

УДК 582.665.11:577.19

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В НАДЗЕМНЫХ ОРГАНАХ *ATRAPHAXIS FRUTESCENS* И *A. PUNGENS* (*POLYGONACEAE*), ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В СИБИРИ

© В.А. Костикова*, Е.В. Банаев, Д.К. Костиков, Т.А. Кукушкина

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

Представлены результаты сравнительного изучения содержания биологически активных веществ в надземных органах двух видов растений рода *Atraphaxis* L. (курчавка) – *A. frutescens* (L.) C. Koch. и *A. pungens* (Bieb.) Jaub. et Sprach. Установлено, что листья, репродуктивные органы и стебли растений содержат комплекс биологически активных веществ: флавонолов, дубильных веществ, катехинов, каротиноидов, пектиновых веществ (пектинов и протопектинов). Наиболее высоким содержанием всех веществ отличаются листья и репродуктивные органы курчавок. Почти по всем биохимическим показателям надземные органы *A. pungens* превосходят *A. frutescens*. В листьях и репродуктивных органах *A. pungens* содержание флавонолов (до 7.32% – в репродуктивных органах и до 10.10% – в листьях), дубильных веществ (до 34.30 и 27.27% соответственно) и протопектинов (до 11.29 и 7.96%), а также в листьях – катехинов (до 3.92%) и в репродуктивных органах – пектинов (до 2.63%) и каротиноидов (до 83.48 мг%) более высокое, чем у *A. frutescens*. Содержание катехинов в репродуктивных органах (до 3.78%) и в листьях – каротиноидов (до 273.14 мг%) выше у *A. frutescens*, по сравнению с *A. pungens*. Выделены популяции курчавок, перспективные для дальнейшего фармакологического исследования. Изучение биологически активных веществ *A. frutescens* и *A. pungens*, произрастающих в Сибири, проведены впервые.

Ключевые слова: *Atraphaxis frutescens*, *A. pungens*, флавонолы, дубильные вещества, катехины, каротиноиды, пектиновые вещества, Сибирь.

Введение

На территории Сибири произрастают четыре вида рода *Atraphaxis* L. (курчавка), из которых наиболее широко распространены *A. frutescens* (L.) C. Koch. (курчавка кустарниковая) и *A. pungens* (Bieb.) Jaub. et Sprach. (курчавка колючая). *A. frutescens* – кустарник до 70 см высотой с удлиненными неколючими ветвями. Листья от узколанцетовидных до продолговато-обратнояйцевидных, заостренные, суженные в очень короткий клиновидный черешок. Цветочные кисти конечные 3–12 см длиной. Плод – орешек темно-бурый, блестящий. При плодах 3 наружных листочка околоцветника, разрастающихся до 5–6 мм в поперечнике. Растет одиночно, иногда группами в степных и полупустынных котловинах горных районов, хорошо переносит избыточное засоление почв, типичный ксерофит или ксерофит – петрофит. Распространен в Европе, Средней Азии, Монголии, Китае и Сибири. *A. pungens* отличается колючими на концах ветвями и короткими боковыми соцветиями 2–3 см длиной. Наиболее типичные условия произрастания – сухие

каменистые степи и песчаные массивы. В горы поднимается до 1400 м над ур. м. Типичный ксерофит-петрофит, олиготроф, совершенно не выносит затенения, солеустойчив. *A. pungens* произрастает в Средней Азии, Монголии, Китае, Индии, Корее и Сибири [1, 2]. В местах совместного произрастания курчавки кустарниковой и курчавки колючей встречаются переходные формы, наличие которых

Костикова Вера Андреевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник,
e-mail: serebryakova-va@yandex.ru

Банаев Евгений Викторович – доктор биологических наук, директор, e-mail: alnus2005@mail.ru

Костиков Дмитрий Константинович – инженер, аспирант, e-mail: dim.kostickov@yandex.ru

Кукушкина Татьяна Абдулхаировна – старший научный сотрудник, e-mail: kukushkina-phyto@yandex.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

некоторые исследователи связывают с процессами естественной гибридизации [1-4]. Состав и содержание биологически активных веществ в растениях *A. frutescens* и *A. pungens*, произрастающих на территории Сибири, недостаточно изучены.

Комплекс веществ, содержащихся в растениях рода *Atraphaxis*, определяют их полезные свойства. В надземных и подземных органах обнаружены флавонолы, флаваны, флавоны, антрахиноны, фенолкарбоновые кислоты и их производные, дубильные вещества, катехины, алкалоиды, стеролы [5–10]. Флавоноловые гликозиды преобладают в фенольном комплексе, выделенном из растений рода *Atraphaxis* [6]. Среди видов рода *Atraphaxis* как красильное и дубильное растение отмечены *A. frutescens*, *A. pyrifolia* Bunge и *A. spinosa* L. [11, 12]. Из листьев и плодов *A. pyrifolia* возможно получить охристую окраску [13]. Некоторые исследователи отмечают кормовую пригодность *A. frutescens* и *A. spinosa* [12, 14]. Медоносное свойство характерно для *A. pyrifolia* и *A. spinosa* [7, 11, 12].

Биологическая активность растений рода *Atraphaxis* недостаточно хорошо изучена. Однако есть данные о том, что антрахиноны, содержащиеся в *A. laetevirens* (Ledeb.) Jaub. et Spach, проявляют антибактериальную активность [15], побеги *A. frutescens* используются при диарее [16], *A. spinosa* дает манну, которая в Иране используется как противохолерическое, а также слабительное средство [17, 18]. *A. frutescens* проявляет антиоксидантную активность [19]. Из надземной части *A. spinosa* L. var. *sinaica* Bolss. выделены вещества, которые обладают цитотоксической активностью против лейкемии [8]. Благодаря алкалоидам, содержащимся в листьях, курчавка повышает кровяное давление [12]. Из видов растений рода *Atraphaxis*, наиболее богатых флавоноидами, получены препараты, обладающие антиокислительной и противоопухолевой активностью [6].

Цель работы – сравнительный анализ содержания биологически активных веществ в органах надземной части сибирских видов растений *A. frutescens* и *A. pungens* из разных мест произрастания.

Материалы и методы

Содержание БАВ в листьях, репродуктивных органах (плоды с цветками) и стеблях курчавок определяли в образцах из Новосибирской области, Алтайского края, Республик Алтай, Хакасия и Тыва, собранных в фазе конец цветения – начало плодоношения (табл. 1). Сырье собирали не менее чем с 10 растений и высушивали на воздухе в затененном месте. После сушки сырье измельчали, перемешивали и отбирали пробу для анализа.

Количественное определение флавонолов проводили по методике В.В. Беликова и М.С. Шрайбера [20], в которой использована реакция комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия. Около 0.5 г (точная навеска) измельченного сырья помещали в колбу емкостью 100 мл и исчерпывающе экстрагировали 70% этиловым спиртом, контролируя полноту экстракции реакцией с 5% раствором гидроксида натрия (до исчезновения желтой окраски), далее измеряли объем профильтрованного объединенного экстракта. Затем по 0.1 мл экстракта помещали в 2 пробирки емкостью 5 мл, прибавляли в одну пробирку 0.2 мл 2% спиртового раствора хлорида алюминия, в другую – 1–2 капли 30% уксусной кислоты и доводили объем раствора 96% спиртом до метки. Растворы перемешивали и через 40 мин измеряли оптическую плотность раствора с хлоридом алюминия на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 415 нм в кювете с толщиной слоя 1 см, используя раствор с уксусной кислотой для сравнения. Количественное содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по рутину фирмы «Chemapol».

Для определения содержания катехинов брали навеску 0.5 г сырья (точная навеска) экстрагировали 80% этиловым спиртом трижды (30, 25, 20 мл) по 30 мин на водяной бане при температуре кипения спирта. Вытяжки объединяли и измеряли объем полученного экстракта. В две пробирки отбирали аликвоту по 0.8 мл экстракта. В одну из них приливали 4 мл 1% раствора ванилина в концентрированной соляной кислоте и доводили объемы до 5 мл в обеих пробирках концентрированной соляной кислотой. Пробирку без ванилина использовали как контроль. При наличии катехинов в пробе образуется розовое, малиновое или оранжево-красное окрашивание. Через 5 мин измеряли интенсивность окрашенных растворов на СФ-26 при длине волны 504 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. Количественное содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по (\pm) – катехину фирмы «Sigma» [21].

Количественное определение танинов (гидролизуемых дубильных веществ) проводили по методике Л.М. Федосеевой [22]. Навеску сырья 2 г помещали в колбу и добавляли 250 мл очищенной воды. Экстрагировали при умеренном кипячении в течение 30 мин. Охлаждали, переносили в мерную колбу на 250 мл

и доводили водой до метки. После экстракции 10 мл извлечения переносили в мерную колбу на 100 мл, добавляли 10 мл 2% водного раствора аммония молибденовокислого. Содержимое колбы доводили до метки очищенной водой, оставляли на 15 мин. Интенсивность образовавшейся окраски измеряли на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 420 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. В качестве стандартного образца использовали ГСО танина (1 класс по ГОСТ 8.315-97).

Содержание каротиноидов определяли в ацетоново-этанольном экстракте. Навеску сырья 0.1 г растирали в ступке до однородной массы, добавляя последовательно 0.1 г углекислого кальция (для нейтрализации органических кислот, так как каротиноиды неустойчивы в кислой среде), 1 мл диметилформамида (для устойчивости пигментов) и 2 мл сернокислого натрия безводного. Экстракцию каротиноидов проводили ацетоном (40 мл – 1 раз и далее 10 мл – 2 раза), после этого экстракцию продолжали 96% этанолом (5 мл – 3 раза) для извлечения ликопина. Затем исчерпывающе, до исчезновения окраски, ацетоном. Замеряли объем объединенного экстракта [23]. Далее экстракты разбавляли ацетоном так, чтобы при измерении на спектрофотометре величина оптической плотности разбавленных растворов находилась в пределах от 0.1 до 0.8. Замеры содержания каротиноидов проводили при длинах волн 662, 644 нм (для хлорофиллов а и б) и 440,5 нм (для каротиноидов) на спектрофотометре СФ-26. Расчет концентрации каротиноидов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) проводили по формуле: $C_{\text{кар}} = 4.695 \times D_{440,5} - 0.268 \times (5.134 \times D_{662} - 20.436 \times D_{644})$, где D – оптическая плотность экстракта; $C_{\text{кар}}$ – концентрация каротиноидов, $\text{мг}/\text{дм}^3$. Содержание каротиноидов ($\text{мг}\%$) находили по формуле: $X (\text{мг}\%) = C_{\text{кар}} \times V \times V_2 \times 100 / M \times V_3 \times 1000$, где $C_{\text{кар}}$ – концентрация каротиноидов, $\text{мг}/\text{дм}^3$; V – объем исходной вытяжки, мл; V_1 – объем исходной вытяжки, взятой для разбавления, мл; V_2 – объем разбавленной вытяжки, мл; M – масса абсолютно сухого сырья, г. [24].

Пектиновые вещества (протопектины и пектины) определяли бескарбазольным методом, основанном на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде. Измельченную точную навеску сухого материала массой 2–3 г трехкратно экстрагировали горячим 80% этиловым спиртом в соотношении 1 : 10 на кипящей водяной бане с обратным холодильником 20–30 мин (для извлечения свободных углеводов, которые мешают определению пектиновых веществ) и фильтровали через бумажный фильтр в колбу. Отфильтрованную пробу высушивали при 50 °С до исчезновения запаха спирта.

Экстракция водорастворимого пектина: остаток помещали в колбу и приливали 50 мл очищенной воды, нагретой до 45 °С и экстрагировали на водяной бане в течение 1 ч. Жидкость отфильтровывали в мерную колбу на 100 мл, промывали водой и после охлаждения доводили объем до метки. *Извлечение протопектина:* остатки после извлечения водой переносили в экстракционную колбу, заливали 50 мл 0.3 н соляной кислоты и нагревали полчаса на кипящей водяной бане с обратным холодильником. Фильтровали в мерную колбу на 200 мл и промывали 2–3 раза горячей водой. Фильтр вместе с осадком возвращали в ту же экстракционную колбу, приливали 50 мл 1% раствора лимоннокислого аммония и ставили на кипящую водяную баню на полчаса. Фильтровали в колбу, где находится фильтрат солянокислой вытяжки, промывали горячей водой, после охлаждения доводили до метки. *Реакция с тимолом:* в 3 пробирки брали 0.5 мл экстракта водорастворимого пектина и протопектина и при охлаждении приливали концентрированную серную кислоту по каплям, затем пробирки нагревали 6 мин на кипящей водяной бане, охлаждали и прибавляли в 2 пробирки с экстрактом 0.1 мл 0.2% спиртового раствора тимола и тщательно перемешивали. После реакции с тимолом плотность окрашенных растворов замеряли на спектрофотометре Agilent 8453 при длине волны 480 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. Количественное содержание пектинов и протопектинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте фирмы «Merck» [24, 25].

Все биохимические показатели рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. Определения проводили в двухкратной повторности. Статистическую обработку данных осуществляли в пакете MS Excel и пакете Past с учетом общепринятых методических указаний по биологической статистике [26]. Определяли среднеарифметические значения биохимических показателей ($X_{\text{ср}}$), которые представлены в таблицах 2 и 3. Ошибка (M_x) соответствовала допустимым значениям достоверности и была крайне мала (0.007–0.01). Рассчитывали коэффициент вариации (C , %). Уровень изменчивости оценивали по эмпирической шкале С.А. Мамаева [27]. Для сравнения исследуемых видов растений по биохимическим показателям и выявления перспективных выборок с наиболее высоким содержанием ценных БАВ использовали метод главных компонент (РСА).

Таблица 1. Характеристика образцов сырья растений рода *Atraphaxis*

№ образца	Описание места сбора материала; дата сбора
<i>Atraphaxis frutescens</i>	
1	Новосибирская обл., Ордынский р-н, окр. с. Антоново, берег р. Обь; 109 м. над ур. м.; спиреево-полынно-злаковая степь; 11.07.2013 г.
2	Омская обл., Калачинский р-н, г. Калачинск, правый берег р. Омь; 85 м. над ур. м.; спиреево-полынно-злаковая степь; 05.08.2014 г.
3	Алтайский кр., Бурлинский р-н, окр. с. Петровка, берег оз. Большое Топольное; 99 м. над ур. м.; спиреево-полынно-злаковая степь; 13.07.2013 г.
4	Алтайский кр., Славгородский р-н, окр. г. Яровое, берег оз. Большое Яровое; 91 м. над ур. м.; спиреево-полынно-злаковая степь; 14.08.2015 г.
5	Алтайский край, Угловский р-н, берег оз. Большой Тассор (горько-соленое); 227 м. над ур. м.; спиреево-полынно-злаковая степь; 13.08.2015 г.
6	Респ. Хакасия, Усть-Абаканский р-н, окр. д. Камышовая, оз. Улуг-Коль (горько-соленое); 482 м. над ур. м.; караганово-полынно-злаковая степь; 06.08.2015 г.
7	Респ. Тыва, Кызылский р-н, окр. с. Кара-Хаак, лев. берег р. Большой Енисей; 665 м. над ур. м.; полынно-разнотравная степь; 28.07.2015 г.
8	Респ. Тыва, Пий-Хемский р-н, Уюкский хребет, окр. г. Кызыл, степь; 645 м. над ур. м.; караганово-полынная степь; 09.07.2014 г.
9	Респ. Тыва, Кызылский р-н, Уюкский хребет, окр. с. Эрбек, долина р. Эрбек; 640 м. над ур. м.; караганово-злаковая степь; 1.08.2015 г.
10	Респ. Тыва, Улуг-Хемский р-н, окр. с. Хайыракан, берег р. Хайыракан; 560 м. над ур. м.; караганово-полынная степь; 01.08.2015 г.
11	Респ. Тыва, Барун-Хемчикский р-н, окр. с. Шекпээр; 844 м. над ур. м.; караганово-полынно-злаковая степь; 03.08.2015 г.
<i>Atraphaxis pungens</i>	
12	Респ. Хакасия, Орджоникидзевский р-н, окр. с. Июс, гора Сундук; 447 м. над ур. м.; караганово-злаковая степь; 05.07.2014 г.
13	Респ. Хакасия, Ширинский р-н, окр. с. Фыркал, берег оз. Фыркал (пресное); 422 м. над ур. м.; караганово-злаковая степь; 05.07.2014 г.
14	Респ. Хакасия, Аскизский р-н, по трассе Ак-Довурак – Абакан (А161), между ст. Скальная и ст. Камышта; 339 м. над ур. м.; караганово-полынная степь; 06.07.2014 г.
15	Респ. Тыва, Чаа-Хольский р-н, берег Саяно-Шушенского водохранилища; 687 м. над ур. м.; спиреево-караганово-злаковая степь; 12.07.2014 г.
16	Респ. Тыва, Пий-Хемский р-н, окр. пос. Шивилиг; 923 м. над ур. м.; караганово-злаковые заросли; 26.07.2015 г.
17	Респ. Тыва, Кызылский р-н, окр. с. Кара-Хаак, лев. берег р. Большой Енисей; 665 м. над ур. м.; караганово-полынно-злаковая степь; 27.07.2015 г.
18	Респ. Тыва, Пий-Хемский р-н, Уюкский хребет, окр. г. Кызыл, берег р. Енисей; 645 м. над ур. м.; караганово-злаковая степь; 09.07.2014 г.
19	Респ. Тыва, Кызылский р-н, окр. п. Сукпак, вдоль дороги Кызыл – Шагонар; 624 м. над ур. м.; караганово-злаковая степь; 10.07.2014 г.
20	Респ. Тыва, Тандинский район, левый берег р. Элегест, отроги Восточного Тану-Ола; 791 м. над ур. м.; караганово-полынно-злаковая степь; 10.07.2014 г.
21	Респ. Тыва, Эрзинский р-н, в 20 – ти км от с. Эрзин; 1062 м. над ур. м.; спиреево-злаковая степь; 29.07.2015 г.
22	Респ. Тыва, Барун-Хемчикский р-н, окр. с. Шекпээр; 844 м. над ур. м.; спиреево-злаковая степь; 03.08.2015 г.
23	Респ. Алтай, Кош-Агачский р-н, окр. с. Кокоря, урочище Кызылшин, правый берег р. Чуя, в 2-х км севернее п. Кокоря; 1948 м. над ур. м.; караганово-злаковая степь; 03.08.2015 г.

Результаты и обсуждение

Впервые на территории Сибири проведено сравнительное изучение содержания биологически активных веществ в листьях, репродуктивных органах и стеблях *A. frutescens* и *A. pungens* из 23 природных популяций Сибири.

Фитохимическое изучение растений рода *Atraphaxis* выявило, что надземные органы растений содержат ценные БАВ: флавонолы, катехины, дубильные вещества, каротиноиды и пектиновые вещества (пектины и протопектины) (табл. 2 и 3).

Таблица 2. Содержание биологически активных веществ в надземных органах *A. frutescens*, произрастающего в Сибири (в пересчете на абсолютно сухое сырье)

№ образца	Орган	Флавонолы, %	Дубильные вещества, %	Катехины, %	Каротиноиды, мг %	Пектины, %	Протопектины, %
1	р.о.	3.02	9.99	1.08	23.75	0.45	3.17
	л	3.63	13.81	0.33	146.81	0.53	2.79
	ст	2.39	1.47	0.23	7.73	0.43	2.13
2	р.о.	3.36	15.58	0.92	19.59	1.79	5.97
	л	2.08	16.91	0.44	251.92	3.15	5.70
	ст	0.68	4.71	0.45	2.11	0.85	4.08
3	р.о.	2.63	9.64	1.08	12.08	0.59	3.59
	л	3.60	15.25	0.20	37.33	0.82	4.74
	ст	0.53	2.45	0.22	4.10	0.73	4.27
4	р.о.	5.65	20.50	2.14	30.50	1.67	6.45
	л	3.19	19.57	0.44	163.09	0.75	4.30
	ст	0.53	2.27	0.32	8.84	0.72	2.33
5	р.о.	2.90	25.67	2.77	22.28	1.77	6.30
	л	2.24	14.50	0.50	72.56	0.82	5.20
	ст	0.81	4.87	0.91	8.76	1.17	3.24
6	р.о.	4.05	16.49	3.21	19.09	1.43	4.27
	л	2.54	16.62	0.19	131.65	3.41	3.95
	ст	0.67	2.86	0.42	9.16	0.95	2.73
7	р.о.	2.39	19.15	3.71	28.89	1.15	4.11
	л	1.02	22.22	0.30	183.79	2.55	4.17
	ст	0.52	3.03	0.41	5.95	1.15	2.65
8	р.о.	3.92	19.53	3.78	28.92	0.73	6.56
	л	1.74	16.30	0.33	152.44	0.90	7.00
	ст	0.77	5.21	0.56	11.65	0.82	5.43
9	р.о.	2.40	14.88	2.42	29.06	0.82	4.56
	л	1.25	12.07	0.18	123.15	0.74	4.93
	ст	0.62	3.58	0.36	8.70	0.74	3.05
10	р.о.	3.58	16.27	2.85	29.40	0.75	3.78
	л	1.55	22.25	0.34	241.42	0.57	4.29
	ст	0.47	3.23	0.37	–	0.46	1.81
11	р.о.	3.27	15.57	3.19	22.73	0.78	2.75
	л	1.48	19.87	0.25	273.14	0.77	4.64
	ст	0.84	5.12	0.65	9.49	0.77	4.01

Примечание. р.о. – репродуктивные органы; л. – лист; ст. – стебель; «–» – эксперимент не проводился.

Анализ содержания БАВ в отдельных органах *A. frutescens* показал, что более высоким содержанием флавонолов (до 5.65% – в репродуктивных органах и до 3.63% – в листьях), дубильных веществ (до 25.67% и до 22.25% соответственно), пектинов (до 1.79% и до 3.41%), протопектинов (до 6.56 и до 7%) характеризуются листья и (или) репродуктивные органы, каротиноидов – листья (до 273.14 мг%), катехинов – репродуктивные органы (до 3.78%) (табл. 2). Распределение веществ в надземных органах *A. pungens* несколько иное, чем у *A. frutescens*: более высоким содержанием флавонолов (до 7.32% – в репродуктивных органах и до 10.1% – в листьях), дубильных веществ (до 34.30% и до 27.27%, соответственно), катехинов (до 3.46% и до 3.92%), протопектинов (до 11.29% и до 7.96%) характеризуются листья и (или) репродуктивные органы, каротиноидов – листья (до 172.90%), пектинов – репродуктивные органы (до 2.63%) (табл. 3).

Г.И. Высочинной [9] выявлено, что содержание флавоноидов у растений рода *Atraphaxis* значительно варьирует. В соцветиях курчавки кустарниковой обнаружено до 3.16% и в листьях до 3.39% флавоноидов. Нами выявлено, что в репродуктивных органах *A. frutescens* содержание такой высокоактивной группы флавоноидов, как флавонолы (2.39–5.65%) практически в два раза больше, чем в листьях и стеблях (табл. 2). Популяция курчавки кустарниковой в окр. г. Яровое выделяется наиболее высоким содержанием флавонолов в репродуктивных органах (5.65%). Следует также отметить, что растения *A. frutescens* из некоторых популяций (окр. с. Антоново, окр. с. Петровка и окр. г. Яровое) содержат достаточно высокое количество флавонолов не только в репродуктивных органах, но и в листьях. Содержание флавонолов в листьях курчавки кустарниковой колеблется от 1.02% до 3.63%. В листьях этого вида ранее обнаружены сво-

бодные агликоны флавонолов – кверцетин, кемпферол, а также гликозиды кверцетина, кемпферола и мирицетина [5, 6, 28–30]. Отмеченные популяции растений с высоким содержанием флавонолов произрастают преимущественно в спиреево-полынно-злаковых степях южных районов Западно-Сибирской равнины на высоте 85–227 м. н. у. м.

Содержание флавонолов у *A. pungens* выше, чем у *A. frutescens*, и достигает в репродуктивных органах 7.32%, а в листьях – 10.1% (табл. 3). Выделяются по этому показателю растения из окр. г. Кызыл, в которых содержание флавонолов в листьях (10.1%) самое высокое, тогда как в остальных популяциях их содержание достигает 5.56%. Высокое содержание флавонолов в листьях и репродуктивных органах обнаружено также в растениях, произрастающих в Респ. Хакассия (образцы №12–13) в караганово-злаковых или караганово-полынных степях гор Южной Сибири на высоте 339–447 м. н. у. м. М.К. Кукунов и В.П. Михайлова [31] выявили в листьях курчавки колючей до 20.6% флавоноидов, причем наибольшее их содержание приходится на фазу цветения. В надземной части курчавки колючей обнаружены флавонолы кверцетин, кемпферол и их гликозиды [6, 9].

Таблица 3. Содержание биологически активных веществ в надземных органах *A. pungens*, произрастающего в Сибири (в пересчёте на абсолютно сухое сырье)

№ образца	Орган	Флавонолы, %	Дубильные вещества, %	Катехины, %	Каротиноиды, мг%	Пектины, %	Протопектины, %
12	р.о.	7.32	34.30	3.46	53.11	2.63	11.29
	л	4.71	20.54	2.53	144.45	1.03	7.96
	ст	0.62	4.61	0.84	10.06	0.41	2.84
13	р.о.	2.77	14.68	0.74	83.48	1.00	5.05
	л	5.56	21.81	3.92	172.90	0.55	7.55
	ст	0.66	5.00	0.74	8.14	0.66	3.09
14	р.о.	4.72	21.73	0.89	78.99	1.63	6.79
	л	3.27	13.06	0.77	133.79	0.56	4.24
	ст	1.29	7.93	0.82	12.85	0.63	3.30
15	р.о.	2.21	11.50	0.82	26.90	0.99	4.43
	л	3.42	15.66	0.27	82.57	0.73	4.60
	ст	0.60	4.12	0.76	1.30	0.49	2.67
16	р.о.	3.21	13.06	0.61	72.06	1.38	4.90
	л	3.56	15.70	0.84	158.67	0.58	5.31
	ст	0.46	3.17	0.69	14.88	0.66	1.67
17	р.о.	3.40	11.76	0.47	25.85	1.98	4.70
	л	3.85	12.95	0.31	136.28	0.61	4.68
	ст	0.45	2.19	0.57	10.73	1.01	1.58
18	р.о.	–	–	–	–	–	–
	л	10.10	27.27	0.39	151.98	0.63	5.45
	ст	0.67	3.88	0.20	11.56	0.51	2.10
19	р.о.	3.14	15.15	0.94	26.04	1.41	5.87
	л	2.88	11.70	0.95	86.48	0.51	4.95
	ст	0.54	3.72	0.40	10.08	0.99	2.99
20	р.о.	3.51	17.56	1.68	19.05	1.58	4.89
	л	2.25	11.01	0.28	54.01	0.64	4.79
	ст	0.54	2.51	0.58	7.66	0.51	2.11
21	р.о.	3.66	17.14	0.92	39.80	2.48	5.52
	л	2.43	12.11	0.56	94.20	0.55	4.39
	ст	0.43	3.01	0.42	7.28	0.62	1.77
22	р.о.	2.87	14.96	0.89	61.79	1.89	5.46
	л	3.72	16.84	0.88	159.17	0.86	2.70
	ст	0.59	5.21	0.81	9.08	0.83	3.81
23	р.о.	3.32	17.29	0.76	29.24	1.52	4.73
	л	3.26	12.00	0.27	66.20	0.75	4.65
	ст	0.84	2.41	0.36	7.56	0.88	1.96

Примечание: р.о. – репродуктивные органы; л – лист; ст – стебель; «–» – эксперимент не проводился.

Содержание катехинов в репродуктивных органах более высокое у *A. frutescens* и достигает 3.78%, в листьях содержится очень мало катехинов (до 0.50%). Наиболее высокие показатели содержания катехинов у растений, произрастающих в караганово-полынных или караганово-злаковых степях гор Южной Сибири на высоте 482–844 м. н. у. м. (№6–11). У *A. pungens* в листьях (до 3.92%) и репродуктивных органах (до 3.46%) содержание катехинов примерно одинаковое. Наибольшим их содержанием характеризуются растения курчавки кустарниковой из Респ. Хакассия, произрастающие в караганово-злаковых степях.

Содержание дубильных веществ у *A. frutescens* более высокое в репродуктивных органах (9.64–25.67%) и листьях (12.07–22.25%), по сравнению со стеблями (1.47–5.21%). Наиболее высокие показатели выявлены у растений из Алтайского края, произрастающих в спиреево-полынно-злаковых степях и у растений из Респ. Тыва, произрастающих в полынно-разнотравных или караганово-злаковых степях. Содержание дубильных веществ у *A. pungens* выше, чем у *A. frutescens* и достигает в репродуктивных органах 34.30%, а в листьях – 27.27%. Выделяются по этому показателю растения из респ. Хакассия и респ. Тыва, произрастающие в караганово-злаковых степях.

Содержание каротиноидов в листьях *A. frutescens* (до 273.14 мг%) практически в девять раз превышает их содержание в репродуктивных органах (до 30.50%). В листьях *A. pungens* (до 172.90%), как и у *A. frutescens*, содержание каротиноидов более высокое, чем в репродуктивных органах (до 83.48%).

В листьях *A. frutescens* содержание пектинов (до 3.41%) и протопектинов (до 7%) немного выше, чем в репродуктивных органах (до 1.79% пектинов и до 6.56% – протопектинов). Содержание пектинов у *A. pungens*, в отличие от *A. frutescens*, в 2 раза выше в репродуктивных органах (до 2.63%) по сравнению с листьями (до 1.03%) и стеблями (до 1.01%). Содержание протопектинов у курчавки колючей практически в полтора раза выше в репродуктивных органах (до 11.29%), чем в листьях (до 7.96%).

В стеблях курчавок содержание БАВ небольшое. Однако некоторые вещества содержатся в достаточном количестве – протопектины (до 5.43% – у *A. frutescens* и до 3.81% – у *A. pungens*) и дубильные вещества (до 5.21 и 7.93% соответственно).

Исследование содержания всех БАВ в органах курчавок методом главных компонент показало, что два вида образуют единое облако в системе координат, но происходит некоторое смещение двух видов в разные полюса облака (рис. 1). Первая компонента положительно коррелирует с содержанием катехинов, протопектинов в листьях, флавонолов, дубильных веществ, каротиноидов и протопектинов в репродуктивных органах. Больше всего этих веществ содержится в надземных органах *A. pungens* из Респ. Хакассия (популяции № 12, 13 и 14). Эти популяции выделяются от всех остальных и менее всего сходны по содержанию БАВ с *A. frutescens*. Тывинские же популяции *A. pungens* (№15–22) и популяция из Респ. Алтай (№23) более близки к *A. frutescens*. Вторая компонента положительно коррелирует с содержанием пектинов в листьях, катехинов в репродуктивных органах, пектинов и протопектинов в стеблях. Содержание этих веществ более высокое у *A. frutescens* из Тывинских популяций (№7, 8 и 11), популяций из Респ. Хакассия (№6) и Омской области (№2). Эти популяции больше всего отличаются по содержанию веществ от *A. pungens*. Алтайские популяции *A. frutescens* (№3–5) и некоторые Тывинские популяции (№9 и 10) более близки к *A. pungens*. Обособленное положение занимает популяция *A. frutescens* из Новосибирской области (№1), которая отличается самым высоким содержанием флавонолов в стеблях растений (2.39%), хотя другие показатели БАВ не очень высоки. Возможно, это обусловлено тем, что популяция произрастает на краю ареала вида. Ранее выявлена меньшая изменчивость морфологических признаков растений курчавки кустарниковой в популяциях, расположенных на краю ареала вида – в Новосибирской и Омской областях по сравнению с растениями из Алтайского края и Респ. Тыва. Это свидетельствует о ксерофитной природе курчавки. В менее жестких условиях обитания, в лесостепи, растения *A. frutescens* формируют более длинные листовые пластинки, более широкие соцветия, у них больше размеры орешка и внутреннего лепестка околоцветника. Минимальные значения некоторых признаков *A. frutescens* из Новосибирской области, практически, соответствуют максимальным у растений из популяций Алтайского края и Респ. Тыва. По ряду показателей (например, по ширине листовой пластинки и длине орешка) лимиты не пересекаются вовсе [32].

Анализ межпопуляционной изменчивости содержания вторичных метаболитов показал, что практически все изученные вещества у *A. frutescens* и *A. pungens* имеют высокую или очень высокую изменчивость (рис. 2). Среднюю изменчивость содержания имеют только дубильные вещества (19%) в листьях *A. frutescens*. У *A. pungens* сильно изменчиво содержание катехинов в листьях и репродуктивных органах, каротиноидов в репродуктивных органах и флавонолов в листьях, у *A. frutescens* – пектинов в репродук-

тивных органах и листьях, каротиноидов в листьях и стеблях и флавонолов в стеблях. Содержание практически всех БАВ в листьях и репродуктивных органах более изменчиво у *A. pungens*, кроме пектинов в листьях и репродуктивных органах, а также каротиноидов в листьях. В стеблях же наоборот изменчивость содержания всех веществ выше у *A. frutescens* (29–67%), либо находится практически на одном уровне с изменчивостью содержания веществ у второго вида (29–40%). Возможно, различия в изменчивости содержания БАВ в разных органах у курчавок имеют видовое значение.

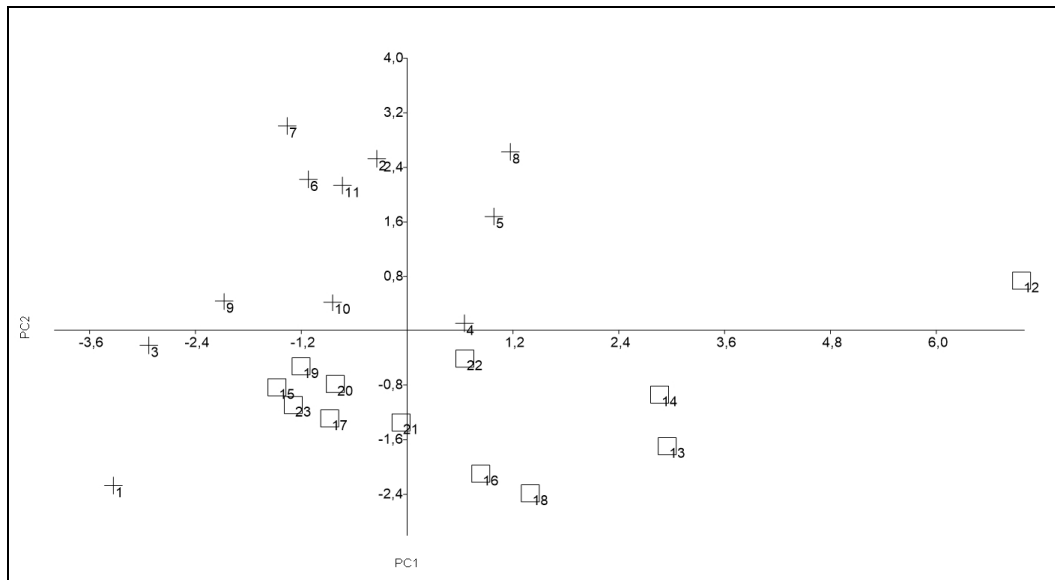


Рис. 1. Распределение образцов *A. frutescens* (+) и *A. pungens* (□) в пространстве I (27%) и II (17%) главных компонент по содержанию БАВ в органах надземной части

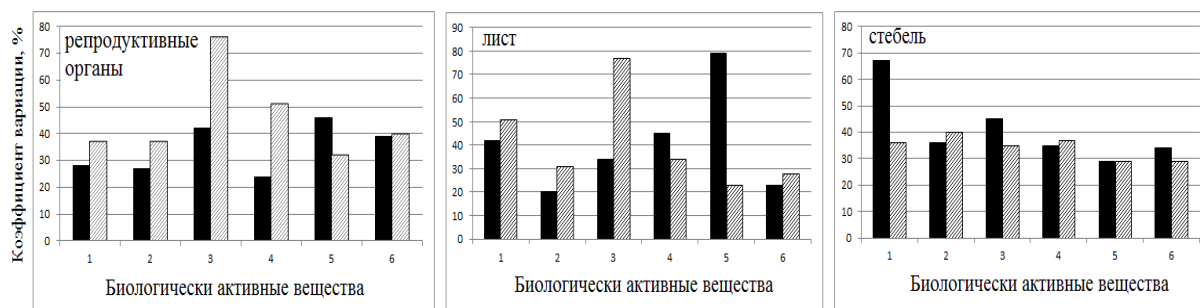


Рис. 2. Межпопуляционная изменчивость содержания БАВ в надземных органах *A. frutescens* – ■ и *A. pungens* – ▨. По вертикали – коэффициент вариации, %; по горизонтали – биологически активные вещества: 1 – флавонолы, 2 – дубильные вещества, 3 – катехины, 4 – каротиноиды, 5 – пектины, 6 – протопектины

Заключение

Растения сибирских видов *Atraphaxis frutescens* и *A. pungens* представляют определенный интерес для медицины, так как содержат комплекс биологически активных веществ. Сравнительное фитохимическое изучение растений курчавок показало, что у *A. frutescens* более высокое содержание флавонолов, дубильных веществ, пектинов, протопектинов в листьях или репродуктивных органах, каротиноидов – в листьях, катехинов – в репродуктивных органах. В надземных органах *A. pungens* распределение веществ несколько иное, чем у *A. frutescens*: более высоким содержанием флавонолов, дубильных веществ, катехинов, протопектинов характеризуются листья или репродуктивные органы, каротиноидов – листья, пектинов – репродуктивные органы.

В листьях и репродуктивных органах *A. pungens* содержание флавонолов (до 7.32% – в репродуктивных органах и до 10.10% – в листьях), дубильных веществ (до 34.30 и 27.27%, соответственно) и прото-

пектинов (до 11.29 и 7.96%), а также в листьях – катехинов (до 3.92%) и в репродуктивных органах – пектинов (до 2.63%) и каротиноидов (до 83.48 мг%) более высокое, чем у *A. frutescens*. Содержание катехинов в репродуктивных органах (до 3.78%) и в листьях – каротиноидов (до 273.14 мг%) выше у *A. frutescens*, по сравнению с *A. pungens*.

Более близкими по содержанию вторичных метаболитов оказались популяции *A. pungens*, произрастающие в Респ. Тыва и Респ. Алтай и популяции *A. frutescens* из Алтайского края и Респ. Тыва. Популяции *A. pungens*, произрастающие в караганово-злаковых или караганово-полынных степях Респ. Хакасии, перспективны с практической точки зрения, так как отличаются высоким содержанием катехинов и протопектинов – в листьях, флавонолов, дубильных веществ, каротиноидов и протопектинов – в репродуктивных органах. Самое высокое содержание пектинов – в листьях, катехинов – в репродуктивных органах, пектинов и протопектинов – в стеблях у *A. frutescens* из некоторых Тывинских популяций, а также популяций из Респ. Хакасия и Омской области.

Содержание БАВ у *A. frutescens* и *A. pungens* в Сибири очень изменчиво. Более высокая изменчивость содержания БАВ в листьях и репродуктивных органах у *A. pungens*, в стеблях – у *A. frutescens*.

Список литературы

1. Кашина Л.И. Род *Atraphaxis* L. – Курчавка // Флора Сибири. Новосибирск, 1992. Т. 5. С. 108–109.
2. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск, 2002. 707 с.
3. Bao B.-J., Li A.-J. A study of the genus *Atraphaxis* in China and the system of *Atraphaxideae* (*Polygonaceae*) // *Acta Phytotaxonomica Sinica*. 1993. N31 (2). Pp. 127–139.
4. Ловелиус О.Л. Систематический обзор рода *Atraphaxis* L. (*Polygonaceae*) // *Новости систематики высших растений*. 1978. Т. 15. С. 114–128.
5. Чумбалов Т.К., Омуркамзинова В.Б. Полифенолы *Atraphaxis frutescens*. III. // *Химия природ. соединений*. 1975. №3. С. 424.
6. Омуркамзинова В.Б. Фенольные соединения некоторых растений рода *Atraphaxis* L.: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Алма-Ата, 1978. 22 с.
7. Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Magnoliaceae–Limoniaceae*. Л., 1984. 460 с.
8. El-Gamal A.A., Takeya K., Itokawa H., Halim A.F., Amer M.M., Saad H.-E.A., Awad S.A. Studies on the chemical constituents of *Atraphaxis spinosa* L. var. *sinaica* Boiss // *Natural Medicines*. 1994. Vol. 48 (4). Pp. 304–306.
9. Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных. Новосибирск, 2004. 240 с.
10. Nakano H., Kosemura S., Mamonov L.K., Cantrell Ch.L. 8-O-acetyl-7-O-methylgossypetin from *Atraphaxis laetevirens* // *Chemistry of Natural Compounds*. 2016. Vol. 52. N1. Pp. 127–129.
11. Павлов Н.В. Растительное сырье Казахстана (Растения: их вещества и использование). М.; Л., 1947. 550 с.
12. Аллаяров И. Полезные дикорастущие растения Северо-Западного Узбекистана // *Распространение и природные запасы полезных растений Узбекистана*. 1974. Вып. 1. С. 76–162.
13. Шукуров А.Ш., Станюкович М.Б. Основные красильные растения Таджикистана // *Известия АН ТаджССР. Отделение биологических наук*. 1972. Т. 2. №47. С. 19–24.
14. Ларин И.В., Агабабян Ш.М., Работнов Т.А., Любская А.Ф., Ларина В.К., Касименко М.А. и др. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. Л.; М., 1951. Т. 2. 948 с.
15. Nakano H., Schrader K.K., Mamonov L.K., Kustova T.S., Mursaliyeva V.K., Cantrell C.L. Isolation and Identification of Flavobacterium columnare and Streptococcus iniae Antibacterial Compounds from the Terrestrial Plant *Atraphaxis laetevirens* // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. Vol. 60. Pp. 10415–10419.
16. Беглянова М.И., Опарин С.В. Некоторые алкалоидоносные растения Красноярского края // *Ученые записки Красноярского педагогического института*. 1959. Т. 15. С. 117–127.
17. Роллов А.Х. Дикорастущие растения Кавказа, их распространение, свойства и применение. Тифлис, 1908. 599 с.
18. Harrison S.G. *Manna and Its Sources* // *Kew Bulletin*. 1950. Vol. 5. N3. Pp. 407–417.
19. Костикова В.А., Шалдаева Т.М., Костиков Д.К. Изучение антиоксидантной активности *Atraphaxis frutescens* (L.) С. Koch, произрастающего в Сибири // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2014. №4. С. 51–52.
20. Беликов В.В. Методы анализа флавоноидных соединений // *Фармация*. 1970. №1. С. 66–72.
21. Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных препаратов природного происхождения // *Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: материалы VII Международного съезда*. СПб., 2003. С. 64–69.
22. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia Crassifolia* (L.) Fitch.), произрастающего на Алтае // *Химия растительного сырья*. 2005. №2. С. 45–50.
23. Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта, 1982. 21 с.

24. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 429 с.
25. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // Труды Никитского ботанического сада. 1989. Т. 109. С. 128–137.
26. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. М., 1990. 296 с.
27. Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Индивидуальная эколого-географическая изменчивость растений. 1975. Вып. 94. С. 3–14.
28. Чумбалов Т.К., Омуркамзинова В.Б. Полифенолы *Atraphaxis frutescens* // Химия природных соединений. 1971. №1. С. 120.
29. Костикова В.А., Кукушкина Т.А., Костиков Д.К. Фитохимическое изучение *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch, произрастающего в Сибири // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. №4(15). С. 27–32.
30. Чумбалов Т.К., Мухамедьярова М.М., Омуркамзинова В.Б. Полифенолы некоторых видов курчавок Казахстана // Сборник работ по химии. 1973. Вып. 3. С. 54–57.
31. Кукенов М.К., Михайлова В.П. Динамика накопления флавоноидов у интродуцированных представителей семейства гречишных // Труды института ботаники АН КАЗССР. 1971. Т. 29. С. 139–147.
32. Костиков Е.В., Банаев Е.В. Изменчивость морфологических признаков *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. №2. С. 101–113.

Поступило в редакцию 15 июля 2017 г.

После переработки 30 ноября 2017 г.

Для цитирования: Костикова В.А., Банаев Е.В., Костиков Д.К., Кукушкина Т.А. Сравнительное изучение содержания биологически активных веществ в надземных органах *Atraphaxis Frutescens* и *A. Pungens* (Polygonaceae), произрастающих в Сибири // Химия растительного сырья. 2018. №2. С. 77–87. DOI: 10.14258/ICPRM.2018022714

*Kostikova V.A.**, *Banaev E.V.*, *Kostikov D.K.*, *Kukushkina T.A.* COMPARATIVE STUDY OF THE CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN THE ABOVEGROUND ORGANS OF *ATRAPHAXIS FRUTESCENS* AND *A. PUNGENS* (POLYGONACEAE), GROWING IN SIBERIA

Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Zolotodolinskaya, 101, Novosibirsk, 630090 (Russia), e-mail: serebryakova-va@yandex.ru

The results of comparative study of the content of the biologically active substances in the aboveground organs of *Atraphaxis frutescens* (L.) C. Koch. and *A. pungens* (Bieb.) Jaub. et Spach. are presented. It is established that plants contain a rich complex of biologically active substances: flavonols, tannins, catechins, carotenoids, pectin substances. The leaves and the reproductive organs of the *Atraphaxis* differ in the highest content of all substances. Almost on all biochemical indices aboveground organs *A. pungens* surpass in *A. frutescens*. In leaves and reproductive organs of *A. pungens* the content of flavonols (up to 7.32% – in reproductive organs and up to 10.10% – in leaves), tannins (up to 34.30% and 27.27%, respectively) and protopectins (up to 11.29 and 7.96%), and also in leaves – catechins (up to 3.92%) and in reproductive organs – pectins (up to 2.63%) and carotenoids (up to 83.48 mg%) higher than at *A. frutescens*. The content of catechins in the reproductive organs (up to 3.78%) and in leaves – carotenoids (up to 273.14 mg%) is higher in *A. frutescens*. Populations of *Atraphaxis* perspective for further pharmacological researches are allocated. Researches of biologically active substances *A. frutescens* and *A. pungens* growing in Siberia are spent for the first time.

Keywords: *Atraphaxis frutescens*, *A. pungens*, flavonols, tannins, catechins, carotenoids, pectin substances, Siberia.

References

1. Kashina L.I. *Flora Sibiri*. [Flora of Siberia]. Novosibirsk, 1992, vol. 5, pp. 108–109. (in Russ.).
2. Koropachinskii I.Iu., Vstovskaia T.N. *Drevesnye rasteniia Aziatskoi Rossii*. [Woody plants of Asian Russia]. Novosibirsk, 2002, 707 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

3. Bao B.-J., Li A.-J. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1993, no. 31 (2), pp. 127–139.
4. Lovelius O.L. *Novosti sistematiki vysshikh rastenii*, 1978, vol. 15, pp. 114–128. (in Russ.).
5. Chumbalov T.K., Omurkamzinova V.B. *Khimiia prirodnikh soedinenii*, 1975, no. 3, pp. 424. (in Russ.).
6. Omurkamzinova V.B. *Fenol'nye soedineniia nekotorykh rastenii roda Atraphaxis L.: avtoref. dis. ... kand. khim. nauk*. [Phenolic compounds of some plants of the genus *Atraphaxis* L.: avtoref. dis. ... cand. chem. science]. Alma-Ata, 1978, 22 p. (in Russ.).
7. *Rastitel'nye resursy SSSR: tsvetkovye rasteniia, ikh khimicheskii sostav, ispol'zovanie. Semeistva Magnoliaceae–Limoniaceae*. [Plant resources of the USSR: flowering plants, their chemical composition, use. Families of Magnoliaceae-Limoniaceae]. Leningrad, 1984, 460 p. (in Russ.).
8. El-Gamal A.A., Takeya K., Itokawa H., Halim A.F., Amer M.M., Saad H.-E.A., Awad S.A. *Natural Medicines*, 1994, vol. 48 (4), pp. 304–306.
9. Vysochina G.I. *Fenol'nye soedineniia v sistematike i filogenii semeistva grechishnykh*. [Phenolic compounds in the taxonomy and phylogeny of the buckwheat family]. Novosibirsk, 2004, 240 p. (in Russ.).
10. Nakano H., Kosemura S., Mamonov L.K., Cantrell Ch.L. *Chemistry of Natural Compounds*, 2016, vol. 52, no. 1, pp. 127–129.
11. Pavlov N.V. *Rastitel'noe syr'e Kazakhstana (Rasteniia: ikh veshchestva i ispol'zovanie)*. [Vegetable raw materials of Kazakhstan (Plants: their substances and use)]. Moscow; Leningrad, 1947, 550 p. (in Russ.).
12. Allaiarov I. *Rasprostraneniie i prirodnye zapasy poleznykh rastenii Uzbekistana*, 1974, no. 1, pp. 76–162. (in Russ.).
13. Shukurov A.Sh., Staniukovich M.B. *Izvestiia AN TadzhSSR. Otdelenie biologicheskikh nauk*, 1972, vol. 2, no. 47, pp. 19–24. (in Russ.).
14. Larin I.V., Agababian Sh.M., Rabotnov T.A., Liubskaiia A.F., Larina V.K., Kasimenko M.A. i dr. *Kormovye rasteniia senokosov i pastbishch SSSR*. [Forage plants of hayfields and pastures of the USSR]. Leningrad; Moscow, 1951, vol. 2, 948 p. (in Russ.).
15. Nakano H., Schrader K.K., Mamonov L.K., Kustova T.S., Mursaliyeva V.K., Cantrell C.L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, vol. 60, pp. 10415–10419.
16. Beglianova M.I., Oparin S.V. *Uchenye zapiski Krasnoarskogo pedagogicheskogo instituta*, 1959, vol. 15, pp. 117–127. (in Russ.).
17. Rollov A.Kh. *Dikorastushchie rasteniia Kavkaza, ikh rasprostraneniie, svoistva i primeneniie*. [Wild plants of the Caucasus, their distribution, properties and applications]. Tiflis, 1908, 599 p. (in Russ.).
18. Harrison S.G. *Kew Bulletin*, 1950, vol. 5, no. 3, pp. 407–417.
19. Kostikova V.A., Shaldaeva T.M., Kostikov D.K. *Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmatsevticheskoi khimii*, 2014, no. 4, pp. 51–52. (in Russ.).
20. Belikov V.V. *Farmatsiia*, 1970, no. 1, pp. 66–72. (in Russ.).
21. Kukushkina T.A., Zikov A.A., Obukhova L.A. *Aktual'nye problemy sozdaniia novykh lekarstvennykh pre-paratov prirodnogo proiskhozhdeniia: materialy VII Mezhdunarodnogo s"ezda*. [Actual problems of creating new drugs of natural origin: materials of the VII International Congress]. St. Petersburg, 2003, pp. 64–69. (in Russ.).
22. Fedoseeva L.M. *Khimiia Rastitel'nogo Syr'ya*, 2005, no. 2, pp. 45–50. (in Russ.).
23. Kriventsov V.I. *Metodicheskie rekomendatsii po analizu plodov na biokhimicheskii sostav*. [Methodical recommendations on the analysis of fetuses on the biochemical composition]. Ialta, 1982, 21 p. (in Russ.).
24. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Iarosh N.P. i dr. *Metody biokhimicheskogo issledovaniia rastenii*. [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, 1987, 429 p. (in Russ.).
25. Kriventsov V.I. *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1989, vol. 109, pp. 128–137. (in Russ.).
26. Zaitsev G.N. *Matematika v eksperimental'noi botanike*. [Mathematics in experimental botany]. Moscow, 1990, 296 p. (in Russ.).
27. Mamaev S.A. *Individual'naia ekologo-geograficheskaiia izmenchivost' rastenii*, 1975, no. 94, pp. 3–14. (in Russ.).
28. Chumbalov T.K., Omurkamzinova V.B. *Khimiia prirodnikh soedinenii*, 1971, no. 1, p. 120. (in Russ.).
29. Kostikova V.A., Kukushkina T.A., Kostikov D.K. *Izvestiia vuzov. Prikladnaia khimiia i biotekhnologiiia*, 2015, no. 4(15), pp. 27–32. (in Russ.).
30. Chumbalov T.K., Mukhamed'iarova M.M., Omurkamzinova V.B. *Sbornik rabot po khimii*, 1973, no. 3, pp. 54–57. (in Russ.).
31. Kukenov M.K. i Mikhailova V.P. *Trudy instituta botaniki AN KAZSSR*, 1971, vol. 29, pp. 139–147. (in Russ.).
32. Kostikov E.V., Banaev E.V. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2016, vol. 18, no. 2, pp. 101–113. (in Russ.).

Received July 15, 2017

Revised November 30, 2017

For citing: Kostikova V.A., Banaev E.V., Kostikov D.K., Kukushkina T.A. *Khimiia Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 2, pp. 77–87. (in Russ.). DOI: 10.14258/JCPRM.2018022714

