

УДК 633.8:582.949.28:581.19

А. Г. ШУТОВА, Е. В. КАРПИНСКАЯ, Н. В. СЕРГЕЕНКО, И. И. ПАРОМЧИК, С. А. МАХНАЧ

ХАРАКТЕРИСТИКА ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ БАЗИЛИКА БЛАГОРОДНОГО (*OSIMUM BASILICUM* L.)

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск
Институт овощеводства НАН Беларуси, Минск
Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск

(Поступила в редакцию 05.05.2004)

Введение. Род *Ocimum*, относящийся к семейству *Lamiaceae*, характеризуется многообразием морфологии и хемотипов входящих в него растений [1,2]. Среди всех видов этого рода базилик благородный (*Ocimum basilicum* L.) имеет наибольшее экономическое значение. Его культивируется во многих странах как популярное пряно-ароматическое растение. Его традиционно применяют в народной медицине при заболеваниях печени и желчного пузыря, сердечно-сосудистой системы и почек [3]. Эфирное масло базилика перспективно для применения в парфюмерной, пищевой промышленности, ароматерапии [4,14]. Интенсивно изучаются антимикробные и антиоксидантные свойства экстрактов и эфирного масла базилика [2, 9].

Морфологическое разнообразие базилика проявляется в высоте растений, окраске и размерах листьев. Основываясь на физиолого-морфологических параметрах, автор [9] выделяет семь групп базиликов со сходными фенотипическими характеристиками:

- 1) большой высотой растений, наибольшими размерами и весом листьев, сюда относятся «Lettuce Leaf», также называемый «итальянским» базиликом;
- 2) наибольшей высотой растений и средними размерами листьев, например «Genovese»;
- 3) карликовой, с маленькими листьями, разновидностью;
- 4) компактным ростом, таким как у *O. basilicum* var. *thyrsiflora*, или «Thai»;
- 5) пурпурно-окрашенными сортами с присущим второй группе базиликов ароматом (*Purpurascens*);
- 6) пурпурными разновидностями, такими как «Dark Opal», возможными гибридами между *O. basilicum* и *O. forskolei* с гвоздичным ароматом;
- 7) группой базиликов с лимонным ароматом (*Citriodorum*).

Следует отметить, что биохимический подход к изучению внутривидового полиморфизма — важный критерий для отбора хозяйственно ценных популяций. В выборе видов пряно-ароматических растений для эффективного возделывания одним из главных параметров является высокое содержание биологически активных веществ, аккумуляция которых в органах растений происходит во взаимосвязи с участием этих соединений в ключевых для жизнедеятельности растений процессах и к которым у базилика благородного следует, прежде всего отнести эфирное масло. Низшие терпеноиды, входящие в состав эфирных масел, представляют собой одну из важнейших групп вторичных метаболитов растений, набор которых определяется особенностями биосинтеза. Так, если первичные стадии биосинтеза терпеноидов являются общими для всех растений, то дальнейшие их ферментативные превращения специфичны. В связи с простотой извлечения низших терпеноидов из растений и относительной легкостью их химического анализа эта группа весьма привлекательна в качестве химического маркера, который может быть использован в хемосистематике базилика. Отличительная черта эфирного масла базилика — присутствие фенольных соединений, таких как эвгенол, метилхавикол и др. [2].

Эфирные масла базилика могут обладать совершенно различными органолептическими и химическими свойствами, зависящими от происхождения растения [6, 9, 12—14]. В зависимости от основных компонентов эфирного масла можно выделить шесть хемотипов базиликов

- А. Европейский или средиземноморский хемотип с линалоолом и метилхавиколом (эстраголом) в качестве основных компонентов [1, 6, 9, 12—13].
- Б. Реюньонский хемотип с эстраголом в качестве основного компонента [1, 6, 9, 12—13].
- В. Тропический хемотип с метилциннаматом (Бразилия, Индия, Гватемала, Пакистан) [1, 13].
- Г. Эвгенольный хемотип [6, 9].
- Д. Хемотип линалоола и эвгенола [1, 12].
- Е. Хемотип линалоола [1, 12].

Базилик европейского хемотипа распространен во Франции, Италии, Египте, Венгрии, Южной Африке, США [1, 9, 12—13]. Реюньонский тип произрастает на Мадагаскаре, Коморских островах, Сейшелах и в Италии [1, 12]. Эвгенольный тип встречается в Марокко, СНГ, Италии, Индонезии [6, 9, 12]. Хемотип с повышенным содержанием линалоола и эвгенола описан в Израиле [1, 12]. Считается, что европейский тип обладает лучшими ароматическими свойствами [12].

Известно, что фенольные соединения, которым принадлежит важная роль в формировании органолептических и фармакологических свойств, характерных для того или иного пряно-ароматического или лекарственного растения, являются одним из наиболее распространенных и многочисленных классов вторичных метаболитов [15]. Авторы [9] обнаружили в составе экстрактов *O. basilicum* розмариновую, кофейную кислоту и ее производные, производные коричной кислоты. В работе [11] была предпринята попытка систематизировать базилики на основе количественного и качественного составов флавонов.

В связи с вышеизложенным целью нашей работы было охарактеризовать базилик благородный, успешно культивируемый в Беларуси, по уровню и составу вторичных метаболитов, а именно эфирного масла и фенольных соединений во взаимосвязи с морфологическими параметрами.

Материалы и методы исследования. Объект исследования — базилик благородный, выращенный на опытно-селекционном участке Института овощеводства НАН Беларуси. Данная разновидность базилика благородного обладает сильно ветвистым, хорошо облиственным, четырехгранным стеблем, достигает высоты 40—65 см. Листья черешковые, зеленые, длиной до 4,1 см. Цветки белые, собраны в соцветия в виде длинных кистей и расположены в пазухах верхних листьев на концах стеблей. Ветвистый корень располагается в верхних слоях почвы. Плоды состоят из 4 коричнево-черных или черных орешков, которые в зрелом состоянии легко отделяются друг от друга. Стебли, листья и чашечки цветов покрыты волосками, между которыми располагаются железистые волоски, где образуется и накапливается эфирное масло.

Эфирное масло базилика благородного выделяли по методу [5], его анализировали по результатам газохроматографического разделения, которое проводилось на хроматографе ЛХМ-80 тип 6 с пламенно-ионизационным детектором на колонке 3 м × 3 мм, наполненной Хроматоном зернением 0,100—0,125 мм с нанесенной жидкой фазой Карбовакс 20М (10%). ИК-спектры масла базилика записывались на Specord 75 IR. Содержание общих фенольных соединений определяли по методу [7] в пересчете на галловую кислоту, сумму катехинов и лейкоантоцианов — по методу [8] в пересчете на (+)-катехин, содержание флавонолов — по методу, основанному на осаждении формальдегидом [7]. Количественное экстракционно-спектрофотометрическое определение суммарного содержания гидроксикоричных кислот проводили по методу [16] в пересчете на кофейную кислоту.

Результаты и их обсуждение. Эфирное масло базилика представляло собой желтоватую, легко подвижную, прозрачную жидкость, хорошо растворялось в 70%-ном этиловом спирте. Выход на сухой вес составлял 0,7%. Масло отличалось приятным сильным ароматом.

В табл. 1 дана характеристика эфирных масел *O. basilicum* различных хемотипов, приведенных в литературе, в сравнении с данными, полученными нами в ходе газохроматографического разделения. Как видно из табл. 1, экспериментальный образец масла базилика содержит 44,11% линалоола, 14,01% метилхавикола, 3,54% эвгенола.

В ИК-спектре эфирного масла базилика полоса 3360—3450 см⁻¹, соответствующая ОН-колебаниям гидроксильных соединений [10], очень интенсивна. Колебания СН-групп, характерные для алифатических соединений (2800—2960 см⁻¹), хорошо выражены, а также наблюдается плечо (2980—3090 см⁻¹), отнесенное к метиленовым группам. Благодаря метилхавиколу и эвгенолу колебания, соответствующие ароматическим соединениям, проявляются группой

Т а б л и ц а 1. Характеристика эфирного масла базилика благородного из различных источников*

Идентифицированные компоненты	Страна								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Выход, %								
	0,21	—	0,1	—	—	—	—	0,9	0,7
α-Пинен	0,03	0,20	0,37					0,35	0,43
Камфен	0,09	t	0,09						
β-Пинен	0,55	0,50	0,73					0,15	0,49
Сабинен	0,25		0,39						
Мирцен	0,13	0,20	0,86						
γ-Терпинен		0,10	1,49						0,37
Лимонен	0,31	0,30	0,29						0,17
1,8-Цинеол	5,61	5,50	3,57	4,6	3,25	7,2	0,15	18,0	7,65
ρ-Цимен	0,24		0,03	1,0	2,78	3,35	1,1		
Терпинолен	0,10		0,26						
Камфора	0,72			0,11	0,25	0,56	0,12		
Линалоол	41,7	28,2	38,2	62,7	0,96	58,2	79,0	24,3	44,11
Борнилацетат	0,52	0,40	1,44	2,2	0,45	1,1			
Терпинен—4-ол + β-кариофиллен	1,35		9,57	7,2	0,36	1,8			
Метилхавикол	2,24	30,0	16,4	0,6	85,5	2,3	0,03	0,3	14,01
α-Терпинеол	0,67	0,60		2,5	0,2	1,2			
Гермацен D	0,74			1,5	0,3	2,0			
Гераниол	t	0,10	1,11	2,24	0,5	0,45			
Транс-метилциннамат			4,73	0,53		0,04		46,3	
Эвгенол	31,9	2,5	5,12	3,4	0,45	0,5		0,6	3,45

Примечание. 1 — Израиль, 2 — Италия, 3 — Португалия, 4 — Болгария, 5 — Коморские острова, 6 — Египет, 7 — Франция, 8 — Бразилия, 9 — экспериментальный образец; t — следы.

* Литературные данные [1, 6, 9, 11—13].

Т а б л и ц а 2. Соотношение основных компонентов в эфирных маслах *O. basilicum*

Группа базиликов	Сорт	Линалоол	Метилхавикол	Эвгенол	1,8-цинеол	Библиогр. ссылка	Хемотип
1	Lettuce Leaf	1	0,6	—	0,08	[1]	A
	Blistered Lettuce Leaf	1	0,7	—	0,12	[1]	A
2	Genovese	1	—	0,03	0,2	[1]	E
	Giant Genovese	1	—	0,06	0,15	[1]	E
3	Little Green	1	—	0,015	0,07	[1]	E
	Little Green Compact	1	—	0,03	0,013	[1]	E
4	Thai (Companion Plants)	1	5,4	—	—	[9]	B
	Sweet Thai	1	10	—	—	[9]	B
5	Dwaft Violet	1	—	—	0,19	[1]	E
6	Dark Opal	1	—	—	0,15	[9]	E
	Экспериментальный образец	1	0,31	0,08	0,17		A

полос при 1500—1600 см⁻¹. Полосы поглощения между 1000 и 1300 см⁻¹ (область C—O-групп) указывают на наличие в масле базилика определенных количеств спиртовых, фенольных и эфирных соединений.

В табл. 2 приведены данные о соотношении основных компонентов эфирного масла в базиликах различных сортов в сравнении с исследованным образцом. Характерным является отсутствие метилхавикола для базиликов группы 2, тогда как для базиликов группы 1 доля метилхавикола составляет 0,15—0,7 от уровня линалоола [1, 9], а для группы 4 метилхавикол — основной компонент (5,4—10 к уровню линалоола) [1].

Т а б л и ц а 3. Содержание общих фенольных соединений (Ф) в образцах базилика благородного

Номер образца	Ф, мг%
1 (контроль)	2,41
2 (N30P40K60)	2,36
3 (N45P60K90)	2,39
4 (N60P80K120)	1,82

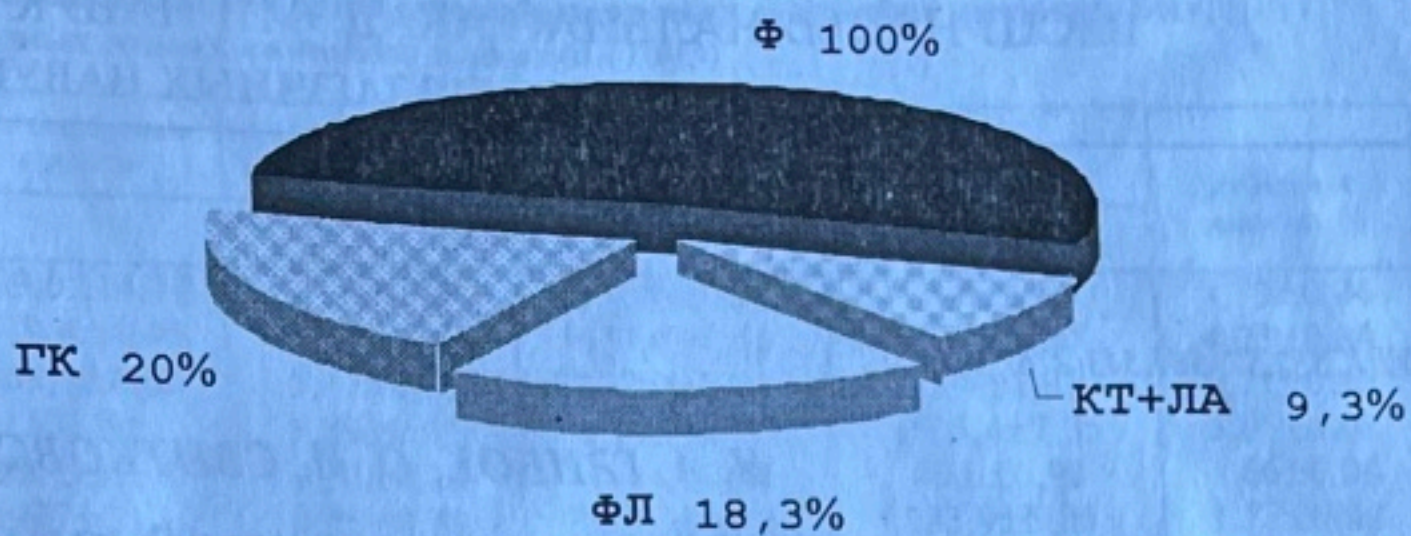
Примечание. Содержание Ф дано в пересчете на галловую кислоту.

Органическое и неорганическое питание может оказывать большое влияние на биосинтез фенолов в растении [17]. Поэтому нами исследовалось накопление различных классов фенольных соединений в базилике в четырех

образцах, выращенных при различных дозах внесения удобрений (№ 1 — контроль, № 2—4 — различные дозы внесения удобрений) (табл. 3).

Определение общих фенольных соединений в образцах сухого базилика (надземная масса, собранная в период цветения) (табл. 3) не выявило существенных различий, лишь образец № 4 отличался пониженным содержанием фенольных соединений. Компонентный состав фенольных соединений базилика представлен на рисунке. Следует отметить, что в целом исследованные образцы отличались относительно большим содержанием гидрокси-коричных кислот, что согласуется с данными [9]. Эта группа фенольных соединений, на наш взгляд, является перспективной для систематики базиликов, поскольку если в качестве основных или сопутствующих веществ флавоноиды присутствуют во многих растениях, то производные гидрокси-коричных кислот как преобладающие компоненты встречаются реже.

Заключение. Все сказанное позволяет охарактеризовать изучаемый объект как базилик европейского хемотипа (А), однако с несколько пониженным содержанием метилхавикола. Полученные нами данные о качественном и количественном составе эфирного масла, составе фенольных соединений базилика благородного могут быть использованы для формирования его «биохимического» профиля, а в сочетании с высокими органолептическими свойствами как надземной массы, так и выделенного из нее эфирного масла позволяют сделать вывод о возможности более широкого применения этого пряно-ароматического сырья в различных областях.



Состав фенольных соединений базилика благородного (Φ — общие фенольные соединения, ФЛ — флавонолы, ГК — гидрокси-коричные кислоты, КТ+ЛА — сумма катехинов и лейкоантоцианов)

Литература

1. Maggoti M., Piccaglia R., Giovanelli E. // J. Agr. Food Chem. 1996. Vol. 44, N 12. P. 3926—3929.
2. Jayasinghe S., Goton N., Aoki T. // J. Agr. Food Chem. 2003. Vol. 51, N 15. P. 4442—4449.
3. Григорович Н. Г. Целебные ароматы. М., 2001.
4. Танасенко Ф. С. Эфирные масла, их содержание и состав в растениях. Киев, 1985.
5. Государственная фармакопея СССР. XI изд. М., 1989. Вып. 1. С. 290.
6. Кагавуа М. С., Нашим Ф. М. // J. Agr. Food Chem. 1974. Vol. 22, N 3. P. 520—522.
7. Сайдер А. И., Датунашвили Е. Н. // Виноделие и виноградарство СССР. 1972. № 6. С. 6—14.
8. Ермаков А. И., Арасимович В. В. и др. Методы биохимического исследования растений. Л., 1987. С. 116—117.
9. Suprakul P., Miltz J., Sonneveld K. // J. Agr. Food Chem. 2003. Vol. 51, N 11. P. 3197—3207.
10. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М., 1963. С. 135—158.
11. Vieira R. F., Graye R. F., Paton A. J. // Phytochemistry. 2003. Vol. 63, N 5. P. 555—567.
12. Graye R. F., Kite G. C., Goldston F. J. // Phytochemistry. 1996. Vol. 43. P. 1033—1039.
13. Vieira R. F., Simon J. E. // Economic Botany. 2000. Vol. 54, N 2. P. 207—211.
14. Горяев М. И. Эфирные масла флоры СССР. Алма-Ата, 1952. С. 137—192.
15. Wink M. // Phytochemistry. 2003. Vol. 64. P. 3—19.
16. Косман В. М., Зенкевич И. Г. // Растит. ресурсы. 2001. Т. 37, вып. 4. С. 123—129.
17. Биохимия фенольных соединений / Под ред. Дж. Харборн. М., 1968. С. 341.

SHUTOVA A. G., KARPINSKAYA H. V., SERGEENKO N. V., PAROMCHIK I. I., MAHNACH S. A.

CHARACTERISTICS OF PHENOLIC SECONDARY METABOLITES OF BASIL OCIMUM BASILICUM L.

Summary

Essential oil of basil (*O. basilicum*) cultivated on an experimental selection plot of the Institute of Vegetable Crops of the National Academy of Sciences of Belarus was isolated. Gas-chromatography analysis of the basil oil allows concluding that the plant belongs to the European chemotype, but with reduced syntheses of methylchavicol. The contents of phenols, flavonols hydroxycinnamic acids in the sample of overground mass were determined.