

УДК 615.322:582.682 Б

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ *EUPHORBIA FISCHERIANA* STEUD.

© А.М. Мартынов¹, Е.В. Чупарина^{2*}, Т.Д. Даргаева³

¹ Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования, мкр. Юбилейный, 100, Иркутск, 664049 (Россия)

² Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, ул. Фаворского, 1А, Иркутск, 664033 (Россия), e-mail: lchup@igc.irk.ru

³ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, ул. Грина, 7, Москва, 117216 (Россия)

Изучена природа фенольных соединений и установлен элементный состав подземных органов молочая Фишера *Euphorbia fischeriana* Steud, широко применяемого в народной медицине. До настоящего времени в литературных источниках данные для молочая Фишера по группе фенольных соединений были ограниченные, а по элементному составу полностью отсутствовали. Имелась более полная информация по другим природным соединениям (сапонинам, алкалоидам и смолистым веществам). Поэтому необходимо было дополнить состав *Euphorbia fischeriana* экспериментальными данными. С этой целью в корнях молочая методом высокоэффективной жидкостной хроматографии идентифицировали 9 соединений фенольной структуры: фенольные кислоты – кофейная, галловая, цикориевая, неохлорогеновая и феруловая, кумарин, а также флавоноиды: рутин, кверцетин и катехин. Среди фенольных кислот доминируют кофейная и галловая, а среди флавоноидов преобладает рутин. Методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) определено содержание элементов: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Zr, Ba и Pb. По результатам РФА установили, что элементный состав этого вида уникален. В образцах обнаружено значительное содержание кальция, калия, магния, фосфора и цинка, относящихся к жизненно важным элементам. Концентрации большинства микроэлементов низкие. Результаты исследования, несомненно, будут полезны при разработке новых лекарственных средств на основе молочая Фишера.

Ключевые слова: *Euphorbia fischeriana* Steud, фенольные соединения, макро- и микроэлементы, ВЭЖХ, рентгенофлуоресцентный анализ.

Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания по Проекту ИГХ СО РАН 0284-2021-0005. Аналитические результаты получены с использованием материально-технической базы ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» Института геохимии СО РАН.

Введение

Растения издавна служат сырьем для получения лекарственных средств, обладающих определенным спектром биологического действия [1]. Молочай Фишера *Euphorbia fischeriana* иногда называют молочай Палласа, в народной медицине Сибири носит название мужик-корень. Это многолетнее травянистое растение с довольно мощной корневой системой, имеющей форму ветвистого клубня. Вид распространен в Забайкалье, Монголии и Китае, обитает по каменистым склонам и в степях [2]. Молочай Фишера применяется народами Забайкалья в качестве тонизирующего, стимулирующего и слабительного средства, при заболе-

Мартынов Альберт Михайлович – доцент кафедры фармации, e-mail: martinov_irk@mail.ru

Чупарина Елена Владимировна – старший научный сотрудник лаборатории рентгеновских методов анализа, e-mail: lchup@igc.irk.ru

Даргаева Тамара Дарижаповна – главный научный сотрудник отдела химии природных соединений, e-mail: dvnslava@rambler.ru

ваниях бронхолегочной системы, злокачественных новообразованиях и других патологиях. Растение ядовито, поэтому рекомендуют использовать его с осторожностью [3, 4].

Довольно широкое применение молочая как лекарственного средства обусловлено богатством

* Автор, с которым следует вести переписку.

его химического состава. По литературным данным в подземных органах обнаружены различные группы природных соединений: алкалоиды, флавоноиды, дубильные и смолистые вещества, следы антраценпроизводных, аскорбиновая кислота [3, 5, 6]. Эксперименты Е.М. Кривошеевой с соавторами [5] показали выраженные антиоксидантные свойства *Euphorbia fischeriana*, вызванные действием сапонинов и целого комплекса вспомогательных антиоксидантов, таких как токоферолы, аскорбаты, антраценпроизводные. Сапонины проявляют себя как «ловушки» свободных радикалов [5]. На антиоксидантную активность оказывают влияние и другие группы биологически активных веществ [6]. Новые органические соединения терпенового ряда были выделены из *Euphorbia fischeriana* исследователями Du et al., 2020 [7]; их антипролиферативная активность была изучена. Таким образом, достаточно внимания уделялось изучению в молочае Фишера соединений терпеновой структуры, алкалоидам, сапонинам и ароматическим кетонам [5–8].

Другие виды рода молочая изучались более активно, как с позиций исследования органических соединений, так и элементного состава [9–15]. Так, в молочае волосистом *Euphorbia hirta* Linn. [10], используемом при лечении диабета, было выявлено наличие сапонинов, стиролов, терпенов, алкалоидов, полифенолов, в том числе флавоноидов. Определено их количественное содержание. Минеральный состав, как показали результаты атомно-абсорбционной спектрометрии, представлен солями Cr, Zn, K, Ca и Mg. Молочай смолистый *Euphorbia pithyusa* subsp. *cupanii* может незначительно накапливать в листьях медь, цинк и свинец [11], по сравнению с другими видами растений. Виды *Euphorbia hirta* L., *Euphorbia heterophylla* L. и *Euphorbia convolvuloides* Hochst. ex Benth. являются источниками биологически активных флавоноидных соединений, проявляющих антиоксидантную активность [13]. Суммарное содержание флавоноидов при этом изменялось в пределах 20–56 мг/г. В четырех видах рода *Euphorbia* (*E. potaninii*, *E. virgata*, *E. alpina*, *E. lutescens*) были обнаружены гликозиды кверцетина, кемпферола, а также глюкоза, галактоза, рамноза и глюкуроновая кислота [14]. Флавоноиды кверцетин, кемпферол, мирицетин и изорамнетин были количественно определены при изучении 19 видов рода молочая, в том числе молочая Фишера [15]. Однако шесть соединений флавоноидной структуры не были идентифицированы.

Обзор показал, что группа фенольных соединений в молочае Фишера остается малоизученной, а информация по содержанию макро- и микроэлементов полностью отсутствует. Это и послужило основанием для проведения исследований фенольного комплекса и элементного состава растительного объекта.

Цель работы – изучить природу фенольных соединений и определить элементный состав подземных органов молочая Фишера.

Экспериментальная часть

Объектом исследования служили подземные органы молочая Фишера, заготовленные в Забайкальском крае в начале августа в 2018–2019 гг. Корни освобождали от земли, удаляли отслаивающуюся пробку, разрезали на части, сушили в тени на открытом воздухе. Во время сушки куски корней периодически переворачивали, не допуская их заплесневения. Высушенное сырье измельчали в кофемолке и просеивали через сито с размером отверстий 0.18 мм.

Фенольные кислоты обнаруживали хроматографическим методом на бумаге в спиртовых извлечениях (40 и 70%), полученных из корней молочая Фишера с использованием в качестве растворителей 2 и 5% растворов уксусной кислоты. Детектирующими реагентами служили пары аммиака и 1%-ный спиртовой раствор хлорида железа [16]. Наличие флавоноидов в подземных органах исследуемого объекта устанавливали с помощью цианидиновой реакции.

Анализ состава фенольных соединений проводили методом ВЭЖХ на высокоэффективном жидкостном хроматографе фирмы «Breeze Waters» (США). Использовался насос W1525 с металлической колонкой размером 4.6×250 мм KROMASIL 100-5 C1 с размером частиц 5 микрон. Подвижной фазой служила система: ацетонитрил – вода – кислота фосфорная концентрированная в соотношении 20 : 80 : 0.05. Определение проводили при комнатной температуре со скоростью подачи элюента 0.5 мл/мин. Детектирование осуществлялось с помощью УФ-детектора W2487, при длине волны 254 нм. Продолжительность анализа составила 60 мин [17]. Перед экспериментом воздушно-сухое сырье измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями 1 мм. Навеску 5.0 г подготовленного сырья помещали в колбу вместимостью 250 мл, добавляли 50 мл 70% этилового спирта, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на водяной бане в течение 2 ч с момента закипания спиртоводной смеси. Полученное извлечение охлаждали,

фильтровали через бумажный складчатый фильтр в мерную колбу вместимостью 50 мл. Объем извлечения доводили до метки 70% спиртом этиловым и перемешивали. Далее исследуемый раствор фильтровали.

Параллельно готовили серию 0.05% растворов сравнения в 70% этиловом спирте: лютеолина, лютеолин-7-гликозида, гиперозида, геспередина, апигенина, апигенин-3-глюкозида, кемпферола, дигидрокверцетина, рутина, кверцетина; фенольных кислот: галловой, кофейной, хлорогеновой, изохлорогеновой, *o*-кумаровой, феруловой, цикориевой; кумаринов: умбеллиферона, дигидрокумарина, скополетина, эскулетина, кумарина, дикумарина; катехина, эпикатехина, эпигаллокатехин галлата. Исследуемый раствор и растворы сравнения вводили по 20 мкл в хроматограф, анализ проводили согласно условиям, приведенным выше.

Элементный состав корней молочая Палласа определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), который зарекомендовал себя, как надежный и экспрессный метод при анализе объектов природного происхождения [18], в том числе растений. При приготовлении растений к РФА большинство аналитиков исключают процедуры воздействия на пробу химическими реактивами или высокой температурой, пробоподготовка в этом случае считается неструктурной. При этом нежелательные процессы, такие как неполнота вскрытия и потери элементов, при извлечении отсутствуют, что обеспечивает удовлетворительную воспроизводимость определений. Образцы подвергаются лишь механической обработке, включающей измельчение исходного материала до порошка и последующее его прессование в форме таблетки, удобной для измерения в рентгеновском спектрометре.

В соответствии с разработанными методиками [19, 20] образцы растительного сырья измельчали в агатовой ступке. Из полученного порошкового материала брали навеску 0.5 г и прессовали таблетку-излучатель на подложке из борной кислоты. Точно таким же способом готовились стандартные образцы состава растений с аттестованным содержанием химических элементов. Стандартные образцы использовались для расчета концентраций элементов и контроля правильности определений.

Следуя опубликованным методикам [19, 20], для измерения были выбраны элементы: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Zr, Ba и Pb. Интенсивности аналитических линий регистрировали на рентгеновском спектрометре S4 Pioneer (Bruker, Германия). Градуировочная зависимость строилась с помощью стандартных образцов: 3171-85 зерен пшеницы, 3169-85 клубней картофеля, 8923-2007 листа березы, 8922-2007 луговой травосмеси, 8921-2007 элодеи канадской, а также польского образца INCT-MPH2 состава травосмеси.

Правильность методики контролировали, сопоставляя содержания элементов в стандарте 3170-85 злаковой травосмеси, полученные по методике РФА, и аттестованные значения, приведенные в паспорте для образца.

Результаты и обсуждение

Хроматографический анализ на бумаге спиртоводного извлечения, полученного из подземных органов молочая Фишера, позволил обнаружить 3 зоны адсорбции с голубой флуоресценцией в УФ-свете. При сравнении с достоверными образцами были идентифицированы галловая, кофейная и неохлорогеновая кислоты. Цианидиновой реакцией в исследуемом объекте обнаружены флавоноиды.

Методом ВЭЖХ в сырье идентифицированы кислоты: галловая, кофейная, цикориевая, неохлорогеновая, феруловая; кумарин, а также катехин, рутин и кверцетин. Методом внутренней нормализации установлено, что доминирующими среди группы фенольных кислот является галловая и кофейная, а из флавоноидов преобладает рутин (табл. 1).

Известно, что фенольные кислоты растений обладают широким спектром фармакологических свойств. Они проявляют способность снижать уровень сахара в крови и вызывают потенциальный антидиабетический эффект [21, 22]. Кофейная кислота является антиоксидантом, она противодействует окислительному стрессу и защищает клетки от повреждения свободными радикалами [23]. Кислота существенно сокращает риск образования тромбов и снижает содержание триглицеридов в крови, как у животных, так и у человека с атеросклерозом [22]. Галловая кислота применяется в качестве антиоксиданта и противоопухолевого средства, иногда для терапии сахарного диабета [24], также при различных внутренних кровотечениях и для ускорения заживления ран. Группы флавоноидных соединений рутин и кверцетин обладают Р-витаминными, антиоксидантными и другими свойствами [21].

Результаты оценки правильности определения элементов методом РФА даны в таблице 2.

Данные таблицы 2 показывают, что расхождения между содержаниями элементов, полученными по методике РФА, и аттестованными значениями находятся в интервалах погрешностей, что соответствует удовлетворительной правильности определений.

Таблица 3 представляет средние содержания элементов в воздушно-сухом материале молочая Фишера с погрешностями их определения и значения пределов обнаружения. В таблице 3 для сравнения даны содержания элементов в корнях некоторых видов наземной растительности [17, 25–28].

Таблица 1. Фенольные соединения молочая Фишера

№ образца	Время, мин	Концентрация в смеси, %	Название соединения
1	4.8	8.90	не идентифицир.
2	5.2	23.44	кофейная кислота
3	7.3	44.16	галловая кислота
4	7.9	0.59	цикориевая кислота
5	8.2	0.26	неохлорогеновая к-та
6	10.6	2.63	катехин
7	12.7	17.46	кумарин
8	14.5	0.46	феруловая кислота
9	28.5	1.28	рутин
10	43.3	0.81	кверцетин

Таблица 2. Сопоставление результатов РФА и аттестованных содержаний элементов в стандартном образце 3170-85 травосмеси

Элемент	Результат РФА, %	Аттестованное значение, %	Элемент	Результат РФА, мкг/г	Аттестованное значение, %
Na	0.112±0.007	0.108±0.004	Ti	8±4	10±2
Mg	0.32±0.02	0.33±0.01	Cr	<3	0.8±0.1
Al	0.013±0.005	0.015±0.001	Ni	<2	0.7±0.1
Si	0.18±0.04	0.16±0.01	Cu	3.5±1.3	2.3±0.1
P	0.352±0.012	0.344±0.002	Zn	33±6	34±1
S	0.31±0.05	0.29±0.04	Br	10±3	8±1
Cl	0.87±0.13	0.84±0.12	Rb	6.9±3	6.5±0.5
K	2.38±0.05	2.39±0.04	Sr	21±6	25±2
Ca	0.89±0.02	0.88±0.17	Zr	2±1	1.5±0.2
Mn	0.012±0.002	0.0108±0.0002	Ba	43±6	48±2
Fe	0.019±0.005	0.020±0.004	Pb	<3	1.3±0.2

Таблица 3. Элементный состав подземных органов молочая Фишера

Элемент	Содержание, %	ПО, %	*	Элемент	Содержание, мкг/г	ПО, мкг/г	*
Na	0.008±0.002	0.003	0.132–0.254	Ti	8±3	4	35–489
Mg	0.280±0.008	0.001	0.049–0.262	Cr	<3	3	<3–86
Al	0.010±0.002	0.002	0.038–1.094	Ni	2.1±0.8	2	5–12
Si	0.033±0.006	0.003	0.105–3.253	Cu	6±2	2	10–32
P	0.153±0.007	0.002	0.164–0.194	Zn	127±27	3	10–152
S	0.148±0.004	0.002	0.12–0.251	Br	<3	3	7
Cl	<0.030 ^a	0.010	0.038–0.349	Rb	7.5±2	3	10–41
K	0.997±0.012	0.002	0.79–1.29	Sr	141±20	5	30–398
Ca	1.037±0.020	0.001	0.31–3.6	Zr	2.1±0.7	1	<1–14
Mn	0.0045±0.0009	0.0005	0.007–0.017	Ba	73±10	4	37–215
Fe	0.0233±0.0021	0.0010	0.035–1.020	Pb	<3	3	<3–11

Примечание. ПО – предел обнаружения элемента; а – меньше предела определения; * – литературные данные [17, 25–28].

Как видно, методом рентгенофлуоресцентного анализа в изучаемом объекте установлено содержание 22 элементов. При этом корни молочая содержат химические элементы на относительно невысоких уровнях, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность растения. Так, по сравнению с данными для других растительных видов содержания большинства элементов в молочае в несколько раз ниже. Сравнительно высоки содержания магния, фосфора, калия, кальция и цинка, относящихся к жизненно важным элементам. Содержание элементов Na, Al, Si, Cl, Mn и Fe достаточно низкое, по сравнению с концентрациями элементов в корнях других растений. Среди микроэлементов в молочае преобладают Zn и Sr. Цинк особенно важен при терапии вирусных инфекций. Физиологическую роль стронция в организме связывают с предотвращением развития кариеса и остеопороза [29]. Однако избыток стронция вреден, поскольку он замещает кальций в структурных элементах костной ткани, вызывая дистрофические изменения [30]. Содержание остальных микроэлементов невысокое, близкое к пределам обнаружения РФА или, в случае Cr, Br и Pb, ниже

предельных значений. Полученные данные свидетельствуют, что растение избирательно накапливает элементы, корнями поглощается их небольшой ряд. Уникальность элементного состава корней молочая Фишера может быть связана с его физиологическими потребностями, выработанными генетически и эволюционно закрепленными.

Выводы

Изучен состав фенольных соединений, установлено содержание макро- и микроэлементов в подземных органах молочая Фишера. Исследуемое растительное сырье имеет целый комплекс биологически активных соединений, среди которых выявлены фенолкарбоновые и оксикоричные кислоты, кумарин, флавоноиды. Элементный состав корня молочая уникален. Большинство микроэлементов, обнаруженных в образце, незначительно превышают нижнюю границу определения методом рентгенофлуоресцентного анализа. Содержание жизненно важных элементов Mg, P, K, Ca и Zn достаточно высокие и близки к значениям, имеющимся в литературе для некоторых других видов. Таким образом, подземные органы молочая Фишера представляет интерес для углубленного исследования его фармакологических свойств с целью создания новых лекарственных препаратов поливалентного действия.

Список литературы

1. Niero R., Cechinel Filho V., Yunes R.A. Medicinal plants and phytomedicines // Natural products as source of molecules with therapeutic potential. Switzerland, 2018. Pp. 1–33.
2. Пименов М.Г., Власова Н.В., Зуев В.В., Пешкова Н.А., Байков К.С., Лях Е.М. Флора Сибири. Geraniaceae – Compositae. Новосибирск, 1996. Т. 10. 254 с.
3. Телятьев В.В. Целебные клады. Иркутск, 1991. С. 173–174.
4. Барнаулов О.Д., Гармаева З.В., Маничева О.А. и др. Фармакологические свойства препаратов из корней *Euphorbia fischeriana* Steud. // Растительные ресурсы. 1982. Т. 18. №3. С. 395–402.
5. Кривошеева Е.М., Фефелова Е.В., Кохан С.Т. Спектр фармакологической активности растительных адаптогенов // Фундаментальные исследования. 2011. №6. С. 85–87.
6. Дармаев П.Д., Мантатов В.В. Противовоспалительная активность настойки корней молочая Фишера // Экология, здоровье, спорт. Чита, 2004. С. 64–67.
7. Du K., Yang X., Li J., Meng D. Antiproliferative diterpenoids and acetophenone glycoside from the roots of *Euphorbia fischeriana* // Phytochemistry. 2020. Vol. 177. 112437. DOI: 10.1016/j.phytochem.2020.112437.
8. Barile E., Corea G., Lanzotti V. Diterpenes from *Euphorbia* as potential leads for drug design // Natural product communication. 2008. Vol. 3. N6. Pp. 1003–1020.
9. Xiong W., Cai M.Z., Wang H., Yu R.P., Cheng C.G. Analysis and comparison of trace elements of herba *Euphorbiae humifusae* in different periods by microwave digestion-Atomic Absorption Spectroscopy // Spectroscopy and spectral analysis. 2010. Vol. 30. N7. Pp. 1975–1978. DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2010)07-1975-04.
10. Fofie N.B.Y., Sanogo R., Coulibaly K., Kone-Bamba D. Minerals salt composition and secondary metabolites of *Euphorbia hirta* Linn., an antihyperglycemic plant // Pharmacognosy research. 2015. Vol. 7. N1. Pp. 7–13. DOI: 10.4103/0974-8490.147131.
11. Jimenez M.N., Bacchetta G., Casti M., Navarro F.B., Lallena A.M., Fernandez-Ondono E. Potential use in phytoremediation of three plant species growing on contaminated mine-tailing soils in Sardinia // Ecological engineering. 2011. Vol. 37. N2. Pp. 392–398. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2010.11.030.
12. Yener I., Temel H., Tokul-Olmez O., Firat M., Oral E.V., Akdeniz M., Senturk K., Kaplaner E., Ozturk M., Ertaş A. Trace element analysis by ICP-MS and chemometric approach in some *Euphorbia* species: Potential to become a bio-monitor // Iranian journal of pharmaceutical research. 2019. Vol. 18. N4. Pp. 1704–1724. DOI: 10.22037/ijpr.2019.1100875.
13. Mahomoodally M.F., Dall'Acqua S., Sinan K.I., Sut S., Ferrarese I., Etienne O.K., Sadeer N.B., Ak G., Zengin G. Phenolic compounds analysis of three *Euphorbia* species by LC-DAD-MSn and their biological properties // Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. 2020. Vol. 189. 113477. DOI: 10.1016/j.jpba.2020.113477.
14. Карпова Е.А. Флавоноиды некоторых видов рода *Euphorbia* L. в связи с их систематическим положением // Сибирский экологический журнал. 2007. №3. С. 485–493.
15. Карпова Е.А., Храмова Е.П. Хемосистематические аспекты состава и содержания флавоноидов некоторых видов рода *Euphorbia* L. // Turczaninowia. 2011. Т. 14. №3. С. 150–159.
16. Медведев Ю.В., Передеряев О.И., Арзамасцев А.П., Эллер К.И., Прокофьева В.И. Определение гидроксикоричных кислот в лекарственном растительном сырье и объектах растительного происхождения // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2010. №3. С. 25–31.
17. Мартынов А.М., Даргаева Т.Д., Чупарина Е.В. Исследование химического состава подземных органов фиалки Лангсдорфа // Сибирский медицинский журнал. 2010. Т. 97, №6. С. 218–219.
18. Ревенко А.Г. Рентгенофлуоресцентный анализ природных материалов. Новосибирск, 1994. 264 с.

19. Чупарина Е.В., Мартынов А.М. Применение неструктивного РФА для определения элементного состава лекарственных растений // Журнал аналитической химии. 2011. Т. 66. №4. С. 399–405. DOI: 10.1134/S106193481104006X.
20. Чупарина Е.В., Баханова М.В., Ширапова С.Д. Характеристика элементных составов плодов яблони ягодной в условиях произрастания на почвах республики Бурятия // Химия растительного сырья. 2019. №3. С. 185–195. DOI: 10.14258/jcrpm.2019031911.
21. Барабой В.А. Биологическое действие растительных фенольных соединений. Киев, 1976. 260 с.
22. Jung U.J., Lee M.K., Park Y.B., Jeon S.M., Choi M.S. Antihyperglycemic and antioxidant properties of caffeic acid in db/db mice // Journal of pharmacology and experimental therapeutics. 2006. Vol. 318. N2. Pp. 476–483. DOI: 10.1124/jpet.106.105163.
23. Лукашов Р.И., Моисеев Д.В., Столярова В.Н., Макаренко М.Н. Фармакологическая активность кофейной кислоты // Вестник фармации. 2012. Т. 3. №57. С. 61–65.
24. Zanwar A.A., Badole S.L., Shende P.S., Hegde M.V., Bodhankar S.L. Role of gallic acid in cardiovascular disorders // Polyphenols in human health and disease. Elsevier Inc., 2014. Pp. 1045–1047. DOI: 10.1016/B978-0-12-398456-2.00080-3.
25. Чупарина Е.В., Айсуева Т.С., Жапова О.И., Анцупова Т.П. Определение металлов Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb в лекарственных растениях методом рентгенофлуоресцентного анализа // Аналитика и контроль. 2008. Т. 12. №1–2. С. 2–10.
26. Бабыкина А.М., Анцупова Т.П., Чупарина Е.В., Айсуева Т.С. Элементный состав мака голостебельного (*Papaver nudicaule* L.) // Вестник Восточно-Сибирского государственного технологического университета. 2011. №2. С. 20–23.
27. Скуридин Г.М., Чанкина О.В., Легкодымов А.А., Креймер В.К., Багинская Н.В., Куценогий К.П. Микроэлементный состав тканей облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2013. Т. 77. №2. С. 229.
28. Тихомирова Л.И., Базарнова Н.Г., Халявин И.А. Элементный состав *Iris sibirica* L. в культуре *in vitro* // Химия растительного сырья. 2017. №2. С. 119–126. DOI: 10.14258/jcrpm.2017021517.
29. Degteva M.O., Kozheurov V.P. Age-dependent model for strontium retention in human bone // Radiation protection dosimetry. 1994. Vol. 53, issue 1-4. Pp. 229–234.
30. Yamamuro T. Kashin-Beck disease: a historical overview // International orthopaedics (SICOT). 2001. Vol. 25, issue 3. Pp. 134–137. DOI: 10.1007/s002640000178.

Поступила в редакцию 15 января 2021 г.

После переработки 24 ноября 2021 г.

Принята к публикации 30 ноября 2021 г.

Для цитирования: Мартынов А.М., Чупарина Е.В., Даргаева Т.Д. Исследование фенольных соединений и элементного состава подземных органов *Euphorbia fischeriana* Steud. // Химия растительного сырья. 2022. №1. С. 269–276. DOI: 10.14258/jcrpm.2022019135.

Martynov A.M.¹, Chuparina E.V.^{2*}, Dargaeva T.D.³ STUDY OF PHENOLIC COMPOUNDS AND MINERAL COMPOSITION OF UNDERGROUND ORGANS OF *EUPHORBIA FISCHERIANA* STEUD.

¹ Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, mkr. Yubileiny, 100, Irkutsk, 664049 (Russia)

² A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, 1A Favorovskiy st., Irkutsk, 664033 (Russia), e-mail: lchup@igc.irk.ru

³ All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, 7 Grina st., Moscow, 117216 (Russia)

The phenolic compounds and mineral composition were studied in underground organs of *Euphorbia fischeriana* Steud. This plant is widely used in folk medicine. No data about concentrations of macro and microelements in spurge euphorbia have been available. There is partial information concerning some organic compounds. Therefore, it was necessary to supplement its composition with experimental data. For this purpose, nine compounds of phenolic structure were identified in the roots by high-performance liquid chromatography: phenolic acids (caffeic, gallic, chicory, neochlorogenic and ferulic), coumarin, flavonoids (rutin, quercetin and catechin). Caffeic and gallic acids are predominating among phenolic acids, while rutin predominates in flavonoids. The contents of elements were determined by X-ray fluorescence, namely: Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Zr, Ba and Pb. The significant contents of vital elements, such as calcium, potassium, magnesium, phosphorus and zinc were revealed. The contents of most microelements are low. These studies are of interest for creating new herbal drugs of polyvalent action.

Keywords: *Euphorbia fischeriana* Steud., phenolic compounds, macro-and microelements, HPLC, X-ray fluorescence analysis.

References

1. Niero R., Cechinel Filho V., Yunes R.A. *Natural products as source of molecules with therapeutic potential*, Switzerland, 2018, pp. 1–33.
2. Pimenov M.G., Vlasova N.V., Zuyev V.V., Peshkova N.A., Baykov K.S., Lyakh Ye.M. *Flora Sibiri. Geraniaceae – Cornaceae*. [Flora of Siberia. Geraniaceae - Cornaceae]. Novosibirsk, 1996, vol. 10, 254 p. (in Russ.).
3. Telyat'yev V.V. *Tselebnyye klady*. [Healing treasures]. Irkutsk, 1991, pp. 173–174. (in Russ.).
4. Barnaulov O.D., Tarmayeva Z.V., Manicheva O.A. i dr. *Rastitel'nyye resursy*, 1982, vol. 18, no. 3, pp. 395–402. (in Russ.).
5. Krivosheyeva Ye.M., Fefelova Ye.V., Kokhan S.T. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2011, no. 6, pp. 85–87. (in Russ.).
6. Darmayev P.D., Mantatov V.V. *Ekologiya, zdorov'ye, sport*. [Ecology, health, sports]. Chita, 2004, pp. 64–67. (in Russ.).
7. Du K., Yang X., Li J., Meng D. *Phytochemistry*, 2020, vol. 177, 112437. DOI: 10.1016/j.phytochem.2020.112437.
8. Barile E., Corea G., Lanzotti V. *Natural product communication*, 2008, vol. 3, no. 6, pp. 1003–1020.
9. Xiong W., Cai M.Z., Wang H., Yu R.P., Cheng C.G. *Spectroscopy and spectral analysis*, 2010, vol. 30, no. 7, pp. 1975–1978. DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2010)07-1975-04.
10. Fofie N.B.Y., Sanogo R., Coulibaly K., Kone-Bamba D. *Pharmacognosy research*, 2015, vol. 7, no. 1, pp. 7–13. DOI: 10.4103/0974-8490.147131.
11. Jimenez M.N., Bacchetta G., Casti M., Navarro F.B., Lallena A.M., Fernandez-Ondono E. *Ecological engineering*, 2011, vol. 37, no. 2, pp. 392–398. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2010.11.030.
12. Yener I., Temel H., Tokul-Olmez O., Firat M., Oral E.V., Akdeniz M., Senturk K., Kaplaner E., Ozturk M., Ertaş A. *Iranian journal of pharmaceutical research*, 2019, vol. 18, no. 4, pp. 1704–1724. DOI: 10.22037/ijpr.2019.1100875.
13. Mahomoodally M.F., Dall'Acqua S., Sinan K.I., Sut S., Ferrarese I., Etienne O.K., Sadeer N.B., Ak G., Zengin G. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 2020, vol. 189, 113477. DOI: 10.1016/j.jpba.2020.113477.
14. Karpova Ye.A. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*, 2007, no. 3, pp. 485–493. (in Russ.).
15. Karpova E.A., Khramova E.P. *Turczaninowia*, 2011, vol. 14, no. 3, pp. 150–159. (in Russ.).
16. Medvedev Yu.V., Perederyayev O.I., Arzamastsev A.P., Eller K.I., Prokof'yeva V.I. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2010, no. 3, pp. 25–31. (in Russ.).
17. Martynov A.M., Dargaeva T.D., Chuparina E.V. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal*, 2010, vol. 97, no. 6, pp. 218–219. (in Russ.).
18. Revenko A.G. *Rentgenofluoresstentnyy analiz prirodnykh materialov*. [X-ray fluorescence analysis of natural materials]. Novosibirsk, 1994, 264 p. (in Russ.).
19. Chuparina E.V., Martynov A.M. *Zhurnal analiticheskoy khimii*, 2011, vol. 66, no. 4, pp. 399–405. DOI: 10.1134/S106193481104006X. (in Russ.).
20. Chuparina E.V., Bakhanova M.V., Shirapova S.D. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 3, pp. 185–195. DOI: 10.14258/jcprm.2019031911. (in Russ.).
21. Baraboy V.A. *Biologicheskoye deystviye rastitel'nykh fenol'nykh soyedineniy*. [Biological action of plant phenolic compounds]. Kiev, 1976, 260 p. (in Russ.).
22. Jung U.J., Lee M.K., Park Y.B., Jeon S.M., Choi M.S. *Journal of pharmacology and experimental therapeutics*, 2006, vol. 318, no. 2, pp. 476–483. DOI: 10.1124/jpet.106.105163.
23. Lukashov R.I., Moiseyev D.V., Stolyarova V.N., Makarenko M.N. *Vestnik farmatsii*, 2012, vol. 3, no. 57, pp. 61–65. (in Russ.).
24. Zanzwar A.A., Badole S.L., Shende P.S., Hegde M.V., Bodhankar S.L. *Polyphenols in human health and disease*. Elsevier Inc., 2014, pp. 1045–1047. DOI: 10.1016/B978-0-12-398456-2.00080-3.

* Corresponding author.

25. Chuparina E.V., Aisueva T.S., Zhapova O.I., Antsupova T.P. *Analitika i kontrol'*, 2008, vol. 12, no. 1–2, pp. 2–10. (in Russ.).
26. Babykina A.M., Antsupova T.P., Chuparina E.V., Aisueva T.S. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2011, no. 2, pp. 20–23. (in Russ.).
27. Skuridin G.M., Chankina O.V., Legkodymov A.A., Kreumer V.K., Baginskaya N.V., Kutsenogiy K.P. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya fizicheskaya*, 2013, vol. 77, no. 2, p. 229. (in Russ.).
28. Tikhomirova L.I., Bazarnova N.G., Khalyavin I.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 2, pp. 119–126. DOI: 10.14258/jcprm.2017021517.
29. Degteva M.O., Kozheurov V.P. *Radiation protection dosimetry*, 1994, vol. 53, issue 1-4, pp. 229–234.
30. Yamamuro T. *International orthopaedics (SICOT)*, 2001, vol. 25, issue 3, pp. 134–137. DOI: 10.1007/s002640000178.

Received January 15, 2021

Revised November 24, 2021

Accepted November 30, 2021

For citing: Martynov A.M., Chuparina Ye.V., Dargayeva T.D. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 1, pp. 269–276. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2022019135.