

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ И КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА *OCIMUM BASILICUM* L.

Ю.П.ХРИСТОВА

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

### Введение

Из года в год растет интерес к проблеме рационального использования растительных ресурсов. Большие возможности открывает использование эфирномасличных растений как источника биологически активных соединений, необходимых для медицины, парфюмерно-косметической и пищевой промышленности. Производству необходимы эфирные масла с цветочным, цитральным, эвгенольным запахами. Решение данной проблемы заключается в привлечении и глубоком изучении биологии и биохимии ароматических растений.

Одним из ценных эфиромасличных растений является базилик душистый (*Ocimum basilicum* L.) [4, 6, 8]. Галеновые препараты базилика оказывают спазмолитическое, седативное, дезинфицирующее, репаративное, общетонизирующее, ветрогонное, детоксикантное и противовоспалительное действие; повышают моторную функцию желудка и кишечника [5]. Растения *O. basilicum* являются сырьём для производства эвгенола, цитраля, камфоры и других ценных веществ, которые находят применение в производстве фармацевтических, лечебно-профилактических препаратов и натуральных душистых веществ.

Цель настоящей работы – изучение изменчивости компонентного состава эфирного масла растений *O. basilicum* для выделения перспективных для селекции форм.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования служили 12 сортообразцов *O. basilicum* различного эколого-географического происхождения. Работа проведена на интродукционном участке отдела новых ароматических и лекарственных культур Никитского ботанического сада (НБС). Фенологические наблюдения за растениями проведены по общепринятой методике [1]. Массовую долю эфирного масла в растениях определяли способом гидродистилляции (с использованием прёмников Гинзберга и аппаратов Клевенджера) [2]. Компонентный состав эфирного масла определяли с помощью хромато-массспектрометрии на приборе Agilent Technology 6890N с масспектрометрическим детектором 5973N. Условия анализа: хроматографическая колонка кварцевая, капиллярная HP 5MS. Температура испарителя 250°C. Газ-носитель – гелий. Скорость газа-носителя 1 мл/мин. Ввод пробы осуществляли с делением потока 1/50. Определение проводили в режиме программирования температуры термостата от 50 до 220°C, со скоростью 3°/мин. Температура детектора и испарителя составляла 250°C. Компоненты эфирных масел идентифицировали по результатам сравнения полученных в процессе хроматографирования масс-спектров химических веществ, входящих в исследуемые смеси, с данными библиотеки масс-спектров NIST02. Индексы удерживания компонентов рассчитывали по результатам контрольных анализов эфирных масел с набором нормальных алканов [7]. Математическая обработка экспериментальных данных проведена методами корреляционного и регрессионного анализа [3].

### Результаты и обсуждение

По срокам начала ростовых процессов растения *O. basilicum* относятся к поздневесенней фенологической группе. Фаза бутонизации наступает в конце июня. Массовое цветение начинается в середине июля. Плодоношение наблюдается в начале августа.

В результате изучения нами было выделено шесть хемоформ *O. basilicum*, которые представляют наибольший интерес для исследования и отличаются габитусом кустов, окраской, размерами, формой листьев и цветков.

Эфирное масло содержится во всех надземных органах растений, наибольшее его содержание обнаружено в соцветиях и листьях, в стеблях отмечаются лишь следовые количества.

Максимальный выход эфирного масла у растений *O. basilicum* наблюдается в период массового цветения ветвей I порядка и образования семян восковой зрелости в нижних мутовках центрального соцветия. Массовая доля эфирного масла составила от 0,10 до 0,21% на сырую массу растений или от 0,23 до 1,10% в пересчёте на абсолютно сухую массу (табл. 1). Наибольший выход эфирного масла отмечен для хемоформы IV (1,10%), наименьший – для хемоформы V (0,23%). При этом влажность растительного сырья варьировала в пределах 75,5-83,0%, у хемоформы V влажность растительного материала составила 28,0%.

Таблица 1

#### Содержание эфирного масла у различных хемоформ *Ocimum basilicum* L. в период цветения растений

Хемоформа	Массовая доля эфирного масла в % на:		Влажность сырья, %	Массовая доля эфирного масла в % на:		Влажность сырья, %	Массовая доля эфирного масла в % на:		Влажность сырья, %
	сырую массу	абс. сухую массу		сырую массу	абс. сухую массу		сырую массу	абс. сухую массу	
	начало цветения			массовое цветение			конец цветения		
I	0,05 ± 0,01	0,28 ± 0,06	82,00 ± 0,50	0,13 ± 0,03	0,76 ± 0,20	83,00 ± 0,50	0,06 ± 0,02	0,38 ± 0,13	84,90 ± 0,15
II	0,08 ± 0,01	0,36 ± 0,01	79,00 ± 2,00	0,15 ± 0,03	0,88 ± 0,20	83,00 ± 0,46	0,09 ± 0,02	0,46 ± 0,12	80,30 ± 0,61
III	0,10 ± 0,06	0,61 ± 0,30	83,50 ± 0,85	0,14 ± 0,04	0,57 ± 0,15	75,50 ± 0,35	0,12 ± 0,02	0,46 ± 0,07	74,00 ± 0,42
IV	0,10 ± 0,03	0,55 ± 0,23	82,00 ± 0,26	0,21 ± 0,03	1,10 ± 0,20	81,00 ± 0,56	0,08 ± 0,03	0,55 ± 0,18	84,90 ± 0,70
V	0,06 ± 0,02	0,10 ± 0,04	38,00 ± 0,85	0,17 ± 0,03	0,23 ± 0,04	28,00 ± 1,50	0,07 ± 0,02	0,12 ± 0,03	35,00 ± 2,06
VI	0,07 ± 0,01	0,23 ± 0,03	71,60 ± 1,35	0,10 ± 0,08	0,55 ± 0,49	82,00 ± 1,00	0,01 ± 0,01	0,09 ± 0,05	85,40 ± 0,30

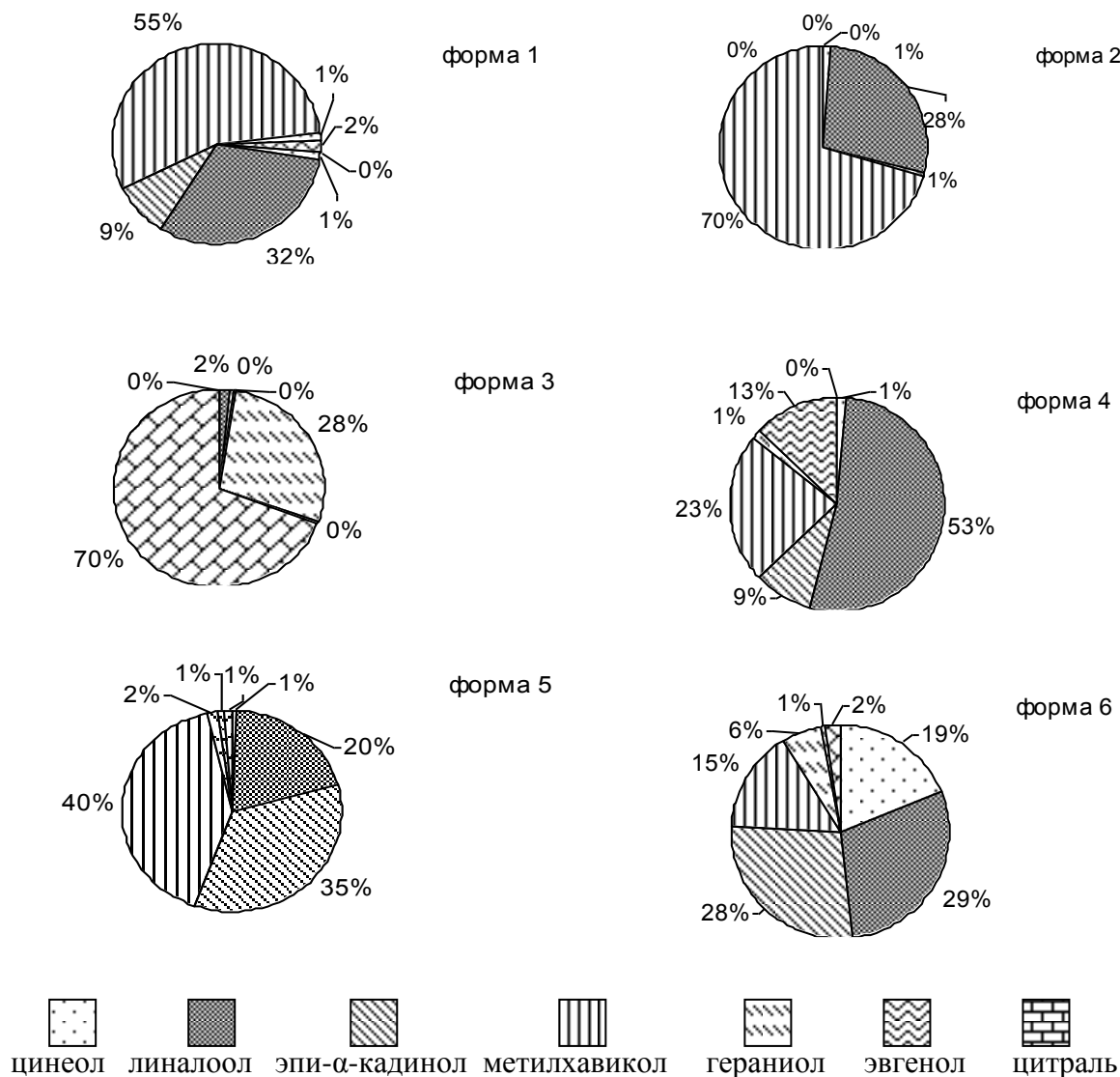
Коэффициент вариации массовой доли эфирного масла в период начала цветения – конец цветения, согласно нашим исследованиям, составил от 10,70 до 13,23% (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание эфирного масла у различных хемоформ *Ocimum basilicum* L. в период цветения растений**

Срок цветения	Показатели содержания эфирного масла в пересчете на абсолютно сухую массу сырья (%)			
	среднее $\bar{x} \pm S_x$	минимум- максимум	дисперсия, $\delta$	коэффициент вариации, V%
начало цветения	0,35±0,19	0,10-0,61	0,04	10,70
массовое цветение	0,68±0,30	0,23-1,10	0,09	13,23
конец цветения	0,34±0,19	0,09-0,55	0,04	10,79

В процессе изучения компонентного состава эфирного масла выделенных шести хемоформ *O. basilicum* было обнаружено более 100 соединений, содержание которых варьирует от 0,07 до 50%; из них идентифицировано 89 компонентов с содержанием в эфирном масле более 0,1%. В состав эфирного масла входят терпеновые углеводороды и кислородсодержащие соединения (спирты, кетоны, альдегиды, сложные эфиры и фенолы). Основными и наиболее ценными компонентами эфирного масла растений *O. basilicum* являются: линалоол (1,2-49,0%), метилхавикол (0,17-50,12%), эвгенол (0,17-12,12%), эпи- $\alpha$ -кадиол (0,26-42,70%), нераль (0,58-20,24%) и гераниаль (0,87-26,20%). В составе эфирного масла различных хемоформ растений *O. basilicum* также обнаружены: 1,8-цинеол (0,79-17,36%), гераниол (0,86-18,92%), кариофиллен (0,17-3,58%), транс- $\alpha$ -бергамот (0,28-3,61%), гермакрен-D (1,17-5,49%),  $\beta$ -гвайен (1,79-4,43%). Отмечена значительная изменчивость состава эфирного масла изучаемых хемоформ. Результаты исследования компонентного состава эфирного масла, выделенного из растений *O. basilicum* (различные хемоформы) в период массового цветения, представлены в табл. 3 и на рис. 1.



**Рис. 1. Биосинтез основных терпеноидов в хемоформах *Ocimum basilicum* L.**

Преобладающими компонентами для всех шести хемоформ являются линалоол и метилхавикол. Наибольшее содержание линалоола обнаружено в эфирном масле, выделенном из растений хемоформы IV (49,00%), метилхавикола – в эфирном масле, выделенном из растений хемоформы II (49,94%) и V (50,12%).

По содержанию изомеров цитраля (нераль, гераниаль) выделялась хемоформа III, у неё также отмечено высокое содержание гераниола (18,92%). Хемоформы I и II имели достаточно высокое содержание метилхавикола – 46,10 и 49,94% соответственно. Хемоформа I отличилась также высоким показателем линалоола (26,08%). Хемоформы I, II и IV выделялись полным отсутствием изомеров цитраля в составе эфирного масла

Наиболее ценными хемоформами по компонентному составу эфирного масла, на наш взгляд, следует считать хемоформы IV, V, VI. Именно у них отмечено наибольшее содержание линалоола (хемоформы IV и VI), метилхавикола (хемоформа V), эпи-α-кадинола (хемоформы V и VI), эвгенола (хемоформа IV).

Таблица 3

**Внутривидовая изменчивость компонентного состава эфирного масла *Ocimum basilicum* L.**

Компонент эфирного масла	Массовая доля компонентов в разных хемоформах, %					
	I	II	III	IV	V	VI
цинеол	0,88±0,41	0,79±0,02	0	1,30±0,08	0,90±0,09	17,36±0,86
линалоол	26,08±1,47	19,57±1,26	1,20±0,15	49,00±9,07	24,51±8,31	26,49±12,03
камфора	1,33±0,07	3,76±0,23	0,21±0,07	0,46±0,03	1,40±0,04	0,47±0,01
метилхавикол	46,10±1,61	49,94±5,45	0,17±0,01	21,01±7,49	50,12±4,23	14,03±2,20
гераниол	0,86±0,37	0	18,92±0,99	1,32±0,70	2,15±0,39	5,39±0,22
эвгенол	1,65±0,55	0	0,17±0,05	12,12±3,66	0,80±0,42	0,61±0,26
кариофиллен	0,69±0,23	0,17±0,02	3,58±0,43	2,24±0,85	0,44±0,08	1,21±0,04
транс- $\alpha$ -бергамот	1,60±0,33	0,28±0,09	0,83±0,06	3,61±0,75	2,41±0,56	0,40±0,04
гермакрен-D	2,67±0,96	4,95±0,51	3,67±0,28	2,86±0,47	1,17±0,77	5,49±0,84
$\beta$ -гвайен	3,78±0,69	4,43±0,22	0	1,83±0,14	0	1,79±0,11
эпи- $\alpha$ -кадинол	7,05±0,83	0,51±0,03	0,26±0,02	8,16±4,01	42,70±1,15	25,49±8,94
гумулен	0	0,55±0,12	0,93±0,24	0,34±0,09	0,27±0,07	0,91±0,67
нераль	0	0	20,24±2,51	0	0,58±0,28	0,87±0,11
гераниаль	0	0	26,20±1,07	0	0,87±0,21	1,04±0,77
$\beta$ -бизаболен	0	0	0,27±0,09	0	0	0
циклоундекатри н-тетраметил	0	0	4,42±0,18	0	0	0
$\alpha$ -терпинеол	0,88±0,12	0,91±0,55	0,22±0,06	1,13±0,62	1,27±0,60	0,64±0,12
$\beta$ -элемен	1,00±0,14	1,95±0,56	0	0,70±0,19	0,21±0,33	0,26±0,18
оцимен-цис	0	0,42±0,12	0	0,13±0,09	0	0
тимол	0	0	0,97±2,86	0,25±0,09	1,69±0,77	0,72±0,12
карвакрол	0	0	0,37±0,42	0,27±0,11	1,44±0,92	0,91±0,35
цис- $\beta$ -фарнезен	0	0	0,18±0,01	0,13±0,01	1,65±0,58	0,30±0,10
терпинен-4-ол	0	0	0	0,66±0,19	0,32±0,12	1,25±0,59
$\beta$ -кубебен	0	0	0,28±0,25	0,13±0,01	0	0,18±0,03

По результатам исследований компонентного состава эфирного масла шести хемоформ *O. basilicum* можно выделить четыре хемотипа данного вида:

1) метилхавикольный хемотип – максимальная концентрация метилхавикола в эфирном масле составила 50,12%;

2) линалоольный хемотип – максимальная концентрация линалоола в эфирном масле составила 49,01%;

3) цитральный хемотип – с максимальной концентрацией гераниола в эфирном масле 26,20%;

4) эпи- $\alpha$ -кадинольный хемотип – с максимальной концентрацией эпи- $\alpha$ -кадинола в эфирном масле 42,70% .

Корреляционные связи между биосинтезом отдельных терпеноидов эфирного масла *O. basilicum* отражены в табл. 4.

Установленная сопряженность в биосинтезе компонентов эфирного масла *O. basilicum* во многих случаях выражается довольно высокими значениями коэффициентов корреляции. Такого рода зависимость выявлена в отношении 1,8-цинеола и гераниола ( $r=0,93$ ), линалоола и эвгенола ( $r=0,82$ ), гераниола и цитраля ( $r=0,97$ ), гераниола и кариофиллена ( $r=0,84$ ), эвгенола и транс- $\alpha$ -бергамота ( $r=0,83$ ), кариофиллена и цитраля ( $r=0,82$ ) и других компонентов. Выявлена также отрицательная корреляция между содержанием метилхавикола и гераниола ( $r=-0,80$ ), метилхавикола и цитраля ( $r=-0,70$ ), 1,8-цинеола и метилхавикола ( $r=-0,73$ ), линалоола и гераниола ( $r=-0,72$ ), линалоола и цитраля ( $r=-0,75$ ) и др. Наличие таких связей свидетельствует об уменьшении разнородности особей в семенном потомстве и повышении у них степени взаимозависимости в содержании отдельных компонентов эфирного масла. Обнаруженная высокая степень сопряженности ряда компонентов может являться свидетельством генетической устойчивости вида *O. basilicum*.

Таблица 4

**Корреляционные связи (коэффициент корреляции  $r$ ) между основными компонентами эфирного масла *Ocimum basilicum* L.**

Компонент эфирного масла	$r$	Компонент эфирного масла	$r$
1,8-цинеол-метилхавикол	-0,73	1,8-цинеол-транс- $\alpha$ -бергамот	-0,48
1,8-цинеол-гераниол	0,93	метилхавикол-гераниол	-0,80
1,8-цинеол-гермакрен-D	0,69	метилхавикол-кариофиллен	-0,90
1,8-цинеол-цитраль	0,74	метилхавикол- $\beta$ -гвайен	0,51
линалоол-гераниол	-0,72	метилхавикол-цитраль	-0,70
линалоол-эвгенол	0,82	гераниол-кариофиллен	0,84
линалоол-транс- $\alpha$ -бергамот	0,72	гераниол- $\beta$ -гвайен	-0,62
линалоол-цитраль	-0,75	гераниол-цитраль	0,97
камфора-метилхавикол	0,75	эвгенол- транс- $\alpha$ -бергамот	0,83
камфора-гераниол	-0,53	кариофиллен- $\beta$ -гвайен	-0,56
камфора-кариофиллен	-0,71	кариофиллен-цитраль	0,82
камфора- $\beta$ -гвайен	0,68	транс- $\alpha$ -бергамот- гермакрен-D	-0,74
$\beta$ -гвайен- $\alpha$ -кадинол	-0,49	$\beta$ -гвайен-цитраль	-0,55
1,8-цинеол-камфора	-0,44	гермакрен-D- $\beta$ -гвайен	0,41
камфора-цитраль	-0,41	гермакрен-D- $\alpha$ -кадинол	-0,42

**Выводы**

1) Выделено шесть хемоформ *O. basilicum*, представляющих наибольший интерес для дальнейших исследований в целях селекции.

2) Установлено, что максимальный выход эфирного масла растений *O. basilicum* наблюдается в период массового цветения растений, и он составляет 0,21% на сырую массу или 1,1% в пересчете на абсолютно сухую массу растения.

3) Изучен компонентный состав эфирного масла растений *O. basilicum*. Обнаружено более 100 соединений, из них идентифицировано 89 компонентов, основными из которых являются: линалоол, метилхавикол, эвгенол, эпи- $\alpha$ -кадинол, цитраль (нераль и гераниаль).

4) Выделены хемоформы с высоким содержанием эфирного масла (хемоформы IV и II).

5) Изучена корреляционная связь между биосинтезом отдельных терпеноидов эфирного масла *O. basilicum*. Обнаружена высокая степень сопряженности ряда компонентов, что может являться свидетельством генетической устойчивости вида *O. basilicum*.

### Список литературы

1. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. – Новосибирск: Наука, 1974. – 167 с.
2. Гринкевич Н.И., Сафронич Л.Н. Химический анализ лекарственных растений. – М.: Высшая школа, 1983. – 176 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
4. Итоги и перспективы биохимических исследований культурных растений / Ермаков А.М., Иконников М.И., Лунникова Г.А. и др. // Тр. по прикл. бот., генетике и селекции. – 1969. – Т. 41. – Вып. 1. – С. 326-363.
5. Эфирномасличные и пряно-ароматические растения / Либусь О.К., Работягов В.Д., Кутько С.П., Хлыпенко Л.А. – Херсон: Айлант, 2004. – 272 с.
6. Новые эфиромасличные культуры / Машанов В.И., Андреева Н.Ф., Машанова Н.С., Логвиненко И.Е. – Симферополь, 1988. – С. 114-117.
7. Jennings W., Shibamoto T. Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography. – N.Y.: Academic Press, 1980. – 240 p.
8. Vincenzi M. De., Mailarti F., Dessi M.R. Monographs on botanical flavouring substances used in food // Fitoterapia. – 1992. – Vol. LXIII. – № 4. – P. 350.

Рекомендовано к печати д.б.н. Исиковым В.П.