

УДК 582:581(082)
ББК 28.59я43
И73

Редакционная коллегия:

д.б.н., чл.-корр. НАН Беларуси *В. В. Титок* (ответственный редактор),
к.б.н. *П. Н. Белый*; к.б.н. *И. М. Гаранович*; д.б.н. *Н. В. Гетко*;
к.б.н. *Л. А. Головченко*; *С. М. Кузьменкова*; д.б.н. *Е. Н. Кутас*;
к.б.н. *Н. М. Лунина*; к.б.н. *О. В. Чижик*; к.б.н. *А. П. Яковлев*

Рецензенты:

доктор биологических наук, Ботанический институт
имени В. Л. Комарова Российской академии наук *К. Г. Ткаченко*;
кандидат биологических наук, Институт экспериментальной
ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси
А. В. Пугачевский

Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры : материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (Минск, 28 июня – 1 июля 2022 г.). В 2 ч. Ч. 1 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: В.В. Титок [и др.] – Минск : Белтаможсервис, 2022. – 526 с.

ISBN 978-985-7004-74-4

В сборнике представлены материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. Часть 1: секция 1 «Теоретические основы и практические результаты интродукции растений» и секция 2 «Экология, физиология и биохимия интродуцированных растений».

УДК 582:581(082)
ББК 28.59я43

ISBN 978-985-7004-74-4 (ч. 1)
ISBN 978-985-7004-72-0

© ГНУ «Центральный ботанический сад
Национальной академии наук Беларуси», 2022
© Оформление. РУП «Белтаможсервис», 2022

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛЕТУЧИХ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫДЕЛЯЕМЫХ ЛИСТЬЯМИ ЦИТРОНА (*CITRUS MEDICA* L.) В УСЛОВИЯХ ОРАНЖЕРЕЙНОЙ КУЛЬТУРЫ

Гетко Н. В.¹, Ателенко Е. В.¹, Субоч В. П.²

¹Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», Минск, Беларусь, hetko@cbg.org.by

²Республиканский научно-практический центр по продовольствию НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Резюме. Методом GC/MS – анализа был исследован ароматический профиль летучих компонентов листьев цитрона (*C. medica*), выращиваемого в оранжерее Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Идентифицированы 9 соединений терпеноидной природы, составляющих 82 % от общего объема летучих компонентов и определяющих аромат его листьев. В долевом отношении в композиции значительно преобладает D-Limonene (56,6 %), далее следуют: Geranyl acetate (7,2 %) и beta-Ocimene (4,4 %), Caryophyllene (3,63 %), beta-Myrcene (2,47 %), Geraniol (2,27 %) beta-Bisabolene (1,74 %), alpha-Bergamotene (1,63 %).

CHEMICAL COMPOSITION OF VOLATILE AROMATIC COMPOUNDS EMITTED BY CITRUS LEAVES (*CITRUS MEDICA* L.) UNDER GREENHOUSE CULTURE CONDITIONS

Hetko N. V., Ateslenko E. V., Suboch V. P.

Summary. The aromatic profile of the leaf volatile components of citron (*C. medica*) grown in the greenhouse of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus was studied by GC/MS – analysis and 9 compounds of terpenoid nature have been identified, accounting for 82 % of the total common volatile components and sensing the aroma of its leaves. In proportion to the composition, D-limonene (56.6 %) prevails, followed by the chain: geranyl acetate (7.2 %) and beta-ocimene (4.4 %), caryophyllene (3.63 %), beta-myrcene (2.47 %), geraniol (2.27 %), beta-bisabolene (1.74 %), alpha-bergamotene (1.63 %).

В ботанических системах Swingle и Tanaka цитрон *C. medica* L. рассматривается как вид. Это один из четырех природных видов цитрусовых в семействе *Rutaceae* Juss., остальные – помело, мандарин и относящийся к подроду *Papedocitrus* и являющийся разновидностью в данном семействе – папеда [1]. Родиной происхождения является северо-восточная Индия, Мьянма и Китайская провинция Юньнань. Цитрон мог быть единственным цитрусовым, который был известен европейцам еще до Средневековья, и был первым цитрусовым деревом, завезенным в бассейн Средиземного моря, а появление его в Персии, по-видимому, произошло не позднее первой половины первого тысячелетия до нашей эры. И только в десятом веке арабы расширили культуру кислого апельсина и лимонного дерева в Северной Африке, Испании и Сардинии [2]. Изначально плоды цитрона ценились за их ароматические свойства: в кожуре плода расположены многочисленные везикулы, содержащие эфирные масла. Мякоть плода в пищу не употребляли, и на протяжении веков растение использовали в качестве декоративного, а также как антисептик и репеллент. И если технический процесс извлечения эфирных масел был известен примерно в одиннадцатом веке, то промышленное использование цитрона парфюмерной промышленностью началось на Сицилии между 1500 и 1600 годами [3], а в XIX веке Корсика стала крупнейшим производителем и экспортером цукатов из цитрона, использующим местный корсиканский сорт.

Цитрон является одним из самых чистых видов, поскольку для него характерно исключительно самоопыление. Его отличает от других видов цитрусовых очень низкий уровень полиморфизма, и во всех вариантах скрещивания цитрон выступает в качестве опылителя [4, 5, 6]. Вклад цитрона в происхождение ряда важных культурных генотипов признан всеми систематиками.

В сочетании с кислым апельсином (*Citrus aurantium*), цитрон предположительно стал прародителем лимона (*Citrus limon*) и бергамота (*Citrus bergamia*), а в сочетании с *Citrus micrantha* – лайма (*Citrus aurantifolia*) [1, 4, 6, 7]. Грубый лимон (*Citrus jambhiri*) вероятнее всего является гибридом цитрона и мандарина [7].

В настоящее время химический состав эфирных масел цитрона, его гибридов и разновидностей рассматривается в том числе и как один из важных видовых признаков. Причем, в качестве его источника наиболее удобным оказалось эфирное масло листьев (петитгрейн), поскольку в нем не так сильно превалирует его основной компонент – лимонен, содержание которого в эфирном масле кожуры плодов достигает 70 %. Считается, что ароматический профиль эфирного масла листьев истинных цитронов должен быть представлен следующими основными компонентами, которые в долевого соотношении составляют: лимонен (12–47 %), нераль (6,5–17,4 %), гераниаль (3,8–30,6 %), нерол (3–10,8 %) и гераниол (2,6–24,6 %). Подобный составы эфирных масел листьев наблюдаются также в лайме и лимонах, отличающихся высоким содержанием лимонена и компонентов в композиции гераниаль / нераль [8].

Этот видовой признак цитрусовых растений важен не только в плане оценки биоразнообразия образцов в коллекциях, но также для характеристики их полезных ароматических свойств. С этой целью нами исследован компонентный состав ароматических соединений, выделяемых листьями образца цитрона (*C. medica* L), полученного в порядке обмена из коллекционного фонда ФИЦ ШЦ РАН (г. Сочи) и выращиваемого в ЦБС НАН Беларуси в оранжерейной культуре. Летучие компоненты извлекали с помощью твердофазного микроэкстрактора фирмы Supelco™, размещенного в паровоздушном пространстве над пробами воздушно сухих, мелко измельченных и нагретых до 40°C образцов листьев. Анализ компонентного состава экстрактов осуществляли методом GC/MS с использованием системы «Agilent Technologies 6850 Series II» (Network GC System /5975B (VL MSD)). Идентификацию каждого из компонентов осуществляли методом сравнения экспериментальных масс спектров со спектрами базы данных NIST и оценивали относительное содержание по площади их пиков на хроматограмме. Результаты представлены в таблице и на рисунке. Учтены только те компоненты, содержание и идентификация которых по масс-спектрам не вызывала сомнений, а степени совпадения экспериментальных данных с библиотечными (NIST) были в пределах 95–99 %.

Таблица. Компонентный состав летучих терпеноидов листьев цитрона *C. medica* L., выращиваемого в оранжерее ЦБС НАН Беларуси

№ п/п	RT	Название компонента	CAS ¹	Брутто-формула	Площадь пиков	Коэффициент совпадения	Содержание, %
1	9,70	beta-Myrcene	123–35–3	C ₁₀ H ₁₆	15150961,4	98,1	2,47
2	10,17	3-Carene	13466–78–9	C ₁₀ H ₁₆	14141998,2	97,2	2,31
3	10,58	D-Limonene	5989–27–5	C ₁₀ H ₁₆	345347154,2	98,9	56,33
4	10,91	beta-Ocimene	13877–91–3	C ₁₀ H ₁₆	27205828	99,1	4,44
5	16,35	Geraniol	624–15–7	C ₁₀ H ₁₈ O	13897260,2	96,2	2,27
6	16,63	Geranyl acetate	105–87–3	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	44053506,1	98,0	7,19
7	17,52	Caryophyllene	87–44–5	C ₁₅ H ₂₄	22274092,2	98,9	3,63
8	17,59	alpha-Bergamotene	13474–59–4	C ₁₅ H ₂₄	10064896,1	97,3	1,64
9	18,59	beta-Bisabolene	495–61–4	C ₁₅ H ₂₄	10682417,8	97,8	1,74
		Итого:			502818114,2		82,01

¹CAS – регистрационный номер, уникальный численный идентификатор химических соединений

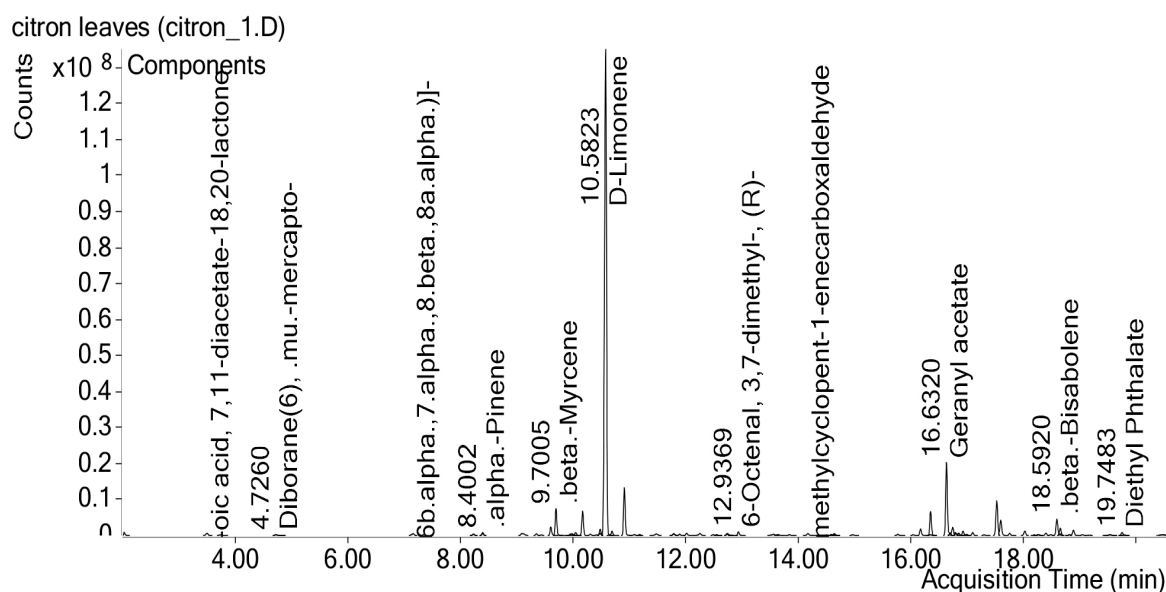


Рис. Хроматограмма масс-спектров летучих компонентов листьев *Citron medica* L.

В ароматическом профиле газовой фазы натуральных эфирных масел данного образца цитрона (*C. medica*), идентифицированы 9 компонентов терпеноидной природы, составляющих 82 % от их общего объема и определяющих аромат его листьев. Это – углеводороды, представленные монотерпенами (*beta*-Myrcene, 3-Carene, D-Limonene, *beta*-Ocimene), кислородосодержащими терпеноидами (Geraniol и Geranyl acetate) и сесквитерпенами (Caryophyllene, *alpha*-Bergamotene, *beta*-Bisabolene). В долевом соотношении в композиции значительно превалирует D-Limonene (56,6%), далее следуют: Geranyl acetate (7,2%) и *beta*-Ocimene (4,4%), Caryophyllene (3,63%), *beta*-Myrcene (2,47%), 3-Carene (2,31%), Geraniol (2,27%), *beta*-Bisabolene (1,74%), *alpha*-Bergamotene (1,63%).

Высокое содержание лимонена в составе представленной композиции терпеноидов свидетельствует о том, что данный образец является близким к цитрону, но присутствие и долевое соотношение остальных компонентов свидетельствует в пользу того, что это – несомненно разновидность, либо один из его гибридов и представляет интерес в составе имеющихся в генофонде ЦБС НАН Беларуси образцов *Citrus medica* L., перспективного для использования в интерьерах различного функционального назначения, учитывая полезные свойства компонентов, составляющих аромат его листьев, в том числе:

Геранилацетат (Geranyl acetate) – сложный терпеноидный эфир. Содержится в эфирных маслах более 80 видов растений. Из наиболее близких нам – это: кориандр (*Cariandrum sativum* L.), чабрец (*Thymus serpyllum* L.S.L.), цитронелла (*Cymbopogon flexuosus* L.) и большинство цитрусовых растений. В медицинских препаратах используется как компонент, инициирующий апоптоз клеток, активен в отношении некоторых форм рака. и

Мирцен (*beta*-Myrcene) – ациклический природный монотерпен. Представлен в основном в виде β -изомера. Особенно много мирцена содержится в укропе, кориандре, багульнике. Обладает смолисто-цитрусовым ароматом с оттенком мускуса и пряностей (гвоздики).

Оцимен (*beta*-Ocimene) – смесь ациклических монотерпеновых углеводородов с запахом базилика. Содержится в листьях базилика (*Ocimum basilicum* L.) – одной из древнейших пряностей национальных кухонь Закавказья и Средней Азии, с приятным запахом душистого перца. Является источником получения эфирного масла, камфоры и эвгенола.

Благодарности: Авторы выражают благодарность директору Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук», академику РАН А. В. Рындинову и зав. лабораторией, канд. с.-х. наук Р.В. Кулян за сотрудничество и помощь в приобретении генетического материала цитрусовых растений.

Список литературы

1. Moore, G. A. Oranges and lemons: clues to the taxonomy of Citrus from molecular markers / G. A. Moore // Trends Genet. – 2001. – Vol. 17, N 9. – P. 536–540. Doi.org/10.1016/S0168–9525(01)02442–8.
2. Jiao W.-B. Genome-wide characterization and expression analysis of genetic variants in sweet orange / W.-B. Jiao, D. Huang, F. Xing, Yi. Hu, X.– H. Deng, Qi. Xu, L.-L. Chen // The Plant Journal. – 2013. – Vol. 76, N 6. – P. 954–964. Doi.org/10.1111/tpj.12254
3. Ruberto G. Analysis of volatile components of Citrus fruit essential oils. In: Jackson, Linskens, Inman (Eds.). Analysis of taste and aroma. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York, 2002. – pp.123–157.
4. Barkley N. A., Roose M. L., Kruger R. R., Federici C. T. Assessing genetic diversity and population structure in a citrus germplasm collection utilizing simple sequence repeat markers (SSRs) // Theor. Appl. Genet., 2006. – Vol. 112. – P. 1519–1531.
5. Luro, F., Venturini, N., Gilles, C., Paolini, J., Ollitrault, P., Costa, J. Genetic and chemical diversity of citron (*Citrus medica* L.) based on nuclear and cytoplasmic markers and leaf essential oil composition // Phytochemistry, 2012. – Vol. 77. – P. 186–196.
6. Nicolosi E., La Malfa S., El-Otmani, M., Goldschmidt E. E. The search for the authentic citron (*Citrus medica* L.): historic and genetic analysis // HortScience, 2005. – Vol. 40. – P. 1938–1968.
7. Li, X., Xie, R. The origin of cultivated citrus as inferred from internal transcribed spacer and chloroplast DNA sequence and amplified fragment length polymorphism fingerprints // J. Amer. Soc. Hort. Sci., 2010. – Vol. 135. – P. 341–350.
8. Lota, M.L., de Rocca Serra, D., Tomi F., Jacquemond, C., Casanova. J. Volatile components of peel and leaf oils of lemon and lime species // J. Agric. Food Chem., 2002. – Vol. 50. – P. 796–805.