

УДК 582.665.11: 615.322

DOI: 10.15372/KhUR20170507

Динамика содержания основных групп биологически активных веществ в *Rheum altaicum* Losinsk. при интродукции в Новосибирскую область

В. А. КОСТИКОВА, Т. А. КУКУШКИНА, Г. И. ВЫСОЧИНА

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения РАН,
Новосибирск, Россия

E-mail: serebryakovava@mail.ru

(Поступила 13.04.17; после доработки 02.06.17)

Аннотация

Исследована динамика накопления биологически активных веществ (флавонолов, катехинов, танинов, пектиновых веществ, сапонинов, каротиноидов) в органах надземной части растений *Rheum altaicum* Losinsk., произрастающих на экспериментальном участке Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (Новосибирск). Показан характер их распределения в течение вегетационного периода – в фазах отрастания, бутонизации, цветения и плодоношения. Установлено, что бутоны и цветки растений могут служить источником флавонолов (7.40 и 5.89 % соответственно), катехинов (0.91 и 2.01 % соответственно), танинов (32.37 и 27.83 % соответственно) и сапонинов (34.29 и 17.99 % соответственно). Листья в фазах бутонизации и цветения накапливают в значительных количествах почти все группы веществ, особенно каротиноиды (160.05 и 191.81 мг% соответственно); черешки листьев – пектиновые вещества (3.47 и 4.66 % пектинов, 7.22 и 9.20 % протопектинов соответственно) и сапонинов (24.06 и 22.3 % соответственно). С учетом полученных данных культивируемый *R. altaicum* может быть рекомендован в качестве сырья, обогащенного комплексом биологически активных веществ.

Ключевые слова: *Rheum altaicum*, флавонолы, катехины, танины, пектиновые вещества, сапонины, каротиноиды

ВВЕДЕНИЕ

Представители рода ревень, *Rheum* L. (Polygonaceae Juss.), содержат разнообразные вторичные метаболиты – антрахиноны, флавоноиды, стильбены, фенолокислоты, кумарины, дубильные вещества и др., что определяет широкий спектр их биологической активности [1, 2].

Ученые разных стран изучают химический состав и биологическую активность видов ревеня с целью разработки на их основе лечебно-профилактических препаратов [3–5]. Особое внимание обычно уделяется подземным органам ревеней. Препарат из корневищ китайского ревеня *Rh. palmatum* var. *tanguticum* рекомендован в официальной медицине как противовоспалительное, антибиотическое и

регулирующее деятельность кишечника средство [6]. Надземная часть ревеня (листья и соцветия) исследована хуже, хотя она представляет собой ценный источник различных биологически активных веществ (БАВ) и содержит флавоноиды, органические кислоты, витамины С и Р, провитамин А (каротин) и др. Поиски отечественных видов ревеня с высоким содержанием БАВ, как в естественных условиях произрастания, так и в культуре, представляют определенный интерес, но ведутся недостаточно активно.

Одним из перспективных южно-сибирских видов является ревень алтайский – *Rheum altaicum* Losinsk., произрастающий на скалах, в каменистых степях, на щебнистых почвах по известковым и каменистым склонам на тер-

ритории Алтая и Северо-Западной Монголии. Как самостоятельный вид ремень алтайский впервые был описан во “Флоре СССР” [7]. По мнению автора [8], *R. altaicum* с успехом может заменить китайский вид *R. tanguticum* Maxim.

Сведения о составе и содержании низкомолекулярных соединений ремня алтайского незначительны. Проведенное нами ранее исследование надземных органов культивируемых растений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии выявило наличие флавонолов кверцетина, кемпферола, рамнетина, рутина, астрагалина, причем содержание рутина достигает 1.35 % [9]. Исследование содержания БАВ в надземных органах близкого вида *Rheum compactum* L. показало, что бутоны и цветки могут служить источником флавонолов, катехинов, танинов, пектиновых веществ, сапонинов, а листья – каротиноидов [10–12].

При использовании растений в качестве источника БАВ необходимо учитывать динамику их накопления в различных органах в процессе вегетации и определять фазу с их максимальным содержанием. В процессе жизнедеятельности растений происходит синтез и распад веществ, поэтому вопросы их сезонного и возрастного варьирования всегда актуальны и необходимы в ресурсоведческом поиске. Изменчивость компонентного состава и содержания низкомолекулярных соединений в процессе индивидуального развития растений изучена многими авторами, однако, как отмечается в [13], эти сведения “разнохарактерны, разноречивы, а порой и противоположны, касаются разнообразных объектов и этапов их развития, а поэтому несопоставимы”.

Цель настоящей работы – исследование динамики содержания основных групп БАВ в органах надземной части растений *R. altaicum* в зависимости от фазы вегетации в условиях интродукции.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Изучены репродуктивные органы и листья (пластинка листа и черешок) растений *Rheum altaicum* третьего года жизни, произрастающих в условиях культуры на экспериментальном участке Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС) СО РАН (Академгородок,

Новосибирск). Сбор сырья проводили в 2014 г. в соответствии с фазами развития растений: начало вегетации (отрастание), бутонизация, массовое цветение, плодоношение. Средняя проба включала органы 25 растений. Использовали материал, высушенный в тени в проветриваемых помещениях. Анализ БАВ проводили в год сбора. Все биохимические показатели рассчитывали на массу абсолютно сухого сырья. За результат принимали среднее из данных трех параллельных определений по каждому показателю.

Для определения содержания флавонолов, катехинов, танинов (гидролизуемых дубильных веществ), каротиноидов, пектиновых веществ, сапонинов использовали методики, подробно описанные в [14].

Флавонолы определяли спектрофотометрическим методом [15], используя реакцию комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия. Концентрацию флавонолов находили по графику, построенному по рутину. Содержание катехинов также определяли спектрофотометрическим методом по (\pm)-катехину, который основан на способности катехинов давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте [16]. Количество танинов рассчитывали по стандартному образцу (ГСО) танина [17]. Пектиновые вещества (протопектины и пектины) определяли карбазольным методом, основанным на получении специфического фиолетово-розового окрашивания уроновых кислот с карбазолом в сернокислой среде. График строили по галактуроновой кислоте [18]. Количество сапонинов устанавливали гравиметрически, поэтому полученные данные следует считать предварительными [19]. Каротиноиды определяли в ацетоново-этанольном экстракте [20]. Замеры и расчеты содержания каротиноидов проводили при длинах волн 662, 644 нм (для хлорофиллов *a* и *b*) и 440.5 нм (для каротиноидов) [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ремень алтайский начинает вегетировать в первой декаде мая. В этот период солнечная инсоляция и весенние заморозки наносят растениям большой вред. Защиту раститель-

ТАБЛИЦА 1

Содержание БАВ в органах растений ревеня алтайского в течение вегетационного периода 2014 г., %

Фаза развития, дата сбора	Органы	Флавонолы	Катехины	Танины	Каротиноиды, мг%	Пектины	Протопектины	Сапонины
Вегетация, 14.05.14	Лист	2.16±0.05	0.34±0.006	17.43±0.25	200.85±5.35	2.92±0.03	7.13±0.03	24.06±0.75
	Черешок	0.81±0.01	0.16±0.005	5.89±0.05	33.25±1.08	2.21±0.09	7.10±0.08	30.71±0.81
Бутонизация, 02.06.14	Лист	3.97±0.06	0.29±0.006	19.54±0.30	160.05±5.14	2.81±0.03	6.43±0.23	28.33±0.78
	Черешок	0.61±0.01	0.21±0.005	4.24±0.08	26.26±1.01	3.47±0.09	7.22±0.09	24.06±0.80
	Бутоны	7.40±0.08	0.91±0.036	32.37±0.42	115.01±4.30	1.02±0.08	3.90±0.02	34.29±0.91
Цветение, 21.06.14	Лист	3.46±0.04	0.33±0.05	18.50±0.38	191.81±4.98	3.86±0.05	6.22±0.21	19.67±0.63
	Черешок	0.64±0.01	0.24±0.05	4.94±0.07	11.65±0.47	4.66±0.06	9.20±0.27	22.37±0.60
	Цветок	5.89±0.08	2.01±0.09	27.83±0.32	90.51±3.81	1.01±0.05	6.07±0.16	17.99±0.52
Плодоношение, 18.07.14	Лист	2.78±0.04	0.30±0.005	16.61±0.20	144.73±4.28	2.46±0.02	7.38±0.03	17.71±0.54
	Черешок	0.80±0.03	0.23±0.004	4.07±0.09	23.16±0.70	4.01±0.01	6.02±0.05	11.29±0.48
	Лист	0.83±0.02	0.22±0.005	5.64±0.08	102.62±3.34	0.53±0.02	1.24±0.03	0.44±0.01

Примечание. Все показатели рассчитаны на абсолютно сухую массу сырья.

ных тканей от повреждающего воздействия внешних факторов осуществляют фенольные соединения – флавонолы, катехины и танины, которые играют роль ингибиторов свободнорадикальных реакций и принимают активное участие в окислительно-восстановительных процессах, происходящих в растениях [21].

Косвенным свидетельством защитной функции фенольных соединений является их высокое содержание в этот период жизни растений. В листьях вегетирующих растений содержится 2.16 % флавонолов, 0.34 % катехинов, 17.43 % танинов. В период бутонизации, практически через полмесяца, количество флавонолов достигает 3.97 %. Идет их активное накопление в связи с предстоящим участием в репродуктивных процессах, а затем постепенное снижение в фазах массового цветения (3.46 %) и плодоношения (2.78 %) (табл. 1).

В большинстве работ по динамике содержания флавоноидов отмечается возрастание их количества с начала вегетации до максимального в фазах бутонизации или цветения. В некоторых случаях наблюдается спад содержания суммы флавоноидов и главных компонентов флавоноидного комплекса в фазу цветения, что, по мнению исследователей, может быть связано с расходом их в процессах опыления и оплодотворения [22–24].

Количество катехинов в листьях снижается в фазе бутонизации до 0.29 %, но далее, в массовом цветении и плодоношении, оно возрастает до 0.33 %. Количество танинов остается практически одинаковым в течение всего сезона.

Бутоны и цветки ревеня отличаются высоким содержанием флавонолов – 7.40 и 5.89 % соответственно. Репродуктивные органы составляют значительную долю в массе ревеней. Ранее [25] мы установили, что на цветки приходится в среднем 8.47 % от массы одного растения ревеня волнистого. В плодах флавонолов мало – 0.83 %. Танинов также больше в бутонах (32.37 %), чем в цветках (27.83 %), а в плодах их всего 5.64 %. Катехинов, напротив, больше в цветках (2.01 %), чем в бутонах (0.91 %) (см. табл. 1).

Флавонолы, катехины и танины обладают противовоспалительными, бактерицидными, кровоостанавливающими и вяжущими свойствами. Известна также их Р-витаминная и антиоксидантная активность: они укрепляют стенки кровеносных сосудов, активно действуют против инфекций, способствуют усвоению аскорбиновой кислоты, которая в сочетании с витамином Р оказывает положительное влияние на выработку иммунных тел, обеспечивая антиоксидантный эффект и участвуя в образовании эритроцитов и функционировании лейкоцитов крови [26].

Листья ревеня служат богатым источником каротиноидов (провитамина А), которые, как и витамин Р, являются активными антиоксидантами. В листьях в фазе вегетации содержится очень большое количество каротиноидов – до 200.85 мг%. К началу июня в листьях бутонизирующих растений их содержание намного меньше – 160.05 мг%, зато в фазе массового цветения, через полмесяца, оно значительно повышается и достигает 191.81 мг%. В период плодоношения их содержание в листьях снижается, но остается достаточно высоким (144.73 мг%). В бутонах и соцветиях этих веществ в 1.5–2.0 раза меньше, чем в листьях. Значение каротиноидов для человека трудно переоценить, поэтому поиски растений с высоким содержанием этих веществ всегда актуальны [27].

Пектиновые вещества присутствуют в растениях в двух формах – пектинов и протопектинов. Это высокомолекулярные сахараиды, выполняющие функции упрочняющих компонентов и регулирующие водный обмен растения [28]. Содержание пектиновых веществ в ревене высокое, среди них преобладают протопектины – резерв для образования пектинов. Динамика содержания пектинов и протопектинов в листьях на протяжении вегетационного периода растений ревеня алтайского отличается: максимум содержания пектинов (3.86 %) приходится на фазу цветения, а протопектинов (7.38 %) – на фазу плодоношения, при этом протопектинов во все фазы намного больше, чем пектинов (в 1.6–3.0 раза). В репродуктивных органах пектинов немного, тогда как протопектинов в 2.3–6.0 раз больше (до 6.07 % в цветках). Больше всего пектиновых веществ обнаружено в черешках листьев: 4.66 % пектинов и 9.20 % протопектинов в фазе массового цветения (период их максимального накопления). В течение всего периода вегетации протопектинов в черешках накапливается в 1.0–3.0 раза больше, чем пектинов. Пектиновые вещества (пектин и протопектин) очень важны для здоровья человека: они осуществляют детоксикацию организма, связывая и удаляя токсины, яды, радиоактивные изотопы [28]. Благодаря высокому содержанию пектиновых веществ черешки листа бутонизирующих и цветущих растений ревеня алтайского представляют собой ценный пищевой продукт.

Максимальное содержание сапонинов в листьях и репродуктивных органах ревеня приходится на фазу бутонизации (28.33 и 34.29 % соответственно). В черешках листа вегетирующих растений содержится 30.71 % сапонинов. Известно, что сапониносодержащие растения используются как мочегонные, общеукрепляющие, тонизирующие, противоопухолевые и седативные средства. Многие из них эффективны при заболеваниях сердечно-сосудистой системы, атеросклерозе, гипертонической болезни и злокачественных новообразованиях [29, 30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Надземная часть растений *Rheum altaicum*, выращенных на экспериментальном участке Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (Новосибирск, Академгородок), отличается высоким содержанием флавонолов, катехинов, танинов, каротиноидов, пектиновых веществ, сапонинов, что позволяет рассматривать этот вид ревеня как перспективный источник ценных биологически активных веществ. Растения могут использоваться в течение вегетационных периодов бутонизации и цветения, когда в бутонах и цветках содержится 7.40 и 5.89 % флавонолов, 0.91 и 2.01 % катехинов, 32.37 и 27.83 % танинов, 34.29 и 17.99 % сапонинов соответственно; листья в эти фазы также накапливают в значительных количествах вещества почти всех групп. В пищу обычно используют молодые листья растений, которые отличаются исключительно высоким содержанием каротиноидов (200.85 мг%). В процессе роста они становятся непригодными для потребления из-за высокого содержания щавелевой кислоты и оксалатов. Черешки листьев, традиционный пищевой продукт, – богатый источник пектиновых веществ (3.47–4.66 % пектинов и 7.22–9.20 % протопектинов) и сапонинов (24.06–22.37 %) в фазах бутонизации и цветения растений.

В работе использован материал ЦСБС СО РАН УНУ “Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Magnoliaceae – Limoniaceae. Л.: Наука, 1984. 460 с.

- 2 Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 1. Сем. Magnoliaceae – Juglandaceae, Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 421 с.
- 3 Agarwal S. K., Singh S. S., Lakshmi V., Verma S., Kumar S. // J. Sci. Ind. Res. 2001. Vol. 60, No. 1. P. 1–9.
- 4 Bilal S., Mir M. R., Parrah J. D., Tiwari B. K., Tripathi V., Singh P. M., Abidi A. B. // Int. J. Pharm. and Biol. Sci. 2013. Vol. 3, No. 3. P. 228–233.
- 5 Huang Q., Lu G., Shen H.-M., Chung M. C. M., Ong Ch. N. // Med. Res. Rev. 2007. Vol. 27, No. 5. P. 609–630.
- 6 Куркин В. А. Фармакогнозия: Учеб. для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. Самара: Офорт, 2007. 1239 с.
- 7 Лозина-Лозинская А. С. // Флора СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. Т. 5. С. 483–501.
- 8 Минаева В. Г. Лекарственные растения Сибири. Новосибирск: Наука, 1970. 271 с.
- 9 Костикова В. А., Высочина Г. И., Петрук А. А. // Вестн. ВГУ. Сер.: химия, биология, фармация. 2016. № 2. С. 135–139.
- 10 Костикова В. А., Высочина Г. И., Кукушкина Т. А., Петрук А. А. // Матер. XIV Междунар. науч.-практ. конф. “Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии”. Барнаул, 25–29 мая 2015 г. С. 194–197.
- 11 Костикова В. А., Петрук А. А. // Матер. III (V) Всерос. молод. конф. с участием иностранных ученых “Перспективы развития и проблемы современной ботаники”, Новосибирск, 10–14 ноября 2014 г. С. 150–152.
- 12 Высочина Г. И., Кукушкина Т. А., Костикова В. А. // Сиб. мед. журн. 2015. № 1. С. 91–93.
- 13 Минаева В. Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск: Наука, 1978. 256 с.
- 14 Высочина Г. И., Кукушкина Т. А., Васфилова Е. С. // Химия уст. разв. 2013. Т. 21, № 4. С. 387–393.
- 15 Беликов В. В., Шрайбер М. С. // Фармация. 1970. № 1. С. 66–72.
- 16 Кукушкина Т. А., Зыков А. А., Обухова Л. А. // Матер. VII Междунар. съезда “Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения”. С.-Петербург, 2–5 июля 2003 г. С. 64–69.
- 17 Государственная фармакопея СССР. 11-е изд. Вып. 1. М.: Медицина, 1987. 336 с.
- 18 Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
- 19 Киселева А. В., Волхонская Т. А., Киселев В. Е. Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1991. 135 с.
- 20 Кривенцов В. И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта: Изд. Никит. ботан. сада, 1982. 21 с.
- 21 Запрометов М. Н. Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 272 с.
- 22 Paris R., Duret S. // Bull. Soc. Bot. Fr. 1972. Vol. 119, No. 9. P. 531–542.
- 23 Валущкая А. Г. // Раст. ресурсы. 1984. Т. 20, вып. 1. С. 119–123.
- 24 Храмова Е. П. Особенности накопления флавонолов у *Pentaphylloides fruticosus* (L.) O. Schwarz при интродукции: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1997. 17 с.
- 25 Высочина Г. И. // Тез. Всесоюз. конф. “Новые лекарственные препараты из растений Сибири и Дальнего Востока”, Томск, 1989. Т. 2. С. 38–39.
- 26 Бахтенко Е. Ю., Курапов П. Б. Многообразие вторичных метаболитов высших растений: учеб. пособие. Вологда: МакросПринт, 2008. 265 с.
- 27 Никитюк В. Г. // Провизор. 1999. № 6. С. 39–41.
- 28 Оводов Ю. С. // Биоорганич. химия. 2009. Т. 35, № 3. С. 293–310.
- 29 Растительные лекарственные средства / Под ред. Н. П. Максютинной. Киев: Здоровье, 1985. 280 с.
- 30 Анисимов М. М., Чирва В. Я. // Усп. совр. биологии. 1980. Т. 6, № 3. С. 351–364.

