

**ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА
ФЛАВОНОИДОВ ЗМЕЕВИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО *BISTORTA OFFICINALIS* DELABRE,
ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В СИБИРИ**

М.С. ВАСИЛЬЕВА, Г.И. ВЫСОЧИНА

**CHROMATOGRAPHIC RESEARCH ON THE CONTENT AND COMPOSITION
OF FLAVONOIDS OF *BISTORTA OFFICINALIS* DELABRE GROWING IN SIBERIA**

M.S. VASILYEVA, G.I. VYSOCHINA

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, 630090 Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, 630090 Novosibirsk, Zolotodolinskaya st., 101

Fax: +7 (383) 330-19-86; e-mail: vysochina_galina@mail.ru

Приведены результаты исследования содержания и состава флавоноидов змеевика лекарственного (большого) *Bistorta officinalis* Delabre из природных местообитаний Сибири. Растения, произрастающие в условиях повышенной инсоляции на высоте 1500–2000 м над ур. м. и выше, содержат флавоноидов больше, чем растения луговых сообществ, расположенных в равнинной местности, что косвенно подтверждает их защитную функцию. Диапазон изменчивости содержания флавоноидов в период массового цветения составляет 1.13–5.61 % (в цветках) и 0.69–5.10 % (в листьях). Методами ВЭЖХ исследованы агликоны флавонолов в растениях, собранных на территории Алтая.

Ключевые слова: змеевик лекарственный (большой), флавоноиды, кверцетин, кемпферол, Сибирь.

The results of study of flavonoid content and composition of *Bistorta officinalis* Delabre from natural habitats in Siberia are given. Plants growing in the conditions of increased insolation at a height of 1500–2000 m and higher contain more flavonoids than plants of meadow communities in the plain, which indirectly confirms their protective function. A range of variations of the flavonoid content in mass flowering period amounts to 1.13–5.61 % (in flowers) and 0.69–5.10 % (in leaves). Flavonol aglycons were studied by HPLC methods in the plants collected in the Altai.

Key words: *Bistorta officinalis* Delabre, flavonoids, quercetin, kaempferol, Siberia.

Растения, содержащие флавоноиды, являются источником противовоспалительных, капилляроукрепляющих, желчегонных, противоопухолевых, иммуномодулирующих и иных лечебных средств. Опубликовано много данных о противолучевом, спазмолитическом, антиоксидантном действии флавоноидов, о влиянии их на пищеварительный тракт и печень (Барабой, 1976, 1984; Максютин и др., 1985; Cook, Samman, 1996; Tijburg et al., 1997; Dicarlo et al., 1999; Hollman et al., 1999). Основным характерным свойством флавоноидов и других растительных полифенолов является действие на капилляры, выражающееся в понижении проницаемости их стенок (Минаева, 1978; Максютин и др., 1985). В последние десятилетия особое внимание обращают на антиоксидантное действие флавоноидов, на их способность купировать свободные радикалы, являющиеся причиной возникновения многих тяжелых патологий у

человека, и выводить их из организма (Rice-Evans, Miller, 1996; Kaur, Karoor, 2002). Сравнительно низкая токсичность флавоноидов, наряду с их избирательным фармакологическим действием на организм человека, позволяет все шире привлекать эту группу соединений для создания новых лекарственных препаратов.

Наиболее многочисленным и широко распространенным классом флавоноидов являются флавонолы — желтые пигменты растений. Самые распространенные флавоноловые гликозиды — это производные кверцетина, кемпферола, изорамнетины и мирицетина. Благодаря высокой биологической активности, обусловленной присутствием в молекуле активных фенольных гидроксильных и карбонильной групп, флавонолы подвергаются различным биохимическим изменениям и принимают участие в растительных тканях в ряде физиологических

процессов. Установлено, что совместно с аскорбиновой кислотой они участвуют в ферментативных процессах окисления и восстановления (Максютина и др., 1985).

Широкий диапазон биологической активности флавоноидов привлекает внимание исследователей к таксонам, богатым этими веществами. К таковым относятся виды рода *Bistorta* Hill — змеевик (сем. *Polygonaceae*). Они используются как декоративные, пищевые, кормовые и медоносные растения (Определитель растений ..., 2000). На территории России и сопредельных государств произрастает 12 видов, в Сибири — 6 (Черепанов, 1995).

Объектом нашего исследования является *Bistorta officinalis* Delabre (= *Bistorta major* S.F. Gray, *Polygonum bistorta* L.) — змеевик лекарственный (большой), горец змеиный. Это многолетнее травянистое растение с колосовидным соцветием до 100 см высотой. Околоцветник бледно- или ярко-розовый. Нижние листья продолговато-яйцевидные или широколанцетные, при основании низбегающие на черешок, к верхушке заостренные. Узлов на стебле 4–6. Корневище толстое (до 1.5 см), деревянистое, изогнутое. *B. officinalis* — типичное мезофильное растение. Встречается на лесных, заливных и водораздельных дугах, лесных опушках и кустарниковых зарослях, поднимается в субальпийский пояс. Имеет обширный ареал, охватывающий почти всю территорию Евразии (Флора Центральной Сибири, 1979).

Флавоноиды являются одной из основных групп веществ из комплекса фенольных соединений *B. officinalis*. И.И. Чекалинская и Т.Б. Володько (1966) отмечают, что содержание флавоноидов в листьях *P. bistorta* (= *B. officinalis*) в фазе начала плодообразования составляет 7.8, в соцветиях — 14.1, в стеблях — 6.5 % (от абсолютно сухой массы). Хроматографией на бумаге в надземной части растений змеевика обнаружены кверцетин, изорамнетин и кемпферол (Соболевская, Высочина, 1965; Высочина, 1976). Корневища содержат катехины: d-катехин, l-катехин, l-эпикатехин (Растительные ресурсы..., 1985). Есть данные о содержании в стеблях и корневищах *P. bistorta* кумарина умбеллиферона, в цветках — антоцианов цианидина и дельфинидина (Чекалинская, Володько, 1966; Растительные ресурсы..., 1985; Yoshitama et al., 1987). Содержание дубильных веществ в корневищах варьирует от 8.3 до 36.0 %, в листьях — от 5.0 до 17.5 % (Растительные ресурсы..., 1985).

Однако сведений о содержании флавоноидов в растениях этого вида недостаточно, особенно для той части его ареала, который расположен на территории Сибири.

Существуют различные данные о содержании фенолкарбоновых кислот и их производных

в различных частях *P. bistorta*. В корневищах содержатся галловая кислота, 6-галлоил-глюкоза, 3,6-дигаллоил-глюкоза, в листьях — кофейная и синаповая кислоты, в надземной части растений — протокатеховая, кофейная, хлорогеновая кислоты (Растительные ресурсы ..., 1985). В хлороформном экстракте *P. bistorta* и некоторых других видах рода *Polygonum* L. хромато-масс-спектрометрическим методом были обнаружены 4-гидроксibenзойная, 4-гидрокси-3-метоксибензойная, 4-гидрокси-3-метоксикоричная, 4-гидроксикоричная, 3,4-дигидроксикоричная кислоты и их метиловые эфиры (Smolarz, 2001). По данным Смоларз (Smolarz, 2000) в надземной части *P. bistorta* содержится 53.3 мкг/г кислот, в корневище — 14.1 мкг/г, преобладает феруловая кислота (21.0 мкг/г).

Из корневищ *P. bistorta* были выделены два соединения, обладающие противовоспалительными свойствами: 3-метил-(4-O-β-D-(6'-O-3'-метилгаллоил)-глюкопиранозил)галловая кислота и кверцетин-3-O-β-D-глюкопиранозид; структура их доказана данными ЯМР спектроскопии. Отмечается широкое использование змеевика в народной медицине для лечения дизентерии, острого гастроэнтерита, острых респираторных заболеваний, карбункулов, гнойных дерматитов, афтозной язвы, золотухи, кровавой рвоты, носового кровотечения, геморроя (Liu X.Q. et al., 2006a).

В корневищах *P. bistorta* содержатся биологически активные вещества, благодаря которым растение проявляет свои антибактериальные и противоопухолевые свойства, среди них галловая и хлорогеновая кислоты, катехин. По данным высокоэффективной жидкостной хроматографии содержание галловой кислоты в корнях *P. bistorta* в среднем составляет 0.50 %, хлорогеновой кислоты — 0.86 %, катехина — 0.77 %. Высушенные корни *P. bistorta* широко используются в народной медицине Китая. Известны их противовоспалительные, антибактериальные и антираковые свойства (Liu X.Q. et al., 2006b). Известно также, что *P. bistorta* обладает мощным вяжущим, кровоостанавливающим, успокоительным, мочегонным, жаропонижающим действием. При сравнении эффективности экстракта *P. bistorta* (100 мг/кг), дубильной кислоты (25 мг/кг) и ресвератрола (30 мг/кг) при лечении токсикологических повреждений печени и почек было выяснено, что растительный экстракт корней *P. bistorta* и дубильная кислота могут использоваться для защиты печени и почек как средства нетрадиционной медицины (Deepak Mittal, 2009). Было выявлено противовоспалительное действие экстракта из высушенных корневищ *P. bistorta* при лечении отека лапы крысы, вызванного карагенином (Duwiejua и др., 1999).

Обнаружено, что *P. bistorta* подавляет мутагенность Трр-Р-1 (Manoharan, 2005).

Несмотря на уникальные лечебные свойства *B. officinalis*, степень изученности его незначительна. Сведений о химическом составе и содержании в растениях этого вида веществ, которые ответственны за эти свойства, явно недостаточно, особенно

для той части его ареала, которая расположена на территории Сибири

Цель настоящей работы — определение хроматографическими методами содержания флавоноидов и состава флавоноловых агликонов в отдельных органах растений *B. officinalis*, произрастающих в Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для наших исследований послужили сборы растений *B. officinalis* в разные годы (1995–2009) во время экспедиционных поездок по территории Сибири (Республика Алтай, Хакасия, Тыва, Кемеровская, Иркутская, Читинская области) (табл. 1). Растения разделяли на органы, сушили в проветриваемых помещениях и анализировали на содержание флавоноидов. Растения, собранные в Улаганском, Усть-Коксинском и Кош-Агачском районах Республики Алтай в августе 2009 г., были исследованы с целью идентификации агликонов флавонолов и определения их содержания.

Для количественного определения суммы флавоноидов использовали хроматоспектрофотометрический метод, основанный на предварительном разделении флавоноидов двухмерной хроматографией на бумаге с последующим спектрофотометрированием элюатов (Высочина и др., 1987), и метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) (Beek, 2002) на жидкостном хроматографе Agilent 1200 (Agilent Technologies, США).

Хроматоспектрофотометрический метод

Точную навеску воздушно-сухого сырья (0.1–0.5 г), измельчённого до размера частиц 1 мм, помещали в колбу ёмкостью 100 мл, заливали 30 мл 40 %-ного этилового спирта и кипятили на водяной бане с обратным холодильником 30 мин. Экстракт фильтровали. Повторную экстракцию проводили 20 мл этилового спирта в течение 15 мин. После фильтрации остаток в колбе и на фильтре промывали 5 мл спирта. При соблюдении указанных условий происходит практически исчерпывающая экстракция флавонолов. Объединённый фильтрат сгущали в фарфоровых чашечках в вытяжном шкафу или в ротационном испарителе до 2–3 мл (точный объём). Полученные экстракты исследовали методом хроматографии на бумаге марки Filtrak №15 в системах растворителей: I направление — изопропиловый спирт — муравьиная кислота — вода (2:5:5), II направление — н-бутиловый спирт — уксусная кислота — вода (40:12:28) с последующим спектрофотометрированием элюатов. На один лист хроматографической бумаги наносили

0.10–0.15 мл экстракта в зависимости от навески сырья и количества экстракта. Каждую пробу анализировали в 3 повторностях. Элюировали флавонолы 40 %-ным этанолом порциями по 0.5 мл до получения объёма элюата не менее 3 мл. Оптическую плотность элюатов определяли на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 360 нм, так как содержащиеся в исследуемых видах флавонолы имеют максимумы поглощения в длинноволновой области УФ-спектра 355–365 нм. В качестве контроля использовали 40 %-ный этанол.

Расчёт количества флавоноловых гликозидов (в % от массы воздушно-сухого сырья) проводили по формуле:

$$X = (D \times V_1 \times V_2 \times 100) / (M \times V_3 \times 1000),$$

где D — содержание флавонола в 1 мл испытуемого раствора, найденное по калибровочному графику, построенному по рутину (мкг); V_1 — объём экстракта (мл); V_2 — объём элюата (мл); V_3 — объём экстракта, нанесённый на хроматограмму (мл); M — масса воздушно-сухого сырья (г).

Для построения калибровочного графика использовали растворы рутина в 40 %-ном этиловом спирте (концентрация 1 мг/мл), которые подвергали хроматографированию и элюции при условиях, описанных выше для разделения комплекса флавонолов в исследуемых экстрактах. Общее содержание флавонолов вычисляли суммированием количества индивидуальных компонентов флавонолового комплекса образца. Относительная ошибка использованной нами методики ± 1.39 % (Высочина и др., 1987).

Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ)

Анализ агликонов, образующихся после кислотного гидролиза соответствующих гликозидов, проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на аналитической ВЭЖХ-системе, состоящей из жидкостного хроматографа «Agilent 1200» с диодноматричным детектором и системы для сбора и обработки хроматографических данных

Содержание флавоноидов в надземных органах растений *V. officinalis* (% от массы воздушно-сухого сырья)

Место сбора, фаза вегетации	Цветки	Листья
<i>Кемеровская область</i>		
Окр. г. Кемерово, разнотравно-злаковый луг близ смешанного леса; бутонизация	0.95	0.18
Окр. г. Кемерово, луговины в берёзовых колках; начало цветения	1.33	0.99
Окр. пос. Тисуль, разнотравный луг; массовое цветение	1.41	0.69
Окр. г. Горячегогорска, влажный луг на берегу реки; массовое цветение	1.17	0.75
Окр. пос. Поперечное, разнотравный луг; массовое цветение	1.94	2.38
Новокузнецкий район, центральная часть Кузнецкого Алатау к западу от г. Белогорска, выс. 1250 м, северный щебнистый склон горы Северной; плодоношение	2.13	1.95
<i>Алтай</i>		
Окр. пос. Курай, Курайский хр., выс. 2650 м над ур. м., высокогорно-тундровый пояс, берег горного ручья; массовое цветение	5.35	2.43
Там же, щебнистый склон юго-западной экспозиции на выс. 2550 м; массовое цветение	4.95	2.07
Там же, субальпийский пояс, субальпийский луг на выс. 2350 м; массовое цветение	2.22	3.73
Там же, горно-лесной пояс, лиственничный лес на выс. 2000 м; массовое цветение	3.62	1.34
Там же, горно-степной пояс, горная степь на выс. 1750 м; массовое цветение	4.07	3.19
Истоки р. Тюргунь, юго-восточный склон горы, выс. 2800 м, тундра; массовое цветение	3.78	2.52
Отроги хр. Сайлюгем, плато на выс. 2300 м; массовое цветение	3.81	1.28
Отроги хр. Чихачёва, альпийский луг на выс. 2000 м; массовое цветение	5.61	3.18
Окр. с. Ташанта, подножье склона северо-западной экспозиции на выс. 2700 м; массовое цветение	1.82	3.10
Там же, подножье склона северной экспозиции на выс. 2000 м, тундра; массовое цветение	1.56	3.28
Окр. пос. Парная, разнотравный луг, нарушенное место вдоль дороги; массовое цветение	1.13	1.72
Семинский перевал, разнотравный луг в разреженном кедровом лесу на выс. 1640 м; начало цветения	2.21	2.89
Окр. с. Мёны, разнотравные лужайки в смешанном лесу на выс. 1450 м; начало цветения	2.03	3.71
Разнотравно-злаковый луг вдоль дороги на пос. Еланда, в 7 км от пос. Чемал, выс. 500 м; массовое цветение	1.42	4.05
Окр. пос. Анос, в 10 км, разнотравный луг у дороги; конец цветения	0.93	1.15
Окр. пос. Уважан, луг в пойме ручья; конец цветения	0.88	1.36
Усть-Канский район, окр. пос. Яконур, долина р. Кузрей, суходольный луг; массовое цветение	5.42	5.10
Отроги хр. Чихачёва, субальпийский луг на юго-западном склоне; конец цветения	0.90	1.42
Окр. пос. Ташанта, пойма р. Юстыд, луг; массовое цветение	1.17	0.93
Окр. пос. Кокоря, склон северо-западной экспозиции, поляны в лиственничном лесу; массовое цветение	2.16	1.21
Там же, склон северо-восточной экспозиции, луг у кошары; массовое цветение	2.33	2.54
<i>Хакасия</i>		
Орджоникидзевский район, в 4–5 км от пос. Устиново, кромка берёзового леса, разнотравный луг; массовое цветение	4.07	4.52
Окр. пос. Копьёво, в 5 км к югу; разнотравный луг; начало цветения	1.12	2.14
Окр. пос. Приисковский, в 6 км от оз. Ивановское, луг; массовое цветение	3.95	2.91
Окр. пос. Приисковский, луг по дороге на лесоразработки; массовое цветение	2.31	1.16
Таштыпский район, окр. пос. Таштып, злаково-бобовый луг в берёзовом лесу; массовое цветение	2.11	3.17
Таштыпский район, Западно-Саянский перевал, выс. 2200 м, тундра по южному склону; массовое цветение	1.41	3.31
Ширинский район, окр. пос. Гальджа, выс. 1420 м, берёзовый лес по склону сопки; массовое цветение	3.08	3.50
<i>Тыва</i>		
Южный склон горы на берегу оз. Кара-Холь, поляна в кедрово-лиственничном лесу; массовое цветение	3.96	2.12
<i>Иркутская область</i>		
Окр. пос. Люры, луговины в берёзовых колках вдоль тракта; массовое цветение	3.08	1.82
<i>Читинская область</i>		
Окр. пос. Бельчир, в 30 км, долина р. Блудная, луг; массовое цветение	2.43	3.29

ChemStation. Разделение проводили на колонке Zorbax SB-C18, размером 4.6 × 150 мм, с диаметром частиц 5 мкм, применив градиентный режим элюирования. В подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0.1 %) изменялось от 50 до 52 % за 18 мин. Скорость пото-

ка элюента 1 мл/мин. Температура колонки 26 °С. Объем вводимой пробы 5 мкл. Детектирование осуществляли при $\lambda = 370$ нм. Для приготовления подвижных фаз использовали метиловый спирт (ос. ч.), ортофосфорную кислоту (ос. ч.), бидистиллированную деионизированную воду. Для приготовления

стандартных образцов применяли препараты кверцетина и кемпферола производства фирмы «Fluka». Стандартные растворы готовили в концентрации 10 мкг/мл в этиловом спирте.

Для извлечения флавоноидов проводили исчерпывающую экстракцию 70 %-ным этанолом при нагревании на водяной бане. Кислотный гидролиз проводили следующим образом: к 0.5 мл водно-этанольного извлечения прибавляли 0.5 мл HCl (2 н) и нагревали на кипящей водяной бане в течение 2 ч. После охлаждения гидролизат разбавляли бидистиллированной водой до объема 5 мл и пропускали через концентрирующий патрон Диапак С16 (ЗАО «БиоХимМак») для освобождения от примесей гидрофильной природы. Агликоны смывали 96 %-ным этанолом, измеряли объем элюата

и пропускали через мембранный фильтр с диаметром пор 0.45 мкм.

Количественное определение индивидуальных агликонов в элюатах проводили по методу внешнего стандарта. Содержание индивидуальных компонентов (C_x) вычисляли по формуле (в %):

$$C_x = \frac{C_{ст} \cdot S_1 \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot 100}{S_2 \cdot M \cdot (100 - B)},$$

где $C_{ст}$ — концентрация соответствующего раствора флавонола, мкг/мл; S_1 — площадь пика флавонола в анализируемой пробе, е.о.п.; V_1 — объем элюата после вымывания флавонолов с концентрирующего патрона, мл; V_2 — общий объем экстракта, мл; M — масса навески, мг; B — влажность сырья, %. Подробное описание методики пробоподготовки, анализа и расчетов приведено в работе (Храмова, Комаревцева, 2008).

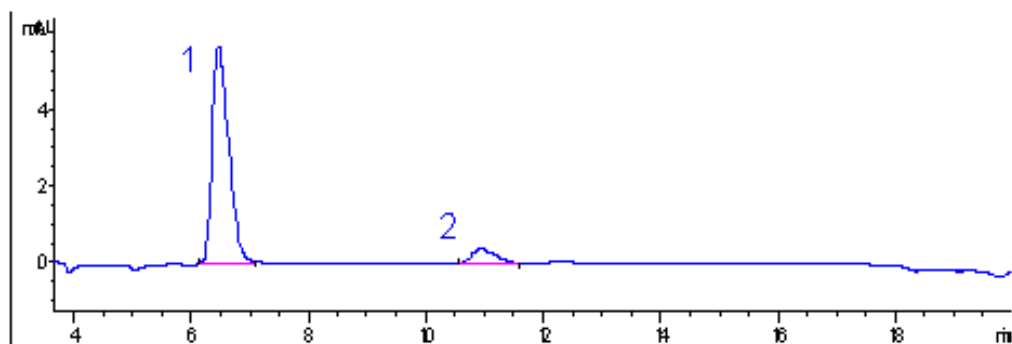
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Растения змеевика лекарственного способны накапливать значительные количества — более 5.0 % флавоноидов, при этом диапазон изменчивости их содержания в период массового цветения растений из регионов Сибири составляет 1.13–5.61 % от массы воздушно-сухого сырья (в цветках), 0.69–5.10 % (в листьях). Бутоны и листья содержат мало флавоноидов (0.95 и 0.18 %, соответственно). Очевиден процесс увеличения их количества и в репродуктивных органах и в листьях по мере роста растений: в начале цветения диапазон изменчивости составляет 1.12–2.21 % (в репродуктивных органах) и 0.99–2.89 % (в листьях). В период массового цветения отмечается пик накопления веществ, к концу цветения происходит спад (см. табл. 1).

На Курайском хребте Горного Алтая верхний предел распространения *B. officinalis* находится в высокогорно-тундровом поясе на высоте 2650 м над уровнем моря (над ур. м.), где он произрастает по каменистому берегу холодного горного ручья. Почва здесь прогревается слабо, влажность почвы высокая. Суточная амплитуда колебания температур летом в пределах 12–20° С (Днепровский, 1967). Однако в таких жестких условиях существования (альпийские лужайки вдоль ручья) растения содержат большое количество — 5.35 % (цветки) и 2.43 % (листья) — флавоноидов. Высокое содержание отмечено и в растениях, произрастающих на щебнистом склоне юго-западной экспозиции Курайского хребта на высоте 2550 м над ур. м. (4.95, 2.07 %, соответственно) (см. табл. 1). Низкая температура воздуха и почвы высокогорно-тундрового пояса Курайского хребта, вероятно, не противодействует биосинтезу флавоноидов *B. officinalis*, и ведущим фактором в

этом процессе является высота местности над уровнем моря.

На субальпийском лугу Курайского хребта (высота 2350 м) условия произрастания для *B. officinalis* исключительно благоприятны. Почвы здесь более мощные, чем в районах каменистой тундры. Микроклиматические условия в области альпийских луговых ценозов Курайского хребта более мягкие по сравнению с каменистой тундрой (Днепровский, 1967). Однако вегетационный период длится недолго, и в этих условиях происходит резкое снижение (вдвое) содержания флавоноидов в цветках (2.22 %), тогда как в листьях их накапливается намного больше (3.73 %). Растения горно-лесного (высота 2000 м) и горно-степного (высота 1750 м) поясов также отличаются высоким содержанием веществ (около 4 %). В результате анализа данных, представленных в табл. 1, становится очевидным, что большинство проанализированных нами растений *B. officinalis*, произрастающих в условиях повышенной инсоляции на высоте 1500–2000 м над ур. м. и выше, накапливает значительное количество флавоноидов, что косвенно подтверждает защитную функцию этих веществ. Вполне вероятно, что флавоноидные пигменты играют роль фильтров, защищая ткани растений от вредного влияния ультрафиолетовых лучей, и количество их в растениях зависит от освещенности места произрастания (Запрометов, 1993). В то же время растения луговых сообществ — разнотравных, разнотравно-злаковых, пойменных и прибрежных влажных лугов, расположенных в равнинной местности, отличаются невысокими показателями содержания (1.0–1.5 %). Следует отметить, что в одних образцах



Хроматограмма гидролизата экстракта цветков *Bistorta officinalis* Delabre (Кош-Агачский район, окр. с. Кокоря, лиственничный лес на берегу реки): 1 — кверцетин ($tR = 6.6$ мин.); 2 — кемпферол ($tR = 11.1$ мин.). По оси абсцисс — время удерживания, мин.; по оси ординат — оптическая плотность

Таблица 2

Содержание агликонов флавонолов в надземных органах *B. officinalis* из районов Республики Алтай (в % от массы воздушно-сухого сырья)

Район и место сбора образца	Кверцетин 258, 370 нм		Кемпферол 257, 373 нм	
	листья	цветки	листья	цветки
Улаганский р-н, долина р. Башкаус, 1368 м над ур. м., злаково-разнотравный дуг; массовое цветение	2.07	13.00	0.08	1.07
Усть-Коксинский р-н, Терехтинский хребет, склон северо-восточной эксп., 1888 м, разнотравный дуг; массовое цветение	0.68	15.99	следовые количества	0.54
Кош-Агачский р-н, окр. с. Кокоря, лиственничный лес на берегу реки; массовое цветение	5.91	3.60	0.51	0.22

содержание флавоноидов в репродуктивных органах больше, чем в листьях, в других — наоборот. В таране альпийском, изученном нами ранее, всегда в цветках содержалось флавоноидов больше, чем в листьях.

Одной из ведущих групп флавоноидного комплекса *B. officinalis* являются флавонолы. Исследование состава флавоноловых агликонов после гидролиза водно-спиртовых экстрактов из надземной части *B. officinalis* показало, что в гидролизатах содержится два агликona. Сопоставление времен удерживания сигналов веществ на хроматограммах анализируемых образцов со временами удерживания сигналов стандартных образцов и спектрами позволило идентифицировать кверцетин и кемпферол. На рисунке представлена хроматограмма образца из лиственничного леса на берегу реки в окрестностях села Кокоря (Кош-Агачский район).

Максимальное количество кверцетина обнаружено в цветках растений змеевика, собранных в луговых сообществах на значительной высоте в Усть-Коксинском и Улаганском районах (15.99 и 13.00 %, соответственно). Максимальное количество кемпферола — в образцах цветков из Улаганского района (1.07 %). В листьях змеевика из Усть-Коксинского района обнаружено минимальное содержание кемпферола (следовые количества) (табл. 2). Следует отметить, что в двух образцах листьев количество агликонов значительно меньше, чем в цветках, однако в образце из Кош-Агачского района количество флавоноидов в листьях преобладает. Так как основным флавоноловым агликоном змеевика лекарственного является кверцетин (до 15.99 %), а гликозиды кемпферола содержатся в незначительном количестве, растения *B. officinalis* могут быть использованы как продуцент гликозидов кверцетина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, растения змеевика лекарственного *B. officinalis* из регионов Сибири накапливают значительные количества — более 5 % — флавоноидов. Бутоны и листья в фазе бутонизации растений

содержат мало флавоноидов (0.95 и 0.18 %, соответственно). В процессе роста растений количество их возрастает и в репродуктивных органах и в листьях: в начале цветения содержание веществ находится в

пределах 1.12–2.21 % (в репродуктивных органах) и 0.99–2.89 % (в листьях). В период массового цветения отмечается пик накопления, при этом диапазон изменчивости содержания флавоноидов в период массового цветения растений составляет 1.13–5.61 % (в цветках) и 0.69–5.10 % (в листьях). В конце цветения было обнаружено небольшое количество флавоноидов.

Растения *B. officinalis*, произрастающие в условиях повышенной инсоляции на высоте 1500–2000 м над ур. м. и выше, содержат флавоноидов больше, чем растения луговых сообществ — разнотравных,

разнотравно-злаковых, пойменных и прибрежных влажных лугов, расположенных в равнинной местности, что косвенно подтверждает их защитную функцию. Вполне вероятно, что эти пигменты играют роль фильтров, защищая ткани растений от вредного влияния ультрафиолетовых лучей.

В гидролизатах водно-спиртовых экстрактов надземной части *B. officinalis* методами ВЭЖХ обнаружены два агликона, которые идентифицированы как кверцетин и кемпферол. Основным флавоноловым агликоном змеевика большого является кверцетин (до 15.99 %).

ЛИТЕРАТУРА

- Барабой В.А. Биологическое действие растительных фенольных соединений. Киев, 1976. 260 с.
- Барабой В.А. Растительные фенолы и здоровье человека. М., 1984. 160 с.
- Высочина Г.И. Об агликонах флавоноидных соединений некоторых евразийских видов рода *Polygonum* L. // Актуальные вопросы ботанического ресурсоведения в Сибири. Новосибирск, 1976. С. 180–189.
- Высочина Г.И., Кульпина Т.Г., Березовская Т.П. Содержание флавоноидов в некоторых видах *Polygonum* L. секции *Persicaria* (Mill.) DC. флоры Сибири // Раст. ресурсы. 1987. Т. 23. № 2. С. 229–234.
- Днепровский Ю.М. Экологическая физиология горных растений Юго-Восточного Алтая (в связи с интродукцией): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1967. 29 с.
- Запрёмов М.Н. Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях. М., 1993. 272 с.
- Максутина Н.П., Комисаренко Н.Ф., Прокопенко А.П., Погодина Л.И., Липкан Г.Н. Растительные лекарственные средства, Киев, 1985. 280 с.
- Минаева В.Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование. Новосибирск, 1978. 252 с.
- Определитель растений Новосибирской области (ред. д.б.н. И.М. Красноборов). Новосибирск, 2000. 491 с.
- Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Magnoliaceae* — *Limonaceae*. Л., 1985. 460 с.
- Соболевская К.А., Высочина Г.И. К изучению флавоноидов у алтайских представителей рода *Polygonum* L. // Раст. ресурсы. 1965. Т. 1. Вып. 3. С. 367–369.
- Флора Центральной Сибири (ред. Л.И. Малышев и Г.А. Пешкова). Т. 1. Новосибирск, 1979. 535 с.
- Храмова Е.П., Комаревцева Е.К. Изменчивость флавоноидного состава листьев *Potentilla fruticosa* (*Rosaceae*) разных возрастных состояний в условиях Горного Алтая // Раст. ресурсы. 2008. Т. 44. № 3. С. 96–102.
- Beek T.A. Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts // Journ. of chromatography A. 2002. № 967. P. 21–35.
- Cook N. C., Samman S. Flavonoids — chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources // J. Nutr. Biochem. 1996. Vol. 7. № 2. P. 66–76.
- Deepak M. Hepatoprotective effects of *Polygonum bistorta* and active principles on albino rats intoxicated with carbon tetrachloride and paracetamol // Toxicology Letters. 2009. Vol. 189. P. 57.
- Dicarlo G., Mascolo L., Izzo A.A., Capasso F. Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs // Life Sci. 1999. Vol. 65. № 4. P. 337–353.
- Duwiejua M., Zeitlin I.J., Gray A.J., Waterman P.G. The anti-inflammatory compounds of *Polygonum bistorta*: Isolation and characterization // Planta Medica. 1999. Vol. 65. P. 371–374.
- Hollman P.C.H., Feskens E.J.M., Katan M.B. The flavonoids in cardio-vascular disease and cancer prevention // Proceed. Soc. Exp. Biol. Med. 1999. Vol. 220. № 4. P. 198–202.
- Kaur Ch., Kapoor H.C. Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables // Intern. Journ. Food Sci. and Techn. 2002. Vol. 37. № 2. P. 153–161.
- Liu X.Q., Hua H.M., Liu J., Chen F.K., Wu L.J. A new tannin-related compound from the rhizome of *Polygonum bistorta* L. // Journ. As. Nat. Prod. Res. 2006 a. Vol. 8. № 4. P. 299–302.
- Liu X.Q., Li W.W., Hua H.M., Li W., Chen F.K., Wu L.J. An NMR study of a phenylpropanoid-substituted catechin from *Polygonum bistorta* // AJTM. 2006 b. Vol.1. P. 73–75.
- Manoharan K.P., Benny T.K.H., Yang D. The anti-inflammatory compounds of *Polygonum bistorta*: Isolation and characterization. // Phytochem. 2005. Vol. 66. P. 2304–2308.
- Rice-Evans C.A., Miller N.J. Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food // Biochem. Soc. Trans. 1996. V. 24. № 3. P. 790–795.
- Smolarz H.D. Chromatographical analysis of phenolic acids in some species of *Polygonum* L. genus. Pt. 2. Quantitative determination of the major components by high performance liquid chromatography (HPLC) // Acta. Soc. Botan. Poloniae. 2000. Vol. 69. № 1. P. 21–23.
- Smolarz H.D. Application of GC-MS method for analysis of phenolic acids and their esters in chloroformic extracts from some taxons of *Polygonum* L. genus // Chem. Anal. (Warsaw). 2001. № 46. P. 439–444.
- Tijburg L.B., Mattern T., Folts J.D., Weisgerber U.M., Katan M.B. Tea flavonoids and cardiovascular diseases. A review // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 1997. Vol. 37. № 8. P. 771–785.
- Yoshitama K., Nishino H., Ozawa H., Sakatani M., Okabe Y. Distribution pattern of anthocyanidins and anthocyanins in Polygonaceous plants // Bot. Mag. Tokyo. 1987. Vol. 100. P. 143–149.