

УДК 581.192:582.929

СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *AGASTACHE* CLAYTON EX GRON. В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

© М.А. Лебедева^{1*}, Т.А. Кукушкина¹, Т.А. Воробьева², Т.М. Шалдаева¹, Е.П. Храмова¹

¹ Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская,
101, Новосибирск, 630090, Россия, MarinaMyadelets@yandex.ru

² Ботанический сад УрО РАН, ул. 8 Марта, 202а, Екатеринбург, 620144,
Россия

Определено суммарное содержание биологически активных веществ (флавонолов, катехинов, дубильных веществ, пектинов, протопектинов, каротиноидов, сапонинов) в надземных органах *Agastache rugosa*, *A. foeniculum*, *A. urticifolia*, *A. mexicana* в зависимости от фенологической фазы развития в условиях интродукции Ботанического сада Уральского отделения РАН. Содержание флавонолов (3–6%), катехинов (105–190 мг%) и протопектинов (4–8%) в листьях и соцветиях сопоставимо, концентрация дубильных веществ (7–16%) к периоду массового цветения – начало плодоношения в листьях в два раза выше, чем в соцветиях, пектинов (0.2–0.6%) – заметно выше в соцветиях к периоду цветения, по суммарному содержанию сапонинов (8–29%) достоверные отличия отмечены только для листьев (13%) и соцветий (29%) *A. mexicana* в период массовой бутонизации – начало цветения, каротиноидов в листьях (130–184 мг%) значительно больше, чем в соцветиях (14–18 мг%). Максимальные значения суммарного содержания антиоксидантов фенольного типа (ССА) наблюдаются для листьев (до 2.59 мг/г) в период массового цветения – начало плодоношения. Наибольший вклад в ССА исследуемых видов растений вносят катехины ($r=0.69$) и дубильные вещества ($r=0.63$). Суммарное содержание антиоксидантов фенольного типа в течение двух вегетационных периодов в сырье исследуемых видов рода *Agastache* достоверно не отличаются ($p<0.05$). Наибольшими значениями ССА характеризуются листья, вместе с тем достоверные отличия в ССА между листьями и соцветиями установлены только для *A. foeniculum*. Растения наиболее богаты исследуемыми группами БАВ в период цветения.

Ключевые слова: *Agastache rugosa*, *A. foeniculum*, *A. urticifolia*, *A. mexicana*, фенологические фазы развития, биологически активные вещества, антиоксидантная активность.

Для цитирования: Лебедева М.А., Кукушкина Т.А., Воробьева Т.А., Шалдаева Т.М., Храмова Е.П. Содержание биологически активных веществ и антиоксидантные свойства некоторых видов рода *Agastache* Clayton ex Gron. в течение вегетационного периода // Химия растительного сырья. 2024. №4. С. 305–315. DOI: 10.14258/jcprm.20240412571.

Введение

Род *Agastache* Clayton ex Gron. – многоколосник (сем. *Lamiaceae*) распространен в Северной Америке и Юго-Восточной Азии, включает 21 вид многолетних ароматических травянистых растений [1], из которых на территории России встречается только *A. rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze, произрастающий на Дальнем Востоке [2]. Виды рода *Agastache* (*A. rugosa*, *A. mexicana*, *A. foeniculum*, *A. urticifolia*) широко используются в народной медицине Восточной Азии, Северной Америки для повышения иммунитета, восстановления сил после нервных расстройств, при воспалительных заболеваниях и спазмах желудочно-кишечного тракта [3–5]. В связи с этим проводятся исследования возможности интродукции представителей рода *Agastache* в различные регионы России [6–8].

Фитохимический профиль изученных на сегодняшний день видов *Agastache* в целом похож и состоит из двух основных классов вторичных метаболитов – фенилпропаноиды и терпеноиды [5]. Большинство опубликованных исследований сосредоточено на анализе эфирного масла [9–13]. Наиболее изученными

* Автор, с которым следует вести переписку.

видами являются *A. rugosa*, в всех органах которого обнаружены витамины, пигменты (аскорбиновая кислота, каротиноиды), полисахариды, фенольные соединения (флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты, дубильные вещества), сапонины, эфирное масло, установлено присутствие акацетина, апигенина, кверцетина, тилианина, розмариновой кислоты, кофейной кислоты, хлорогеновой кислоты [14–16] и *A. foeniculum*, фитохимический состав которого свидетельствует о возможности использования в качестве источника сырья для создания лекарственных препаратов, обладающих антиоксидантным, противомикробным, антимикотическим и пилотропным (укрепление, стимуляция роста волос и предупреждение их выпадения) действиями [4]. Для *A. rugosa* установлены антигрибковая [17] и противовирусная активности [18]. *A. mexicana* популярен в Мексике из-за его использования в качестве транквилизатора, применяется в мексиканской народной медицине для лечения артериальной гипертензии, стресса и тревожности [19]. Одним из его основных биологически активных метаболитов с анксиолитическим действием является флавоноид тилианин [20].

Проведенный нами сравнительный анализ суммарного содержания биологически активных веществ (БАВ) выявил и другие перспективные виды лекарственных растений рода *Agastache*. По содержанию основных групп БАВ виды *A. foeniculum*, *A. rugosa*, *A. mexicana*, *A. urticifolia* и *A. pringlei* существенно не отличаются. Значительную часть составляют сапонины (до 20.75%), дубильные вещества (до 17.45%) и каротиноиды (до 330 мг%) [15]. Указанные виды многоколосников рекомендованы для возделывания на территории России и представляют значительный интерес как для расширения ассортимента полезных растений, так и замены импортируемых объектов [21, 22].

При заготовке лекарственного сырья необходимо учитывать возможное варьирование количественного содержания БАВ в разные фенологические фазы развития растений. Так, для *A. rugosa* отмечено высокое содержание флавоноидов (апигенин, кверцетин) в образцах, собранных в начале периода цветения или в период полного цветения, при этом содержание суммы оксикоричных кислот не зависело от сроков вегетации [23]. Изучение изменения содержания БАВ в надземных органах растений в течение вегетационного периода позволяет выявить их роль в развитии, росте и адаптации к условиям окружающей среды.

В настоящее время большинство работ по изучению БАВ растительного сырья сопровождается исследованиями антиоксидантных свойств. Определение суммарного содержания антиоксидантов и понимание характера распределения и накопления биологически активных соединений в растении позволит в перспективе оптимизировать процессы экстракции и способствовать рациональному использованию растительного сырья.

Цель работы – анализ содержания основных групп биологически активных веществ и антиоксидантных свойств *Agastache rugosa*, *A. foeniculum*, *A. urticifolia* и *A. mexicana* в зависимости от фенологической фазы развития.

Экспериментальная часть

Материалом для исследований послужило сырье (соцветия, листья, стебли) видов рода *Agastache* (*A. rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze – многоколосник морщинистый; *A. foeniculum* (Pursch) O. Kuntze – м. фенхельный, лофант анисовый; *A. urticifolia* (Benth.) O. Kuntze – м. крапиволистный; *A. mexicana* (Humboldt, Bonpland et Kunth) Lint et Epling – м. мексиканский), культивируемых на интродукционном участке Ботанического сада Уральского отделения РАН. Растения собраны по фенологическим фазам развития с периода вегетации до начала плодоношения, отобраны образцы листьев, соцветий и стебли.

В полученных извлечениях определяли содержание фенольных соединений (флавонолов, флаванов (катехины), танинов), полисахаридов (пектины, протопектины), сапонинов, тетратерпенов (каротиноиды). Все показатели были рассчитаны на абсолютно сухую массу сырья.

Количественный анализ проводили с использованием следующих методик:

Флавонолы определяли спектрофотометрическим методом, в котором использована реакция комплексообразования флавонолов с хлоридом алюминия [24, 25]. Концентрацию флавонолов в пробе рассчитывали по калибровочному графику, построенному по рутину фирмы «Chemapol». Этот метод часто предлагается использовать для оценки общего содержания флавоноидов, вместе с тем есть исследования, показывающие, что данный метод является селективным только для флавонолов и флаванов лютеолина [26, 27].

Катехины определяли спектрофотометрическим методом, основанном на способности катехинов давать малиновое окрашивание с раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте. В две мерные пробирки переносили по 0.8 мл этанольного извлечения, в одну из них прибавляли 4 мл 1% раствора

ванилина в концентрированной соляной кислоте. Объем обеих пробирок доводили до 5 мл концентрированной соляной кислотой. Вторая пробирка служила в качестве раствора сравнения. Оптическую плотность раствора измеряли на спектрофотометре СФ-56 при длине волны 502 нм. Количественное содержание катехинов в пробе рассчитывали по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину (Sigma 1788) [28].

Содержание танинов определяли спектрофотометрическим методом с применением раствора аммония молибденовокислого [29]. Навеску сырья 2 г помещали в колбу и добавляли 250 мл дистиллированной воды. Экстрагировали при умеренном кипячении в течение 30 мин, охлаждали, переносили в мерную колбу на 250 мл и доводили дистиллированной водой до метки. После экстракции 10 мл извлечения переносили в мерную колбу на 100 мл, добавляли 10 мл 2% водного раствора аммония молибденовокислого, доводили до метки водой и оставляли на 15 мин. Интенсивность образовавшейся окраски измеряли на спектрофотометре СФ-56 при длине волны 420 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. В качестве стандартного образца использовали СО танина (Sigma-Aldrich, CAS 1401-55-4). Полисахариды (протопектины, пектины) определяли бескарбазольным спектрофотометрическим методом, основанным на получении специфического желто-оранжевого окрашивания урановых кислот с тимолом в сернокислой среде. Измельченную навеску растительного образца массой 2–3 г трехкратно экстрагировали горячим 80% этанолом в соотношении 1 : 10 на кипящей водяной бане с обратным холодильником в течение 20–30 мин для извлечения свободных углеводов, мешающих определению пектиновых веществ. Отфильтрованную пробу высушивали при $T=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до исчезновения запаха спирта. Сначала извлекали водой пектины, затем гидролизovali протопектины. После реакции с тимолом плотность окрашенных растворов измеряли на спектрофотометре фирмы Agilent 8453 (США) при длине волны 480 нм в кювете с рабочей длиной 1 см. Количественное содержание пектиновых веществ определяли по калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте (Molekula, CAS 91510-62-2) [30].

Содержание сапонинов определяли весовым методом. Около 2 г воздушно-сухого материала экстрагировали хлороформом в аппарате Сокслета до полного обесцвечивания для удаления липидов и смол, мешающих определению сапонинов. Затем экстрагировали последовательно 50, 60, 96% этанолом дважды каждой концентрацией по 30 мин при $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Объединенный экстракт упаривали до 5 мл и прибавляли семикратный объем ацетона. Через 18 ч образовавшийся осадок отфильтровывали, высушивали при $T=70\text{ }^{\circ}\text{C}$, взвешивали и вычисляли содержание сапонинов [31].

Содержание каротиноидов определяли в ацетоново-этанольном экстракте спектрофотометрически. 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 г сернокислого натрия безводного. Экстракцию каротиноидов проводили ацетоном (40 мл – 1 раз и далее по 10 мл – 2 раза), после чего продолжали экстрагировать 96% этанолом (по 5 мл – 3 раза) для извлечения ликопина. Затем исчерпывающе экстрагировали ацетоном до исчезновения окраски. Измеряли объем объединенного экстракта [32]. Далее экстракты разбавляли ацетоном так, чтобы при измерении на спектрофотометре величина оптической плотности разбавленных растворов находилась в пределах от 0.1 до 0.8. Определение содержания каротиноидов проводили при длине волны 440.5 нм на спектрофотометре СФ-56. Концентрацию каротиноидов (мг/дм^3) рассчитывали по формуле:

$$\text{Скар.} = 4.695 \times D_{440.5} - 0.268 \times (5.134 \times D_{662} - 20.436 \times D_{644}),$$

где Скар. – концентрация каротиноидов, мг/дм^3 ; D – оптическая плотность экстракта.

Содержание каротиноидов ($\text{мг}\%$) определяли по формуле:

$$X (\text{мг}\%) = \text{Скар.} \times V_1 \times V_3 \times 100 / M \times V_2 \times 1000,$$

где Скар. – концентрация каротиноидов, мг/дм^3 ; V_1 – объем исходного ацетонового экстракта, мл; V_2 – объем исходного экстракта, взятого для разбавления, мл; V_3 – объем разбавленного экстракта, мл; M – масса абсолютно сухого сырья, г [33, 34].

Антиоксидантные свойства оценивали с использованием амперометрического метода [35]. Измерения проводили на приборе «Цвет Яуза-01-АА». Сущность метода заключается в измерении тока, возникающего при окислении исследуемого вещества (или смеси веществ) на поверхности стеклогуглеродного анода с потенциалом +1.3 В. При этом потенциале происходит окисление фенольных, тиоловых и других

соединений и может быть использовано как модельное при измерении активности поглощения свободных радикалов [36]. Предварительно строили график зависимости сигнала образца сравнения (галловая кислота D149917.025) от его концентрации. Суммарное содержание антиоксидантов (ССА, мг/г) определяли в водно-спиртовых экстрактах, для получения которых 1.0 г сырья заливали 50 мл этанола (70%) и встряхивали в течение 1 ч на перемешивающем устройстве. За результат принимали среднее из данных трех параллельных определений по каждому показателю. Концентрация экстрагента выбрана с учетом наибольшей антиоксидантной активности, установленной для извлечений *A. foeniculum* 70%-ным этанолом [37].

Измерения суммарного содержания БАВ и антиоксидантных свойств выполнены в трех аналитических повторностях. Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартного пакета программы Microsoft Excel. Рассчитаны значения средних и их стандартных ошибок ($M \pm m$), коэффициентов корреляции (r) и вариации (V).

Обсуждение результатов

В надземных органах *A. urticifolia* максимальные значения содержания флавонолов (в листьях, соцветиях), дубильных веществ (в листьях) и сапонинов (в соцветиях) отмечаются с периода вегетации до начала цветения, катехинов (в листьях) – с периода вегетации до начала бутонизации (табл. 1). В период массового цветения – начало плодоношения более чем в два раза снижается содержание сапонинов в соцветиях, листьях и стеблях. Количество пектинов, протопектинов и каротиноидов на протяжении исследуемых фаз развития изменяется незначительно. С периода массовой бутонизации до начала плодоношения соцветия отличаются практически неизменным содержанием катехинов ($V=1.75\%$) и каротиноидов ($V=7.18\%$).

Таблица 1. Биологически активные вещества и антиоксидантные свойства видов рода *Agastache*, %

Фаза развития	Орган	Флавонолы	Катехины, мг%	Дубильные вещества	Пектины	Протопектины	Сапонины	Каротиноиды, мг%	ССА, мг/г
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>A. urticifolia</i>									
Вегетация – начало бутонизации	листья	6.04±0.02	190±3.25	14.50±0.45	0.47±0.02	4.21±0.21	18.73±0.21	130.62±3.47	0.87±0.05
	стебли	1.92±0.02	38±0.56	2.53±0.14	0.21±0.01	6.10±0.23	13.39±0.15	9.23±0.10	0.38±0.02
Массовая бутонизация – начало цветения	соцветия	6.03±0.02	107±2.50	8.13±0.23	0.80±0.03	8.52±0.12	24.08±1.02	14.77±0.21	1.11±0.08
	листья	5.08±0.01	106±2.10	12.39±0.37	0.64±0.02	5.50±0.09	21.63±1.12	184.35±4.10	1.18±0.09
Массовое цветение – начало плодоношения	стебли	0.88±0.03	37±0.62	1.44±0.10	0.15±0.01	3.51±0.08	9.53±0.07	4.63±0.09	0.67±0.04
	соцветия	3.54±0.01	110±2.10	6.33±0.27	0.54±0.35	6.85±0.10	10.74±0.18	16.35±0.36	2.28±0.09
	листья	3.21±0.02	132±1.80	11.45±0.20	0.42±0.18	5.44±0.09	8.92±0.09	158.19±3.28	1.85±0.23
	стебли	0.57±0.02	28±0.35	1.26±0.68	0.18±0.27	3.71±0.17	4.60±0.01	8.36±0.07	0.90±0.06
<i>A. mexicana</i>									
Вегетация – начало бутонизации	листья	4.26±0.02	123±1.75	10.10±0.21	0.38±0.02	4.15±0.17	18.76±0.14	132.88±2.18	1.61±0.09
	стебли	1.91±0.03	38±0.48	2.75±0.18	0.31±0.02	3.77±0.20	10.86±0.10	10.34±0.05	0.64±0.05
Массовая бутонизация – начало цветения	соцветия	6.75±0.02	126±1.68	13.85±0.30	0.63±0.02	4.14±0.21	29.23±0.21	14.99±0.12	1.99±0.08
	листья	5.90±0.01	134±1.40	16.30±0.48	0.20±0.01	5.66±0.19	13.20±0.13	134.89±3.50	1.67±0.06
Массовое цветение – начало плодоношения	стебли	0.62±0.01	39±0.92	1.64±0.10	0.18±0.01	3.57±0.15	4.78±0.05	7.73±0.09	1.06±0.06
	соцветия	3.87±0.02	135±1.20	8.74±0.18	0.70±0.03	5.37±0.17	12.50±0.17	18.38±0.32	1.21±0.05
	листья	3.14±0.01	172±1.36	15.59±0.36	0.46±0.02	5.09±0.10	10.31±0.15	164.0±3.12	2.24±0.04
	стебли	0.55±0.02	31±0.70	2.15±0.17	—*	3.18±0.09	5.85±0.05	5.50±0.15	0.72±0.05
<i>A. rugosa</i>									
Вегетация – начало бутонизации	листья	5.01±0.01	172±1.56	12.88±0.23	0.39±0.01	5.25±0.17	11.78±0.12	219.34±3.18	1.66±0.08
	стебли	0.73±0.01	39±0.52	2.34±0.12	—	3.47±0.08	8.98±0.07	8.04±0.07	0.99±0.07

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Массовая бутонизация – начало цветения	соцветия листья стебли	4.69±0.02 4.25±0.02 0.68±0.03	111±2.17 139±1.27 43±0.50	7.89±0.17 14.61±0.36 1.64±0.14	0.81±0.02 0.43±0.01 –	3.96±0.05 3.80±0.05 4.81±0.04	14.52±0.17 9.33±0.01 5.93±0.01	9.07±0.10 117.53±2.10 7.15±0.09	1.13±0.09 1.58±0.07 0.81±0.05
Массовое цветение – начало пло- доношения	соцветия листья стебли	3.44±0.01 5.05±0.02 0.59±0.02	88±1.20 119±1.42 41±0.62	7.43±0.18 16.2±0.44 1.0±0.10	0.61±0.02 0.52±0.02 –	5.63±0.09 6.39±0.10 3.62±0.07	8.18±0.09 6.69±0.07 5.72±0.04	18.78±2.17 167.74±2.07 7.71±0.12	1.65±0.04 2.17±0.05 0.75±0.08
<i>A. foeniculum</i>									
Вегетация – начало бутонизации	листья стебли	5.04±0.01 1.16±0.03	141±1.56 41±0.45	11.11±0.20 1.56±0.09	0.31±0.01 0.20±0.01	5.13±0.18 3.63±0.09	18.34±0.11 6.35±0.08	120.52±2.13 7.35±0.09	1.02±0.08 0.70±0.07
Массовая бутонизация – начало цветения	соцветия листья стебли	6.18±0.01 5.12±0.02 0.95±0.02	161±1.52 105±1.10 47±0.50	8.78±0.20 17.67±0.32 2.43±0.18	0.38±0.03 0.67±0.01 0.35±0.01	5.52±0.08 4.68±0.19 3.88±0.05	20.46±0.20 18.54±0.15 8.65±0.07	12.44±1.14 131.23±2.18 11.10±0.08	2.31±0.05 1.50±0.06 0.57±0.04
Массовое цветение – начало пло- доношения	соцветия листья стебли	3.16±0.02 4.83±0.03 0.57±0.01	131±1.36 153±2.10 42±0.50	6.18±0.16 17.55±0.51 2.11±0.12	1.14±0.05 0.46±0.02 0.20±0.01	5.58±0.09 7.27±0.17 4.29±0.08	16.17±0.18 10.86±0.17 6.17±0.09	11.02±0.07 121.48±1.18 10.94±1.12	1.40±0.05 2.59±0.08 0.58±0.02

Примечание. * – означает, что содержание данной группы биологически активных веществ ниже предела обнаружения метода.

В органах *A. texicana* наибольшее количество флавонолов (в листьях) и сапонинов (в соцветиях) содержится с периода вегетации до начала цветения. К началу плодоношения концентрация флавонолов в листьях и соцветиях снижается в два раза. Количество остальных БАВ практически не изменяется. Соцветия отличаются более высоким содержанием пектинов по отношению к листьям и стеблям. Количество пектинов ($V=7.44\%$) и катехинов ($V=4.88\%$) в соцветиях варьирует слабо. Стебли на протяжении исследуемых фаз развития отличаются практически неизменным содержанием протопектинов ($V=8.56\%$).

С периода вегетации до начала плодоношения в растениях *A. rugosa* содержание флавонолов, катехинов, дубильных веществ, протопектинов, каротиноидов изменяется незначительно. Пектины в большем количестве содержатся в соцветиях (до 0.81%), их содержание несколько снижается к началу плодоношения растений. Сапонины максимально накапливаются в соцветиях с периода вегетации до начала цветения. Наименьшее варьирование содержания БАВ отмечается для дубильных веществ ($V=4.25\%$) в соцветиях, катехинов ($V=4.88\%$) и каротиноидов ($V=5.89\%$) в стеблях.

В растениях *A. foeniculum* содержание протопектинов и каротиноидов с периода вегетации практически не изменяется. Концентрация флавонолов в период массового цветения – начало плодоношения сопоставима с содержанием флавоноидов в растениях *A. foeniculum* из Астраханской области (4.46% – в соцветиях, 4.13% – в листьях и 0.72% – в стеблях) [38]. Количество катехинов в листьях в разные фазы развития изменяется от 105 до 153 мг%, что несколько выше содержания в листьях *A. foeniculum* (84.9 мг%) из коллекции Ботанического сада БФУ им. И. Канта [39]. Дубильные вещества максимально накапливаются в листьях (до 17.67%) с периода массовой бутонизации до начала плодоношения. Напротив, в растениях *A. foeniculum*, выращенных в условиях Ставропольского края, наиболее высоким содержанием дубильных веществ отличаются стебли (до 12.33%), в листьях – 6.98–7.60% [4]. Также наибольшее количество дубильных веществ в стеблях (8.39–12.88%) содержат растения *A. foeniculum* из Астраханской области [38]. Наименьшее варьирование количественного содержания выявлено для флавонолов в листьях ($V=3.00\%$), протопектинов в соцветиях ($V=0.76\%$) и стеблях ($V=8.47\%$), каротиноидов в листьях ($V=4.76\%$) и соцветиях ($V=8.56\%$), катехинов в стеблях ($V=7.42\%$).

В листьях *A. urticifolia* и *A. texicana* к периоду плодоношения наблюдается существенное снижение (почти в два раза по сравнению с началом бутонизации) содержания флавонолов. Возможными причинами могут быть снижение интенсивности биосинтеза фенольных соединений или влияние стрессовых факторов и запуск процессов окислительной деградации флавоноидов. Так, известно, что при развитии грибковых и бактериальных инфекций отмечен повышенный уровень окисления кверцетина с образованием 3,4-дигидроксibenзойной кислоты, обладающей фунгицидной и бактерицидной активностями [40]. Листья *A. rugosa*

и *A. foeniculum* отличаются стабильным содержанием флавонолов (не менее 4%). При определении органа растения *A. foeniculum*, наиболее богатого БАВ, в качестве сырья для получения экстракта исследователями [38] были выбраны именно листья. При анализе ССА в образцах исследуемых нами видов растений самые высокие показатели (более 2 мг/г) были выявлены также для листьев.

Полученные результаты показывают, что на протяжении исследуемых фенологических фаз развития видов рода *Agastache* наблюдается корреляционная зависимость между содержанием в надземных органах флавонолов и танинов ($r=0.80-0.91$), флавонолов и сапонинов ($r=0.85-0.88$) (табл. 2). Для *A. urticifolia* и *A. foeniculum* зависимость между содержанием флавонолов и катехинов ($r=0.83-0.91$). Для *A. mexicana* и *A. urticifolia* – между содержанием катехинов и дубильных веществ ($r=0.93$). Максимальное количество большинства исследуемых БАВ содержится в листьях (табл. 1). Наименьшее – в стеблях (3.18–6.10%) за исключением протопектинов, количество которых незначительно отличается от такового в листьях (3.80–7.21%).

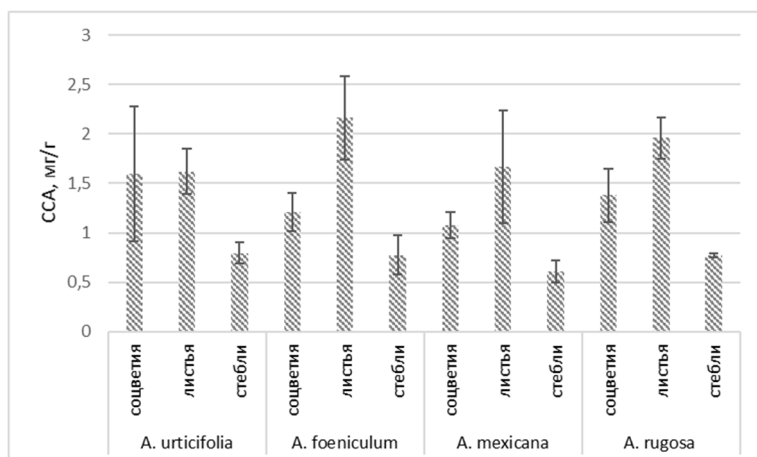
Результаты анализа антиоксидантных свойств исследуемых видов растений показали, что ССА максимально (2.17–2.59 мг/г) в листьях (*A. rugosa*, *A. foeniculum*, *A. mexicana*) и соцветиях (*A. urticifolia*) в период массового цветения – начала плодоношения.

Обобщение данных с ранее полученными нами результатами [15] позволило проанализировать суммарное содержание антиоксидантов фенольного типа в сырье исследуемых видов рода *Agastache* в фазе массового цветения в течение двух вегетационных периодов (рис.). ССА в сырье *A. rugosa*, *A. foeniculum*, *A. mexicana*, *A. urticifolia* культивируемых на интродукционном участке Ботанического сада Уральского отделения РАН достоверно не отличаются ($p<0.05$). Наибольшими значениями ССА характеризуются листья, вместе с тем достоверные отличия в ССА между листьями и соцветиями установлены только для *A. foeniculum*.

Наибольший вклад в суммарное содержание антиоксидантов фенольного типа исследуемых видов растений вносят катехины ($r=0.69$) и дубильные вещества ($r=0.63$). Это соответствует литературным данным о том, что антиоксидантные свойства многих растительных продуктов в значительной мере обусловлены именно содержанием флаван-3-олов [41]. Также наблюдается корреляционная зависимость между ССА и содержанием флавонолов ($r=0.55$), протопектинов ($r=0.51$), каротиноидов ($r=0.48$). Максимальное количество антиоксидантов (до 2.59 мг/г) в исследуемых видах растений содержится в листьях. Значения ССА листьев и соцветий *A. urticifolia* также существенно не отличаются. В листьях *A. foeniculum* Калининградской области отмечается более высокое содержание антиоксидантов (5.61 мг/г в пересчете на кверцетин) [39].

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции между содержанием БАВ в надземных органах видов рода *Agastache* и ССА

БАВ	<i>A. urticifolia</i>	<i>A. mexicana</i>	<i>A. rugosa</i>	<i>A. foeniculum</i>
Флавонолы	0.24	0.71	0.82	0.80
Катехины	0.43	0.90	0.74	0.84
Танины	0.35	0.92	0.91	0.72
Пектины	0.33	0.51	0.62	0.29
Протопектины	0.36	0.59	0.75	0.88
Сапонины	0.13	0.58	0.11	0.52
Каротиноиды	0.25	0.70	0.76	0.39



Суммарное содержание антиоксидантов фенольного типа в сырье видов рода *Agastache* в фазе массового цветения в течение двух вегетационных периодов

Заключение

Изучение суммарного содержания БАВ в надземных органах растений *A. rugosa*, *A. foeniculum*, *A. urticifolia*, *A. mexicana* в течение вегетационного периода показало, что в наибольшем количестве они накапливаются в листьях и соцветиях. Содержание флавонолов (3–6%), катехинов (105–190 мг%) и протопектинов (4–8%) в листьях и соцветиях сопоставимо, концентрация дубильных веществ (7–16%) к периоду массового цветения – начало плодоношения в листьях в два раза выше, чем в соцветиях, пектинов (0.2–0.6%) – заметно выше в соцветиях к периоду цветения, по суммарному содержанию сапонинов (8–29%) достоверные отличия отмечены только для листьев (13%) и соцветий (29%) *A. mexicana* в период массовой бутонизации – начало цветения, каротиноидов в листьях (130–184 мг%) на порядок больше, чем в соцветиях (14–18 мг%). При анализе ССА в образцах *A. rugosa*, *A. foeniculum*, *A. urticifolia*, *A. mexicana* самые высокие показатели (более 2 мг/г) были выявлены для листьев. Наибольший вклад в суммарное содержание антиоксидантов фенольного типа исследуемых видов растений вносят катехины ($r=0.69$) и дубильные вещества ($r=0.63$). Полученные результаты о содержании БАВ в надземных органах исследуемых видов рода *Agastache* свидетельствуют о возможности заготовки лекарственного сырья с периода вегетации до начала плодоношения. Однако учитывая урожайность [21] и фенологическую фазу развития, когда растения богаты всеми исследуемыми группами БАВ, надземную часть *A. rugosa*, *A. foeniculum*, *A. urticifolia*, *A. mexicana* целесообразно заготавливать в период цветения.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН по проекту АААА-А21-121011290025-2 «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов», и в рамках государственного задания Ботанического сада Уральского отделения РАН, номер государственной регистрации темы 1022040100468-6-1.6.11;1.6.20, а также на базе УНУ «Коллекция растений открытого и закрытого грунта Ботанического сада УрО РАН», рег. номер 673947.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Буданцев А.Л. Триба Nepetae Benth. семейства Lamiaceae Lindl. (систематика, география, возможность использования): автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб, 1993. 22 с.
2. Ворошилов В.Н. Определитель растений Советского Дальнего Востока. М., 1982. 672 с.
3. Winkelman M. Frequently used medicinal plants in Baja California Norte // Journal of Ethnopharmacology. 1986. Vol. 18. Pp. 109–131. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(86\)90024-3](https://doi.org/10.1016/0378-8741(86)90024-3).
4. Чумакова В.В., Попова О.И. Лофант анисовый (AGASTACHE FOENICULUM L.) – перспективный источник получения лекарственных средств // Фармация и фармакология. 2013. №1. С. 39–43. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2013-1-1-39-43>.
5. Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus Agastache (Lamiaceae) // Phytochemistry review. 2014. Vol. 13(2). Pp. 391–416. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9349-1>.
6. Демьянова Е.И., Шумихин С.А., Дубровских М.М. К антропологии и семенной продуктивности трех видов многоколосника (AGASTACHE CLAYTONIA GRONOV.) в условиях интродукции в Приуралье // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. 2011. №2. С. 61–65.
7. Коломиец Н.Э., Шплис О.Н. Виды рода Agastache J. Clayton ex Gronov.: распространение, использование, степень изученности (обзор) // Химия растительного сырья. 2022. №4. С. 5–26. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411043>.
8. Анищенко И.Е., Жигунов О.Ю. Малоизвестные пряно-ароматические виды растений рода Agastache в культуре (Республика Башкортостан) // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2023. №1(65). С. 10–14. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2023-65-1-10-14>.
9. Charles D.J., Simon J.E., Widrechner M.P. Characterization of the essential oil of Agastache species // Agricultural and Food Chemistry. 1991. Vol. 39 (11). Pp. 1946–1949. <https://doi.org/10.1021/jf00011a011>.
10. Ebadollahi A., Safaralizadeh M., Hoseini S. et al. Insecticidal activity of essential oil of Agastache foeniculum against Ephestia kuehniella and Plodia interpunctella // Mun. Ent. Zool. 2010. Vol. 5, no. 2. Pp. 785–791.

11. Дмитриева В.Л., Дмитриев Л.Б. Изучение состава эфирных масел эфиромасличных растений Нечерноземной зоны России // Известия ТСХА. 2011. №3. С. 106–119.
12. Мяделец М.А., Воробьева Т.А., Домрачев Д.В. Состав эфирных масел некоторых видов рода *Agastache* Clayton ex Gron. (Lamiaceae), культивируемых в условиях Среднего Урала // Химия в интересах устойчивого развития. 2013. №4. С. 419–423.
13. Романова М.Г. Накопление эфирных масел в растениях рода многоколосник (*Agastache*) // Настоящее и будущее биотехнологии растений: материалы Международной научной конференции, посвященной 65-летию деятельности Отдела биохимии и биотехнологии растений Государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад НАН Беларуси». Минск, 2023. С. 87.
14. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 4. Семейства Caprifoliaceae – Lobeliaceae / отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб; М., 2011. 630 с.
15. Мяделец М.А., Кукушкина Т.А., Воробьева Т.А., Шалдаева Т.М. Биологически активные вещества и антиоксидантная активность растений рода *Agastache* Clayton ex Gron. (Lamiaceae L.), культивируемых в условиях Среднего Урала // Химия растительного сырья. 2014. №4. С. 147–152. <https://doi.org/10.14258/jcprm.201404199>.
16. Коломиец Н.Э., Шплис О.Н. Биологически активные вещества *Agastache rugosa* (Lamiaceae), интродуцируемого в Западной Сибири // Химия растительного сырья. 2023. №2. С. 133–141. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230211640>.
17. Shin S. Essential oil compounds from *Agastache rugosa* as antifungal agent against *Trichophyton* species // Archives of Pharmacal Research. 2004. Vol. 27(3). Pp. 295–299. <https://doi.org/10.1007/BF02980063>.
18. Wang K.C., Chang J.S., Chiang L.C. et al. 4-Methoxycinnamaldehyde inhibited human respiratory syncytial virus in a human larynx carcinoma cell line // Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology. 2009. Vol. 16(9). Pp. 882–886. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.02.016>.
19. Ibarra-Alvarado C., Rojas A., Mendoza S. et al. Vasoactive and antioxidant activities of plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of cardiovascular diseases // Pharm Biol. 2010. Vol. 48. Pp. 732–739. <https://doi.org/10.3109/13880200903271280>.
20. González-Trujano M.E., Ponce-Muñoz H., Hidalgo-Figueroa S. et al. Depressant effects of *Agastache mexicana* methanol extract and one of major metabolites tilianin // Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 2015. Vol. 8(3). Pp. 185–190. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(14\)60312-6](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(14)60312-6).
21. Васфилова Е.С., Воробьева Т.А. Особенности интродукции в условиях Среднего Урала некоторых видов лекарственных и пряно-ароматических растений североамериканского происхождения // Итоги интродукции и селекции травянистых растений на Урале. Екатеринбург, 2008. С. 16–33.
22. Васфилова Е.С., Воробьева Т.А. Перспективы использования интродуцированных лекарственных и пряно-ароматических растений в качестве замены импортируемых видов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. №1(99). С. 29–33. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-99-1-29-33>.
23. Suchorska-Tropiło K., Pióro-Jabrucka E. Morphological, developmental and chemical analysis of the chosen *Agastache* species // Ann. Warsaw Univ. Life Sci. SGGW Horticult Landsc Architect. 2004. Vol. 25. Pp. 25–31.
24. Беликов В.В. Методы анализа флавоноидных соединений // Фармация. 1970. №1. С. 66–72.
25. ФС.2.5.0015.15. Зверобоя трава // Государственная Фармакопея РФ, XIV изд. М., 2018. Т. 2. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol2/489>.
26. Pękal A., Pyrzyńska K. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay // Food Anal. Methods. 2014. Vol. 7, no. 9. Pp. 1776–1782. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>.
27. Денисенко Т.А., Вишник А.Б., Цыганок Л.П. Спектрофотометрическое определение суммы фенольных соединений в растительных объектах с использованием хлорида алюминия, 18-молибдодифосфата и реактива Фолина-Чокальтеу // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19, №4. С. 373–380. <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>.
28. Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: Материалы VII Международного съезда. СПб, 2003. С. 64–69.
29. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистого (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch.), произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья. 2005. №2. С. 45–50.
30. Кривенцов В.И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ // Труды Никитского ботанического сада. 1989. Т. 109. С. 128–137.
31. Киселева А.В., Волхонская Т.А., Киселев В.Е. Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири. Новосибирск, 1991. 136 с.
32. Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта, 1982. С. 7–9.
33. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. 430 с.
34. Полевой В.В., Максимова Г.Б. Методы биохимического анализа растений. Л., 1978. 192 с.
35. Яшин Я.И., Рыжнев В.Ю., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и их влияние на здоровье и старение человека. М., 2009. 212 с.

36. Сажина Н.Н. Определение антиоксидантной активности различных биоантиоксидантов и их смесей амперометрическим методом // Химия растительного сырья. 2016. №4. С. 71–76. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2016041395>.
37. Чумакова В.В. Фармакогностическое изучение лофанта анисового (*Agastache foeniculum* (Pursh.) O. Kuntze) сем. Яснотковые (Lamiaceae): автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Пятигорск, 2013. 25 с.
38. Юртаева Е.А. Разработка методик анализа лофанта анисового листьев экстракта, обладающего антимикробактериальным действием: автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Пермь, 2021. 23 с.
39. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н. и др. Экологический анализ активности накопления биофлавоноидов в лекарственных растениях // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2014. №7. С. 110–120.
40. Aziz N.H., Farag S.E., Mousa L.A., Abo-Zaid M.A. Comparative antibacterial and antifungal effects of some phenolic compounds // Microbios. 1998. Vol. 93, no. 374. Pp. 43–54.
41. Su X., Duan J., Jiang Y. et al. Polyphenolic profile and antioxidant activities of oolong tea infusion under various steeping conditions // Int. J. Mol. Sci. 2007. Vol. 8. Pp. 1196–1205.

Поступила в редакцию 17 февраля 2023 г.

После переработки 22 октября 2023 г.

Принята к публикации 24 октября 2024 г.

Lebedeva M.A.^{1}, Kukushkina T.A.¹, Vorobyova T.I.², Shaldaeva T.M.¹, Khramova E.P.¹* CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF SOME SPECIES OF THE GENUS *AGASTACHE* CLAYTON EX GRON. DURING THE GROWING SEASON

¹ Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Zolotodolinskaya st., 101, Novosibirsk, 630090, Russia, Marina-Myadelets@yandex.ru

² RAS Ural Branch, Botanic Garden, 8-marta st., 202a, Ekaterinburg, 620144, Russia

The total content of biologically active substances (flavonols, catechins, tannins, pectins, protopectins, carotenoids, saponins) in the above-ground organs of *Agastache rugosa*, *A. foeniculum*, *A. urticifolia*, *A. mexicana* was determined depending on the phenological phase of development under the conditions of introduction of the Botanical Garden Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The content of flavonols (3–6%), catechins (105–190 mg%) and protopectins (4–8%) in the leaves and inflorescences is comparable, the concentration of tannins (7–16%) by the period of mass flowering – the beginning of fruiting in the leaves is two times higher than in inflorescences, pectins (0.2–0.6%) – noticeably higher in inflorescences during the flowering period; in the total content of saponins (8–29%) significant differences were noted only for leaves (13%) and inflorescences (29%) *A. mexicana* during the period of mass budding – the beginning of flowering, there are significantly more carotenoids in the leaves (130–184 mg%) than in the inflorescences (14–18 mg%). The maximum values of the total content of phenolic antioxidants (PCA) are observed for leaves (up to 2.59 mg/g) during the period of mass flowering – the beginning of fruiting. The greatest contribution to the PCA of the studied plant species is made by catechins ($r=0.69$) and tannins ($r=0.63$). The total content of phenolic antioxidants during two growing seasons in the raw materials of the studied species of the genus *Agastache* did not differ significantly ($p<0.05$). Leaves are characterized by the highest SSA values; however, significant differences in SSA between leaves and inflorescences were established only for *A. foeniculum*. Plants are richest in the studied groups of biologically active substances during the flowering period.

Keywords: *Agastache rugosa*, *A. foeniculum*, *A. urticifolia*, *A. mexicana*, phenological phases of development, biologically active substances, antioxidant activity.

For citing: Lebedeva M.A., Kukushkina T.A., Vorobyova T.I., Shaldaeva T.M., Khramova E.P. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 4, pp. 305–315. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240412571.

References

1. Budantsev A.L. *Triba Nepetae Benth. semeystva Lamiaceae Lindl. (sistematika, geografiya, vozmozhnost' is-pol'zovaniya): avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk.* [Tribe Nepetae Benth. of the family Lamiaceae Lindl. (taxonomy, geography, possibility of use): author's abstract. diss. ... doc. biol. sciences]. St. Petersburg, 1993, 22 p. (in Russ.).
2. Voroshilov V.N. *Opredelitel' rasteniy Sovetskogo Dal'nego Vostoka*. [Identifier of plants of the Soviet Far East]. Moscow, 1982, 672 p. (in Russ.).
3. Winkelman M. *Journal of Ethnopharmacology*, 1986, vol. 18, pp. 109–131. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(86\)90024-3](https://doi.org/10.1016/0378-8741(86)90024-3).

* Corresponding author.

4. Chumakova V.V., Popova O.I. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2013, no. 1, pp. 39–43. <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2013-1-1-39-43>. (in Russ.).
5. Zielińska S., Matkowski A. *Phytochemistry review*, 2014, vol. 13(2), pp. 391–416. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9349-1>.
6. Dem'yanova Ye.I., Shumikhin S.A., Dubrovskikh M.M. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologiya. Nauki o zemle*, 2011, no. 2, pp. 61–65. (in Russ.).
7. Kolomiyets N.E., Shplis O.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2022, no. 4, pp. 5–26. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411043>. (in Russ.).
8. Anishchenko I.Ye., Zhigunov O.Yu. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, no. 1(65), pp. 10–14. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2023-65-1-10-14>. (in Russ.).
9. Charles D.J., Simon J.E., Widrechner M.P. *Agricultural and Food Chemistry*, 1991, vol. 39 (11), pp. 1946–1949. <https://doi.org/10.1021/jf00011a011>.
10. Ebadollahi A., Safaralizadeh M., Hoseini S. et al. *Mun. Ent. Zool.*, 2010, vol. 5, no. 2, pp. 785–791.
11. Dmitriyeva V.L., Dmitriyev L.B. *Izvestiya TSKhA*, 2011, no. 3, pp. 106–119. (in Russ.).
12. Myadelets M.A., Vorob'yeva T.A., Domrachev D.V. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*, 2013, no. 4, pp. 419–423. (in Russ.).
13. Romanova M.G. *Nastoyashcheye i budushcheye biotekhnologii rasteniy: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 65-letiyu deyatel'nosti Otdela biokhimii i biotekhnologii rasteniy Gosudarstvennogo nauchnogo uchrezhdeniya «Tsen-tral'nyy botanicheskiy sad NAN Belarusi»*. [The present and future of plant biotechnology: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 65th anniversary of the Department of Plant Biochemistry and Biotechnology of the State Scientific Institution "Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus"]. Minsk, 2023, p. 87. (in Russ.).
14. *Rastitel'nyye resursy Rossii: Dikorastushchiye tsvetkovyye rasteniya, ikh komponentnyy sostav i biologicheskaya aktivnost'. T. 4. Semeystva Caprifoliaceae – Lobeliaceae* [Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their component composition and biological activity. Vol. 4. Families Caprifoliaceae – Lobeliaceae], ed. A.L. Budantsev. St. Petersburg; Moscow, 2011, 630 p. (in Russ.).
15. Myadelets M.A., Kukushkina T.A., Vorob'yeva T.A., Shaldayeva T.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 4, pp. 147–152. <https://doi.org/10.14258/jcprm.201404199>. (in Russ.).
16. Kolomiyets N.E., Shplis O.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2023, no. 2, pp. 133–141. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230211640>. (in Russ.).
17. Shin S. *Archives of Pharmacal Research*, 2004, vol. 27(3), pp. 295–299. <https://doi.org/10.1007/BF02980063>.
18. Wang K.C., Changb J.S., Chiangd L.C. et al. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 2009, vol. 16(9), pp. 882–886. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.02.016>.
19. Ibarra-Alvarado C., Rojas A., Mendoza S. et al. *Pharm Biol.*, 2010, vol. 48, pp. 732–739. <https://doi.org/10.3109/13880200903271280>.
20. González-Trujano M.E., Ponce-Muñoz H., Hidalgo-Figueroa S. et al. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 2015, vol. 8(3), pp. 185–190. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(14\)60312-6](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(14)60312-6).
21. Vasfilova Ye.S., Vorob'yeva T.A. *Itogi introduksii i seleksii travyanistykh rasteniy na Urale*. [Results of the introduction and selection of herbaceous plants in the Urals]. Yekaterinburg, 2008, pp. 16–33. (in Russ.).
22. Vasfilova Ye.S., Vorob'yeva T.A. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, no. 1(99), pp. 29–33. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-99-1-29-33>. (in Russ.).
23. Suchorska-Tropiło K., Pióro-Jabrucka E. *Ann. Warsaw Univ. Life Sci. SGGW Horticult Landsc Architect*, 2004, vol. 25, pp. 25–31.
24. Belikov V.V. *Farmatsiya*, 1970, no. 1, pp. 66–72. (in Russ.).
25. *Gosudarstvennaya Farmakopeya RF, XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIV ed.]. Moscow, 2018, vol. 2. URL: <https://docs.rucml.ru/feml/pharma/v14/vol2/489>. (in Russ.).
26. Pękal A., Pyrzyńska K. *Food Anal. Methods*, 2014, vol. 7, no. 9, pp. 1776–1782. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>.
27. Denisenko T.A., Vishnikin A.B., Tsyganok L.P. *Analitika i kontrol'*, 2015, vol. 19, no. 4, pp. 373–380. <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.4.012>. (in Russ.).
28. Kukushkina T.A., Zykov A.A., Obukhova L.A. *Aktual'nyye problemy sozdaniya novykh lekarstvennykh preparatov prirodnogo prois-khozheniya: Materialy VII Mezhdunarodnogo s"yezda*. [Actual problems of creating new medicinal products of natural origin: Proceedings of the VII International Congress]. St. Petersburg, 2003, pp. 64–69. (in Russ.).
29. Fedoseyeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2005, no. 2, pp. 45–50. (in Russ.).
30. Kriventsov V.I. *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1989, vol. 109, pp. 128–137. (in Russ.).
31. Kiseleva A.V., Volkhonskaya T.A., Kiselev V.Ye. *Biologicheskii aktivnyye veshchestva lekarstvennykh rasteniy Yuzhnoy Sibiri*. [Biologically active substances of medicinal plants of Southern Siberia]. Novosibirsk, 1991, 136 p. (in Russ.).
32. Kriventsov V.I. *Metodicheskiye rekomendatsii po analizu plodov na biokhimicheskiy sostav*. [Methodical recommendations for the analysis of fruits for biochemical composition]. Yalta, 1982, pp. 7–9. (in Russ.).
33. Yermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. i dr. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy*. [Methods of biochemical study of plants]. Leningrad, 1987, 430 p. (in Russ.).

34. Polevoy V.V., Maksimova G.B. *Metody biokhimicheskogo analiza rasteniy*. [Methods of biochemical analysis of plants]. Leningrad, 1978, 192 p. (in Russ.).
35. Yashin Ya.I., Ryzhnev V.Yu., Yashin A.Ya., Chernousova N.I. *Prirodnyye antioksidanty. Soderzhaniye v pishchevykh produktakh i ikh vliyaniye na zdorov'ye i starenie cheloveka*. [Natural antioxidants. Content in food products and their impact on human health and aging]. Moscow, 2009, 212 p. (in Russ.).
36. Sazhina N.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 4, pp. 71–76. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2016041395>. (in Russ.).
37. Chumakova V.V. *Farmakognosticheskoye izucheniye lofanta anisovogo (Agastache foeniculum (Pursh.) O. Kuntze) sem. Yasnotkovyye (Lamiaceae): avtoref. dis. ... kand. farm. nauk*. [Pharmacognostic study of anise hyssop (Agastache foeniculum (Pursh.) O. Kuntze) of the Lamiaceae family: author's abstract. diss. ... candidate of pharmaceutical sciences]. Pyatigorsk, 2013, 25 p. (in Russ.).
38. Yurtayeva Ye.A. *Razrabotka metodik analiza lofanta anisovogo list'yev ekstrakta, obladayushchego antimikobakterial'nym deystviyem: avtoref. diss. ... kand. farm. nauk*. [Development of methods for analysis of anise lofant leaf extract with antimycobacterial action: author's abstract. diss. ... candidate of pharmaceutical sciences]. Perm', 2021, 23 p. (in Russ.).
39. Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N. i dr. *Vestnik Baltiyskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*, 2014, no. 7, pp. 110–120. (in Russ.).
40. Aziz N.H., Farag S.E., Mousa L.A., Abo-Zaid M.A. *Microbios*, 1998, vol. 93, no. 374, pp. 43–54.
41. Su X., Duan J., Jiang Y. et al. *Int. J. Mol. Sci.*, 2007, vol. 8, pp. 1196–1205.

Received February 17, 2023

Revised October 22, 2023

Accepted October 24, 2024

Сведения об авторах

Лебедева Марина Александровна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитохимии, MarinaMyadelets@yandex.ru

Кукушкина Татьяна Абдулхаиловна – старший научный сотрудник лаборатории фитохимии, kukushkina-phyto@yandex.ru

Воробьева Татьяна Андреевна – ведущий инженер, aroma.botsad@mail.ru

Шалдаева Татьяна Михайловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории фитохимии, tshaldaeva@yandex.ru

Храмова Елена Петровна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фитохимии, khramova@ngs.ru

Information about authors

Lebedeva Marina Aleksandrovna – candidate of biological sciences, senior researcher of the phytochemistry laboratory, MarinaMyadelets@yandex.ru

Kukushkina Tatyana Abdulkhailovna – senior researcher of the phytochemistry laboratory, kukushkina-phyto@yandex.ru

Vorobyeva Tatyana Andreevna – leading engineer, aroma.botsad@mail.ru

Shaldaeva Tatyana Mikhailovna – candidate of biological sciences, researcher of the phytochemistry laboratory, tshaldaeva@yandex.ru

Khramova Elena Petrovna – doctor of biological sciences, leading researcher of the phytochemistry laboratory, khramova@ngs.ru