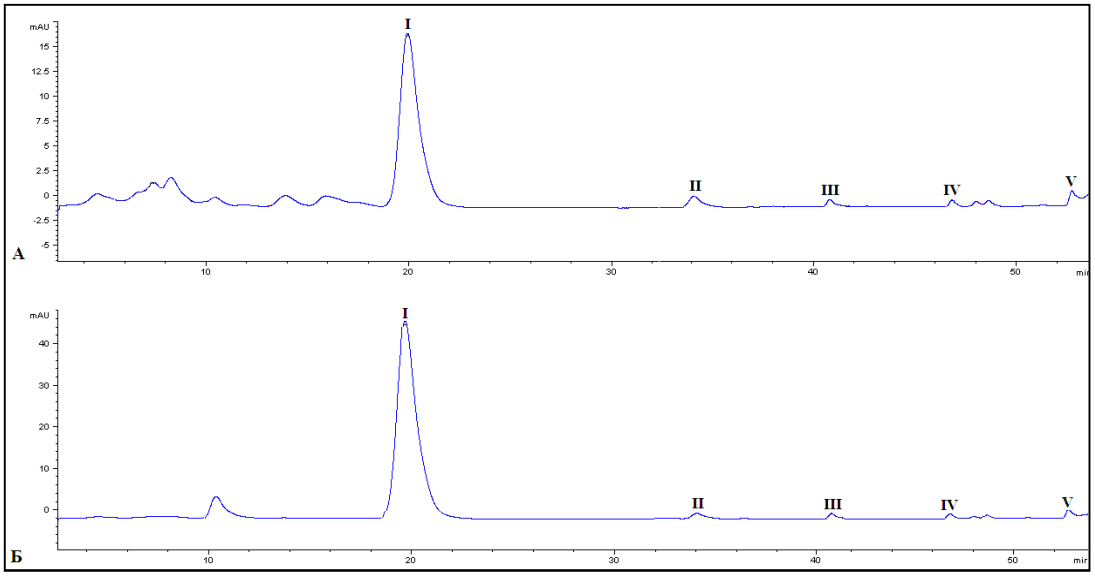
Материалы и методы

Содержание флавоноидов в репродуктивных органах, листьях и стеблях растений *R. compactum* второго года жизни изучали в течение вегетационного периода 2013 г. Исследовали четыре фазы развития: вегетация, бутонизация, цветение и плодоношение. Растения были выращены из семян на экспериментальном участке лаборатории фитохимии ЦСБС СО РАН.

Для хроматографического исследования флавоноидов использовали водно-этанольные (40%) извлечения из сырья, полученные экстракцией на водяной бане [6]. Для анализа проб использовали аналитическую ВЭЖХ-систему, состоящую из жидкостного хроматографа Agilent 1200 с диодноматричным детектором и системы для сбора и обработки хроматографических данных ChemStation. Разделение проводили на колонке Zorbax SB-C18, размером 4,6×150 мм, с диаметром частиц 5 мкм, при градиентном режиме элюирования. Для приготовления стандартных образцов кверцетина, кемпферола, рамнетина, рутина, астрагалина и лютеолина применяли препараты фирмы Fluka и Sigma. Вещества идентифицировали методом сопоставления времени удерживания пиков веществ на хроматограммах анализируемых образцов со временами удерживания пиков стандартных образцов и УФ спектров. Количественное определение индивидуальных компонентов в образцах растений проводили по методу внешнего стандарта в пересчете на кверцетин [12].

Результаты и обсуждение

Флавоноловые гликозиды сибирских видов рода *Rheum*, в том числе и *R. compactum*, имеют в своей основе агликоны кемпферол, кверцетин и мирицетин, причем содержание гликозидов кверцетина более высокое по сравнению с гликозидами других агликонов [6]. В этанольных экстрактах из репродуктивных органов, стеблей и листьев *R. compactum* методом ВЭЖХ нами идентифицированы флавонолы кверцетин, кемпферол, рамнетин, рутин, астрагалин и флавон лютеолин (рис., табл.). Агликон мирицетин в экстрактах обнаружен нами не был.



ВЭЖХ-хроматограмма водно-этанольного экстракта из листьев в фазу бутонизации (А) и бутонов (Б) *R. compactum*. По оси абсцисс – время удерживания, мин.; по оси ординат – оптическая плотность. Обозначения: I – рутин, II – астрагалин, III – кверцетин, IV – кемпферол, V – рамнетин

Содержание флавоноидов в органах надземной части *R. Compactum* (процент от массы воздушно-сухого сырья), 2013 г.

Фаза развития, дата сбора	Орган растения	Рутин	Кверцетин	Кемпферол	Лютеолин	Астрагалин	Рамнетин
Вегетация, 15 мая	Лист	5,28	0,19	0,14	–	0,26	0,24
	Черешки	0,40	0,02	0,03	–	–	0,03
Бутонизация, 11 июня	Лист	6,23	0,16	0,07	–	0,25	0,05
	Черешки	0,21	0,02	–	–	–	0,04
	Бутоны	13,06	0,22	0,19	–	0,44	0,15
Цветение, 02 июля	Лист	2,60	0,05	0,03	–	0,13	0,02
	Черешки	0,16	0,01	0,02	–	–	0,09
	Цветки	6,92	0,55	0,11	–	0,13	0,04
Плодоношение, 16 июля	Лист	2,63	0,04	0,02	–	0,12	0,02
	Черешки	0,21	0,03	0,02	–	–	0,03
	Плоды	1,93	0,06	0,04	0,09	0,06	0,06

Примечание: «–» – вещество не обнаружено.

Анализ содержания флавоноидов показал, что органы надземной части *R. compactum* содержат много рутина (рис., табл.). Растения рода *Rheum* могут быть источником рутина, так как он обнаружен практически у всех видов этого рода [6, 13]. Содержание рутина достигает у *R. compactum* 13,06% в бутонах, в два раза меньше в соцветиях (6,92%) и в листьях – в фазах вегетации (5,28%) и бутонизации (6,23%). Меньше всего рутина в черешках листьев (0,16–0,40%). Остальные обнаруженные флавоноиды, содержащиеся в экстрактах из органов *R. compactum*, являются минорными, так как их количество не достигает 1%. Больше всего кверцетина содержат соцветия (0,55%), бутоны (0,22%) и листья в фазе вегетации (0,19%). Кемпферола больше накапливается в бутонах (0,19%), листьях в фазе вегетации (0,14%) и соцветиях (0,11%). Астрагалина больше содержится в бутонах (0,44%), листьях в фазах вегетации (0,26%) и бутонизации (0,44%). Рамнетин преобладает в листьях в фазу вегетации (0,24%) и в бутонах (0,15%).

Полученные данные показали, что в черешках листьев содержится меньше флавоноидов, чем в листьях и репродуктивных органах. Бутоны, соцветия и листья в фазах вегетации и бутонизации *R. compactum* могут быть ценным источником флавоноидов, особенно это относится к гликозиду кверцетина – рутину, содержание которого достигает 13,06%. Накопление флавоноидов в репродуктивных органах косвенно говорит также об участии этих веществ в размножении и защите органов размножения от УФ излучения [14].

Экстракт из плодов *R. compactum* отличается наличием флавона лютеолина. В экстрактах из всех остальных органов ревеня компактного лютеолина обнаружено не было. Из всех идентифицированных веществ больше всего в плодах содержится рутина (1,93%) и лютеолина (0,09%) (табл.).

Выводы

В результате исследования особенностей накопления флавоноидов методом ВЭЖХ в этанольных экстрактах из надземных органов *R. compactum* выявлены флавонолы кверцетин, кемпферол, рамнетин, рутин, астрагалин и флавон лютеолин. Бутоны, соцветия и листья в фазах вегетации и бутонизации *R. compactum* могут быть ценным источником флавоноидов, особенно это относится к гликозиду кверцетина – рутину, содержание которого достигает 13,06%. Экстракт из плодов отличается наличием лютеолина, тогда как в других органах он обнаружен не был.

Список литературы

1. Конева Л.С. Ревень. М., 2005. 96 с.
2. Коршенко Л.О., Долгова Т.Г., Медведева Е.В., Филонова О.В. Оценка химического состава и технологических свойств листьев ревеня как нового ингредиента пищевых продуктов с функциональными свойствами // Тихоокеанский медицинский журнал. 2009. №1. С. 91–99.
3. Kosikowska U., Smolarz H.D., Malm A. Antimicrobial activity and total content of polyphenols of *Rheum* L. species growing in Poland // Central European Journal of Biology. 2010. N5(6). Pp. 814–820.
4. Sindhu R.K., Kumar P., Kumar J., Kumar A., Arora S. Investigations into the anti-ulcer activity of *Rheum ribes* Linn. leaves extracts // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2010. Vol. 2, N4. Pp. 91–92.
5. Wang J.l., Liu M.F., Li X.X., Wang Q., Zhang L., Li J.F. Anti-oxidative activities of ethanol extracts from both wild plant and suspension cell cultures of *Rheum franzenbachii* // Chinese Herbal Medicines. 2014. N6(2). Pp. 115–119.
6. Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных. Новосибирск, 2004. 240 с.

7. Макарова М.Н., Макаров В.Г. Молекулярная биология флавоноидов: химия, биохимия, фармакология. Руководство для врачей. СПб., 2010. 428 с.
8. Zheng Q.X., Wu H.F., Guo J., Nan H.J., Chen S.L., Yang J.S., Xu X.D. Review of Rhubarbs: Chemistry and Pharmacology // Chinese Herbal Medicines. 2013. N1. Pp. 9–32.
9. Кашина Л.И. Род *Rheum* // Флора Сибири. *Salicaceae-Amaranthaceae*. Новосибирск, 1992. Т. 5. С. 108–109.
10. Лозина-Лозинская А.С. Род Ревень – *Rheum* L. // Флора СССР. М.; Л., 1936. Т. 5. С. 483–501.
11. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Magnoliaceae – Limoniaceae.* Л., 1984. 460 с.
12. Храмова Е.П., Комаревцева Е.К. Изменчивость флавоноидного состава листьев *Potentilla fruticosa* (*Rosaceae*) разных возрастных состояний в условиях Горного Алтая // Растительные ресурсы. 2008. №3. С. 96–102.
13. Agarwal S.K., Singh S.S., Lakshmi V., Verma S., Kumar S. Chemistry and Pharmacology of Rhubarb (*Rheum* species) – A Review // Journal of Scientific and Industrial Research. 2001. Vol. 60, N1. Pp. 1–9.
14. Iwashina T., Omori Y., Kitajima J., Akiyama S., Suzuki T., Ohba H. Flavonoids in translucent bracts of the Himalayan *Rheum nobile* (*Polygonaceae*) as ultraviolet shields // Journal of Plant Research. 2004. Vol. 117, N2. Pp. 101–107.

Поступило в редакцию 17 июня 2015 г.

После переработки 12 ноября 2015 г.

Kostikova V.A.[*]*, Vysochina G.I., Petruk A.A.* FEATURES OF THE FLAVONOID ACCUMULATION IN THE ORGANS OF THE ABOVEGROUND PART OF *RHEUM COMPACTUM* L.

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Zolotodolinskaia st., 101, Novosibirsk, 630090 (Russia), e-mail: serebryakova-va@yandex.ru

Features of the flavonoids accumulation in the organs of aboveground parts of the plants *Rheum compactum* L. was investigated by High-Performance Liquid Chromatography method. The flavonols quercetin, kaempferol, rhamnetin, rutin, astragalin and flavone luteolin identified in the ethanol extract of the reproductive organs, stems and leaves of *R. compactum*. It was revealed, that the flavonols quercetin, kaempferol rhamnetin, rutin, astragalin contain in all the organs. The extract from the fruit is different by the presence of flavone luteolin. Buds (13,06%), inflorescence (6,92%) and leaves in the phases of vegetation (5,28%) and budding (6,23 %) may be a source of rutine. Least of all rutin accumulates in the petioles (0,16–0,40%). The content of the other phenolic compounds identified in the extracts from the aboveground organs *R. compactum* less than 1%. The higher content of quercetin in the inflorescences (0,55%) and buds (0,22%), astragalin and kaempferol – in the buds (0,19 and 0,44%, respectively) and in the leaves in the phases of vegetation (0,14 and 0,26%), and rhamnetin – in the leaves in the phases of vegetation (0,24%) and buds (0,15%). The petioles contain less flavonoids than in the leaves and reproductive organs.

Keywords: Rheum compactum, flavonoids, HPLC.

References

1. Koneva L.S. *Reven'*. [Rhubarb]. Moscow, 2005, 96 p. (in Russ.).
2. Korshenko L.O., Dolgova T.G., Medvedeva E.V., Filonova O.V. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal,* 2009, no. 1, pp. 91–99. (in Russ.).
3. Kosikowska U., Smolarz H.D., Malm A. *Central European Journal of Biology*, 2010, no. 5(6), pp. 814–820.
4. Sindhu R.K., Kumar P., Kumar J., Kumar A., Arora S. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2010, vol. 2, no. 4, pp. 91–92.
5. Wang J.l., Liu M.F., Li X.X., Wang Q., Zhang L., Li J.F. *Chinese Herbal Medicines*, 2014, no. 6(2), pp. 115–119.
6. Vysochina G.I. *Fenol'nye soedineniia v sistematike i filogenii semeistva grechishnykh.* [Phenolic compounds in systematics and phylogeny of the family Polygonaceae]. Novosibirsk, 2004, 240 p. (in Russ.).
7. Makarova M.N., Makarov V.G. *Molekuliarnaia biologiia flavonoidov: khimiia, biokhimiia, farmakologiia. Rukovodstvo dlia vrachei.* [Molecular biology of flavonoids: chemistry, biochemistry, pharmacology. Guidelines for doctors]. St. Petersburg, 2010, 428 p. (in Russ.).
8. Zheng Q.X., Wu H.F., Guo J., Nan H.J., Chen S.L., Yang J.S., Xu X.D. *Chinese Herbal Medicines*, 2013, no. 1, pp. 9–32.
9. Kashina L.I. *Flora Sibiri. Salicaceae-Amaranthaceae.* [Flora of Siberia. Salicaceae-Amaranthaceae]. Novosibirsk, 1992, vol. 5, pp. 108–109. (in Russ.).
10. Lozina-Lozinskaia A.S. *Flora SSSR.* [Flora of the USSR]. Moscow; Leningrad, 1936, vol. 5, pp. 483–501. (in Russ.).
11. *Rastitel'nye resursy SSSR: Tsvetkovye rasteniia, ikh khimicheskii sostav, ispol'zovanie; Semeistva Magnoliaceae – Limoniaceae.* [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, the use of; Family Magnoliaceae – Limoniaceae]. Leningrad, 1984, 460 p. (in Russ.).
12. Khramova E.P., Komarevtseva E.K. *Rastitel'nye resursy*, 2008, no. 3, pp. 96–102. (in Russ.).
13. Agarwal S.K., Singh S.S., Lakshmi V., Verma S., Kumar S. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 2001, vol. 60, no. 1, pp. 1–9.
14. Iwashina T., Omori Y., Kitajima J., Akiyama S., Suzuki T., Ohba H. *Journal of Plant Research*, 2004, vol. 117, no. 2, pp. 101–107.

Received Juny 17, 2015

Revised November 12, 2015

[*] Corresponding author.