

УДК 557.13:582.711.71

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ *AGRIMONIA PILOSA* LEDEB. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

© Т.М. Шалдаева*, В.А. Костикова, Г.И. Высочина

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

Проведено изучение состава и содержания фенольных соединений в органах надземной части *Agrimonia pilosa* Ledeb. в зависимости от фазы развития растений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Идентифицированы 14 соединений – кемпферол и его гликозиды астрагалин, кемпферол-3-О-β-рутинозид, кверцетин, гликозиды кверцетина гиперозид, рутин, флавоны апигенин и его С-гликозид витексин, лютеолин, лютеолин-7-глюкозид, а также кислоты – хлорогеновая, кофейная, ванилиновая и эллаговая. Доминирующими компонентами в водно-этанольных экстрактах из листьев и репродуктивных органов *A. pilosa* являются гиперозид, рутин и эллаговая кислота. Максимальное содержание рутина наблюдается в фазу отрастания в листьях (2.75 мг/г) и соцветиях (2.67 мг/г), гиперозид – в листьях в фазах бутонизации и плодоношения (2.02 и 2.25 мг/г, соответственно), а эллаговой кислоты – в листьях в фазу плодоношения (3.49 мг/г) и в бутонах (2.09 мг/г). Наибольшее суммарное содержание фенольных соединений обнаружено в листьях в фазу плодоношения (21.1 мг/г). В листьях в фазе отрастания доминирующими компонентами были неидентифицированные флавонолы номер 12 и 13 (1.62 и 2.76 мг/г соответственно). В бутонах (9.52 мг/г) и в соцветиях (9.80 мг/г) содержание фенольных соединений одинаково, а в плодах – в 2 раза меньше (4.24 мг/г).

Ключевые слова: *Agrimonia pilosa*, динамика, листья, репродуктивные органы, фенольные соединения, флавоноиды, ВЭЖХ.

Введение

Agrimonia pilosa Ledeb. – репейничек волосистый, многолетнее травянистое растение, широко распространенное на территории Сибири [1]. Применяется в народной медицине при лечении заболеваний печени и желчевыводящих путей, при злокачественных новообразованиях, является перспективным источником желчегонных фитопрепаратов [2].

Научной медициной для надземной части *A. pilosa* выявлены многочисленные виды биологической активности: гипополидемическая, антиоксидантная, противоопухолевая, противовирусная и др. [3–5]. Согласно данным литературы, репейничек волосистый является богатым источником полифенольных соединений (дубильных веществ, флавоноидов, оксикоричных кислот) [6]. По мнению А.В. Куркиной, все надземные органы репейничка волосистого богаты фенольными соединениями, но флавоноиды являются одной из основных групп веществ этого комплекса [7]. Фитохимическое исследование этанольного экстракта *Agrimonia pilosa* привело к выделению 31 соединения, в том числе 16 флавоноидов, 5 тритерпенов, 1 изокумарина, 5 фенольных кислот. [8]. Основными флавоноидами данного растения являются гликозиды – кверцетин-3-галактозид (гиперозид), лютеолин-7-глюкозид, апигенин-7-глюкозид, кемпферол-3-глюкозид, а также дигидрокверцетин и кверцетин [9]. По последним данным зарубежных исследователей, у репейничка волосистого выявлен ряд совершенно уникальных фармакологических свойств. В первую очередь следует

Шалдаева Татьяна Михайловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории фитохимии, e-mail: tshaldaeva@yandex.ru
Костикова Вера Андреевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитохимии, e-mail: tshaldaeva@yandex.ru
Высочина Галина Ивановна – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией фитохимии

подчеркнуть влияние полифенольных соединений репейничка на ингибирование вирусов: гепатита В, герпеса, гриппа и вируса Ауески [10, 11]. Вышеперечисленные фармакологические эффекты определяют несомненную актуальность всестороннего изучения данного растения, в том числе с позиции химического состава.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Цель работы – изучение фенольных соединений в надземных органах *A. pilosa* в зависимости от фазы развития растений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Экспериментальная часть

Материалом для исследования послужили органы надземной части растений *A. pilosa* (листья, репродуктивные органы), собранные в 2018 г. на экспериментальном участке Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск). Растения репейничка волосистого были одного возраста, так как сеяли мы их семенами, а пробы брали на второй год. Растения репейничка высушивали в тени в проветриваемом помещении, измельчали до размера частиц 1–2 мм и отбирали среднюю пробу.

Проводили исчерпывающую экстракцию сырья 70% этиловым спиртом, контролируя полноту экстракции реакцией с 5% раствором NaOH (до исчезновения желтой окраски) [12].

Для изучения качественного состава фенольных соединений применяли метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) [13]. Вещества идентифицировали сопоставлением времени удерживания пиков веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временами удерживания пиков стандартных образцов и УФ-спектров.

Пробоподготовку проводили следующим образом: 1 мл водно-этанольного экстракта разбавляли бидистиллированной водой до объема 5 мл и пропускали через концентрирующий патрон Диапак С16 (ЗАО «БиоХимМак») для освобождения от примесей гидрофильной природы. Вещества смывали с патрона небольшим количеством 70% этанола. Элюаты объединяли, измеряли объем, который обычно составлял 5–8 мл, и пропускали через мембранный фильтр с диаметром пор 0.45 мкм. Анализ фенольных соединений выполняли на аналитической ВЭЖХ-системе, состоящей из жидкостного хроматографа *Agilent 1200* с диодно-матричным детектором и системы для сбора и обработки хроматографических данных *ChemStation*. Диодно-матричный детектор позволяет осуществить детектирование и запись спектров поглощения в диапазоне длин волн 255–370 нм. Разделение производили на колонке *Zorbax SB-C18* размером 4.6 × 150 мм с диаметром частиц 5 мкм при градиентном режиме элюирования.

Количественное определение индивидуальных компонентов в образцах растений проводили по методу внешнего стандарта как наиболее оптимальному для хроматографического анализа многокомпонентных смесей [14]. Для приготовления стандартных образцов использовали кофейную кислоту («*Serva*»), хлорогеновую и ванилиновую кислоты, кверцетин, кемпферол, лютеолин, апигенин, лютеолин-7-глюкозид, кемпферол-3-О-β-рутинозид («*Sigma-Aldrich*»), эллаговую кислоту, рутин, астрагалин, гиперозид, витексин («*Fluka*»). Стандартные растворы готовили в концентрации 10 мкг/мл.

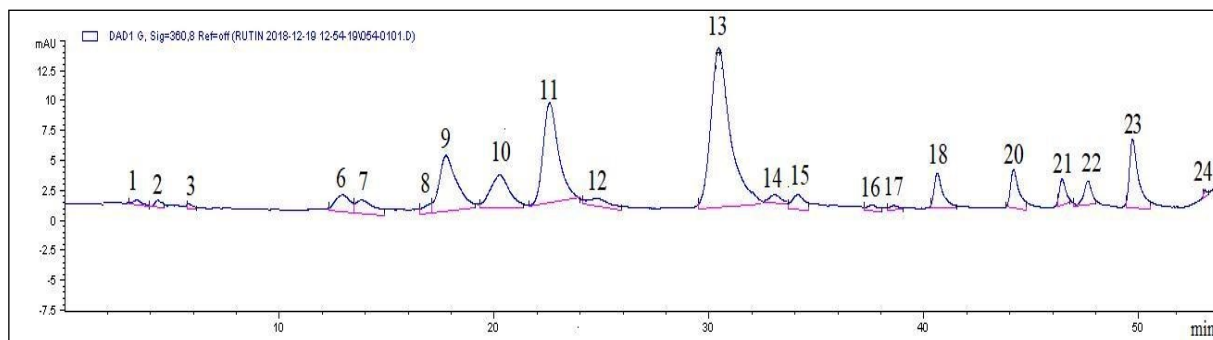
Содержание индивидуальных компонентов (C_x) вычисляли по формуле (мг/г от массы воздушно-сухого сырья)

$$C_x = C_{ст} \times S_1 \times V_1 \times V_2 / S_2 \times M \times V_3 \times 1000,$$

где $C_{ст}$ – концентрация стандартного вещества, мкг/мл; S_1 – площадь пика компонента в анализируемой пробе, е.о.п., S_2 – площадь пика стандартного вещества, е.о.п., V_1 – объем элюата после вымывания фенольных соединений с концентрирующего патрона, мл; V_2 – общий объем экстракта, мл; V_3 – объем экстракта, взятый на анализ, мл; M – масса навески, г; 1000 – пересчетный коэффициент.

Обсуждение результатов

Исследование фенольного состава методом ВЭЖХ показало, что в водно-этанольных экстрактах из надземных органов репейничка, выращенного на экспериментальном участке в ЦСБС СО РАН, содержится не менее 24 соединений (рис., табл.). Максимальное число соединений обнаружено в бутонах (23 компонента), минимальное – в плодах (14 компонентов). Сопоставление времен удерживания сигналов веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временами удерживания сигналов стандартных образцов позволило идентифицировать следующие соединения: 5 флавонолов – кемпферол и его гликозиды (астрагалин, кемпферол-3-О-β-рутинозид), кверцетин и его гликозиды (кверцитрин, гиперозид, рутин), 3 флавонола – апигенин и его С-гликозид – витексин, лютеолин и лютеолин-7-глюкозид, а также 4 кислоты – хлорогеновая, кофейная, ванилиновая и эллаговая (табл.). При изучении состава фенольных соединений надземной части растений *A. pilosa*, собранной в условиях естественного произрастания в Новосибирской области (окрестности Академгородка Новосибирска) в фазе цветения, установлен идентичный состав фенольных соединений, единственным исключением является отсутствие свободного кверцетина в образце из природы [15].



ВЭЖХ – хроматограмма водно-этанольного экстракта из листьев *A. pilosa* в фазе плодоношения: 1 – хлорогеновая кислота, 2 – кофейная кислота, 3 – ванилиновая кислота, 6 – витексин, 8 – лютеолин-7-глюкозид, 9 – гиперозид, 10 – рутин, 11 – эллаговая кислота, 14 – астрагалин, 15 – кемпферол-3-О-β-рутинозид, 18 – кверцетин, 20 – лютеолин, 22 – кемпферол, 23 – апигенин; остальные вещества – не идентифицированные компоненты

Состав и содержание фенольных соединений в надземных органах *Agrimonia pilosa* (в мг/г от массы воздушно-сухого сырья)

№ пика	Соединение	Время удерживания (tr), мин	Листья, отрастание	Бутонизация		Цветение		Плодоношение	
				Бутоны	Листья	Цветки	Листья	Плоды	Листья
1	хлорогеновая кислота	3.4	0.14±0.00	0.07±0.00	0.24±0.01	–	0.03±0.00	–	0.12±0.01
2	кофейная кислота	4.3	0.31±0.01	0.29±0.01	–	–	0.05±0.00	–	0.12±0.00
3	ванилиновая кислота	5.7	–	0.13±0.01	0.14±0.01	–	–	–	0.08±0.00
4	–	9.8	–	0.05±0.00	–	–	–	–	–
5	–	10.5	–	0.13±0.01	–	–	–	–	–
6	витексин	12.6	0.25±0.01	0.26±0.01	0.39±0.02	0.78±0.03	0.32±0.01	0.27±0.01	0.62±0.02
7	–	13.5	–	0.23±0.01	0.18±0.01	–	–	0.29±0.01	0.64±0.03
8	лютеолин-7-глюкозид	16.7	0.20±0.01	0.13±0.01	0.45±0.01	0.20±0.01	0.19±0.01	0.27±0.01	0.20±0.01
9	гиперозид	17.9	1.48±0.03	1.21±0.04	2.02±0.06	1.16±0.04	1.62±0.04	0.46±0.02	2.25±0.06
10	рутин	19.9	2.75±0.10	2.29±0.10	1.57±0.06	2.67±0.10	1.61±0.06	0.71±0.06	1.46±0.10
11	эллаговая кислота	22.0	0.56±0.02	2.09±0.06	1.79±0.05	1.72±0.04	1.35±0.05	0.76±0.01	3.49±0.12
12	–	24.1	1.62±0.12	0.40±0.01	0.51±0.01	0.40±0.00	0.44±0.00	0.22±0.01	0.48±0.02
13	–	29.9	2.76±0.10	0.65±0.03	3.32±0.12	0.90±0.03	2.64±0.10	0.53±0.03	7.15±0.19
14	астрагалин	32.2	0.45±0.01	0.11±0.00	0.09±0.00	0.15±0.01	0.23±0.01	–	0.08±0.00
15	кемпферол-3-О-β-рутинозид	33.7	0.50±0.01	0.28±0.00	0.37±0.04	0.31±0.01	0.39±0.02	0.16±0.02	0.47±0.06
16	–	37.6	0.30±0.01	0.04±0.00	0.04±0.00	–	0.05±0.00	–	0.10±0.01
17	–	38.3	0.17±0.01	0.04±0.01	0.08±0.01	–	0.14±0.01	–	0.12±0.01
18	кверцетин	40.4	0.21±0.01	0.27±0.01	–	0.22±0.01	0.14±0.01	0.16±0.02	0.69±0.03
19	–	41.8	0.04±0.00	0.05±0.00	–	0.08±0.00	0.08±0.00	–	–
20	лютеолин	44.0	0.40±0.02	0.15±0.01	0.26±0.01	0.24±0.01	0.43±0.02	0.12±0.02	0.76±0.04
21	–	46.5	0.43±0.01	0.36±0.01	0.46±0.03	0.53±0.03	0.65±0.02	0.08±0.00	0.37±0.01
22	кемпферол	47.1	0.30±0.01	0.17±0.01	0.31±0.02	0.34±0.03	0.29±0.01	0.12±0.01	0.46±0.02
23	апигенин	49.3	0.37±0.02	0.10±0.00	0.28±0.02	0.09±0.00	0.25±0.01	0.12±0.02	1.43±0.02
24	–	53.3	–	–	0.12±0.00	–	следы	–	0.05±0.00
Суммарное содержание фенольных соединений			13.23	9.52	12.63	9.80	10.90	4.24	21.13

«–» – вещество не идентифицировано.

Флавоноиды выполняют жизненно важную роль в структурной целостности растений, УФ-защите, размножении и внутренней регуляции физиологии и передачи сигналов растительных клеток. Соединения фенольной природы участвуют в метаболизме растений, влияя на их развитие и рост. Многие исследователи сходятся во мнении, что на образование повышенного содержания флавоноидов в растениях оказывает влияние УФ-свет. Например, флавоноиды выполняют значимую функцию, защищая растения от неблагоприятных факторов окружающей среды, таких как ультрафиолетовое излучение, травоядные насекомые, тяжелые металлы, патогенные бактерии и грибы. Флавоноиды защищают растения от микроорганизмов и других экологических угроз, но для человека флавоноиды предоставляют ряд преимуществ для здоровья [16, 17].

Неидентифицированные компоненты отнесены к флавоноидным структурам, так как в процессе хроматографирования в реальном времени зарегистрированы их ультрафиолетовые спектры. Их спектр поглощения содержит две полосы, одна из которых находится в низковолновой области (250–290 нм), другая – в длинноволновой (340–380 нм). Возможность идентификации фенольных соединений была ограничена имеющимся в наличии набором индивидуальных веществ в качестве образцов сравнения. Фенольный состав репейничка волосистого в зависимости от органа различается, что, возможно, связано с тем, что некоторые соединения находятся в концентрациях ниже предела обнаружения.

Сезонное варьирование содержания фенольных соединений специфично для отдельного вида растения. Общей тенденции в накоплении этих веществ не наблюдается [17, 18]. При использовании растений в качестве источника биологически активных веществ необходимо учитывать динамику их накопления в различных органах в процессе вегетации и определить фазу с их максимальным содержанием. Анализ содержания фенольных соединений у *A. pilosa* показал, что в листьях в фазе отрастания доминирующими компонентами были флавонолы гиперозид и рутин, а также флавонолы №12 (t_R , мин = 24.1; λ_{max} = 250, 360 нм) и №13 (t_R , мин = 29.9; λ_{max} = 255, 370 нм), а в фазах бутонизации, цветения и плодоношения – гиперозид, рутин, эллаговая кислота и флавонол № 13 (табл.). В бутонах и цветках преобладающими компонентами являются гиперозид, рутин и эллаговая кислота, в плодах – рутин, эллаговая кислота и флавонол №12. Таким образом, в листьях и репродуктивных органах *A. pilosa* одинаковыми доминирующими компонентами по всем фазам развития являются такие вещества, как эллаговая кислота, рутин и гиперозид.

Максимальное содержание рутина наблюдается в листьях в фазу отрастания (2.75 мг/г) и в соцветиях (2.67 мг/г). Гиперозида больше содержится в листьях в фазу бутонизации и плодоношения (2.02 и 2.25 мг/г соответственно), а эллаговой кислоты – в бутонах и в листьях в фазу плодоношения (2.09 и 3.49 мг/г). Наибольшее содержание среди фенольных веществ в листьях во все фазы вегетации растений имеет флавонол №13, содержание которого колеблется от 2.64 мг/г в фазе цветения до 7.15 мг/г в фазе плодоношения. Содержание остальных соединений фенольного комплекса было невысоким, менее 1 мг/г. Витексин, лютеолин-7-глюкозид, кемпферол-3-О- β -рутинозид, лютеолин, кемпферол, апигенин отмечены в листьях и репродуктивных органах во все фазы развития растений. Некоторые вещества обнаружены у репейничка не во всех фазах. Например, астрагалина нет в плодах, а кверцетина – в листьях в фазу бутонизации, хлорогеновой кислоты – в цветках и плодах. Изучение фенольных веществ в различных органах многих растений, по мнению В.Г. Минаевой, свидетельствует о разнокачественности отдельных частей растения по составу и количеству этих соединений, что проявляется, начиная с ранних этапов развития [17].

Варьирование идентифицированных веществ в листьях *A. pilosa* в течение вегетационного сезона различно (табл.). В листьях содержание гиперозида, витексина, лютеолин-7-глюкозида, флавонола №13, хлорогеновой и эллаговой кислот в фазе отрастания минимальное, в фазе бутонизации наблюдается подъем содержания этих веществ. Далее в фазе цветения их содержание падает и резко возрастает в фазе плодоношения. Максимум содержания лютеолина, кверцетина, кемпферол-3-О- β -рутинозида, апигенина и кемпферола также самое высокое в фазе плодоношения. Однако второго пика в фазе бутонизации не наблюдается. Содержание данных веществ в фазе отрастания немного выше, чем в фазах бутонизации и цветения. По динамике содержания рутина, флавонола №12 и астрагалина значительно отличаются от всех других идентифицированных веществ. Максимум этих веществ наблюдается в фазе отрастания, далее резко снижается и остается примерно на одном уровне на протяжении вегетационного периода. Биологическая роль рутина в растениях сводится, главным образом, к тому, что он обеспечивает защиту от ультрафиолетового излучения, (отмечена положительная корреляция между воздействием ультрафиолетового излучения и синтезом рутина растениями). Эллаговая кислота является потенциальным токсином, способным препятствовать росту патогенных грибов и размножению вирусов в растениях. Есть сведения об увеличении концентрации эллаговой кислоты при некоторых грибковых поражениях растений [19, 20]. Разница в динамике исследуемых веществ,

скорее всего, связана с участием флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в качестве регуляторов в процессах репродукции и защитных механизмах от стрессовых факторов [12, 16]. Возможно, рутин, флавонол №12 и астрагалин играют значительную роль на начальных этапах развития растения и далее их роль для растения снижается либо происходит отток этих веществ в другие органы растения. Другие идентифицированные вещества накапливаются в листьях к фазе плодоношения и, наоборот, играют большую роль в подготовке растения к зимнему периоду.

Репродуктивные органы и листья репейничка отличаются по динамике содержания фенольных соединений. В бутонах наблюдается максимум содержания гиперозида, эллаговой кислоты, флавонола №12 и кверцетина. В цветках содержание данных веществ немного понижается, а в плодах отмечается минимум их содержания. Содержание лютеолин-7-глюкозида и апигенина, наоборот, выше в плодах и происходит постепенное возрастание содержания от бутонов *A. pilosa* к плодам. Динамика остальных идентифицированных веществ – витексина, рутина, астрагалина, кемпферол-3-О-β-рутинозида, лютеолина, кемпферола – отличается. Максимум этих веществ наблюдается в цветках и далее их содержание резко падает в плодах. Возможно, идентифицированные вещества, содержание которых выше в бутонах, важны для формирования репродуктивных органов у растения, в цветках – при оплодотворении, в плодах – при образовании и формировании семени.

Максимальное содержание суммы фенольных соединений обнаружено в листьях в фазе плодоношения (табл.). Суммарное содержание веществ в листьях в фазу отрастания (13.23 мг/г) и в фазу бутонизации (12.63 мг/г) было почти одинаковым, далее в фазе цветения немного снизилось (10.90 мг/г) и в фазе плодоношения увеличилось практически в два раза (21.13 мг/г). В бутонах (9.52 мг/г) и в соцветиях (9.80 мг/г) содержание фенольных соединений одинаково, а в плодах – в 2 раза меньше (4.24 мг/г). Аналогичные данные о максимуме количества фенольных соединений в различных органах растений в фазе плодоношения приводят и другие исследователи. Так, по данным Г.И. Высочной [21], в содержании флавоноидов в траве горца птичьего обнаружено два максимума: больший – в вегетативной фазе, и меньший – в фазе начала плодоношения. Автором выявлено, что наибольшее содержание флавоноидов (78.4 мг) можно получить из одного растения в фазу начала плодоношения, которая предлагается в качестве оптимальной для заготовок травы спорыша. Е.П. Храмовой [22] и Н.С. Архиповой и др. [23] отмечено два максимума в сезонной динамике накопления фенольных соединений в пятилистнике кустарниковом и мари белой: первый – в фазе массового цветения, второй – фазе плодоношения. В работе Е.А. Карповой и др. [24] выявлено, что содержание большинства фенолкарбоновых кислот в листьях *Spiraea media* var. *sericea* (Turcz.) Regel. достигало максимума в фазе начала плодоношения, флавоноидов – в фазе созревания плодов. Другими авторами [25] установлено, что наибольшее количество фенольных соединений в подземных органах *Comarum palustre* L. наблюдается только в фазу плодоношения. Возможно, повышение содержания фенольных соединений в растениях в фазу плодоношения обусловлено подготовкой растений к зимнему периоду. По мнению В.Г. Минаевой, перенос растений из условий естественного обитания в культуру неизбежно связан с изменением первичной для него среды, что приводит к фенотипической изменчивости видов. Чаще при интродукции наблюдаются количественные колебания флавоноидов. [17]. Благодаря высокому содержанию фенольных соединений, трава репейничка волосистого обладает желчегонным действием и проявляет противовоспалительную и гепатопротекторную активность [26, 27].

Выводы

Методом ВЭЖХ в листьях и репродуктивных органах *A. pilosa*, выращенного на интродукционном участке ЦСБС СО РАН (г. Новосибирск), установлено наличие 24 фенольных соединений, 14 из которых идентифицированы. Это кемпферол и его гликозиды астрагалин, кемпферол-3-О-β-рутинозид, кверцетин и его гликозиды гиперозид, рутин, флавоны апигенин и его С-гликозид витексин, лютеолин и лютеолин-7-глюкозид, а также кислоты – хлорогеновая, кофейная, ванилиновая и эллаговая. Доминирующими компонентами в органах надземной части *A. pilosa* являются гиперозид, рутин и эллаговая кислота. Максимальное содержание рутина наблюдается в фазу отрастания в листьях (2.75 мг/г) и соцветиях (2.67 мг/г), гиперозида – в листьях в фазах бутонизации и плодоношения (2.02 и 2.25 мг/г соответственно), а эллаговой кислоты – в листьях в фазу плодоношения и в бутонах (3.49 и 2.09 мг/г). Наибольшее суммарное содержание фенольных соединений обнаружено в листьях в фазе плодоношения (21.13 мг/г), а у репродуктивных органов – в цветках (9.80 мг/г). Репродуктивные органы и листья репейничка отличаются по динамике содержания идентифицированных фенольных соединений.

Список литературы

1. Овчиникова С.В. Род *Agrimonia* L. – Репейничек // Конспект флоры Сибири. Сосудистые растения. Новосибирск, 2005. С. 117.
2. Васякина К.А., Куркина А.В. Репешок аптечный – перспективный сырьевой растительный источник гепатопротекторов // Известия Самарского научного центра. 2012. Т. 14. №1(9). С. 2184–2186.
3. Позднякова С.П., Ханина М.Г., Иванова В.В., Мишенина С.В. Противовоспалительные свойства экстрактов *Agrimonia pilosa* Ledeb. и бересты *Betula pendula* Roth. // Сибирское медицинское обозрение. 2011. №5. С. 39–42.
4. Ханина М.А., Ханина М.Г., Родин А.П., Лигостаева Ю.В. *Agrimonia pilosa* – перспективный источник биоантиоксидантов // Медицина и образование в Сибири. 2015. №6. С. 8–12.
5. Маркова О.М., Лихота Т.Т., Романцова Н.А., Карпенко В.А. Разработка технологии и анализ репешка обыкновенного экстракта сухого // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. 2014. Вып. 69. С. 137–139.
6. Карташова Г.С., Керашева С.И., Романова Г.В. Антибактериальная активность сухого экстракта из надземной части *Agrimonia pilosa* Ledeb. // Растительные ресурсы. 1998. Т. 34, вып. 3. С. 100–103.
7. Куркина А.В. Методика количественного определения суммы флавоноидов в траве репешка аптечного // Хим.-фарм. журн. 2010. Т. 44. №12. С. 88–91.
8. Liu W.J., Hou X.Q., Chen H., Liang J.Y., Sun J.B. Chemical constituents from *Agrimonia pilosa* Ledeb. and their chemotaxonomic significance // Nat. Prod. Res. 2016. Vol. 30(21). Pp. 2495–2499. DOI: 10.1080/14786419.2016.1198351.
9. Ханина М.Г. Фармакогностическое исследование травы репейничка волосистого (*Agrimonia pilosa* Ledeb): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Самара, 2013. 16 с.
10. Kato H., Li W., Koike M., Wang Y., Koike K. Phenolic glycosides from *Agrimonia pilosa* // Phytochemistry. 2010. Vol. 71 (16). Pp. 1925–1929.
11. Murayama T., Kishi N., Koshiura R., Takagi K., Furucawa T., Miyamoto K. Agrimoniin, antitumor tannin of *Agrimonia pilosa* Ledeb, induces interleukin – 1 // Anticancer Res. 1992. Vol. 12. N5. Pp. 1471–1474. DOI: 10.1007/978-1-4615-4139-434.
12. Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных. Новосибирск, 2004. 240 с.
13. Верниковская Н.А. Хроматографическое определение фенольных соединений и флавоноидов: автореф. дисс. ... канд. хим. наук. Краснодар, 2011. 24 с.
14. Van Beek T.A. Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts // J. Chromat. A. 2002. Vol. 967. N1. Pp. 21–35. DOI: 10.1016/S0021-9673(02)00172-3.
15. Шалдаева Т.М., Костикова В.А., Высочина Г.И. Фенольные соединения и антиоксидантная активность *Agrimonia pilosa* Ledeb // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия естественные и технические науки. 2018. №11. С. 44–49.
16. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. С. 271.
17. Минаева В.Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск, 1978. 256 с.
18. Raal A., Boikova T., Püssa T. Content and dynamics of polyphenols in *Betula* spp. Leaves naturally growing in Estonia // Records of Natural Products. 2015. Vol. 9 (1). Pp. 41–48.
19. Mierziak J., Kostyn K., Kulma A. Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment // Molecules. 2014. Vol. 19. N10. Pp. 16240–16265. DOI: 10.3390/molecules191016240.
20. Прусакова Л.Д., Кефели В.И., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В., Кузнецова С.А. Роль фенольных соединений в растениях // Агрехимия. 2008. №7. С. 86–96.
21. Высочина Г.И. Динамика содержания и компонентного состава флавоноидов *Polygonum aviculare* L. // Растительные ресурсы. 1999. Т. 34, вып. 3. С. 67–74.
22. Храмова Е.П. Род *Pentaphyloides* Hill (*Rosaceae*) Азиатской России (фенольные соединения, элементный состав в природе и культуре, хемотаксономия): автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Новосибирск, 2016. 32 с.
23. Архипова Н.С., Елагина Д.С. Изучение особенностей накопления биологически активных веществ некоторыми дикорастущими травянистыми растениями // Овощи России. 2017. №2 (35). С. 86–91. DOI: 10.18619/2072-9146-2017-2-86-91.
24. Карпова Е.А., Полякова Т.А. Сезонная динамика состава фенольных соединений листьев *Spiraea media* var *sericea* (Turcz.) Regel. // Химия растительного сырья. 2014. №3. С. 145–149. DOI: 10.14258/jcrpm.140345.
25. Петрова П.И., Бахтенко Е.Ю., Загоскина Н.В., Булатова С.В., Курпатов П.Б. Динамика накопления фенольных соединений в органах сабельника болотного (*Comarum palustre* L.) // Химия растительного сырья. 2013. №1. С. 165–169. DOI: 10.14258/jcrpm.1301165.
26. Дудко В.В., Дегиль Н.Ю., Сапрыкина Э.В., Краснов Е.А., Бабилов В.Ю. Гепатопротекторная активность экстракта травы репешка волосистого // Фармация. 2009. №3. С. 41–43.

27. Реккандт С.А., Мелик-Гусейнов В.В., Кулешова С.А., Шериева Ф.К. Исследование диуретического действия криопорошков корня шиповника и травы репейника // МГОУ. Серия: Естественные науки. 2016. №2. С. 73–77. DOI: 10.18384/2310-7189-2016-73-77.

Поступила в редакцию 11 ноября 2019 г.

После переработки 16 декабря 2020 г.

Принята к публикации 18 декабря 2020 г.

Для цитирования: Шалдаева Т.М., Костикова В.А., Высочина Г.И. Фенольные соединения *Agrimonia pilosa* Ledeb. в зависимости от фазы развития растений // Химия растительного сырья. 2021. №1. С. 151–158. DOI: 10.14258/jcrpm.2021016628.

Shaldayeva T.M.*, Kostikova V.A., Vysochina G.I. PHENOLIC COMPOUNDS *AGRIMONIA PILOSA* DEPENDING ON THE PHASE OF PLANT DEVELOPMENT

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, ul. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090 (Russia), e-mail: tshaldayeva@yandex.ru

The composition and content of phenolic compounds in the organs of the above-ground part of *Agrimonia pilosa* Ledeb. depending on the phase of plant development were studied by high performance liquid chromatography (HPLC). Fourteen compounds found in water-ethanol extracts from organs of *A. pilosa*. Flavonols (kaempferol, astragalin, kaempferol-3-O- β -rutinoside, quercetin, hyperoside and rutin), flavones (apigenin, vitexin, luteolin and luteolin-7-glucoside) and phenolic acids (chlorogenic, caffeic, vanillic and ellagic acids) have been identified. Hyperoside, rutin, and ellagic acid were the major constituents in the extracts from the leaves and the reproductive organs of the species. The highest content of rutin were found in the leaves during vegetative growth and in the inflorescences (2.75 and 2.67 mg/g, respectively). The highest content of hyperoside were observed in leaves in the phase of budding and fruiting (2.02 and 2.25 mg/g). The highest content of ellagic acid were revealed in leaves in the fruiting phase and in buds (3.49 and 2.09 mg/g). The highest total phenolic content was found in the leaves during the fruiting (21.1 mg/g). Unidentified flavonols number 12 and 13 (1.62 and 2.76 mg/g, respectively) were the dominant components in the leaves in the growing phase. The total content of phenolic compounds in buds (9.52 mg/g) and in inflorescences (9.80 mg/g) was the same. The total content of phenolic compounds in fruits was two times less (4.24 mg/g) than in buds and inflorescences.

Keywords: *Agrimonia pilosa*, dynamic, leaves, reproductive organs, phenolic compounds, flavonoids, HPLC.

* Corresponding author.

References

1. Ovchinnikova S.V. *Konspekt flory Sibiri. Cosudistyye rasteniya*. [Synopsis of the flora of Siberia. Vascular plants]. Novosibirsk, 2005, p. 117. (in Russ.).
2. Vasyakina K.A., Kurkina A.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra*, 2012, vol. 14, no. 1(9), pp. 2184–2186. (in Russ.).
3. Pozdnyakova S.P., Khanina M.G., Ivanova V.V., Mishenina S.V. *Sibirskoye meditsinskoye obozreniye*, 2011, no. 5, pp. 39–42. (in Russ.).
4. Khanina M.A., Khanina M.G., Rodin A.P., Ligostayeva Yu.V. *Meditsina i obrazovaniye v Sibiri*, 2015, no. 6, pp. 8–12. (in Russ.).
5. Markova O.M., Likhota T.T., Romantsova N.A., Karpenko V.A. *Razrabotka, issledovaniye i marketing novoy farmatsevticheskoy produktsii*, 2014, vol. 69, pp. 137–139. (in Russ.).
6. Kartashova G.S., Kerasheva S.I., Romanova G.V. *Rastitel'nyye resursy*, 1998, vol. 34, no. 3, pp. 100–103. (in Russ.).
7. Kurkina A.V. *Khim.-farm. zhurn.*, 2010, vol. 44, no. 12, pp. 88–91. (in Russ.).
8. Liu W.J., Hou X.Q., Chen H., Liang J.Y., Sun J.B. *Nat. Prod. Res.*, 2016, vol. 30(21), pp. 2495–2499. DOI: 10.1080/14786419.2016.1198351.
9. Khanina M.G. *Farmakognosticheskoye issledovaniye travy repeynichka volosistogo (Agrimonia pilosa Ledeb): avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*. [Pharmacognostic study of the herb Agrimonia pilosa Ledeb: abstract of thesis. dis. ... Cand. biol. sciences]. Samara, 2013, 16 p. (in Russ.).
10. Kato H., Li W., Koike M., Wang Y., Koike K. *Phytochemistry*, 2010, vol. 71 (16), pp. 1925–1929.
11. Murayama T., Kishi N., Koshiura R., Takagi K., Furucawa T., Miyamoto K. *Anticancer Res.*, 1992, vol. 12, no. 5, pp. 1471–1474. DOI: 10.1007/978-1-4615-4139-434.
12. Vysochina G.I. *Fenol'nyye soyedineniya v sistematike i filogenii semeystva grechishnykh*. [Phenolic compounds in the taxonomy and phylogeny of the buckwheat family]. Novosibirsk, 2004, 240 p. (in Russ.).
13. Vernikovskaya N.A. *Khromatograficheskoye opredeleniye fenol'nykh soyedineniy i flavonoidov: avtoref. diss. ... kand. khim. nauk*. [Chromatographic determination of phenolic compounds and flavonoids: author. diss. ... Cand. chem. sciences]. Krasnodar, 2011, 24 p. (in Russ.).
14. Van Beek T.A. *J. Chromat. A*, 2002, vol. 967, no. 1, pp. 21–35. DOI: 10.1016/S0021-9673(02)00172-3.
15. Shaldayeva T.M., Kostikova V.A., Vysochina G.I. *Sovremennaya nauka: aktual'nyye problemy teorii i praktiki. Seriya yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki*, 2018, no. 11, pp. 44–49. (in Russ.).
16. Zaprometov M.N. *Fenol'nyye soyedineniya: Rasprostraneniye, metabolizm i funktsii v rasteniyakh*. [Phenolic Compounds: Distribution, Metabolism and Function in Plants]. Moscow, 1993, p. 271. (in Russ.).
17. Minayeva V.G. *Flavonoidy v ontogeneze rasteniy i ikh prakticheskoye ispol'zovaniye*. [Flavonoids in plant ontogeny and their practical use]. Novosibirsk, 1978, 256 p. (in Russ.).
18. Raal A., Boikova T., Püssa T. *Records of Natural Products*, 2015, vol. 9 (1), pp. 41–48.
19. Mierziak J., Kostyn K., Kulma A. *Molecules*, 2014, vol. 19, no. 10, pp. 16240–16265. DOI: 10.3390/molecules191016240.
20. Prusakova L.D., Kefeli V.I., Belopukhov S.L., Vakulenko V.V., Kuznetsova S.A. *Agrokimiya*, 2008, no. 7, pp. 86–96. (in Russ.).
21. Vysochina G.I. *Rastitel'nyye resursy*, 1999, vol. 34, no. 3, pp. 67–74. (in Russ.).
22. Khramova Ye.P. *Rod Pentaphyloides Hill (Rosaceae) Aziatskoy Rossii (fenol'nyye soyedineniya, elementnyy so-stav v prirode i kul'ture, khemotaksonomiya): avtoref. diss. ... dokt. biol. nauk*. [Genus Pentaphyloides Hill (Rosaceae) of Asian Russia (phenolic compounds, elemental composition in nature and culture, chemotaxonomy): author. diss. ... doct. biol. sciences]. Novosibirsk, 2016, 32 p. (in Russ.).
23. Arkhipova N.S., Yelagina D.S. *Ovoshchi Rossii*, 2017, no. 2 (35), pp. 86–91. DOI: 10.18619/2072-9146-2017-2-86-91. (in Russ.).
24. Karpova Ye.A., Polyakova T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 3, pp. 145–149. DOI: 10.14258/jcprm.140345. (in Russ.).
25. Petrova P.I., Bakhtenko Ye.Yu., Zagorskina N.V., Bulatova S.V., Kurpatov P.B. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, no. 1, pp. 165–169. DOI: 10.14258/jcprm.1301165. (in Russ.).
26. Dudko V.V., Degil' N.Yu., Saprykina E.V., Krasnov Ye.A., Babikov V.Yu. *Farmatsiya*, 2009, no. 3, pp. 41–43. (in Russ.).
27. Rekkandt S.A., Melik-Guseynov V.V., Kuleshova S.A., Sheriyeva F.K. *MGOU. Seriya: Yestestvennyye Nauki*, 2016, no. 2, pp. 73–77. DOI: 10.18384/2310-7189-2016-73-77. (in Russ.).

Received November 11, 2019

Revised December 16, 2020

Accepted December 18, 2020

For citing: Shaldayeva T.M., Kostikova V.A., Vysochina G.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 1, pp. 151–158. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021016628.