

УДК 547.978.8

ПРОФАЙЛИНГОВЫЙ СКРИНИНГ 55 ВИДОВ РОДА *EUPHORBIA* L. (EUPHORBACEAE) ДЛЯ ИХ ОЦЕНКИ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЛАГОВОЙ КИСЛОТЫ

© Н.В. Петрова^{1*}, А.Л. Шаварда^{1,2}, Н.А. Медведева¹, Д.В. Гельтман¹, Е.Р. Котлова¹, К.В. Сазанова¹, Р.К. Пузанский^{1,2}

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197022 (Россия), e-mail: NPetrova@binran.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034 (Россия)

На наличие эллаговой кислоты (ЭК) проанализированы метанольные экстракты из свежего растительного материала 55 видов, относящихся к 4 под родам и 16 секциям рода *Euphorbia* (Euphorbiaceae). ЭК определяли методом ГХ-МС в экстрактах образцов видов рода *Euphorbia*, произрастающих на территории России и Киргизии, а также интродуцированных в Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург). ЭК была обнаружена в экстрактах 17 видов из трех под родов. В под роде *Althymalus* Neck. Ex Rchb. ЭК выявлена у *E. hamata* (Haw.) Sweet (секция *Anthacanthae* Lem.), в под роде *Chamaesyce* Raf. – у *E. maculata* L. (секция *Anisophyllum* Roer.); в под роде *Esula* Pers. Соединение найдено у представителей секции *Esula* (Pers.) Dumort. (*E. virgata* Waldst. Et Kit.), *Helioscopia* Dumort. (*E. alpina* Ledeb., *E. aristata* Schmalh., *E. condylocarpa* M. Bieb., *E. lucorum* Rupr. ex Maxim., *E. palustris* L., *E. procera* M. Bieb., *E. semivillosa* (Prokh.) Kryl., *E. squamosa* Willd., *E. stricta* L.), *Holophyllum* (Prokh.) Prokh. (*E. griffithii* Hook. f., *E. komaroviana* Prokh., *E. rupestris* Ledeb.), *Paralias* Dumort. (*E. taurinensis* All.) и *Pithyusa* (Raf.) Lázaro (*E. glareosa* Pall. Ex M. Bieb.). У 38 исследованных видов ЭК отсутствовала, в том числе у всех изученных представителей под рода *Euphorbia*. У 10 видов (*E. alpina*, *E. glareosa*, *E. griffithii*, *E. hamata*, *E. lucorum*, *E. procera*, *E. rupestris*, *E. semivillosa*, *E. stricta* и *E. taurinensis*) ЭК обнаружена впервые. Наиболее высокое содержание ЭК отмечено для *E. hamata* (4100 ppm) и *E. squamosa* (4300 ppm).

Ключевые слова: род Молочай, метанольный экстракт, эллаговая кислота.

Работа выполнена в рамках плановой темы Ботанического института В.Л. Комарова РАН ААА-А19-119031290052-1 «Сосудистые растения Евразии: систематика, флора, растительные ресурсы».

Введение

Эллаговая кислота (ЭК) была открыта Генри Бракконом в 1831 г. и представляет собой низкомолекулярное фенольное соединение – дилактон гексагидроксибензойной кислоты (C₁₄H₆O₈) с высокой температурой плавления (>360 °C) (рис.). Среди продуктов вторичного метаболизма растений она продолжает привлекать внимание благодаря широкому спектру ее биологической активности [1–3].

Наличие в ЭК четырех гидроксильных групп и двух лактонов делает ее способной легко вступать в окислительно-восстановительные реакции [4]. Встречается как в свободном, так и в виде моно-, ди-, триметилловых эфиров и их гликозидов.

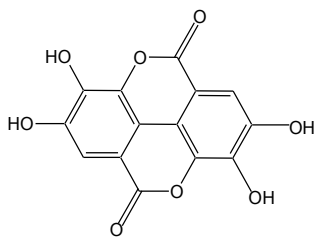
В связанном состоянии ЭК является компонентом дубильных веществ гидролизуемой группы, так называемых эллаготанинов. Многочисленные производные ЭК образуются в результате метилирования, гликозирования и метоксилирования ее гидроксильных групп, растворимость и реакционная способность этих веществ различна. Так, антиоксидантная активность производных ЭК прямо пропорциональна степени гидроксирования, и обратно пропорциональна присутствию углеводных составляющих [5].

Петрова Наталья Валериевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов, e-mail: NPetrova@binran.ru

Шаварда Алексей Леонидович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории аналитической фитохимии, e-mail: Shavarda@binran.ru

Окончание на С. 88.

* Автор, с которым следует вести переписку.



Эллаговая кислота

Предшественниками ЭК являются гексаоксидифеновая кислота, возникающая при ферментном окислении галлатов и некоторых родственных соединений; также свободная ЭК возникает при гидролизе хебулаговой кислоты и вследствие аэробного окисления хебулиновой кислоты [6]. В настоящее время разработаны методы получения ЭК и ее производных [7–10], а также установлено, что накопление ЭК зависит от множества факторов, например, наблюдается сезонное колебание содержания ЭК, связанное с температурным режимом и фотопериодизмом [11].

У ЭК выявлен широкий спектр лечебно-профилактических эффектов, причем большая часть работ посвящена ее антиканцерогенным свойствам [12–16]. ЭК вместе с другими эллаготанинами уменьшает раковые опухоли, а также тормозит распространение заражения клеток вирусом папилломы человека (HPV) [13]. Лечение ЭК индуцирует апоптоз и тормозит формирования опухолей в различных органах [17]. На модели неалкогольной жировой болезни печени (NAFLD) у крыс показано, что инсулинорезистентность, приводящая к нарушениям печеночной продукции глюкозы и обмену липидов в печени, нормализуется после введения им ЭК [18]. ЭК (в дозировке 50 мг/кг), вводимая орально крысам с STZ-индуцированным диабетом, приводит основные биохимические показатели к норме [19]. ЭК проявляет антиоксидантное [20], антибактериальное [21, 22], противовоспалительное [23], противоэпилептическое [24], антидепрессантное [25], кардиопротективное [26], гепатопротективное [27] и инсектицидное действие [28]. Более подробно фармакологические свойства эллаговой кислоты были рассмотрены и описаны в нескольких крупных обзорах последних лет [1–3].

Долгое время считалось, что ЭК не встречается у представителей класса однодольных, однако есть сведения об ее присутствии, например, в листьях зубровки южной (*Hierochloë australis* (Schrad.) Roem. et Schult.) [29], в надземной части сыти круглой (*Gyperus rotundus* L.) [30], а также у некоторых гибридов фаленописов (*Phalaenopsis* sp.) [31]. Также считалось, что ЭК отсутствует у растений отдела Pinophyta, но на данный момент найдена в коре и древесине сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и в мегастробилах можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) [32, 33]. Нет сведений о наличии ЭК в растениях отдела папоротникообразных (Polypodiophyta). В пределах класса двудольных ЭК найдена у видов не менее 80 семейств, в том числе у представителей Melastomataceae, Myrtaceae, Rosaceae, Onagraceae и др. [34].

Род молочай – *Euphorbia* L. является одним из крупнейших родов цветковых растений, виды которого распространены на большинстве континентов от тропиков до высоких широт, для них характерно огромное разнообразие жизненных форм. Для многих представителей рода молочай выявлена высокая биологическая активность, делающая их весьма перспективным объектом фармакологии. Виды рода *Euphorbia* чрезвычайно богаты составом вторичных метаболитов, включая терпеноиды, алкалоиды, фенольные и другие соединения [35]. В настоящее время деление рода на подроды и секции существенно пересмотрено на основании результатов молекулярно-филогенетических исследований [36–40].

До настоящего исследования ЭК была обнаружена у 36 видов, относящихся к 3 под родам рода *Euphorbia*; чаще всего она обнаруживалась у представителей секции *Anisophyllum* Roer. из подрода *Chamaesyce* Raf. и секции *Helioscopia* Dumort. из подрода *Esula* Pers. (табл. 1).

В данной работе предпринята попытка оценить отдельные дикорастущие виды рода *Euphorbia* флоры России, и образцы, имеющиеся в коллекциях Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, как потенциальные источники ЭК.

Медведева Нина Анатольевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов, e-mail: NMedvedeva@binran.ru
 Гельтман Дмитрий Викторович – доктор биологических наук, директор БИН РАН, e-mail: Geltman@binran.ru
 Котлова Екатерина Робертовна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории аналитической фитохимии, e-mail: EKotlova@binran.ru
 Сазанова Катерина Владимировна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории аналитической фитохимии, e-mail: KSazanova@binran.ru
 Пузанский Роман Константинович – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории аналитической фитохимии, e-mail: Puzansky@binran.ru

Материалы и методы

Объектом исследования служили листья или стебли 55 видов рода *Euphorbia*, собранных как в местах естественного произрастания на территории России (один образец был собран в Киргизии), так и в условиях интродукции в коллекциях открытого грунта и оранжереях Ботанического сада Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (БИН РАН, Санкт-Петербург). Места сбора представлены в таблице 2. Выбор видов определялся возможными маршрутами полевых исследований и наличием видов в коллекциях. Вместе с тем

при подборе видов мы старались исследовать представителей всех принятых в настоящее время подродов и ряда секций подрода *Esula* лучше всего представленного во флоре умеренных широт.

Таблица 1. Содержание эллаговой кислоты у видов рода *Euphorbia* L. (литературные данные)

Подрод, секция, вид	Часть растения	Содержание ЭК	Литературный источник
CHAMAESYCE Raf.			
I. Alectorroctonum (Schltdl.) Baill.			
1. <i>E. antisiphilitica</i> Zucc.	Надземная часть	2.18 мг/г ⁻¹	41, 42
2. <i>E. cotinifolia</i> L.	Листья	8 мг/кг	43
II. Anisophyllum Roep.			
3. <i>E. chamaesyce</i> L.	Надземная часть	+	44
4. <i>E. humifusa</i> Willd.	Надземная часть	+	45, 46
5. <i>E. hypericifolia</i> L. (<i>E. indica</i> Lam.)	Надземная часть	+	47
6. <i>E. maculata</i> L.	Надземная часть	+	48
7. <i>E. prostrata</i> Aiton.	Надземная часть	+	49
8. <i>E. supina</i> Raf. (= <i>E. maculata</i>)	Надземная часть	15.64 мг/г	50
9. <i>E. hirta</i> L.	Латекс	+	51
ESULA Pers.			
I. Chylogala (Fourr.) Prokh.			
10. <i>E. retusa</i> Forssk.	Надземная часть	+	52
II. Esula (Pers.) Dumort.			
11. <i>E. discolor</i> Ledeb.	Надземная часть	+	53
12. <i>E. iberica</i> Boiss.	Надземная часть, соцветия	+	53, 54
13. <i>E. lamprocarpa</i> (Prokh.) Prokh.	Подземная часть	+	55
14. <i>E. lunulata</i> Bunge	Надземная часть	14.33 мг/кг	56
III. Helioscopia Dumort.			
15. <i>E. aristata</i> Schmalh.	Надземная часть	+	57
16. <i>E. condylocarpa</i> M. Bieb.	Надземная часть	+	53
17. <i>E. hyberna</i> L.	Подземная часть, Надземная часть	+	58
18. <i>E. nematocypha</i> Hand.-Mazz (= <i>E. jolkinii</i> Boiss.)	Надземная часть	12 мг/кг	59
19. <i>E. palustris</i> L.	Надземная часть	+	60, 61
20. <i>E. pekinensis</i> Rupr.	Подземная часть	35 мг/кг	62
21. <i>E. soongarica</i> Boiss.	Подземная часть	+	63
22. <i>E. squamosa</i> Willd.	Надземная часть	+	61
IV. Holophyllum (Prokh.) Prokh.			
23. <i>E. ebracteolata</i> Hayata	Подземная часть	+	64
24. <i>E. komaroviana</i> Prokh.	Надземная часть	+	65
25. <i>E. ferganensis</i> B. Fedtsch.	Подземная часть	+	66
V. Paralias Dumort.			
26. <i>E. paralias</i> L.	Надземная часть	+	67
VI. Patellares (Prokh.) Fraiman			
27. <i>E. characias</i> L.	Надземная часть	0.57 г/л	68
28. <i>E. macroceras</i> Fisch. et C. A. Mey.	Соцветия	+	69
29. <i>E. oblongifolia</i> (K. Koch) K. Koch	Соцветия	+	69, 70
VII. Pithyusa (Raf.) Lázaro			
30. <i>E. falcata</i> L.	Надземная часть	+	71
31. <i>E. petrophila</i> C. A. Mey.	Надземная часть, соцветия	+	53, 54
VIII. Tithymalus (Gaertn.) Roep.			
32. <i>E. pepus</i> L.	Надземная часть	+	44
EUPHORBIA			
I. Euphorbia			
33. <i>E. cooperi</i> N. E. Br.	Надземная часть	+	72
34. <i>E. royleana</i> Boiss.	Латекс	+	73
II. Tirucalli Boiss.			
35. <i>E. tirucalli</i> L.	Надземная часть	+	74
III. Monadenium (Pax) Bruyns			
36. <i>E. umbellata</i> (Pax) Bruyns	Кора	+	75

Примечание: + – отсутствие данных по количественному анализу ЭК или недоступность источника.

Фиксация и экстракция. Образцы растительного материала (не менее чем в трехкратной повторности), непосредственно в полевых условиях фиксировали метанолом в виалах с завинчивающимися крышками и до проведения анализа хранили в холодильнике. Как правило, для исследования использовались листья и только для безлистных суккулентных форм – фрагменты стебля. Полученные метанольные экстракты упаривали на ротаторном испарителе ИКА. Сухой остаток растворяли в пиридине, добавляя в пробу при экстракции в качестве внутреннего стандарта нормальный углеводород трикозан ($C_{23}H_{48}$).

Силилирование. Экстракты преобразовывали в триметилсилильные производные с использованием BSTFA ([N,O-бис-(триметилсилил)трифторацетамид])(Supelco, США). Для обеспечения полноты протекания реакции силилирования, экстракты 10 мин перемешивали на вортексе ИКА с последующим подогревом в течение 15 мин в термоблоке при 100 °C [76].

Газовая хроматография, сопряженная с масс-спектрометрией. Анализ проводили методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) на приборе Agilent 6850 с масс-селективным детектором 5975, капиллярная колонка HP-5MS, длиной 30 м, внутренний диаметр – 0.25 мм, толщина пленки неподвижной фазы – 0.25 мкм. Режим линейного программирования температуры – от 70 до 325 °C, скорость – 6 °C/мин, газ-носитель – гелий. Хроматограммы образцов регистрировались по полному ионному току.

Сбор и обработка данных. Сбор данных проводили с помощью программного обеспечения Agilent ChemStation. ЭК идентифицировали по масс-спектру и индексу удерживания (RI) с использованием программы AMDIS (<http://amdis.net>), стандартной библиотеки NIST 2011, а также масс-спектрометрической библиотеки Лаборатории аналитической фитохимии БИН РАН. Масс-спектр считали определенным при совпадении с библиотечным вариантом при индексе соответствия не менее 85. Расчет индекса удерживания ЭК осуществляли с использованием калибровки по стандартным предельным углеводородам.

Количественный анализ проводился методом внутреннего стандарта по углеводороду трикозан ($C_{23}H_{48}$) в программе UniChrom (<http://www.unichrom.com>). Порог чувствительности используемого метода по ЭК составлял 1 ppm. Статистическая обработка выполнена с помощью программы Excel.

Результаты и обсуждение

На наличие ЭК было исследовано 55 видов *Euphorbia*, относящихся к 4 под родам и 16 секциям, что составляет около 3% видового состава рода. Результаты скрининга приведены в таблице 2. Принадлежность к под родам и секциям, а также названия видов указаны согласно новейшим обзорам под родов [37–40]. У 10 видов (*E. alpina* Ledeb., *E. glareosa* Pall. ex M. Bieb., *E. griffithii* Hook. f., *E. hamata* (Haw.) Sweet, *E. lucorum* Rupr. ex Maxim., *E. procera* M. Bieb., *E. rupestris* Ledeb., *E. semivillosa* (Prokh.) Kryl., *E. stricta* L. и *E. taurinensis* All.) содержание ЭК обнаружено впервые.

Таблица 2. Содержание эллаговой кислоты в некоторых видах рода *Euphorbia* L.

Подрод, секция, вид	Место сбора	Фаза развития	Орган	Наличие ЭК (ppm)
1	2	3	4	5
I. ATHYMALUS Neck. ex Rchb.				
I. Anthacanthae Lem.				
1. <i>E. globosa</i> (Haw.) Sims.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Стебель	<1
2. <i>E. hamata</i> (Haw.) Sweet	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Лист	4100
3. <i>E. meloformis</i> Aiton	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Стебель	<1
4. <i>E. pulvinata</i> Marloth.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Стебель	<1
5. <i>E. flanaganii</i> N. E. Br.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Стебель	<1
II. CHAMAESYCE Raf.				
I. Anisophyllum Roep.				
6. <i>E. maculata</i> L.	Краснодарский край, Лазаревский р-н, пос. Лоо	Плодоношение	Лист	следы
II. Poinsettia (Graham.) Baill.				
7. <i>E. davidii</i> Subils	Ставропольский край, северный склон г. Машук	Плодоношение	Лист	<1
III. ESULA Pers.				
I. Aphyllis Webb et Berthel.				
8. <i>E. mauritanica</i> L.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Стебель	<1

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
II. <i>Esula</i> (Pers.) Dumort.				
9. <i>E. cyarissias</i> L.	Интродукция, парк БИН РАН	Вегетация	Лист	<1
10. <i>E. iberica</i> Boiss.	Карачаево-Черкесия, Малокарачаевский р-н, долина р. Подкумок, между с. Терезе и перевалом Гумбаши	Плодоношение	Лист	<1
11. <i>E. leptocaula</i> Boiss.	Калмыкия, Целинный район, окр. с. Бага-Чонос	Цветение	Лист	<1
12. <i>E. microcarpa</i> (Prokh.) Krylov	Республика Алтай, Онгудайский р-н, левый берег р. Урсул, у моста на повороте в с. Стёпушка	Цветение	Лист	<1
13. <i>E. subtilis</i> (Prokh.) Prokh.	Самарская обл., г. Тольятти, берег р. Волги у Института Волжского бассейна РАН	Плодоношение	Лист	<1
14. <i>E. taquetii</i> Levl. et Vaniot	Приморский край, г. Владивосток, Ботанический сад	Цветение	Лист	<1
15. <i>E. undulata</i> M. Bieb.	Калмыкия, Целинный р-н, окр. Бага-Чонос	Цветение	Лист	<1
16. <i>E. uralensis</i> Fisch. ex Link	Самарская обл., г. Тольятти, берег р. Волги у Института Волжского бассейна РАН	Цветение	Лист	<1
17. <i>E. virgata</i> Waldst. et Kit.	Краснодарский край, окр. г. Геленджик, на газоне	Цветение	Лист	10
18. <i>E. × zighuliensis</i> (Prokh.) Prokh.	Самарская обл., г. Тольятти, берег р. Волги у Института Волжского бассейна РАН	Плодоношение	Лист	<1
III. <i>Helioscopia</i> Dumort.				
19. <i>E. altaica</i> Ledeb.	Республика Алтай, Шебалинский р-н, среднее течение р. Сима, окр. с. Мыюта	Цветение	Лист	<1
20. <i>E. alpina</i> Ledeb.	Республика Алтай, Усть-Канский р-н, южный склон Ябоганского перевала	Цветение	Лист	20
21. <i>E. aristata</i> Schmalh.	Интродукция, парк БИН РАН Интродукция, Перкальский дендрологический парк (Ставропольский край, северный склон г. Машук)	Вегетация	Лист	следы
22. <i>E. condylocarpa</i> M. Bieb.	Ставропольский край, южный склон г. Машук	Плодоношение	Лист	<1
23. <i>E. lucorum</i> Rupr. ex Maxim	Приморский край, г. Владивосток, о. Русский	Вегетация	Лист	10
24. <i>E. palustris</i> L.	Санкт-Петербург, окр. п. Лисий Нос Самарская обл., окр. г. Тольятти	Цветение	Лист	10
25. <i>E. pilosa</i> L.	Интродукция, парк БИН РАН	Цветение	Лист	70
26. <i>E. procera</i> M. Bieb.	Кабардино-Балкария, Эльбрусский р-н, у пересечения шоссе Кисловодск – Джилысу и р. Харбас	Вегетация	Лист	<1
27. <i>E. semivillosa</i> (Prokh.) Kryl.	Самарская обл., г. Тольятти, берег р. Волги у Института Волжского бассейна РАН	Цветение	Лист	следы
28. <i>E. squamosa</i> Willd.	Интродукция, парк БИН РАН Ставропольский край, Шпаковский р-н, заказник «Русский лес»	Цветение	Лист	80
29. <i>E. stricta</i> L.	Ставропольский край, Шпаковский р-н, заказник «Русский лес» Краснодарский край, г. Сочи, Адлерский р-н, ущелье Ахтыш	Плодоношение	Лист	4300
VI. <i>Holophyllum</i> (Prokh.) Prokh.				
30. <i>E. ferganensis</i> B. Fedtsch.	Киргизия, Таласский хребет, ущелье Бешташ	Вегетация	Лист	20
31. <i>E. griffithii</i> Hook. f.	Интродукция, парк БИН РАН	Плодоношение	Лист	<1
32. <i>E. komaroviana</i> Prokh.	Приморский край, г. Владивосток, по склону к морю в бухте Лазурная	Плодоношение	Лист	следы
33. <i>E. rupestris</i> Ledeb.	Республика Алтай, Онгудайский р-н, правый берег р. Чуи, у устья	Цветение	Лист	30
V. <i>Lathyris</i> Dumort.				
34. <i>E. lathyris</i> L.	Ставропольский край, интродукция в Перкальском дендрологическом парке	Цветение	Лист	10
V. <i>Lathyris</i> Dumort.				
34. <i>E. lathyris</i> L.	Ставропольский край, интродукция в Перкальском дендрологическом парке	Вегетация	Лист	<1

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
VI. <i>Myrsiniteae</i> (Boiss.) Lojac.				
35. <i>E. myrsinites</i> L.	Интродукция, парк БИН РАН	Вегетация	Лист	<1
36. <i>E. normanii</i> Schmalh. ex Lipsky	Ставропольский край, Шпаковский р-н, окр. с. Татарка	Цветение	Лист	<1
37. <i>E. rigida</i> M. Bieb.	Крым, Гурзуф, приморские склоны	Плодоношение	Лист	<1
VII. <i>Paralias</i> Dumort.				
38. <i>E. taurinensis</i> All.	Краснодарский край, по дороге Геленджик – Кабардинка	Цветение	Лист	20
39. <i>E. amygdaloides</i> L.	Дагестан, Самурский лес	Плодоношение	Лист	<1
40. <i>E. oblongifolia</i> (K. Koch) K. Koch	Краснодарский край, г. Ачишхо	Цветение	Лист	<1
IX. <i>Pithyusa</i> (Raf.) Lázaro				
41. <i>E. falcata</i> L.	Ставропольский край, Шпаковский р-н, окр. с. Татарка	Цветение	Лист	<1
42. <i>E. glareosa</i> Pall. ex M. Bieb.	Самарская обл., окр. г. Тольятти, западный склон горы Могутова, остепненный каменистый участок	Плодоношение	Лист	130
43. <i>E. petrophila</i> C. A. Mey.	Ставропольский край, ур. Ново-Марьевская поляна	Цветение	Лист	<1
44. <i>E. seguieriana</i> Necker	Ставропольский край, г. Пятигорск, гора Горячая	Плодоношение	Лист	<1
45. <i>E. stepposa</i> Zoz ex Prokh.	Самарская обл., окр. г. Тольятти, западный склон горы Могутова, остепненный каменистый участок	Цветение	Лист	<1
	Ставропольский край, Шпаковский р-н, ур. Ново-Марьевская поляна	Цветение	Лист	<1
	Калмыкия, Целинный р-н, 3 км сев. от с. Троицкое	Цветение	Лист	<1
	Карачаево-Черкессия, Малокарачаевский р-н, долина р. Подкумок, между с. Терезе и перевалом Гумбаши	Цветение	лист	<1
IX. <i>Tithymalus</i> (Gaertn.) Roep.				
46. <i>E. peplus</i> L.	Интродукция, парк БИН РАН	Плодоношение	Лист	<1
EUPHORBIA				
I. <i>Euphorbia</i>				
47. <i>E. aeruginosa</i> Schweick.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Стебель	<1
48. <i>E. grandicornis</i> Goebel. ex E. N. Br.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Стебель	<1
49. <i>E. pseudocactus</i> A. Berger	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Стебель	<1
50. <i>E. ramipressa</i> Croiz.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Лист	<1
51. <i>E. trigona</i> Mill.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Лист	<1
II. <i>Goniostema</i> Baill. Ex Boiss.				
52. <i>E. ambovombensis</i> Rauh & Razaf.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Лист	<1
53. <i>E. cylindrifolia</i> Marn.-Lap. & Rauh.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Лист	<1
54. <i>E. decaryi</i> Guillaumin	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Лист	<1
55. <i>E. milii</i> Des Moul.	Интродукция, оранжерея БИН РАН	Вегетация	Лист	<1

Примечание: *<1 означает, что ЭК не обнаружена. Следы означают содержание эллаговой кислоты менее 10 ppm.

Чаще всего ЭК обнаруживалась у видов секций *Helioscopia* Dumort. (у 9 из 11 исследованных видов) и *Holophyllum* (Prokh.) Prokh. (у 3 из 4 исследованных видов) из подрода *Esula*. Не обнаружена ЭК ни у одного из исследованных 4 видов в секции *Pithyusa* (Raf.) Lázaro подрода *Esula*. В остальных секциях она фиксировалась у единичных видов, а в секциях *Tithymalus* (Gaertn.) Roep., *Patellares* (Prokh.) Frajman, *Lathyris* Dumort., *Aphyllis* Webb et Berthel. подрода *Esula*, в секции *Anthacanthae* Lem. подрода *Athymalus* Neck. ex Rchb. и в секции *Poinsettia* (Graham) Baill. подрода *Chamaesyce* Raf. ЭК обнаружена не была, возможно, из-

за незначительного числа исследованных видов (1–2). Это же касается и секции *Anisophyllum* Roer. подрода *Chamaesyce* и секции *Paralias* Dumort. подрода *Esula*, где ЭК была обнаружена, но было исследовано только по одному виду.

Что касается количественного содержания ЭК, то ее максимальное количество зафиксировано у *E. squamosa* (4300 ppm) и *E. hamata* (4100 ppm), минимальное – у *E. maculata* L. и *E. griffithi* (по 1 ppm соответственно), в экстрактах 5 видов зафиксированы лишь следы ЭК (менее 10 ppm), т.е. не прослеживается зависимости высокой концентрационной изменчивости от принадлежности к секции или подроду. В самой крупной фитохимической и этноботанической базе данных доктора Д. А. Дюка (Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases, <http://phytochem.nal.usda.gov>) по содержанию ЭК у молочаев нет данных, однако, максимальное её количество зафиксировано у *Fragaria* sp. (8430–32300 ppm) и *Psidium* sp. (8000 ppm), остальные упоминаемые в базе растения содержат ЭК в количестве менее 3000 ppm, а, значит, содержание исследуемой кислоты достаточно высокое у *E. squamosa* и *E. hamata*.

Из 10 видов *Euphorbia*, в экстрактах которых нами впервые зафиксировано наличие ЭК, у 6 видов есть данные по химическому составу, в том числе фенольных соединений, но ЭК ранее не обнаруживалась, а у 4 видов (*E. hamata*, *E. lucorum* Rupr. ex Maxim., *E. procera* M. Bieb. и *E. rupestris* Ledeb.) химический состав ранее не изучался.

У 10 видов ЭК регистрировалась у растений, находящихся на стадии цветения, у остальных – на стадии плодоношения и вегетации.

Наши данные согласуются с литературными сведениями о наличии ЭК в экстрактах *E. maculata*, *E. condylocarpa* M. Bieb., *E. aristata* Schmalh. и *E. komaroviana* (Prokh.) Prokh., а также о более частом обнаружении этого вещества у видов секции *Helioscopia*. Однако, поскольку в секцию *Helioscopia* входит не менее 137 видов [77], а исследовано чуть более 15, говорить о наличии ЭК у всех или большинства видов этой секции пока преждевременно.

При сравнении с результатами других авторов были обнаружены и различия по отсутствию и содержанию ЭК. Так, S. Kawatshy et al. [44] обнаружили ЭК в надземной части *E. peplus* L., а Ю.В. Рошин с соавторами [53, 54] – в надземной части и соцветиях *E. iberica* Boiss. и *E. petrophilla* С.А. Меу., однако мы у этих видов наличие ЭК не зафиксировали. Это, вероятно, связано с факторами, влияющими на накопление отдельных веществ, например, использованием для экстракции тех или иных растворителей, сроками хранения сырья, а также применяемыми методами анализа. Не менее важен географический фактор, т.е. место сбора растительного материала, морфологический фактор (выбор органа растений для экстракции) и стадия развития (онтогенетический фактор). Например, для исследования мы брали листья *E. petrophilla* в стадии плодоношения, а Ю.В. Рошин с соавторами – на стадии цветения.

Для сравнения влияния места произрастания растений на наличие ЭК мы фиксировали растительный материал по некоторым видам (*E. seguieriana* Necker, *E. squamosa*, *E. aristata*, *E. glareosa* Pall. ex M. Bieb. и *E. palustris*) в разных географических точках (табл. 2). У цветущих образцов *E. glareosa* из Ставропольского края ЭК отсутствовала, тогда как у плодоносящих образцов из окрестностей г. Тольятти наличие ЭК фиксировалось. У *E. seguieriana*, все образцы которой были собраны в фазу цветения, ЭК не была обнаружена, напротив, у образцов *E. palustris*, также собранных в фазу цветения, ЭК фиксировалась и у образцов из Санкт-Петербурга, и у образцов, собранных в окрестностях Тольятти. У *E. squamosa* и *E. aristata*, собранных в Ставропольском крае во время плодоношения, ЭК не была обнаружена, тогда как у экземпляров, произрастающих в Ботаническом саду БИН РАН, она присутствует, причем у *E. squamosa*, собранного в фазу цветения, относительная концентрация ЭК высокая, а у *E. aristata*, собранного в фазу вегетации, зафиксированы лишь следы ЭК.

Заключение

Результаты таргетного скрининга содержания ЭК в ходе ГХ-МС анализа метанольных экстрактов свежих листьев и стеблей видов рода *Euphorbia* (Euphorbiaceae), произрастающих на территории России и интродуцированных в Ботаническом саду БИН РАН, продемонстрировали высокую концентрационную вариабельность. В экстрактах 17 видов ЭК была обнаружена (высокое содержание ЭК отмечено для *E. hamata* (4100 ppm) и *E. squamosa* (4300 ppm)), у 38 – отсутствовала. Чаще всего ЭК обнаруживалась у видов секций *Helioscopia* (у 9 из 11 исследованных видов) и *Holophyllum* (у 3 из 4 исследованных видов) из подрода *Esula*. Не обнаружена ЭК ни у одного из исследованных 4 видов в секции *Pithyusa* подрода *Esula*. В остальных

секциях ЭК фиксировалась у единичных видов или не была обнаружена. У 10 видов ЭК обнаружена впервые, причем из них у 6 видов в какой-то мере был исследован химический состав, но ЭК ранее не обнаруживалась, а у 4 видов (*E. hamata*, *E. lucorum*, *E. procera* и *E. rupestris*) химический состав ранее не изучался. Полученная в данном исследовании информация может быть полезной для оценочного прогноза по наличию (или отсутствию) ЭК у видов, принадлежащих к разным таксономическим группам рода *Euphorbia*.

При выполнении работы было использовано оборудование Ресурсного Центра Парка СпбГУ «Развитие Молекулярных и Клеточных Технологий». Авторы выражают благодарность Н.И. Павловой за оказание технической помощи при подготовке образцов для анализа.

Список литературы

1. Larossa M., García-Conesa M.T., Espín J.C., Tomás-Barberán F.A. Ellagitannins, ellagic acid and vascular health // *Mol. Aspects Med.* 2010. Vol. 31. N6. Pp. 513–539. DOI: 10.1016/j.mam.2010.09.005.
2. García-Niño W.R., Zazueta C. Ellagic acid: Pharmacological activities and molecular mechanisms involved in liver protection // *Pharm. Res.* 2015. Vol. 97. Pp. 84–103. DOI: 10.1016/j.phrs.2015.04.008.
3. Ríos J.-L., Giner R.M., Marín M., Recio M.C. A pharmacological update of ellagic acid // *Planta Med.* 2018. Vol. 84. N15. Pp. 1068–1093. DOI: 10.1055/a-0633-9492.
4. Rossi M., Erlebacher J., Zacharias D.E., Carrell H.L., Iannucci B. The crystal and molecular structure of ellagic acid dihydrate: a dietary anti-cancer agent // *Carinogenesis.* 1991. Vol. 12. N12. Pp. 2227–2232.
5. Landete J.M. Ellagitannins, ellagic acid and their derived metabolites: a review about source, metabolism, functions and health // *Food Res. Int.* 2011. Vol. 44. N5. Pp. 1150–1160. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.04.027.
6. Quideau S., Feldman K.S. Ellagitannin chemistry // *Chem. Rew.* 1996. Vol. 96. Pp. 475–503. DOI: 10.1021/cr904716.
7. Хворост О.П., Малый В.В., Сербин А.Г., Яковлева Л.В. Эллаговая кислота, распространенность в растительном мире и аспекты биологического действия // *Провизор.* 1998. №22. С. 42–43.
8. Мушкина О.В., Гурина Н.С. Получение эллаговой кислоты // *Вестник ВГМУ.* 2008. Т. 7. №4. С. 1–7.
9. Asamy Y., Ogura T., Otake N., Nishimura T., Xinsheng Y., Sakurai T., Nagasawa H., Sakuda S., Tatsuta K. Isolation and synthesis of a new bioactive ellagic acid derivatives from *Combretum yunnanensis* // *J. Nat. Prod.* 2003. Vol. 66. Pp. 729–731. DOI: 10.1021/np030041j.
10. Ascacio-Valdes J., Aguilera-Carbo A.F., Martinez-Hernandez J., Rodrigues-Herrera R., Aguilar C. *Euphorbia antisiphilitica* residues as a new source of ellagic acid // *Chem. Papers.* 2010. Vol. 6. N4. Pp. 528–532. DOI: 10.2478/s11696-010-0034-6.
11. Wang S.Y., Maas J.L., Payne J.A., Galletta G.J. Ellagic acid content in small fruits, mayhaws, and other plants // *J. Sm. Fr. Viticult.* 1995. Vol. 2. N4. Pp. 39–49.
12. Sharma S.K., Singh J., Singh S. Pharmacognostical and phytochemical investigation of *Euphorbia prostrata* Ait. // *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 2017. Vol. 14. Pp. 1043–1048. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.
13. Stoner G.D., Gupta A. Etiology and chemoprevention of esophageal squamous cell carcinoma // *Carcinogenesis.* 2001. Vol. 22. N11. Pp. 1737–1746. DOI: 10.1093/carcin/22.1737.
14. Singh B., Bhat T.K., Singh B. Potential therapeutic applications of some antinutritional plant secondary metabolites // *J. Agricult. Food. Chem.* 2003. Vol. 51. Pp. 5579–5597. DOI: 10.1021/jf021150r.
15. Carraway R.E., Hassan S., Cochrane D.E. Polyphenolic antioxidants mimic the effects of 1,4-dihydropyridines on neurotensin receptor function in PC3 cells // *J. Pharmacol. Experiment. Therapeut.* 2004. Vol. 309. Pp. 92–101. DOI: 10.1124/jpet.103.060442.
16. Huetz P., Mavaddat N., Mavri J. Reaction between ellagic acid and an ultimate carcinogen // *J. Chem. Inf. Model.* 2005. Vol. 45. N6. Pp. 1564–1570. DOI: 10.1021/ci050163c.
17. Seeram N.P., Adams L.S., Henning S.M., Niu Y., Zhang Y., Nair M.G., Heber D. In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice // *J. Nutr. Biochem.* 2005. Vol. 16. N6. Pp. 360–367. DOI: 10.1016/j.inutbio.2005.01.006.
18. Polce S.A., Burke C., França L.M., Kramer B., de Andrade Paes A.M., Carrillo-Sepulveda M.A. Ellagic acid alleviates hepatic oxidative stress and insulin resistance in diabetic female rats // *Nutrients.* 2018. Vol. 10. N5. P. 531. DOI: 10.3390/nu10050531.
19. Malini P., Kanchana G., Rajadurai M. Antidiabetic efficacy of ellagic acid in streptozotocin-induced diabetes mellitus in albino wistar rats // *Asian J. Pharm. Clinic. Res.* 2011. Vol. 4. N3. Pp. 124–128.
20. Mehrzadi S., Mehrabani M., Malayeri A.R., Bakhshayesh M., Kalantari H., Goudarzi M. Ellagic acid as potential antioxidant, alleviates methotrexate-induced hepatotoxicity in male rats // *Acta Chir. Belg.* 2018. Vol. 28. Pp. 1–9. DOI: 10.1080/00015458.2018.1455419.
21. Atta-Ur-Rahman, Ngounou F.N., Choudhary M.I., Malik S., Makhmoor T., Nur-E-Alam M., Zareen S., Ayafor J.F., Sondengam B.L. New antioxidant and antimicrobial ellagic acid derivatives from *Pteleopsis hyloidendron* // *Planta Med.* 2001. Vol. 67. N4. Pp. 335–339. DOI: 10.1055/s-2001-14306.
22. Akiyama H., Fujii K., Yamasaki O., Oono T., Iwatsuki K. Antibacterial action of several tannins against *Staphylococcus aureus* // *J. Antimicrob. Chemother.* 2001. Vol. 48. N4. Pp. 487–491. DOI: 10.1093/jac/48.4.487.

23. Promsong A., Chung W. O., Satthakarn S., Nittayananta W. Ellagic acid modulates the expression of oral innate immune mediators: potential role in mucosal protection // *J. Oral Pathol. Med.* 2015. Vol. 44. N3. Pp. 214–221. DOI: 10.1111/jop.12223.
24. Dhingra D., Jangra A. Antiepileptic activity of ellagic acid, a naturally occurring polyphenolic compound, in mice // *J. Function. Foods.* 2014. Vol. 10. Pp. 364–369. DOI: 10.1016/j.jff.2014.07.011.
25. Dhingra D., Chhllar R. Antidepressant-like activity of ellagic acid in unstressed and acute immobilization-induced stressed mice // *Pharmacol. Rep.* 2012. Vol. 64. N4. Pp. 796–807. DOI: 10.1016/s1734-1140(12)70875-7.
26. Kannan M.M., Quine S.D. Ellagic acid inhibits cardiac arrhythmias, hypertrophy and hyperlipidaemia during myocardial infarction in rats // *Methabolism.* 2013. Vol. 62. N1. Pp. 52–61. DOI: 10.1016/j.metabol.2012.06.003.
27. Lee J.H., Won J., Choi M., Cha H.H., Jang Y.J., Park S., Kim H.G., Kim H.C., Kim D.K. Protective effect of ellagic acid on concanavalin A-induced hepatitis via toll-like receptor and mitogen-activated protein kinase/nuclear factor kB signaling pathways // *J. Agric Food Chem.* 2014. Vol. 62. N41. Pp. 10110–10117. DOI: 10.1021/jf503188c.
28. Elkhateeb A., Subeki A., Takahashi K., Matsuura H., Yamasaki M., Yamato O., Maede Y., Katakura K., Yoshihara T., Nabeta K. Anti-babesial ellagic acid rhamnosides from the bark of *Elaeocarpus parvifolius* // *Phytochemistry.* 2005. Vol. 66. N21. Pp. 2577–2580. DOI: 10.1016/j.phytochem.2005.08.020.
29. Podyma W., Bączek K., Angielczyk M., Przybył J.L., Węglarz Z. The influence of shading on the yield and quality of southern sweet-grass (*Hierohloë australis* (Schrsd.) Roem. et Schult.) raw material // *Herba Pol.* 2010. Vol. 56. N4. Pp. 14–19.
30. Sayed H.M., Mohamed M.H., Farag S.F., Mohamed G.A., Omobuwajo O.R., Proksch P. Fructose-amino acid conjugate and other constituents from *Cyperus rotundus* L. // *Nat. Prod. Res.* 2008. Vol. 22. N17. Pp. 1487–1497. DOI: 10.1080/14786410802038556.
31. Truong N.M., Do T.K., Phung T.T., Luong T.M., La H.A., Nguyen V.Q., Pham T.H., Nguyen T.Q., Nguyen P.T., Abdelnaser A.E., Tran D.X. Phenolic compounds and antioxidant activity of *Phalaenopsis* orchid hybrids // *Antioxidants.* 2016. Vol. 5. N3. Pp. 31. DOI: 10.3390/antiox5030031.
32. Растительные ресурсы России: компонентный состав и биологическая активность растений. Т. 7. Отделы *Lyco-podiophyta* – *Gnetophyta* / отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб.; М., 2016. 333 с.
33. El-Achi N., Bakkour Y., El-Nakat H., El Omar F. HPLC analysis for identification and quantification of phenolic acids and flavonoids in *Juniperus excelsa* // *J. Nat. Prod.* 2014. Vol. 7. N1. Pp. 162–167.
34. Головкин Б.Н., Руденская Р.Н., Трофимова И.А., Шретер А.И. Биологически активные вещества растительного происхождения. М., 2001. 764 с.
35. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. Семейства *Actinidiaceae* – *Malvaceae*, Семейства *Euphorbiaceae* – *Haloragaceae* / отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб.; М., 2009. 513 с.
36. Bruyns P.V., Mapaya R.J., Hedderson T. A new subgeneric classification for *Euphorbia* (Euphorbiaceae) in southern Africa based on ITS and psbA-trnH sequence data // *Taxon.* 2006. Vol. 55. N2. Pp. 397–420.
37. Yang Y., Riina R., Morawetz J.J., Haevermans T., Aubriot X., Berry P.E. Molecular phylogenetics and classification of *Euphorbia* subgenus *Chamaesyce* (Euphorbiaceae) // *Taxon.* 2012. Vol. 61. N4. Pp. 764–789.
38. Dorsey B.L., Haevermans T., Aubriot X., Morawetz J.J., Riina R., Steinmann V.W., Berry P.E. Phylogenetics, morphological evolution, and classification of *Euphorbia* subgenus *Euphorbia* // *Taxon.* 2013. Vol. 62. N2. Pp. 291–315.
39. Peirson J.A., Bruyns P.V., Riina R., Morawetz J.J., Berry P.E. A molecular phylogeny and classification of the largely succulent and mainly African *Euphorbia* subg. *Athymalus* (Euphorbiaceae) // *Taxon.* 2013. Vol. 62. N6. Pp. 1178–1199.
40. Riina R., Peirson J.A., Geltman D.V., Molero J., Frajman B., Pahlevani A., Barres L., Morawetz J.J., Salmaki Y., Zarre S., Kryukov A., Bruyns P.V., Berry P.E. A worldwide molecular phylogeny and classification of the leafy spurges, *Euphorbia* subgenus *Esula* (Euphorbiaceae) // *Taxon.* 2013. Vol. 62. N2. Pp. 316–342.
41. Aguilera-Carbo A.F., Augur C., Prado-Barragan L.A., Aguilar C.N., Favela-Torres E. Extraction and analysis of ellagic acid from novel complex sources // *Chem. Papers.* 2008. Vol. 62. N4. Pp. 440–444. DOI: 10.2478/s11696-008-0042-y.
42. Ascacio-Valdes J., Aguilera-Carbo A.F., Martinez-Hernandez J., Rodrigues-Herrera R., Aguilar C. *Euphorbia antisiphilitica* residues as a new source of ellagic acid // *Chem. Papers.* 2010. Vol. 64. N4. Pp. 528–532. DOI: 10.2478/s11696-010-0034-6.
43. Marzouk M.S., Moharram F.A., Gamal-Eldeen A., Damlakhy I.M. Spectroscopic identification of new ellagitannins and a trigalloylglucosylkaempferol from an extract of *Euphorbia continifolia* L. with antitumour and antioxidant activity // *Z. Naturforsch.* 2012. Vol. 67(3–4). Pp. 151–162.
44. Kawatshty S., Abdalla M.F., El-Hadidi M.N., Saleh N.A.M. The chemosystematic of Egyptian *Euphorbia* species // *Biochem. Syst. Ecol.* 1990. Vol. 18. N7–8. Pp. 487–490.
45. Liu R., Wang H., Kong L. Studies on chemical constituents of *Euphorbia humifusa* // *Zhongcaoyao.* 2001. Vol. 32. N2. Pp. 107–108.
46. Tian Y., Sun L., Liu X., Dong J. Phenols from *Euphorbia humifusa* // *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi.* 2010. Vol. 35. N5. Pp. 613–615.
47. Rizk A.M., Rimpler H., Ismail S.I. Flavonoids and ellagic acid from *Euphorbia hypericifolia* L. (= *Euphorbia indica* Lam.) // *Fitoterapia.* 1977. Vol. 48. N3. Pp. 99–100.
48. Liu R., Kong L. Chemical constituents of *Euphorbia maculata* L. // *Zhiwu Ziynan Yu Huanjing Xuebao.* 2001. Vol. 10. N1. Pp. 60–61.

49. Sharma S.K., Singh J., Singh S. Pharmacognostical and phytochemical investigation of *Euphorbia prostrata* Ait. // Int. J. Pharm. Sci. Res. 2017. Vol. 14. Pp. 1043–1048. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.3(4).1043-48.
50. Nugroho A., Rhim T.J., Choi M.Y., Choi J.S., Kim Y.C., Park H.J. Simultaneous analysis and peroxynitrite-scavenging activity of galloylated flavonoid glycosides and ellagic acid in *Euphorbia supina* // Arch. Pharm. Res. 2014. Vol. 37. N7. Pp. 890–898. DOI: 10.1007/s12272-013-0307.
51. Yadav R.P., Singh A. Efficacy of *Euphorbia hirta* latex as plant derived molluscicides against freshwater snails // Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo. 2011. Vol. 53. N2. DOI: 10.1590/s0036-46652011000200008.
52. Ghareeb T.A., El-Toumy S.A., El-Gendy H., Haggag E.G. Secondary metabolites and hepatoprotective activity of *Euphorbia retusa* // J. Advanc. Pharm. Res. 2018. Vol. 2. N4. Pp. 283–291. DOI: 10.21608/aprh.2018.4312.1060.
53. Рошин Ю.В. Химическое и биологическое изучение полифенольных соединений и химический состав тритерпеноидов некоторых видов молочая: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Хабаровск, 1972. 20 с.
54. Рошин Ю.В., Джумырко С.Ф. Эллаговая кислота из *Euphorbia petrophila* и *E. iberica* // Химия природных соединений. 1969. №6. С. 610.
55. Букреева Т.В., Шаварда А.Л., Антимонова О.И., Гельтман Д.В. Эллаговая кислота, её 2,7-диметиловый и минорный 2-метиловый эфиры из корней *Euphorbia lamprocarpa* (*Euphorbiaceae*) // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47, вып. 3. С. 93–96.
56. Yang Z.G., Jia L.N., Shen Y., Ohmura A., Kitanaka S. Inhibitory effects of constituents from *Euphorbia lunata* on differentiation of 3T3-L1 cells and nitric oxide production in RAW264.7 cells // Molecules. 2011. Vol. 16. N10. Pp. 8305–8318. DOI: 10.3390/molecules16108305.
57. Букреева Т.В., Шаварда А.Л., Антимонова О.И., Морозкина С.Н., Гельтман Д.В. Лупенон, 24-метиленициклоаранол и эллаговая кислота в надземной части *Euphorbia aristata* (*Euphorbiaceae*) // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47, вып. 1. С. 106–112.
58. Ferreira A.M.V.D., Carvalho M.J.M., Sequeira M.M., Silva A.M.S., Carvalho L.H.M. Chemical constituents of *Euphorbia hyberna* L. (*Euphorbiaceae*) // Nat. Prod. Res. 2013. Vol. 27. N3. Pp. 282–285. DOI: 10.1080/14786419.2012.668688.
59. Xu C., Jia H.Y., Zuo B., Liao Z.X., Ji L.J., Sun H.F., Wang Q. Chemical constituents of aerial parts of *Euphorbia nematocypha* // Nat. Prod. Commun. 2016. Vol. 1. N2. Pp. 177–178.
60. Котлова Е.Р., Петрова Н.В., Медведева Н.А., Виноградская М.А., Пузанский Р.К., Сазанова К.В., Гельтман Д.В., Шаварда А.Л. Внутрипопуляционная изменчивость метаболома *Euphorbia palustris* (*Euphorbiaceae*) в зависимости от фенологической фазы // Растительные ресурсы. 2018. Т. 54, вып. 4. С. 128–155. DOI: 10.7868/s0033994618040079.
61. Сазанова К.В., Котлова Е.Р., Пузанский Р.К., Медведева Н.А., Виноградская М.А., Петрова Н.В., Павлова Н.И., Гельтман Д.В., Шаварда А.Л. Динамика метаболома листьев растений рода *Euphorbia* (*Euphorbiaceae*) при смене фенологических фаз // Ботанический журнал. 2019. Т. 104. №6. С. 967–978. DOI: 10.1134/s0006813619060127.
62. Gu J., Feng R., Wu Z., Guan S., Guo J., Cheng C., Xu P., Zhang J., Wang Y., Qu H., Man W., Yu W., Cui Y., Guan S., Guo D. A rapid and convenient method for preparative separation of three indissoluble polyphenols from *Euphorbia pekinensis* by the flexible application of solvent extraction combined with counter-current chromatography // J. Sep. Sci. 2013. Vol. 36. Pp. 2366–2372. DOI: 10.1002/jssc.201300008.
63. Shi X., Du X., Kong L. Studies on chemical constituents in roots of *Euphorbia soongarica* // Zhongguo Zhongyao Zazhi. 2006. Vol. 31. N18. Pp. 1503–1506.
64. Zhang Q., Wang A.H., Fan S.P., Ma X.C., Wang C., Jia J.M. Phenolic acid derivatives of *Euphorbia ebracteolata* // Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 2017. Vol. 42. N15. Pp. 2995–2998. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.2017.0121.
65. Рошин Ю.В., Калита Н.В., Шнягина Г.П. Фенольные соединения молочая Комарова // Вопросы фармации на Дальнем Востоке. 1977. Вып. 2. С. 173–175.
66. Тожибоев М.М., Ботиров Э.Х. Фенольные соединения корней *Euphorbia ferganensis* // Химия и технология растительных веществ: Тезисы докладов XI Всероссийской научной конференции с международным участием и школой молодых ученых. Сыктывкар, 2019. С. 226.
67. Rizk A.M., Youssef A.M., Diab M.A., Salem H.M. Constituents of Egyptian *Euphorbiaceae*: Flavonoids of *Euphorbia paralias* // Pharmazie. 1976. Vol. 31. N6. P. 405.
68. Fais A., Era B., Petrillo A.D., Floris S., Piano D., Montoro P., Tuberoso C.I.G., Medda R., Pintus F. Selected enzyme inhibitory effects of *Euphorbia characias* extracts // BioMed. Res. Int. 2018. Vol. 2018. DOI: 10.1155/2018/1219367.
69. Рошин Ю.В. Полифенольные соединения из *Euphorbia oblongifolia* и *E. macroceras* // Химия природных соединений. 1970. №2. С. 280–281.
70. Куkenov M.K., Аталыкова Ф.М., Турабаева А.А. Некоторые перспективные флавоноидоносы гор Южного Казахстана // Новые лекарственные и эфиромасличные растения Казахстана. Алма-Ата, 1976. С. 13–21.
71. Хамидова Х.А. Фитохимическое изучение трех видов молочая, произрастающих в Узбекистане, и получение из них лекарственных препаратов: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Ташкент, 1980. 18 с.
72. Morsi S.R.A. Phytochemical and biological study of certain *Euphorbia* species cultivated in Egypt: Thesis Doc. Ph. Pharm. Cairo, Egypt, 2015. 16 p.
73. Rastogi R.P., Mehrotra V.M. A compendium on Indian plants. 1991. Vol. 2. 859 p.

74. Caxito M.L.C., Victorio C.P., Costa H.B., Romao W., Kuster R.M., Gattass C.R. Antiproliferative activity of extracts of *Euphorbia tirucalli* L. (Euphorbiaceae) from three regions of Brazil // Trop. J. Pharm. Res. 2017. Vol. 16. N5. Pp. 1013–1020. DOI: 10.4314/tjpr.v16i5.7.
75. Minozzo B.R., Lemes B.M., Justo A.S., Lara J.E., Petry V.E.K., Fernandes D., Bello C., Velloso J.C.R., Campagnoli E.B., Nunes O.C., Kitagawa R.R., Avula B., Khan I.A., Beltrame F.L. Anti-ulcer mechanisms of polyphenols extract of *Euphorbia umbellata* (Pax) Bruyns (Euphorbiaceae) // J. Ethnopharmacol. 2016. Vol. 191. Pp. 29–40. DOI: 10.1016/j.jep.2016.06.032.
76. Тюнникова Н.В., Шаварда А.Л. Хромато-масс-спектрометрический компонентный анализ экстрактов из листьев двух видов рода *Galeopsis* (*Lamiaceae*) с предварительным получением триметилсилильных производных // Растительные ресурсы. 2005. Т. 41, вып. 4. С. 61–67.
77. Гельтман Д.В. Подрод *Esula* рода *Euphorbia* (Euphorbiaceae): система, филогения, географический анализ: автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Москва, 2016. 42 с.

Поступила в редакцию 20 мая 2022 г.

После переработки 7 сентября 2022 г.

Принята к публикации 26 октября 2022 г.

Для цитирования: Петрова Н.В., Шаварда А.Л., Медведева Н.А., Гельтман Д.В., Котлова Е.Р., Сазанова К.В., Пузанский Р.К. Профайлинговый скрининг 55 видов рода *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae) для их оценки как потенциальных источников эллаговой кислоты // Химия растительного сырья. 2023. №1. С. 87–100. DOI: 10.14258/jcrpm.20230111388.

Petrova N.V.^{1*}, Shavarda A.L.^{1,2}, Medvedeva N.A.¹, Geltman D.V.¹, Kotlova E.R.¹, Sazanova K.V.¹, Puzansky R.K.^{1,2}
 PROFILING SCREENING OF 55 SPECIES OF THE GENUS EUPHORBIA L. (EUPHORBIACEAE) AS POTENTIAL
 SOURCES OF ELLAGIC ACID

¹ Botanical Institute named after V.L. Komarov RAS, ul. Popova, 2, St. Petersburg, 197376 (Russia), e-mail: NPetrova@binran.ru

² St. Petersburg State University, Universitetskaya nab., 7/9, St. Petersburg, 199034 (Russia)

Methanol extracts from the leaves of 55 species, belonging to 4 subgenera and 16 subsection of genus *Euphorbia* (Euphorbiaceae) have been screened for presence of ellagic acid (EA). EA was quantified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) in fresh plant material *Euphorbia* sp. growing in Russia and Kyrgyzstan in the wild and in indoor and outdoor collections of the Peter the Great Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (Saint-Petersburg). EA was detected in the extracts of 17 species of tree subgenera. In subgenus *Althymalus* Neck. Ex Rchb. EA was detected in *E. hamata* (Haw.) Sweet (section *Anthacanthae* Lem.), in subgenus *Chamaesyce* Raf. – *E. maculata* L. (section *Anisophyllum* Roep.); in subgenus *Esula* Pers. This compound was found in representatives of sections *Esula* (Pers.) Dumort. (*E. virgata* Waldst. Et Kit.), *Helioscopia* Dumort. (*E. alpina* Ledeb., *E. aristata* Schmalh., *E. condylocarpa* M. Bieb., *E. lucorum* Rupr. ex Maxim., *E. palustris* L., *E. procera* M. Bieb., *E. semivillosa* (Prokh.) Kryl., *E. squamosa* Willd., *E. stricta* L.), *Holophyllum* (Prokh.) Prokh. (*E. griffithii* Hook. f., *E. komaroviana* Prokh., *E. rupestris* Ledeb.), *Paralias* Dumort. (*E. taurinensis* All.) and *Pithyusa* (Raf.) Lázaro (*E. glareosa* Pall. Ex M. Bieb.). In 38 EA was not detected, including all studies species of subgenus *Euphorbia*. For 10 species (*E. alpina*, *E. glareosa*, *E. griffithii*, *E. hamata*, *E. lucorum*, *E. procera*, *E. rupestris*, *E. semivillosa*, *E. stricta* and *E. taurinensis*) EA was detected for the first time. Highest EA amount was found in leaves of *E. hamata* (4100 ppm) and *E. squamosa* (4300 ppm).

Keywords: Euphorbia, methanol extract, ellagic acid.

References

- Larossa M., García-Conesa M.T., Espín J.C., Tomás-Barberán F.A. *Mol. Aspects Med.*, 2010, vol. 31, no. 6, pp. 513–539. DOI: 10.1016/j.mam.2010.09.005.
- García-Niño W.R., Zazueta C. *Pharm. Res.*, 2015, vol. 97, pp. 84–103. DOI: 10.1016/j.phrs.2015.04.008.
- Rios J-L., Giner R.M., Marín M., Recio M.C. *Planta Med.*, 2018, vol. 84, no. 15, pp. 1068–1093. DOI: 10.1055/a-0633-9492.
- Rossi M., Erlebacher J., Zacharias D.E., Carrell H.L., Iannucci B. *Carinogenesis*, 1991, vol. 12, no. 12, pp. 2227–2232.
- Landete J.M. *Food Res. Int.*, 2011, vol. 44, no. 5, pp. 1150–1160. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.04.027.
- Quideau S., Feldman K.S. *Chem. Rev.*, 1996, vol. 96, pp. 475–503. DOI: 10.1021/cr904716.
- Khvorost O.P., Malyy V.V., Serbin A.G., Yakovleva L.V. *Provizor*, 1998, no. 22, pp. 42–43. (in Russ.).
- Mushkina O.V., Gurina N.S. *Vestnik VGMU*, 2008, vol. 7, no. 4, pp. 1–7. (in Russ.).
- Asamy Y., Ogura T., Otake N., Nishimura T., Xincheng Y., Sakurai T., Nagasawa H., Sakuda S., Tatsuta K. *J. Nat. Prod.*, 2003, vol. 66, pp. 729–731. DOI: 10.1021/np030041j
- Ascacio-Valdes J., Aguilera-Carbo A.F., Martinez-Hernandez J., Rodrigues-Herrera R., Aguilar C. *Chem. Papers*, 2010, vol. 6, no. 4, pp. 528–532. DOI: 10.2478/s11696-010-0034-6
- Wang S.Y., Maas J.L., Payne J.A., Galletta G.J. *J. Sm. Fr. Viticult.*, 1995, vol. 2, no. 4, pp. 39–49.
- Sharma S.K., Singh J., Singh S. *J. Pharm. Sci. Res.*, 2017, vol. 14, pp. 1043–1048. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.
- Stoner G.D., Gupta A. *Carcinogenesis*, 2001, vol. 22, no. 11, pp. 1737–1746. DOI: 10.1093/carcin/22.1737.
- Singh B., Bhat T.K., Singh B. *J. Agricult. Food. Chem.*, 2003, vol. 51, pp. 5579–5597. DOI: 10.1021/jf021150r.
- Carraway R.E., Hassan S., Cochrane D.E. *J. Pharmacol. Experiment. Therapeut.*, 2004, vol. 309, pp. 92–101. DOI: 10.1124/jpet.103.060442.
- Huetz P., Mavaddat N., Mavri J. *J. Chem. Inf. Model*, 2005, vol. 45, no. 6, pp. 1564–1570. DOI: 10.1021/ci050163c.
- Seeram N.P., Adams L.S., Henning S.M., Niu Y., Zhang Y., Nair M.G., Heber D. *J. Nutr. Biochem.*, 2005, vol. 16, no. 6, pp. 360–367. DOI: 10.1016/j.inutbio.2005.01.006.
- Polce S.A., Burke C., França L.M., Kramer B., de Andrade Paes A.M., Carrillo-Sepulveda M.A. *Nutrients*, 2018, vol. 10, no. 5, p. 531. DOI: 10.3390/nu10050531.
- Malini P., Kanchana G., Rajadurai M. *Asian J. Pharm. Clinic. Res.*, 2011, vol. 4, no. 3, pp. 124–128.
- Mehrzadi S., Mehrabani M., Malayeri A.R., Bakhshayesh M., Kalantari H., Goudarzi M. *Acta Chir. Belg.*, 2018, vol. 28, pp. 1–9. DOI: 10.1080/00015458.2018.1455419.
- Atta-Ur-Rahman, Ngounou F.N., Choudhary M.I., Malik S., Makhmoor T., Nur-E-Alam M., Zareen S., Ayafor J.F., Sondengam B.L. *Planta Med.*, 2001, vol. 67, no. 4, pp. 335–339. DOI: 10.1055/s-2001-14306.
- Akiyama H., Fujii K., Yamasaki O., Oono T., Iwatsuki K. *J. Antimicrob. Chemother.*, 2001, vol. 48, no. 4, pp. 487–491. DOI: 10.1093/jac/48.4.487
- Promsong A., Chung W. O., Satthakarn S., Nittayananta W. *J. Oral Pathol. Med.*, 2015, vol. 44, no. 3, pp. 214–221. DOI: 10.1111/jop.12223.
- Dhingra D., Jangra A. *J. Function. Foods*, 2014, vol. 10, pp. 364–369. DOI: 10.1016/j.jff.2014.07.011.
- Dhingra D., Chhllar R. *Pharmacol. Rep.*, 2012, vol. 64, no. 4, pp. 796–807. DOI: 10.1016/s1734-1140(12)70875-7.
- Kannan M.M., Quine S.D. *Methabolism*, 2013, vol. 62, no. 1, pp. 52–61. DOI: 10.1016/j.metabol.2012.06.003.

* Corresponding author.

27. Lee J.H., Won J., Choi M., Cha H.H., Jang Y.J., Park S., Kim H.G., Kim H.C., Kim D.K. *J. Agric Food Chem.*, 2014, vol. 62, no. 41, pp. 10110–10117. DOI: 10.1021/jf503188c.
28. Elkhateeb A., Subeki A., Takahashi K., Matsuura H., Yamasaki M., Yamato O., Maede Y., Katakura K., Yoshihara T., Nabeta K. *Phytochemistry*, 2005, vol. 66, no. 21, pp. 2577–2580. DOI: 10.1016/j.phytochem.2005.08.020.
29. Podyma W., Bączek K., Angielczyk M., Przybył J.L., Węglarz Z. *Herba Pol.*, 2010, vol. 56, no. 4, pp. 14–19.
30. Sayed H.M., Mohamed M.H., Farag S.F., Mohamed G.A., Omobuwajo O.R., Proksch P. *Nat. Prod. Res.*, 2008, vol. 22, no. 17, pp. 1487–1497. DOI: 10.1080/14786410802038556.
31. Truong N.M., Do T.K., Phung T.T., Luong T.M., La H.A., Nguyen V.Q., Pham T.H., Nguyen T.Q., Nguyen P.T., Abdelnaser A.E., Tran D.X. *Antioxidants*, 2016, vol. 5, no. 3, pp. 31. DOI: 10.3390/antiox5030031.
32. *Rastitel'nyye resursy Rossii: komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost' rasteniy. T. 7. Otdely Lycopodiophyta – Gnetophyta* [Plant resources of Russia: component composition and biological activity of plants. Vol. 7. Departments of Lycopodiophyta – Gnetophyta], ed. A.L. Budantsev. St. Petersburg, Moscow, 2016, 333 p. (in Russ.).
33. El-Achi N., Bakkour Y., El-Nakat H., El Omar F. *J. Nat. Prod.*, 2014, vol. 7, no. 1, pp. 162–167.
34. Golovkin B.N., Rudenskaya R.N., Trofimova I.A., Shreter A.I. *Biologicheski aktivnyye veshchestva rastitel'nogo proiskhozhdeniya*. [Biologically active substances of plant origin]. Moscow, 2001, 764 p. (in Russ.).
35. *Rastitel'nyye resursy Rossii: Dikorastushchiye tsvetkovyye rasteniya, ikh komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost'. T. 2. Semeystva Actinidiaceae – Malvaceae, Semeystva Euphorbiaceae – Haloragaceae* [Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their composition and biological activity. Vol. 2. Families Actinidiaceae – Malvaceae, Families Euphorbiaceae – Haloragaceae], ed. A.L. Budantsev. St. Petersburg, Moscow, 2009, 513 p. (in Russ.).
36. Bruyns P.V., Mapaya R.J., Hedderson T. *Taxon*, 2006, vol. 55, no. 2, pp. 397–420.
37. Yang Y., Riina R., Morawetz J.J., Haevermans T., Aubriot X., Berry P.E. *Taxon*, 2012, vol. 61, no. 4, pp. 764–789.
38. Dorsey B.L., Haevermans T., Aubriot X., Morawetz J.J., Riina R., Steinmann V.W., Berry P.E. *Taxon*, 2013, vol. 62, no. 2, pp. 291–315.
39. Peirson J.A., Bruyns P.V., Riina R., Morawetz J.J., Berry P.E. *Taxon*, 2013, vol. 62, no. 6, pp. 1178–1199.
40. Riina R., Peirson J.A., Geltman D.V., Molero J., Frajman B., Pahlevani A., Barres L., Morawetz J.J., Salmaki Y., Zarre S., Kryukov A., Bruyns P.V., Berry P.E. *Taxon*, 2013, vol. 62, no. 2, pp. 316–342.
41. Aguilera-Carbo A.F., Augur C., Prado-Barragan L.A., Aguilar C.N., Favela-Torres E. *Chem. Papers*, 2008, vol. 62, no. 4, pp. 440–444. DOI: 10.2478/s11696-008-0042-y.
42. Ascacio-Valdes J., Aguilera-Carbo A.F., Martinez-Hernandez J., Rodrigues-Herrera R., Aguilar C. *Chem. Papers*, 2010, vol. 64, no. 4, pp. 528–532. DOI: 10.2478/s11696-010-0034-6.
43. Marzouk M.S., Moharram F.A., Gamal-Eldeen A., Damlakhy I.M. *Z. Naturforsch.*, 2012, vol. 67(3–4), pp. 151–162.
44. Kawatshty S., Abdalla M.F., El-Hadidi M.N., Saleh N.A.M. *Biochem. Syst. Ecol.*, 1990, vol. 18, no. 7–8, pp. 487–490.
45. Liu R., Wang H., Kong L. *Zhongcaoyao*, 2001, vol. 32, no. 2, pp. 107–108.
46. Tian Y., Sun L., Liu X., Dong J. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 2010, vol. 35, no. 5, pp. 613–615.
47. Rizk A.M., Rimpler H., Ismail S.I. *Fitoterapia*, 1977, vol. 48, no. 3, pp. 99–100.
48. Liu R., Kong L. *Zhiwu Ziyuan Yu Huanjing Xuebao*, 2001, vol. 10, no. 1, pp. 60–61.
49. Sharma S.K., Singh J., Singh S. *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, 2017, vol. 14, pp. 1043–1048. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.3(4).1043-48.
50. Nugroho A., Rhim T.J., Choi M.Y., Choi J.S., Kim Y.C., Park H.J. *Arch. Pharm. Res.*, 2014, vol. 37, no. 7, pp. 890–898. DOI: 10.1007/s12272-013-0307.
51. Yadav R.P., Singh A. *Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo*, 2011, vol. 53, no. 2. DOI: 10.1590/s0036-46652011000200008.
52. Ghareeb T.A., El-Toumy S.A., El-Gendy H., Haggag E.G. *J. Advanc. Pharm. Res.*, 2018, vol. 2, no. 4, pp. 283–291. DOI: 10.21608/aprh.2018.4312.1060.
53. Roshchin Yu.V. *Khimicheskoye i biologicheskoye izucheniye polifenol'nykh soyedineniy i khimicheskoy sostav tri-terpenoidov nekotorykh vidov molochaya: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk*. [Chemical and biological study of polyphenolic compounds and the chemical composition of triterpenoids of some species of milkweed: Ph.D. dis. ... cand. biol. Sciences]. Khabarovsk, 1972, 20 p. (in Russ.).
54. Roshchin Yu.V., Dzhumyrko S.F. *Khimiya prirod. soyedin.*, 1969, no. 6, pp. 610. (in Russ.).
55. Bukreyeva T.V., Shavarda A.L., Antimonova O.I., Gel'tman D.V. *Rast. resursy*, 2011, vol. 47, no. 3, pp. 93–96. (in Russ.).
56. Yang Z.G., Jia L.N., Shen Y., Ohmura A., Kitanaka S. *Molecules*, 2011, vol. 16, no. 10, pp. 8305–8318. DOI: 10.3390/molecules16108305.
57. Bukreyeva T.V., Shavarda A.L., Antimonova O.I., Morozkina S.N., Gel'tman D.V. *Rast. resursy*, 2011, vol. 47, no. 1, pp. 106–112. (in Russ.).
58. Ferreira A.M.V.D., Carvalho M.J.M., Sequeira M.M., Silva A.M.S., Carvalho L.H.M. *Nat. Prod. Res.*, 2013, vol. 27, no. 3, pp. 282–285. DOI: 10.1080/14786419.2012.668688.
59. Xu C., Jia H.Y., Zuo B., Liao Z.X., Ji L.J., Sun H.F., Wang Q. *Nat. Prod. Commun.*, 2016, vol. 1, no. 2, pp. 177–178.
60. Kotlova Ye.R., Petrova N.V., Medvedeva N.A., Vinogradskaya M.A., Puzanskiy R.K., Sazanova K.V., Gel'tman D.V., Shavarda A.L. *Rast. resursy*, 2018, vol. 54, no. 4, pp. 128–155. DOI: 10.7868/s0033994618040079. (in Russ.).
61. Sazanova K.V., Kotlova Ye.R., Puzanskiy R.K., Medvedeva N.A., Vinogradskaya M.A., Petrova N.V., Pavlova N.I., Gel'tman D.V., Shavarda A.L. *Botanicheskiy zhurnal*, 2019, vol. 104, no. 6, pp. 967–978. DOI: 10.1134/s0006813619060127. (in Russ.).

62. Gu J., Feng R., Wu Z., Guan S., Guo J., Cheng C., Xu P., Zhang J., Wang Y., Qu H., Man W., Yu W., Cui Y., Guan S., Guo D. *J. Sep. Sci.*, 2013, vol. 36, pp. 2366–2372. DOI: 10.1002/jssc.201300008.
63. Shi X., Du X., Kong L. *Zhongguo Zhongyao Zazhi*, 2006, vol. 31, no. 18, pp. 1503–1506.
64. Zhang Q., Wang A.H., Fan S.P., Ma X.C., Wang C., Jia J.M. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 2017, vol. 42, no. 15, pp. 2995–2998. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcm.2017.0121.
65. Roshchin Yu.V., Kalita N.V., Shnyagina G.P. *Voprosy farmatsii na Dal'nem Vostoke*, 1977, no. 2, pp. 173–175. (in Russ.).
66. Tozhiboyev M.M., Botirov E.Kh. *Khimiya i tekhnologiya rastitel'nykh veshchestv: Tezisy dokladov XI Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem i shkoly molodykh uchenykh*. [Chemistry and technology of plant substances: Abstracts of reports of the XI All-Russian scientific conference with international participation and a school of young scientists]. Syktyvka, 2019, p. 226. (in Russ.).
67. Rizk A.M., Youssef A.M., Diab M.A., Salem H.M. *Pharmazie*, 1976, vol. 31, no. 6, p. 405.
68. Fais A., Era B., Petrillo A.D., Floris S., Piano D., Montoro P., Tuberoso C.I.G., Medda R., Pintus F. *BioMed. Res. Int.*, 2018, vol. 2018. DOI: 10.1155/2018/1219367.
69. Roshchin Yu.V. *Khimiya prirod. soyedin.*, 1970, no. 2, pp. 280–281. (in Russ.).
70. Kukenov M.K., Atalykova F.M., Turabayeva A.A. *Novyye lekarstvennyye i efiromaslichnyye rasteniya Kazakhstana*. [New medicinal and essential oil plants of Kazakhstan]. Alma-Ata, 1976, pp. 13–21. (in Russ.).
71. Khamidova Kh.A. *Fitokhimicheskoye izucheniye trekh vidov molochaya, proizrastayushchikh v Uzbekistane, i polucheniye iz nikh lekarstvennykh preparatov: avtoref. dis. ... kand. farmats. nauk*. [Phytochemical study of three types of milkweed growing in Uzbekistan, and obtaining medicines from them: author. dis. ... cand. pharm. Sciences]. Tashkent, 1980, 18 p. (in Russ.).
72. Morsi S.R.A. *Phytochemical and biological study of certain Euphorbia species cultivated in Egypt: Thesis Doc. Ph. Pharm.* Cairo, Egypt, 2015, 16 p.
73. Rastogi R.P., Mehrotra B.M. *A compendium on Indian plants*. 1991, vol. II, 859 p.
74. Caxito M.L.C., Victorio C.P., Costa H.B., Romao W., Kuster R.M., Gattass C.R. *Trop. J. Pharm. Res.*, 2017, vol. 16, no. 5, pp. 1013–1020. DOI: 10.4314/tjpr.v16i5.7.
75. Minozzo B.R., Lemes B.M., Justo A.S., Lara J.E., Petry V.E.K., Fernandes D., Bello C., Velloso J.C.R., Campagnoli E.B., Nunes O.C., Kitagawa R.R., Avula B., Khan I.A., Beltrame F.L. *J. Ethnopharmacol.*, 2016, vol. 191, pp. 29–40. DOI: 10.1016/j.jep.2016.06.032.
76. Tyunnikova N.V., Shavarda A.L. *Rast. resursy*, 2005, vol. 41, no. 4, pp. 61–67. (in Russ.).
77. Gel'tman D.V. *Podrod Esula roda Euphorbia (Euphorbiaceae): sistema, filogeniya, geograficheskiy analiz: avtoref. diss. ... dokt. biol. nauk*. [Subgenus Esula of the genus Euphorbia (Euphorbiaceae): system, phylogeny, geographical analysis: author. diss. ... doc. biol. Sciences]. Moscow, 2016, 42 p. (in Russ.).

Received May 20, 2022

Revised September 7, 2022

Accepted October 26, 2022

For citing: Petrova N.V., Shavarda A.L., Medvedeva N.A., Geltman D.V., Kotlova E.R., Sazanova K.V., Puzansky R.K. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 1, pp. 87–100. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230111388.