

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 547.913:543.544.32

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-2-147-155>

Поступила в редакцию 13.08.2018

Received 13.08.2018

Н. А. Коваленко¹, Г. Н. Супиченко¹, В. Н. Леонтьев¹, А. Г. Шутова²

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь

²Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

СОСТАВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ РАСТЕНИЙ РОДА *AGASTACHE*, ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В БЕЛАРУСИ

Аннотация. Методом паровой дистилляции получены образцы эфирных масел растений рода *Agastache* L., интродуцированных в Республике Беларусь. С помощью газожидкостной хроматографии в эфирных маслах растений *Agastache pallidiflora* ssp. *neomexicana* L., *Agastache aurantiaca* L., *Agastache mexicana* L., *Agastache foeniculum* L. идентифицировано и определено более 20 компонентов.

Основными компонентами являются лимонен, 1,8-цинеол, ментон, изоментон, метилхавикол, метилэвгенол. Количественный состав образцов эфирных масел зависит от вида растительного сырья. Главным компонентом эфирных масел *Agastache pallidiflora* ssp. *neomexicana* L. и *Agastache aurantiaca* L. является ментон (40–65 %). Эфирное масло *Agastache foeniculum* L. обогащено пулегоном и изоментоном, а в эфирном масле *Agastache mexicana* L. преобладают метилхавикол и метилэвгенол. Показаны особенности распределения энантиомеров лимонена, ментона и пулегона. Независимо от вида растений исследованные образцы являются оптически чистыми по (+)-пулегону. Распределение энантиомеров лимонена и ментона является индивидуальной характеристикой исследованных эфирных масел *Agastache* L.

Ключевые слова: *Agastache* L., эфирные масла, энантиомеры, газожидкостная хроматография

Для цитирования: Состав эфирных масел растений рода *Agastache*, интродуцированных в Беларуси / Н. А. Коваленко [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2019. – Т. 64, № 2. – С. 147–155. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-2-147-155>

N. A. Kovalenko¹, G. N. Supichenko¹, V. N. Leontiev¹, A. G. Shutova²

¹Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

²Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL OF PLANTS SOME SPECIES OF THE GENUS *AGASTACHE* L. INTRODUCED IN BELARUS

Abstract. The steam distillation method was used to obtain samples of essential oil of some species of genus *Agastache* L. introduced in Belarus. More than 20 components have been identified and determined in the essential oils of *Agastache pallidiflora* ssp. *neomexicana* L., *Agastache aurantiaca* L., *Agastache mexicana* L., *Agastache foeniculum* L. by gas liquid chromatography.

The quantitative composition of the samples of essential oils depends on the type of plant material. The main its components are limonene, 1,8-cineol, mentone, isomentone, methyl chavicol, methyleugenol. The main component of essential oils *Agastache pallidiflora* ssp. *neomexicana* L. и *Agastache aurantiaca* L. is mentone (40–65 %). Essential oil *Agastache foeniculum* L. is enriched with pulegone and isomentone. Methyl chavicol and methyleugenol dominate in *Agastache mexicana* essential oil. Distribution of the enantiomers of limonene, menthone and pulegone are shown. Regardless of the plant species, the samples are optically pure in the (+)-pulegone. The nature of the distribution of the enantiomers of limonene and menthone is an individual characteristic of the studied *Agastache* L. essential oils.

Keywords: *Agastache* L., essential oils, enantiomers, gas-chromatography

For citation: Kovalenko N. A., Supichenko G. N., Leontiev V. N., Shutova A. G. Composition of essential oil of plants some species of the genus *Agastache* L. introduced in Belarus. *Vesti Natsyonal'noi akademii navuk Belarusi. Seriya biyagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2019, vol. 64, no. 2, pp. 147–155 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-2-147-155>

Введение. В настоящее время при лечении многих хронических заболеваний наряду с высокоэффективными синтетическими лекарственными средствами широко используются препараты растительного происхождения. Белорусский рынок фармацевтических препаратов наводнен различными лекарствами зарубежных фирм. Вместе с тем на территории Республики Беларусь возможно культивирование лекарственных и эфиромасличных растений, обладающих антими-

кробными, фунгицидными, противовирусными и рядом других свойств. Задача расширения ассортимента фитопрепаратов для профилактики и лечения различных заболеваний может быть успешно решена путем использования доступного отечественного растительного сырья.

Перспективным фитосырьем в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь являются пряно-ароматические растения рода *Agastache* L. [1–3].

Растения рода *Agastache*, насчитывающего в настоящее время 29 таксонов, относятся к семейству Губоцветные (Lamiaceae). К наиболее изученным представителям рода *Agastache* относятся *A. foeniculum* (Pursh) Kuntze (syn.: *Lophanthus foeniculum* Fisch. & C. A. Mey, *Lophanthus anisatus* (Nutt.) Benth.), *A. rugosa* (Fisch. & C. A. Mey.) Kuntze (syn.: *Lophanthus rugosus* Fisch. & C. A. Mey, *Elsholtzia monostachys* H. Lev. & Vaniot) [2–8]. Большая часть видов распространена в умеренных регионах Северной Америки и Юго-Восточной Азии. *Agastache foeniculum* L. (многоколосник фенхельный) происходит из Северной Америки (север США, юг Канады) и в природе практически не встречается, но сохранился в культуре по всему миру. Растения распространены на Дальнем Востоке, в Ставропольском крае, Саратовской и Астраханской областях, в Молдавии и на Украине. На территории южной части США и Мексики произрастают многоколосник золотистый (*Agastache aurantiaca* L.) и многоколосник мексиканский (*Agastache mexicana* L.).

Многоколосники являются неприхотливыми растениями и практически не поражаются вредителями и болезнями. Они относятся к многолетникам, однако некоторые виды, в частности *Agastache aurantiaca* L., в связи с недостаточной морозостойкостью плохо зимуют в условиях Беларуси. Поскольку растения рода *Agastache* в большинстве случаев в середине первого года своего развития вступают в генеративный период, многоколосники могут выращиваться в однолетней культуре с получением достаточного количества цветущих растений для заготовки и выделения эфирного масла.

В связи с тем, что за исключением многоколосника морщинистого другие представители рода *Agastache* не являются фармакопейными, их эфирные масла недостаточно изучены как по компонентному составу, так и в плане стандартизации растительного сырья.

В литературе имеются немногочисленные сведения о компонентном составе эфирных масел растений рода *Agastache*, интродуцированных на территории Беларуси и ряда европейских стран. Наиболее изученным является многоколосник морщинистый *Agastache rugosa* L. [4–7, 9]. Изучение в Центральном ботаническом саду (ЦБС) НАН Беларуси многоколосника морщинистого в качестве перспективного лекарственного сырья показало, что в плане приспособления к почвенно-климатическим условиям Беларуси он обладает хорошими адаптационными возможностями, сохраняя при этом высокие биопродукционные показатели и репродуктивные способности [10, 11].

Растения рода *Agastache* являются источником биологически активных соединений, обладающих рядом значимых полезных свойств. Так, эфирное масло *Agastache foeniculum* L. оказывает противовоспалительное, обезболивающее, противосудорожное, противоспазматическое, иммуностимулирующее, радиопротекторное, стимулирующее кроветворение, противомикробное действие. Оно обладает фунгицидной активностью, используется в парфюмерной и пищевой промышленности [12–15]. Многоколосник морщинистый (*Agastache rugosa*) является мощным иммуностимулятором с мягким пролонгированным действием, поэтому его называют северным женьшенем. Эфирные масла *Agastache rugosa* обладают бактерицидными, иммуномоделирующими, гепатопротекторными и антиоксидантными свойствами. Их используют для нормализации кровяного давления, лечения заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой дистонии, нейродермита [16, 17].

Сведения о компонентном составе и биологической активности эфирных масел других представителей рода *Agastache* (*Agastache pallidiflora*, *Agastache mexicana*, *Agastache aurantiaca*) из различных географических зон произрастания противоречивы и носят отрывочный характер [4–7, 18].

В настоящее время в публикациях, посвященных компонентному составу летучих вторичных метаболитов растений, особое внимание уделяется оптической активности входящих в их состав соединений, поскольку оптические изомеры органических соединений проявляют раз-

личную биологическую и фармакологическую активность [19–23]. Таких данных по растениям рода *Agastache* в литературе практически не представлено.

Цель настоящей работы – изучение состава и характера распределения энантиомеров компонентов эфирных масел некоторых представителей рода *Agastache*, культивируемых в условиях центральной агроклиматической зоны Беларуси.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являлись эфирные масла растений рода *Agastache*, представленные в табл. 1. Эфиромасличное сырье было получено на интродукционном участке отдела биохимии и биотехнологии растений ЦБС НАН Беларуси. Образцы надземной части растений в фазе массового цветения были собраны в 2017 г.

Таблица 1. Характеристика образцов эфирных масел *Agastache* L.

Table 1. Characteristics of the *Agastache* essential oil samples

№ образца	Таксон	Латинское название таксона	Сорт
1	Многоколосник бледноцветковый	<i>Agastache pallidiflora</i> ssp. <i>neomexicana</i> L.	‘Rose Mint’
2	Многоколосник золотистый	<i>Agastache aurantiaca</i> L.	‘Tango’
3	Многоколосник золотистый	<i>Agastache aurantiaca</i> L.	‘Fragrant Delight’
4	Многоколосник мексиканский	<i>Agastache mexicana</i> L.	‘Sangria’
5	Многоколосник фенхельный	<i>Agastache foeniculum</i> L.	‘Снежок’

Выделение эфирного масла из измельченного свежего растительного сырья проводили методом перегонки с водяным паром по ГОСТу 24027.2-80 с последующей сушкой образцов безводным сульфатом натрия.

Разделение компонентов эфирного масла выполняли на хроматографе «Цвет 800», оснащенном пламенно-ионизационным детектором и оборудованном капиллярной колонкой Cyclosil B (длина 30 м, внутренний диаметр 0,32 мм, неподвижная фаза – β-циклодекстрин 0,25 мкм), в следующем температурном режиме: изотерма при 70 °С в течение 5 мин, подъем температуры до 115 °С со скоростью 3°/мин, изотерма в течение 20 мин, затем подъем температуры со скоростью 4°/мин до 200 °С, изотерма в течение 10 мин в токе газа-носителя азота. Линейная скорость азота – 16,2 см/с, величина сброса – 1:26, объем вводимой пробы – 0,1 мкл. Временем удерживания несорбирующегося газа считали время выхода пика метана.

Идентификацию энантиомеров компонентов эфирных масел проводили путем сравнения времени удерживания компонентов эфирного масла со временем удерживания эталонных соединений. В отдельных случаях для идентификации компонентов использовали «метод метки».

Количественные определения основных компонентов и их оптических изомеров в эфирных маслах осуществляли методом внутренней нормализации без использования поправочных коэффициентов.

Результаты и их обсуждение. Результаты хроматографического разделения образцов эфирных масел *Agastache* представлены в табл. 2.

Исследованные образцы эфирных масел близки по качественному составу, однако их количественный состав существенно различается и зависит от вида растительного сырья.

По литературным данным [24], у растений рода *Agastache* распространены хемотипы, эфирное масло которых отличается по компонентному составу. Различают четыре хемотипа многоколосника фенхельного, эфирные масла которых обладают запахами мяты, гвоздики, аниса. По результатам наших исследований основными компонентами эфирного масла многоколосника фенхельного (сорт Снежок), являются пулегон, изоментон и лимонен, что позволяет отнести его к изоментонно-пулегоновому хемотипу.

Главным компонентом эфирного масла многоколосника золотистого (‘Tango’ и ‘Fragrant Delight’) является ментон (50–65 %), в меньшей концентрации в масле этих растений присутствует пулегон (25–35 %). Полученные данные позволяют отнести растения *Agastache aurantiaca* L. из коллекции ЦБС НАН Беларуси к ментонно-пулегоновому хемотипу.

Таблица 2. Компонентный состав эфирных масел *Agastache* L.Table 2. Composition of *Agastache* essential oils

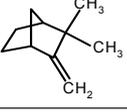
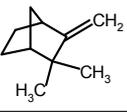
Соединение	Содержание в образцах, %				
	1	2	3	4	5
α -Пинен	1,8	<0,1	<0,1	0,1	–
Камфен	4,0	0,4	0,2	1,0	1,1
Сабинен	1,3	0,4	0,2	0,2	0,2
β -Пинен	3,5	<0,1	<0,1	0,2	<0,1
Лимонен	3,1	2,5	4,0	6,5	13,9
1,8-Цинеол	5,3	0,2	0,2	0,2	0,40
Линалоол	–	0,1	<0,1	12,7	<0,1
Ментон	39,7	53,3	65,0	2,0	4,3
Изоментон	0,3	2,9	1,8	0,5	27,2
Камфора	<0,1	0,4	0,3	0,5	–
Метилхавикол	0,1	1,3	1,0	15,1	0,9
Пулегон	8,4	36,3	25,3	1,4	43,3
α -Терпинеол	1,6	0,1	0,1	0,1	–
Карвон	5,9	0,1	0,1	8,5	0,3
Терпенилацетат	–	0,1	0,1	6,1	0,2
Цитраль	–	0,1	–	10,7	0,2
Гераниол	0,3	–	–	1,8	0,2
Метилэвгенол	–	0,2	<0,1	20,8	<0,1
Геранилацетат	0,2	0,2	0,2	–	–
β -Кариофиллен	0,7	0,2	0,2	<0,1	0,9
Эвгенол	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,2
Кариофиллен-оксид	0,3	<0,1	<0,1	0,1	0,2

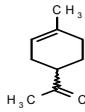
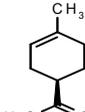
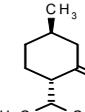
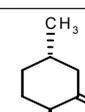
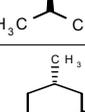
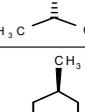
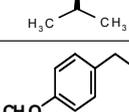
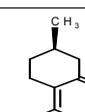
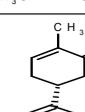
Многоколосник бледноцветковый сорта Rose Mint относится к ментонному хемотипу, так как его эфирное масло обогащено ментоном ($\approx 40\%$), в меньшей концентрации в нем присутствует пулегон ($\approx 8\%$). Однако присутствие α -терпинеола, геранилацетата и минорных соединений придает запаху эфирного масла оттенок аромата розы.

Существенно отличается по количественному составу эфирное масло *Agastache mexicana* L. (сорт Sangria), мажорными компонентами которого являются метилхавикол (14–16%), метилэвгенол (19–22%) и линалоол (11–13%). По сравнению с эфирными маслами других видов *Agastache* масло многоколосника мексиканского содержит небольшие количества (1–3%) пулегона.

Формулы основных компонентов эфирных масел растений рода *Agastache* представлены в табл. 3.

Таблица 3. Основные идентифицированные компоненты эфирных масел *Agastache* L.Table 3. The main identified components of *Agastache* essential oils

Идентифицированное соединение	Формула	Время выхода из колонки, мин
(–)-Камфен		15,5
(+)-Камфен		15,8
(+)- β -Пинен		16,8
(–)- β -Пинен		17,3

Идентифицированное соединение	Формула	Время выхода из колонки, мин
(-)-Лимонен		19,2
(+)-Лимонен		19,7
1,8-Цинеол, эвкалиптол		20,2
(-)-Ментон		30,8
(+)-Ментон		31,1
(-)-Изоментон		31,3
(+)-Изоментон		32,3
Метилхавикол, эстрагол		37,1
(+)-Пулегон		43,7
(-)-Карвон		47,5

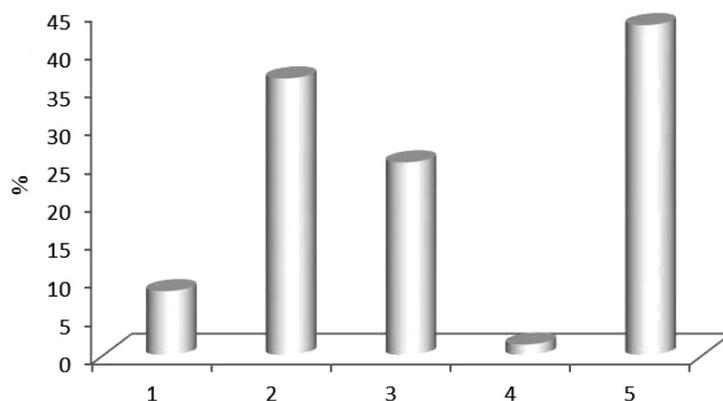
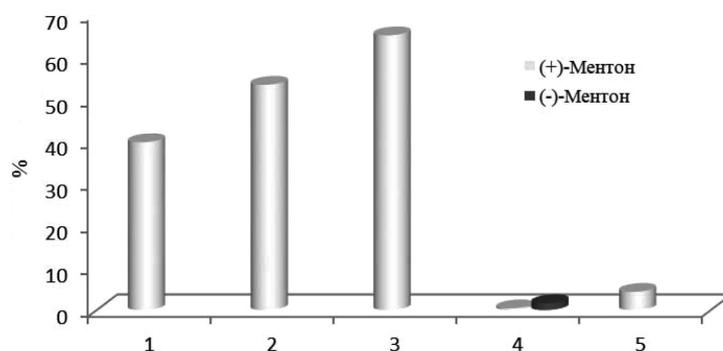
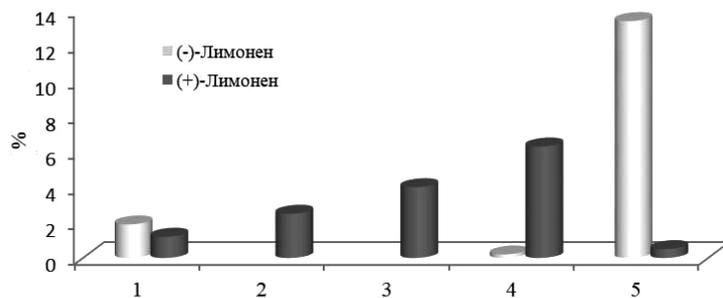
Поскольку оптическая активность входящих в состав эфирных масел веществ оказывает существенное влияние на их биологическую активность, нами изучен характер распределения энантиомеров основных компонентов эфирных масел растений *Agastache*.

Для всех изученных образцов характерна энантиомерная чистота по (+)-пулегону (рис. 1), однако концентрация этого соединения зависит от вида растительного сырья.

Содержание (+)-пулегона в эфирном масле многоколосника фенхельного (сорт Снежок) более чем в 5 раз превышает концентрацию этого компонента в масле многоколосника бледноцветкового ('Rose Mint') и в 25 раз – в образце *Agastache mexicana* (сорт Sangria).

Каждое из исследованных эфирных масел растений *Agastache* характеризуется свойственным ему соотношением энантиомеров ментона. На рис. 2 представлены данные о концентрации энантиомеров ментона в эфирных маслах многоколосников из коллекции ЦБС НАН Беларуси.

В исследованных образцах отмечены существенные различия в характере распределения и концентрации оптических изомеров лимонена (рис. 3).

Рис. 1. Содержание (+)-пулегона в эфирных маслах *Agastache* L.Fig. 1. Content of (+)-pulegone in *Agastache* essential oilsРис. 2. Распределение энантимеров ментона в эфирных маслах *Agastache* L.Fig. 2. Distribution of menthone enantiomers in *Agastache* essential oilsРис. 3. Распределение энантимеров лимонена в эфирных маслах *Agastache* L.Fig. 3. Distribution of limonene enantiomers in essential oils *Agastache*

Масло многоколосника бледноцветкового содержит близкие концентрации право- и левовращающих форм лимонена с небольшим преобладанием S(-)-лимонена. Для эфирных масел многоколосника золотистого ('Tango' и 'Fragrant Delight') характерна энантиомерная чистота по R(+)-лимонену. В то же время характер распределения оптических изомеров лимонена в эфирных маслах многоколосника мексиканского и фенхельного другой. Так, в многоколоснике фенхельном практически весь лимонен представлен левовращающими формами, а для масла многоколосника мексиканского характерно существенное преобладание правовращающих (+)-форм.

Заключение. Проведенные с помощью метода газожидкостной хроматографии исследования позволили установить компонентный состав и характер распределения энантиомеров основных компонентов в эфирных маслах некоторых представителей рода *Agastache* из коллекции ЦБС НАН Беларуси.

Особенности распределения энантиомеров лимонена, пулегона и ментона являются индивидуальной характеристикой исследованных эфирных масел *Agastache*.

Полученные данные могут быть использованы для стандартизации и контроля качества эфирных масел лекарственных растений, перспективных для культивирования в Республике Беларусь.

Список использованных источников

1. Кухарева, Л. В. Ассортимент лекарственных растений перспективных для выращивания в условиях Беларуси / Л. В. Кухарева // Вестн. фармации. – 2007. – № 1. – С. 99–101.
2. Логвиненко, Л. А. Ароматические растения семейства Lamiaceae для фитотерапии / Л. А. Логвиненко, Л. А. Хлыпенко, Н. В. Марко // Фармация и фармакология. – 2016. – Т. 4, № 4. – С. 34–47.
3. Применение эфирных масел традиционных растений и нового для России растения – лофанта анисового (*Lophanthus anisatus* Benth.) / Х. А. А. Абделаал [и др.] // Естеств. науки. – 2009. – № 3. – С. 78–86.
4. Zielińska, S. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae) / S. Zielińska, A. Matkowski // Phytochem Rev. – 2014. – Vol. 13, N 2. – P. 391–416. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9349-1>
5. Charles, D. J. Characterization of essential oil of *Agastache* spp. / D. J. Charles, J. E. Simon, M. P. Widrlechner // J. Agric. Food Chem. – 1991. – Vol. 39, N 11. – P. 1946–1949. <https://doi.org/10.1021/jf00011a011>
6. Wilson, L. A. Headspace analysis of the volatile oils of *Agastache* / L. A. Wilson, N. P. Senechal, M. P. Widrlechner // J. Agric. Food Chem. – 1992. – Vol. 40, N 8. – P. 1362–1366. <https://doi.org/10.1021/jf00020a015>
7. Omidhaigi, R. Essential oil composition of *Agastache* / R. Omidhaigi, F. Sefidkon // J. Ess. Oil Res. – 2003. – Vol. 15, N 1. – P. 52–53. <https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9712265>
8. Биологически активные вещества и антиоксидантная активность растений рода *Agastache* Clayton ex Gron. (Lamiaceae L.), культивируемых в условиях Среднего Урала / М. А. Мяделец [и др.] // Химия раст. сырья. – 2014. – № 4. – С. 147–152.
9. Динамика накопления и компонентный состав эфирного масла *Agastache rugosa* L. / Н. А. Коваленко [и др.] // Тр. Белорус. гос. технол. ун-та. Сер. 4. Химия и технология орган. веществ. – 2008. – Т. 1, № 4. – С. 30–33.
10. Особенности сезонного накопления фенольных соединений в лекарственном сырье многоколосника морщинистого *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey) в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 1997. – № 3. – С. 25–31.
11. Особенности сезонного накопления органических кислот и терпеноидов в лекарственном сырье многоколосника морщинистого *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey) / Ж. А. Рупасова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 1998. – № 1. – С. 5–11.
12. Изучение химического состава и противогрибковой активности эфирного масла *Lophanthus anisatum* Benth. / А. В. Великородов [и др.] // Химия раст. сырья. – 2010. – № 2. – С. 143–146.
13. Phytochemical, antibacterial, antifungal and antioxidant properties of *Agastache foeniculum* essential oil / M. Hashemil [et al.] // J. Chem. Health Risks. – 2017. – Vol. 7, N 2. – P. 95–104.
14. Ebadollahi, A. Chemical constituents and toxicity of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze essential oil against two stored-product insect pests / A. Ebadollahi // Chil. J. Agric. Res. – 2011. – Vol. 71, N 2. – P. 212–217. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392011000200005>
15. Toxicity of essential oil of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze to *Oryzaephilus surinamensis* L. and *Lasioderma serricornis* F. / A. Ebadollahi [et al.] // J. Plant Protection Res. – 2010. – Vol. 50, N 2. – P. 215–219. <https://doi.org/10.2478/v10045-010-0037-x>
16. Shin, S. Antifungal activity of the essential oil of *Agastache rugosa* Kuntze and its synergism with ketoconazole / S. Shin, C.-A. Kang // Lett. Appl. Microbiol. – 2003. – Vol. 36, N 2. – P. 111–115. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765x.2003.01271.x>
17. Chemical composition and nematocidal activity of essential oil of *Agastache rugosa* against *Meloidogyne incognita* / H. Li [et al.] // Molecules. – 2013. – Vol. 18, N 4. – P. 4170–4180. <https://doi.org/10.3390/molecules18044170>
18. Antifungal activity of essential oils extracted from *Agastache mexicana* ssp. *xolocotziana* and *Porophyllum linaria* against post-harvest pathogens / Z. N. Juárez [et al.] // Industrial Crops and Products. – 2015. – Vol. 74. – P. 178–182. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.058>
19. Смирнова, Н. Г. Оптическая изомерия и биологическая активность лекарственных средств / Н. Г. Смирнова, Г. Н. Гильдеева, В. Г. Кукес // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2, Химия. – 2012. – Т. 53, № 3. – С. 147–156.
20. Ткачев, А. В. Проблемы качественного и количественного анализа летучих веществ растений / А. В. Ткачев // Химия раст. сырья. – 2017. – № 3. – С. 5–37.
21. Pharmacological activity of (R)-(+)-pulegone, a chemical constituent of essential oils / D. P. de Sousa [et al.] // Z. Naturforsch C. – 2011. – Vol. 66, N 7–8. – P. 353–359. <https://doi.org/10.5560/znc.2011.66c0353>
22. Ruiz del Castillo, M. L. Natural variability of the enantiomeric composition of bioactive chiral terpenes in *Mentha piperita* / M. L. Ruiz del Castillo, G. P. Blanch, M. Herraiz // J. Chromatogr. A. – 2004. – Vol. 1054, N 1–2. – P. 87–93. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(04\)01405-0](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(04)01405-0)
23. Christensson, J. B. Fragrance allergens, overview with a focus on recent developments and understanding of abiotic and biotic activation / J. B. Christensson, L. Hagvall, A. T. Karlberg // Cosmetics. – 2016. – Vol. 3, N 2. – Art. 19. <https://doi.org/10.3390/cosmetics3020019>
24. Хлыпенко, Л. А. Итоги интродукции рода *Agastache* в условиях Южного берега Крыма / Л. А. Хлыпенко, Т. И. Орел // Сб. науч. тр. Гос. Никит. ботан. сада. – 2011. – № 133. – С. 230–236.

References

1. Kukhareva L. V. Assortment of medicinal plants that are promising for growing in Belarus. *Vestnik farmatsii = Bulletin of Pharmacy*, 2007, no. 1, pp. 99–101 (in Russian).
2. Logvinenko L. A., Khlypenko L. A., Marko N. V. Aromatic plants of the family Lamiaceae for phytotherapy. *Farmatsiya i farmakologiya = Pharmacy and Pharmacology*, 2016, vol. 5, no. 4, pp. 34–47 (in Russian).
3. Abdelaal Kh. A. A., Velikorodov A. V., Tyrkov A. G., Fursov V. N. The use of essential oils of traditional plants and the new plant for Russia – lophanth anisate (*Lophanthus anisatus* Benth.). *Estestvennye nauki = Natural Sciences*, 2009, no. 3, pp. 78–86 (in Russian).
4. Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae). *Phytochemistry Reviews*, 2014, vol. 13, no. 2, pp. 391–416. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9349-1>
5. Charles D. J., Simon J. E., Widrlechner M. P. Characterization of essential oil of *Agastache* spp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1991, vol. 39, no. 11, pp. 1946–1949. <https://doi.org/10.1021/jf00011a011>
6. Wilson L. A., Senechal N. P., Widrlechner M. P. *Headpace analysis of the volatile oils of Agastache*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1992, vol. 40, no. 8, pp. 1362–1366. <https://doi.org/10.1021/jf00020a015>
7. Omidhaigi R., Sefidkon F. Essential oil composition of *Agastache*. *Journal of Essential Oil Research*, 2003, vol. 15, no. 1, pp. 52–53. <https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9712265>
8. Myadelets M. A., Kukushkina T. A., Vorob'eva T. A., Shaldaeva T. M. Biologically active substances and antioxidant activity of plants of the genus *Agastache* Clayton ex Gron. (*Lamiaceae* L.) cultivated in the Middle Urals. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya = Chemistry of plant raw material*, 2014, no. 4, pp. 147–152 (in Russian).
9. Kovalenko N. A., Supichenko G. N., Leont'ev V. N., Shutova A. G. Dynamics of accumulation and component composition of essential oil *Agastache rugosa* L. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya 4. Khimiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv* [Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 4. Chemistry and technology of organic substances], 2008, vol. 1, no. 4, pp. 30–33 (in Russian).
10. Rupasova Zh. A., Sidorovich E. A., Kukhareva L. V., Plenina L. V., Khlyustov S. V., Ignatenko V. A., Vasilevskaya T. I. Peculiarities of seasonal accumulation of phenolic compounds in the medicinal raw material of the wrinkled *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey) in the conditions of Belarus. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 1997, no. 3, pp. 25–31 (in Russian).
11. Rupasova Zh. A., Sidorovich E. A., Kukhareva L. V., Plenina L.V., Khlyustov S. V., Varavina N. P. [et al.]. Peculiarities of seasonal accumulation of organic acids and terpenoids in the medicinal raw material of the wrinkled *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey) in the conditions of Belarus. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 1998, no. 1, pp. 5–11 (in Russian).
12. Velikorodov A. V., Kovalev V. B., Tyrkov A. G., Degtyarev O. V. Study of the chemical composition and antifungal activity of essential oil *Lophanthus anisatum* Benth. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*, 2010, no. 2, pp. 143–146 (in Russian).
13. Hashemi M., Ehsani A., Hassani A., Afshari A., Aminzare M., Sahranavard T., Azimzadeh Z. Phytochemical, antibacterial, antifungal and antioxidant properties of *Agastache foeniculum* essential oil. *Journal of Chemical Health Risks*, 2017, vol. 7, no. 2, pp. 95–104.
14. Ebadollahi A. Chemical constituents and toxicity of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze essential oil against two stored-product insect pests. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 2011, vol. 71, no. 2, pp. 212–217. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392011000200005>
15. Ebadollahi A., Safaralizadeh M. H., Pourmirza A. A., Gheibi S. Toxicity of essential oil of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze to *Oryzaephilus surinamensis* L. and *Lasioderma serricornis* F. *Journal of Plant Protection Research*, 2010, vol. 50, no. 2, pp. 215–219. <https://doi.org/10.2478/v10045-010-0037-x>
16. Shin S., Kang C.-A. Antifungal activity of the essential oil of *Agastache rugosa* Kuntze and its synergism with ketoconazole. *Letters in Applied Microbiology*, 2003, vol. 36, no. 2, pp. 111–115. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765x.2003.01271.x>
17. Li H., Liu Q., Liu Z., Du S., Deng Z. Chemical composition and nematicidal activity of essential oil of *Agastache rugosa* against *Meloidogyne incognita*. *Molecules*, 2013, vol. 18, no. 4, pp. 4170–4180. <https://doi.org/10.3390/molecules18044170>
18. Juárez Z. N., Hernández L. R., Bach H., Sánchez-Arreola E., Bach H. Antifungal activity of essential oils extracted from *Agastache mexicana* ssp. *xolocotziana* and *Porophyllum linaria* against post-harvest pathogens. *Industrial Crops and Products*, 2015, vol. 74, pp. 178–182. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.058>
19. Smirnova N. G., Gil'deeva G. N., Kukes V. G. Optical isomerism and biological activity of pharmaceutical preparations. *Moscow University Chemistry Bulletin*, 2012, vol. 67, no. 3, pp. 95–102. <https://doi.org/10.3103%2FS002713141203008X>
20. Tkachev A. V. Problems of qualitative and quantitative analysis of volatile plant substances. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*, 2017, no. 3, pp. 5–37 (in Russian).
21. De Sousa D. P., Nóbrega F. F. F., de Lima M. R. V., de Almeida R. N. Pharmacological activity of (R)-(+)-pulegone, a chemical constituent of essential oils. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 2011, vol. 66, no. 7–8, pp. 353–359. <https://doi.org/10.5560/znc.2011.66c0353>
22. Ruiz del Castillo M. L., Blanch G. P., Herraiz M. Natural variability of the enantiomeric composition of bioactive chiral terpenes in *Mentha piperita*. *Journal of Chromatography A*, 2004, vol. 1054, no. 1–2, pp. 87–93. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(04\)01405-0](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(04)01405-0)

23. Christensson J. B., Hagvall L., Karlberg A. T. Fragrance allergens, overview with a focus on recent developments and understanding of abiotic and biotic activation. *Cosmetics*, 2016, vol. 3, no. 2, art. 19. <https://doi.org/10.3390/cosmetics3020019>

24. Khlypenko L. A., Orel T. I. The results of introduction of genus *Agastache* Horsemint in conditions of a Southern coast of Crimea. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* [Collection of scientific works of the State Nikitsky Botanical Garden], 2011, no. 133, pp. 230–236 (in Russian).

Информация об авторах

Коваленко Наталья Александровна – канд. хим. наук, доцент, заведующий кафедрой. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: chembstu@rambler.ru

Супиченко Галина Николаевна – канд. хим. наук. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: Supichenko@belstu.by

Леонтьев Виктор Николаевич – канд. хим. наук, доцент, заведующий кафедрой. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: leontiev@belstu.by

Шутова Анна Геннадьевна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: anna_shutova@mail.ru

Information about the authors

Natalya A. Kovalenko – Ph. D. (Chem.), Assistant professor, Head of the Department. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: chembstu@rambler.ru

Galina N. Supichenko – Ph. D. (Chem.). Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Supichenko@belstu.by

Victor N. Leontiev – Ph. D. (Chem.), Assistant professor, Head of the Department. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlov Str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: leontiev@belstu.by

Hanna G. Shutova – Ph. D. (Biol.), Leading researcher. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Sarganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anna_shutova@mail.ru