

УДК 615.31:[582.794.1:547.918](571.53)

ТРИТЕРПЕНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НАДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ ВОЛОДУШКИ КОЗЕЛЕЦЕЛИСТНОЙ (*VUPLEURUM SCORZONERIFOLIUM* WILLD.) ФЛОРЫ ПРИБАЙКАЛЬЯ

© С.А. Петухова^{1*}, Д.Н. Оленников², В.М. Минович¹

¹ Иркутский государственный медицинский университет МЗ РФ,
ул. Красного восстания, 1, Иркутск, 664003 (Россия),
e-mail: lanapetukhova@gmail.com

² Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670047 (Россия)

Представители рода *Vupleurum* L. в составе биологически активных веществ накапливают тритерпеновые соединения (производные α -амирина и β -амирина). Тритерпеновые гликозиды, выделенные из растений рода *Vupleurum* получили название сайкосапонины, буплеврозиды, скорзонерозиды. Растения рода *Vupleurum* в подземных органах накапливают тритерпеновые соединения в количестве от 1 до 7%. Тритерпеновые соединения растений рода *Vupleurum* обладают гепатопротекторным, противовирусным, цитостатическим действием. Нами проведено изучение тритерпеновых соединений надземных органов *Vupleurum scorzonerifolium* Willd. Материал для исследования был собран на территории Иркутской области (Россия). Выделение тритерпеновых соединений проводили 70% спиртом этиловым. Идентификация соединений осуществлялась методом жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим и диодноматричным детектированием (УВЭЖХ-ДМД-ИЭР-МС). По результатам анализа установлено содержание 5 тритерпеновых соединений: сайкосапонинов А, В₂, С, D, F. Выделенные соединения по структуре являются производными олеанана, у которых гликозидирование наблюдается по положению С-3 сахарами α -L-рамнозой, β -D-глюкозой и β -D-фукозой. Спектрофотометрическим методом определено количественное содержание суммы тритерпеновых соединений в надземных органах *B. scorzonerifolium* в различные фазы вегетации растения, по органам (в цветках, листьях, стеблях), а также в зависимости от места произрастания. Установлено, что максимальное количество суммы тритерпеновых соединений накапливается в надземных органах *B. scorzonerifolium* в фазу цветения – 1.54±0.05%; наибольшее содержание этой группы соединений отмечается в цветках – 1.70±0.06%; больше всего накапливают эту группу соединений образцы, собранные в Усть-Ордынском Бурятском округе (1.96±0.06%). Надземные органы *B. scorzonerifolium* могут быть использованы в качестве источника тритерпеновых соединений, наибольшее содержание которых отмечается в фазу цветения. Исследование тритерпеновых соединений в надземных органах *B. scorzonerifolium* проведено впервые.

Ключевые слова: *Vupleurum scorzonerifolium* Willd., тритерпеновые соединения, сайкосапонины, ВЭЖХ, спектрофотометрия.

Введение

Растения рода *Vupleurum* L. – володушка накапливают тритерпеновые соединения, производные α - и β -амирина. В настоящее время более 120 гликозилированных сапонинов олеананового (производные α -амирина) и урсанового (производные β -амирина) типа выделены из видов рода *Vupleurum* [1].

Петухова Светлана Андреевна – ассистент кафедры фармакогнозии и фармацевтической технологии,
e-mail: lanapetukhova@gmail.com

Оленников Даниил Николаевич – доктор фармацевтических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории медико-биологических исследований,
e-mail: olennikovdn@mail.ru

Минович Вера Михайловна – доктор фармацевтических наук, заведующий кафедрой фармакогнозии и фармацевтической технологии,
e-mail: mirko02@yandex.ru

Тритерпеновые гликозиды олеананового типа растений рода *Vupleurum* получили название сайкосапонин и буплеврозидов. Латинское название рода *Vupleurum* в переводе с японского языка – «сайко» [2]. Также в зависимости от латинского названия вида некоторыми авторами даны названия тритерпеновым соединениям *B. scorzonerifolium* Willd. – скорзонерозиды [3].

* Автор, с которым следует вести переписку.

В растениях рода *Bupleurum* количественное содержание суммы сайкосапонинов может варьировать от 1 до 7%. Так, в растении *Bupleurum polyclonum* Yin Li & S.L.Pan. содержание сайкосапонинов составляет 7.44% [2]. Pan S. L. с соавторами методом ВЭЖХ провели идентификацию и дали оценку количественному содержанию сайкосапонинов в 23 видах рода *Bupleurum*, произрастающих в Китае [4, 5]. В корнях *B. scorzonifolium* флоры Китая установлено содержание скозонерозидов А, В и С. Фармакологические исследования показали их гепатопротекторную активность [3, 6–8].

Подземные органы *B. scorzonifolium* флоры Монголии и Бурятии исследовались на содержание сайкосапонинов методом ВЭЖХ-УФ. В образцах сырья из Монголии содержание сайкосапонинов А составляло 0.41%, а сайкосапонинов D – 0.45%. Корни *B. scorzonifolium* этих соединений содержали в меньших количествах (соответственно 0.30%; 0.08%) [9].

Фармакологические исследования, проведенные китайскими и японскими учеными, показали, что тритерпеновые соединения растений рода *Bupleurum* проявляют различную физиологическую активность [10–14]. Гепатопротекторное действие растений рода *Bupleurum* обусловлено содержанием тритерпеновых и фенольных соединений [15]. Сайкосапонин А, выделенный из *B. falcatum* L., в эксперименте купировал приступы бронхиальной астмы аллергического происхождения [16]. Сумма сайкосапонинов из *B. chinense* DC показала противовирусное действие, при этом наблюдалось ингибирование репликации ДНК вируса гепатита В (HBV) [17]. Экстракт из *B. chinense* в эксперименте показал зависимость от дозы цитостатические эффекты на клетки HO-8910 [18].

Китайскими и японскими учеными проводилось исследование тритерпеновых соединений подземных органов *B. scorzonifolium* [8, 12]. Надземные органы этого растения на содержание данной группы соединений не исследовались.

Цель работы – провести исследование состава тритерпеновых соединений надземных органов *B. scorzonifolium* Willd., произрастающей в Прибайкалье.

Экспериментальная часть

Растительное сырье. Для исследования надземные органы *B. scorzonifolium* заготавливали в Иркутской области: в окрестностях с. Смоленщина Иркутского района (52°14'57" с. ш. 104°07'41" в. д.), с. Ординск Усть-Ордынского Бурятского округа (52°52'56" с. ш. 104°57'17" в. д.), п. Мишелевка Усольского района (52°52' с. ш. 103°11' в. д.). Для изучения динамики накопления суммы тритерпеновых соединений в надземных органах *B. scorzonifolium* сырье заготавливали в фазы: вегетации (июнь 2017 г.), цветения (июль 2017 г.), начала плодоношения (первая половина августа 2017 г.), плодоношения (вторая половина августа 2017 г.). Собранное сырье подвергали воздушно-теновой сушке. Влажность воздушно-сухого сырья не превышала 11.6%. Принадлежность образцов сырья к виду *B. scorzonifolium* установлена к.б.н., доцентом кафедры фармакогнозии и фармацевтической технологии ИГМУ (Иркутск) Г.И. Бочаровой. Гербарные образцы хранятся на кафедре фармакогнозии и фармацевтической технологии ИГМУ.

Получение извлечения для исследования состава тритерпеновых соединений. Измельченное растительное сырье с размером частиц 1 мм, массой 0.5000 г экстрагировали 70% спиртом этиловым объемом 20 мл. Экстракция проводилась при температуре около 100 °С на водяной бане с применением обратного водяного холодильника. Далее полученное извлечение фильтровали через бумажный фильтр, сырье промывали дважды 70% спиртом этиловым порциями по 10 мл и количественно переносили в мерную колбу вместимостью 50 мл. Объем колбы доводили до метки 70% спиртом этиловым.

Общие экспериментальные условия. Качественный состав тритерпеновых соединений в надземных органах *B. scorzonifolium* изучали методом жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим и диодно-матричным детектированием (УВЭЖХ-ДМД-ИЭР-МС). Количественное содержание суммы тритерпеновых соединений определяли спектрофотометрическим методом на приборе LEKI SS 1207UV (Финляндия) [19].

УВЭЖХ-ДМД-ИЭР-МС. Анализ проводился на жидкостном хроматографе LCMS-8050 («Shimadzu Corporation», USA) с диодно-матричным детектором и 3Q детектором с ионизацией электрораспылением. Разделение вели на колонке GLC Mastro C18 (150×2.1 мм, Ø 3 мкм; Japan), которую промывали элюентом 1 – водой, элюентом 2 – ацетонитрилом при программе градиента: 0–9 мин 18–23% В, 9–21 мин 22% В, 20–30 мин 23–45% В, 29–34 мин 40–16% В. Объем анализируемой пробы составлял 1 мкл, скорость потока – 200 мкл/мин, температура колонки была 30 °С; диапазон сканирования проводился при длинах волн 200–400 нм. Условия ИЭР-МС в режиме ионизации (электрораспыление) в диапазоне сканирования масс (m/z) 100–

1900. Скорость подачи газов: газа-распылителя (азот) – 3 л/мин; газа-нагревателя (воздух) – 10 л/мин. Давление аргона, используемого для диссоциации, индуцируемой соударением – 270 кПа, скорость – 0.3 мл/мин. Температурный режим: интерфейс ИЭР – 300 °С; линия десольватации – 250 °С; нагревательный блок – 400 °С. В работе использованы коммерческие образцы веществ сравнения, в том числе сайкосапонин А (>98%, No CFN99987), сайкосапонин В₂ (>98%, No CFN99126), сайкосапонин С (>98%, No CFN99988), сайкосапонин D (>98%, No CFN99989) и сайкосапонин F (>98%, No CFN90635; Wuhan ChemFaces Biochemical Co., Ltd., Wuhan, Hubei, PRC).

Методика спектрофотометрического количественного определения суммы тритерпеновых соединений. Навеску сырья массой 1.0000 г (размер частиц 1 мм) экстрагировали 70% спиртом этиловым в объеме 50 мл при нагревании на водяной бане. Далее спирт этиловый отгоняли на роторном испарителе до отсутствия запаха. Водный остаток очищали хлороформом трехкратно по 10 мл. Затем проводили кислотный гидролиз тритерпеновых гликозидов в жестких условиях. Для этого к водному извлечению добавляли 12 мл уксусной кислоты ледяной и 3 мл серной кислоты концентрированной. Гидролиз проводился в течение 1 ч при температуре 100 °С. Образовавшиеся агликоны тритерпеновых соединений экстрагировали из реакционной смеси хлороформом трижды порциями по 10 мл. Объединенное хлороформное извлечение в делительной воронке обрабатывали водой очищенной для удаления кислот (до нейтральной реакции промывных вод). Хлороформное извлечение обезвоживали натрия сульфатом, помещенного на бумажный фильтр. Фильтрат собирали в мерную колбу вместимостью 50 мл и доводили до метки хлороформом. Далее 0.4 мл обезвоженного хлороформного извлечения помещали в мерные пробирки вместимостью 5 мл, хлороформ удаляли до сухого остатка при температуре 100 °С. Сухой остаток растворяли в 5 мл серной кислоты концентрированной. Реакцию деструкции проводили в течение 1 часа при 70 °С.

Измерение оптической плотности проводили на спектрофотометре при длине волны 315 нм, раствором сравнения служила серная кислота концентрированная.

Расчет процентного содержания суммы тритерпеновых соединений проводили в пересчете на олеаноловую кислоту по формуле

$$X = \frac{A \cdot V_1 \cdot V_3}{\varepsilon \cdot m \cdot V_2} \cdot \frac{100}{(100 - W)} = \frac{A \cdot 625}{\varepsilon \cdot m} \cdot \frac{100}{(100 - W)},$$

где m – масса сырья, г; V_1 – объем извлечения, равный 50 мл; V_2 – объем извлечения, взятый для разведения, равный 0.4 мл; V_3 – объем разведения, равный 5 мл; ε – удельный показатель поглощения олеаноловой кислоты, равный 311; A – значение оптической плотности.

Анализ проводили в 6 повторностях, результаты статистически обрабатывали по методике ОФС 1.1.0013.15 «Статистическая обработка результатов химического эксперимента».

Обсуждение результатов

*Идентификация тритерпеновых соединений надземных органов *B. scorzonerifolium*.* В спиртовом извлечении из надземных органов *B. scorzonerifolium* методом УВЭЖХ-ДМД-ИЭР-МС установлено содержание 5 тритерпеновых соединений. Идентификация проведена по УФ- и МС-спектрам, полученным при ионизации электрораспылением, в сравнении с коммерческими образцами веществ сравнения (рис. 1, табл. 1) [20].

Все выделенные соединения относятся к производным олеанана, и по наличию дополнительных структур являются производными олеан-12-ен-16,28-диола (соединение 1), 13 β ,28-эпоксиолеан-11-ен-16-ола (соединения 2, 3, 5), олеан-11,13(18)-диен-28-ола (соединение 4) (табл. 2).

Ранее Ishii Н. и соавторами из подземных органов *B. falcatum* были выделены сайкосапонины А, В₁, В₂, В₃, В₄, С, D, E, F, структура которых установлена по данным ЯМР-спектроскопии [21]. Liang Z. с соавторами методом УВЭЖХ-МС на хроматограмме извлечения из корней *B. marginatum* обнаружено 93 пика, из которых идентифицировано 64 [22]. Интерпретация полученных нами данных методом УВЭЖХ-ИЭР-МС в режиме мониторинга выделенных ионов (МВИ, SIM; отрицательная ионизация) и сравнение их с хроматографическими, спектральными параметрами и данным масс-спектров коммерческих образцов позволили идентифицировать тритерпеновые соединения надземных органов *B. scorzonerifolium*. В таблице 2 приведена характеристика идентифицированных тритерпеновых соединений. Для данных соединений характерно гликозидирование по положению С-3 ди- или трисахарами [21, 22].

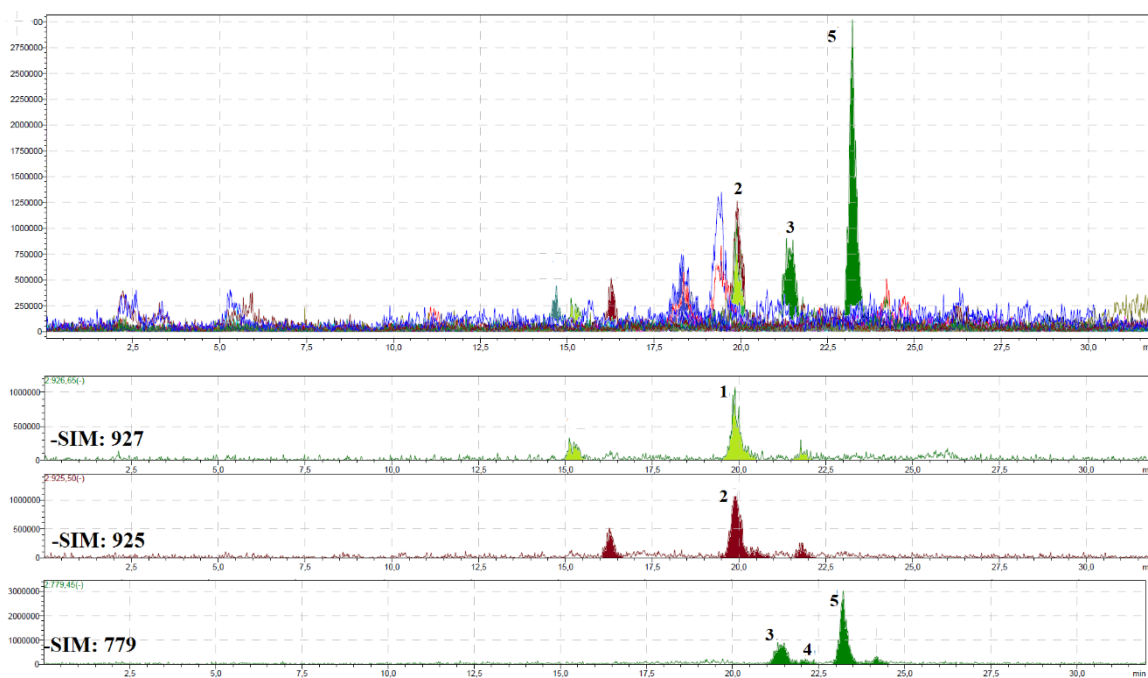
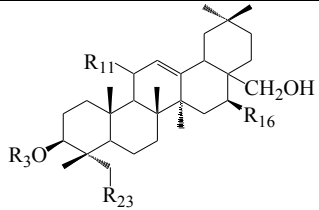
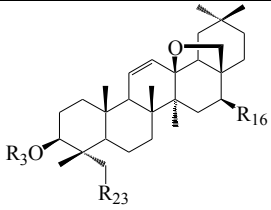
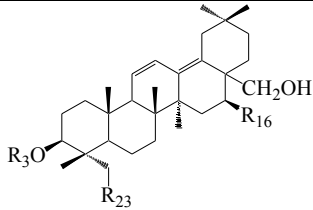


Рис. 1. Хроматограмма (УВЭЖХ-ИЭР-МС) спиртового извлечения из надземных органов *B. scorzoniferolium* (период цветения). Числами обозначено положение соединений, указанных в таблице 1.

Таблица 1. Хроматографические и спектральные параметры тритерпеновых соединений, идентифицированных в надземных органах *B. scorzoniferolium*

№	Соединение	tr, мин	λ_{max} , нм	(-)ESI-МС, m/z
1	Сайкосапонин F (1)	19.88	205	927 [M-H] ⁻ , 781 [M-Рамноза] ⁻ , 765 [M-Глюкоза] ⁻ , 619 [M-Глюкоза-Рамноза] ⁻ , 457 [M-2×Глюкоза-Рамноза] ⁻
2	Сайкосапонин С (2)	19.94	205	925 [M-H] ⁻ , 779 [M-Рамноза] ⁻ , 763 [M-Глюкоза] ⁻ , 617 [M-Глюкоза-Рамноза] ⁻ , 455 [M-2×Глюкоза-Рамноза] ⁻
3	Сайкосапонин А (3)	21.43	205	779 [M-H] ⁻ , 617 [M-Глюкоза] ⁻ , 599 [M-Глюкоза-H ₂ O] ⁻ , 471 [M-Глюкоза-Фукоза] ⁻
4	Сайкосапонин В ₂ (4)	21.52	205	779 [M-H] ⁻ , 617 [M-Глюкоза] ⁻ , 471 [M-Глюкоза-Фукоза] ⁻
5	Сайкосапонин D (5)	23.28	205	779 [M-H] ⁻ , 617 [M-Глюкоза] ⁻ , 599 [M-Глюкоза-H ₂ O] ⁻ , 471 [M-Глюкоза-Фукоза] ⁻

Таблица 2. Характеристика тритерпеновых соединений *B. scorzoniferolium*

Производные олеан-12-ен-16,28-диола	Производные 13 β ,28-эпксиолеан-11-ен-16-ола	Производные олеан-11,13(18)-диен-28-ола
 <p>Сайкосапонин F (1): R₃=(4'-α-L-рамноза-6'-β-D-глюкоза)-β-D-глюкоза; R₁₆=β-OH; R₁₁=R₂₃=H</p>	 <p>Сайкосапонин С (2): R₃=(4'-α-L-рамноза-6'-β-D-глюкоза)-β-D-глюкоза; R₁₆=β-OH; R₂₃=H</p> <p>Сайкосапонин А (3): R₃=(3'-β-D-глюкоза)-β-D-фукоза; R₁₆=β-OH; R₂₃=OH</p> <p>Сайкосапонин D (5): R₃=(3'-β-D-глюкоза)-β-D-фукоза; R₁₆=α-OH; R₂₃=OH</p>	 <p>Сайкосапонин В₂ (4): R₃=(3'-β-D-глюкоза)-β-D-фукоза; R₁₆=α-OH; R₂₃=OH</p>

По данным S.L. Pan с соавторами сайкосапонины А, С и D проявляют противовоспалительную, гепатопротекторную и противовирусную активность (в ряду сайкосапонин D > сайкосапонин А > сайкосапонин С) [2].

Содержание тритерпеновых соединений в B. scorzoniferolium. Количественное содержание тритерпеновых соединений определяли спектрофотометрическим методом. Для перевода гликозидов тритерпеновых соединений в агликоны использовали кислотный гидролиз.

При исследовании электронного спектра продуктов деструкции агликонов тритерпеновых соединений *B. scorzoniferolium* в присутствии концентрированной серной кислоты обнаруживается максимум поглощения при 315 нм (рис. 2), который совпадает с областью поглощения олеаноловой кислоты в аналогичных условиях, поэтому расчет процентного содержания суммы тритерпеновых соединений проводили в пересчете на олеаноловую кислоту.

Исследование органспецифического распределения тритерпеновых соединений в надземной части *B. scorzoniferolium* проводилось на образцах сырья, собранных в фазу цветения. Установлено, что больше всего тритерпеновых соединений накапливается в цветках – $1.70 \pm 0.06\%$. В листьях суммы тритерпеновых соединений содержалось $1.51 \pm 0.06\%$, в стеблях – $0.96 \pm 0.03\%$ (рис. 3).

Количественное содержание тритерпеновых соединений в фазу вегетации составляет $1.01 \pm 0.03\%$, максимальное значение отмечается в фазу цветения $1.54 \pm 0.05\%$. В фазу начала плодоношения начинается снижение содержания тритерпеновых соединений на 13.6%, а в период плодоношения их содержание понижается на 30.5% (рис. 4).

Анализ образцов сырья из разных районов Иркутской области показал, что содержание суммы тритерпеновых соединений в надземной части *B. scorzoniferolium* колеблется в пределах от $1.39 \pm 0.05\%$ до $1.96 \pm 0.06\%$ (рис. 5).

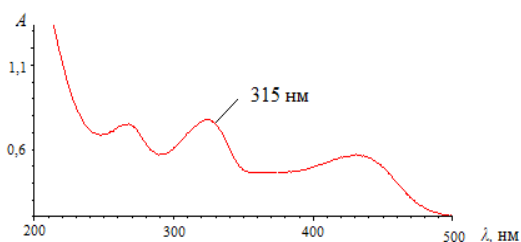


Рис. 2. Электронный спектр продуктов деструкции агликонов тритерпеновых соединений *B. scorzoniferolium* в присутствии концентрированной серной кислоты

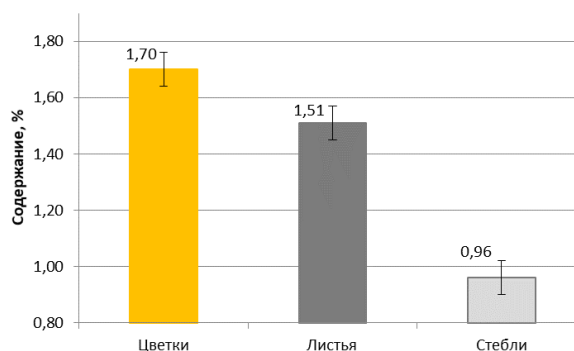


Рис. 3. Содержание суммы тритерпеновых соединений в *B. scorzoniferolium* в период цветения в цветках, листьях и стеблях (место сбора окр. с. Смоленщина, Иркутского р-на, Иркутской обл.)

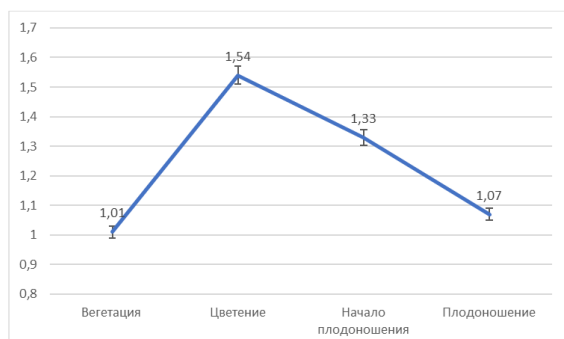


Рис. 4. Влияние фазы вегетации на содержание суммы тритерпеновых соединений в надземной части *B. scorzoniferolium* в период цветения (место сбора окр. с. Смоленщина, Иркутского р-на, Иркутской обл.)

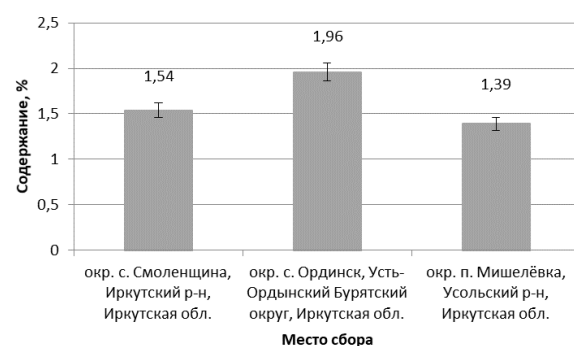


Рис. 5. Содержание суммы тритерпеновых соединений в надземной части *B. scorzoniferolium* в зависимости от места сбора

Выводы

1. Изучение состава тритерпеновых соединений в надземной части *B. scorzonerifolium* флоры Прибайкалья проведено впервые. Идентифицированы сайкосапонины А, В₂, С, D, F.
2. Распределение тритерпеновых соединений по органам растения в надземной части *B. scorzonerifolium* неравномерное. Наибольшее количество тритерпеновых соединений накапливают цветки и листья.
3. Количественное содержание суммы тритерпеновых соединений в надземной части *B. scorzonerifolium* достигает наибольшего значения в период цветения, к периоду плодоношения содержание суммы тритерпеновых соединений понижается на 30%.

Список литературы

1. Ashour M.L., Wink M. Genus *Bupleurum*: a review of its phytochemistry, pharmacology and modes of action // Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2011. Vol. 63. Pp. 305–321. DOI: 10.1111/j.2042-7158.2010.01170.x
2. Pan S.L. *Bupleurum* species: Scientific Evaluation and Clinical Applications. CRC, 2006. 272 p. DOI: 10.1201/9781420009071.
3. Yoshikawa M., Murakami T., Hirano K. Scorzonerosides A, B and C, novel triterpene oligoglycosides with hepatoprotective effect from Chinese Bupleuri radix, the roots of *Bupleurum scorzonerifolium* Willd. // Tetrahedron Letters. 1997. Vol. 38 (42). Pp. 7395–7398.
4. Huang H.Q. Characterization and identification of saikosaponins in crude extracts from three *Bupleurum* species using LC-ESI-MS // J. Sep. Sci. 2008. Vol. 31. Pp. 3190–3201. DOI: 10.1002/jssc.200800120.
5. Pan S.L., Wang Z.H., Hong X.K., Lin D.H. Determination on saikosaponin-a, -c and -d by HPLC in *Bupleurums* from different districts of China // J. Jpn. Med. Bot. 2000. Vol. 23. Pp. 40–44.
6. Chiang L.C. Cytotoxicity and anti-hepatitis B virus activities of saikosaponins from *Bupleurum* species // Planta Med. 2003. Vol. 69. Pp. 705–709. DOI: 10.1055/s-2003-42797.
7. Abe H. Pharmacological actions of saikosaponins isolated from *Bupleurum falcatum*. Effects of saikosaponins on liver function // Planta Med. 1980. Vol. 40. Pp. 366–372.
8. Tan L., Zhao Y.Y., Wang B., Zhang R.Y. Saikosaponins from roots of *Bupleurum scorzonerifolium* // Phitochemistry. 1999. Vol. 50. Pp. 139–142.
9. Тыхеев Ж.А., Тараскин В.В., Дыленова Е.П. Особенности накопления сайкосапонинов в корнях *Bupleurum scorzonerifolium* Willd. флоры Центральной Азии // Экологобезопасные и ресурсосберегающие технологии и материалы. Улан-Удэ, 2017. С. 284–286.
10. Yamamoto M. Structure and actions of saikosaponins isolated from *Bupleurum falcatum* L. I. Anti-inflammatory action of saikosaponins // Arzneimittelforschung. 1975. Vol. 25. Pp. 1021–1023.
11. Cui L.H. Saikosaponin d ameliorates pancreatic fibrosis by inhibiting autophagy of pancreatic stellate cells via PI3K/Akt/mTOR pathway // Chemico-biological interactions. 2019. Vol. 300. Pp. 18–26. DOI: 10.1016/j.cbi.2019.01.005.
12. Feng Y. A new triterpene diglycoside from the roots of *Bupleurum chinense* DC. and its inhibitory effect on adipogenesis in 3T3-L1 cells // Medicinal Chemistry Research. 2019. Pp. 1–7.
13. Sun P. Pharmacological Effects and Chemical Constituents of *Bupleurum* // Mini reviews in medicinal chemistry. 2019. Vol. 19. N1. Pp. 34–55. DOI: 10.2174/1871520618666180628155931.
14. Wang Y.L., He S.X., Luo, J.Y. Progress in research on antitumor activity of saikosaponin and its mechanism // J. Integrat. Med. 2006. Vol. 4(1). Pp. 98–100.
15. Pistelli L., Cammilli A., Manunta A., Marsili A. Triterpenoid saponins and flavonoid glycosides from *Bupleurum falcatum* subsp. *Cernuum* // Phytochemistry. 1993. Vol. 33. Pp. 1537–1539.
16. Park K.H. Effect of saikosaponin-A, a triterpenoid glycoside, isolated from *Bupleurum falcatum* on experimental allergic asthma // Phytother Res. 2002. Vol. 16. Pp. 359–363. DOI: 10.1002/ptr.903.
17. Chang J.S. Sho-saiko-to (Xiao-Chai-Hu-Tang) and crude saikosaponins inhibit hepatitis B virus in a stable HBV-producing cell line // Am. J. Chin. Med. 2007. Vol. 35. Pp. 341–351.
18. Gu L.Y. Antioxidant, anticancer and apoptotic effects of the *Bupleurum chinense* root extract in HO-8910 ovarian cancer cells // J. BUON. 2015. Vol. 20. N5. Pp. 1341–1349.
19. Муравьев И.А., Шатило В.В., Семенченко В.Ф. Спектрометрический метод количественного определения урсоловой кислоты // Химия природных соединений. 1972. №6. С. 738–740.
20. Петухова С.А. Фармакогностическое исследование володушки козелецелистной (*Bupleurum scorzonerifolium* Willd.) и разработка на ее основе экстракта сухого: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Улан-Удэ, 2018. 24 с.
21. Ishii H. et al. Isolation, characterization, and nuclear magnetic resonance spectra of new saponins from the roots of *Bupleurum falcatum* L // Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 1980. Vol. 28. N8. Pp. 2367–2373. DOI: 10.1248/cpb.28.2367.

22. Liang Z. et al. Chemical profiling and histochemical analysis of *Bupleurum marginatum* roots from different growing areas of Hubei province // *Acta Pharmaceutica Sinica* В. 2013. Vol. 3. N3. Pp. 193–204. DOI: 10.1016/j.apsb.2013.04.002.

Поступила в редакцию 22 марта 2019 г.

После переработки 20 августа 2019 г.

Принята к публикации 25 августа 2019 г.

Для цитирования: Петухова С.А., Оленников Д.Н., Минович В.М. Тритерпеновые соединения надземных органов володушки козелецелистной (*Bupleurum scorzonerifolium* Willd.) флоры Прибайкалья // *Химия растительного сырья*. 2019. №4. С. 215–222. DOI: 10.14258/jcprm.2019045354.

Petukhova S.A.^{1*}, *Olennikov D.N.*², *Mirovich V.M.*¹ TRITERPENE COMPOUNDS OF THE ABOVE GROUND ORGANS OF THE *BUPLEURUM SCORZONERIFOLIUM* WILLD. OF THE BAIKAL REGION FLORA

¹ Irkutsk State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, ul. Krasnogo Vosstaniya, 1, Irkutsk, 664003 (Russia), e-mail: lanapetukhova@gmail.com

² Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch, Russian Academy of Science, ul. Sakh'yanovoy, 6, Ulan-Ude, 670047 (Russia)

Representatives of the genus *Bupleurum* L. in the composition of biologically active substances accumulate triterpene compounds (derivatives of α -amyirin and β -amyirin). Triterpene glycosides isolated from plants of the genus *Bupleurum* are called saikosaponinov, buplevrozidy, skorzonerozidy. Plants of the genus *Bupleurum* in the underground organs accumulate triterpene compounds in an amount of from 1 to 7%. Triterpene compounds of plants of the genus *Bupleurum* possess a hepatoprotective, antiviral, cytostatic effect. We have studied the triterpene compounds of the aerial organs of *Bupleurum scorzonerifolium* Willd. The material for the study was collected on the territory of the Irkutsk region (Russia). Isolation of triterpene compounds was performed with 70% ethyl alcohol. The compounds were identified by liquid chromatography with mass spectrometry and diode-matrix detection (UPLC-DAD-ESI-MS/MS). According to the results of the analysis, the content of 5 triterpene compounds was established: saikosaponinov A, B₂, C, D, F. The isolated compounds are structurally derived from oleanan, in which glycosidation is observed at the C-3 position with α -L-rhinose, β -D-glucose and β -D-fucose. The spectrophotometric method determined the quantitative content of the amount of triterpene compounds in the above-ground organs of *B. scorzonerifolium* at different phases of the vegetation of the plant, by organs (in flowers, leaves, stalks), and also depending on the place of growth. It has been established that the maximum amount of the amount of triterpene compounds accumulates in the aboveground organs of *B. scorzonerifolium* during the flowering phase – 1.54±0.05%; the highest content of this group of compounds is noted in flowers – 1.70±0.06%; most of all, this group of compounds is collected by samples collected in the Ust-Horde Buryat District (1.96±0.06%). The aboveground organs of *B. scorzonerifolium* can be used as a source of triterpene compounds, the highest content of which is noted in the flowering phase. The study of triterpene compounds in the aboveground organs of *B. scorzonerifolium* was carried out for the first time.

Keywords: *Bupleurum scorzonerifolium* Willd., triterpene compounds, saikosaponins, HPLC, spectrophotometry.

* Corresponding author.

References

1. Ashour M.L., Wink M. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2011, vol. 63, pp. 305–321. DOI: 10.1111/j.2042-7158.2010.01170.x.
2. Pan S.L. *Bupleurum species: Scientific Evaluation and Clinical Applications*. CRC, 2006, 272 p. DOI: 10.1201/9781420009071.
3. Yoshikawa M., Murakami T., Hirano K. *Tetrahedron Letters*, 1997, vol. 38 (42), pp. 7395–7398.
4. Huang H.Q. *J. Sep. Sci.*, 2008, vol. 31, pp. 3190–3201. DOI: 10.1002/jssc.200800120.
5. Pan S.L., Wang Z.H., Hong X.K., Lin D.H. *J. Jpn. Med. Bot.*, 2000, vol. 23, pp. 40–44.
6. Chiang L.C. *Planta Med.*, 2003, vol. 69, pp. 705–709. DOI: 10.1055/s-2003-42797.
7. Abe H. *Planta Med.*, 1980, vol. 40, pp. 366–372.
8. Tan L., Zhao Y.Y., Wang B., Zhang R.Y. *Phytochemistry*, 1999, vol. 50, pp. 139–142.
9. Tykheyev Zh.A., Taraskin V.V., Dylenova Ye.P. *Ekologobezopasnyye i resursoberegayushchiye tekhnologii i materialy*. [Ecologically safe and resource-saving technologies and materials]. Ulan-Ude, 2017, pp. 284–286. (in Russ.).
10. Yamamoto M. *Arzneimittelforschung*, 1975, vol. 25, pp. 1021–1023.
11. Cui L.H. *Chemico-biological interactions*, 2019, vol. 300, pp. 18–26. DOI: 10.1016/j.cbi.2019.01.005.
12. Feng Y. *Medicinal Chemistry Research*, 2019, pp. 1–7.
13. Sun P. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 34–55. DOI: 10.2174/1871520618666180628155931.
14. Wang Y.L., He S.X., Luo, J.Y. *J. Integrat. Med.*, 2006, vol. 4(1), pp. 98–100.
15. Pistelli L., Cammilli A., Manunta A., Marsili A. *Phytochemistry*, 1993, vol. 33, pp. 1537–1539.
16. Park K.H. *Phytother Res.*, 2002, vol. 16, pp. 359–363. DOI: 10.1002/ptr.903.
17. Chang J.S. *Am. J. Chin. Med.*, 2007, vol. 35, pp. 341–351.
18. Gu L.Y. *J. BUON.*, 2015, vol. 20, no. 5, pp. 1341–1349.
19. Murav'yev I.A., Shatilo V.V., Semenchenko V.F. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 1972, no. 6, pp. 738–740. (in Russ.).
20. Petukhova S.A. *Farmakognosticheskoye issledovaniye volodushki kozeletselistnoy (Bupleurum scorzonerifolium Willd.) i razrabotka na yeye osnove ekstrakta sukhogo: avtoref. dis. ... kand. farm. nauk.* [Pharmacognostic study of goat-cellulose hairwort (*Bupleurum scorzonerifolium* Willd.) And development of dry extract based on it: abstract. dis. ... cand. farm. sciences]. Ulan-Ude, 2018, 24 p. (in Russ.).
21. Ishii H. et al. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 1980, vol. 28, no. 8, pp. 2367–2373. DOI: 10.1248/cpb.28.2367.
22. Liang Z. et al. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 2013, vol. 3, no. 3, pp. 193–204. DOI: 10.1016/j.apsb.2013.04.002.

Received March 22, 2019

Revised August 20, 2019

Accepted August 25, 2019

For citing: Petukhova S.A., Olennikov D.N., Mirovich V.M. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 4, pp. 215–222. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2019045354.