

## Модель эколого-генетического контроля биосинтеза тимола в эфирном масле *Thymus L.*

СВЕТЛАНА ПАВЛОВНА КОРСАКОВА  
ВАЛЕРИЙ ДМИТРИЕВИЧ РАБОТЯГОВ  
БОРИС АЛЕКСЕЕВИЧ ВИНОГРАДОВ

KORSAKOVA S.P., RABOTYAGOV V.D., VINOGRADOV B.A. 2006: **A model Ecological and Genetic Control over Thymol Biosynthesis in Essential oil *Thymus L.*** *Chornomors'k. bot. z.*, vol. 2, N1: 50-59.

The environment at limiting factors in the Southern coast of the Crimea determine intensity of thymol biosynthesis in essential oil of *Thymus vulgaris L.*, *Th. pulegioides L.* and *Th. striatus Vahl.* other during period. The model of ecological and genetic control thymol biosynthesis in essential oil *Thymus L.* is applied to the basic ontogeny phases.

*Key words:* *Thymus vulgaris L.*, *Th. pulegioides L.*, *Th. striatus Vahl.*, essential oil, biosynthesis of thymol, environmental limiting factors, model of ecological and genetic control

*Ключові слова:* *Thymus vulgaris L.*, *Th. pulegioides L.*, *Th. striatus Vahl.*, ефірна олія, біосинтез тімолу, лімітуючі фактори навколишнього середовища, модель еколого-генетичного контролю

### Введение

В настоящее время эфирные масла нашли широкое применение в парфюмерно-косметической, пищевой промышленности и медицине [МАШАНОВ, 1978]. Ценность тимьянового (чабрецового) масла связывают в основном с тимолом [СУР, 1993; ЛИБУСЬ, ИВАНОВА, 1997; KRAUSE, TERNES, 1999; COSENTINO et al., 1999; ABDOLHOSSEIN et al, 2000], содержание которого в эфирном масле в течение вегетационного периода подвержено значительным колебаниям [КОРСАКОВА, 1998]. В связи с этим часто возникает проблема стандартизации лекарственного сырья. К одной из причин нестабильности качества чабрецового масла следует отнести воздействие на растения лимитирующих факторов среды (заморозки, засуха, недостаток тепла, влаги и света), которые часто проявляются локально в конкретной местности и определяют стрессовое состояние культуры [ЗЕМШМАН, 2000; ДРАГАВЦЕВ, 1995; ТАНАСИЕНКО, КАСИМОВСКАЯ, ШЛЯПНИКОВ и др., 1995; ROSSI et al., 1998]. Поэтому знание особенностей фенодинамики процесса накопления и причин колебания компонентного состава эфирного масла в зависимости от сложившихся условий погоды является основной предпосылкой прогноза его качества [КОНСТАНТИНОВ, 1978]. Воздействия условий погоды на физиолого-биохимические процессы, определяющие качество эфирного масла, могут быть описаны с помощью математической модели, которая должна содержать характеристики основных сторон продукционного процесса и количественно выражать отдельную роль каждого фактора, его преобладающего значения при совокупном взаимодействии с другими.

Целью данной работы явилось выявление лимитирующих факторов среды (далее лим-факторы) и построение модели эколого-генетического контроля биосинтеза тимола в эфирном масле *Thymus L.*

### Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследований были выбраны три интродуцированных в условиях Южного берега Крыма вида *Thymus L.* с тимольным типом эфирного масла – *Thymus vulgaris L.*, *Thymus pulegioides L.* и *Thymus striatus Vahl.* В опыте использовались растения четырехлетнего возраста, произрастающие на селекционном участке отдела новых технических и лекарственных культур Никитского ботанического сада с площадью питания одного растения 0,3 м<sup>2</sup>.

Предполагалось, что при выращивании этих видов на одном участке в полевых условиях рост и развитие растений лимитируется одними и теми же экофакторами с небольшим интервалом их «жесткости». Фенологическое состояние определяли на 10 клонированных растениях каждого вида. Отборы проб для анализа проводили в двух аналитических повторностях в основные фазы развития: весеннее отрастание, бутонизация, цветение, созревание семян и летне-осеннее отрастание побегов второй генерации. Эфирное масло выделяли методом гидродистилляции на аппаратах Клевенджера [ЕРМАКОВ и др., 1962; Гринкевич и др., 1983] из надземной части индивидуальных растений. Компонентный состав эфирных масел чабреца определяли в отделе новых технических и лекарственных культур Никитского ботанического сада методом газо-жидкостной хроматографии с использованием кварцевых капиллярных колонок. Газовый хроматограф типа 3700 (Москва). Основная колонка (для количественных расчетов и идентификации) – кварцевая, длиной 30 м (вн. диам. 0.25 мм) с привитой жидкой фазой Carbowax-20M (SupelcoWax). Расчет хроматографических пиков проводили с использованием электронной автоматизированной системы САА-006 [ГОРЯЕВ, ПЛИВА, 1961; JENNINGS, SHIVAMOTO, 1980]. Идентификацию компонентов осуществляли по индексам удерживания с помощью компьютерной программы "Идентификация" и специализированного для эфирных масел банка данных по индексам удерживания около 2000 соединений на колонках с двумя разными жидкими фазами, а также с использованием смесей около 200 соединений, входящих в состав различных эфирных масел.

При построении моделей были использованы данные 60 случаев определения массовой доли тимола в эфирном масле *Thymus L.* за 1995-1997 годы. При анализе использовали относительное содержание тимола, равное массовой доли его в эфирном масле чабреца при отборе пробы деленной на среднее содержание этого компонента в исходной выборке вида. Среднее содержание тимола в принятых для анализа статистических выборках составило 62,7 % для *Th. vulgaris*, 50,1 % для *Th. pulegioides* и 50,3 % для *Th. striatus*. Параллельно с отбором проб проводили измерения характеристик температуры и влажности воздуха, интенсивности солнечной радиации, продуктивных влагозапасов почвы и др., всего учитывали 33 фактора окружающей среды.

Механизм накопления тимола в эфирном масле чабреца и взаимосвязь его биосинтеза с изменениями среды обитания растения определяли методом трехфакторного дисперсионного анализа. При выявлении лимитирующих факторов среды, определяющих интенсивность синтеза тимола, методами подстановки и пошаговой регрессии выбирали подмножество независимых переменных (экофакторов) с наибольшим коэффициентом корреляции. Экспериментальные данные обрабатывали на IBM Pentium 166 MMX с использованием современных методов и программ по биологической статистике [АФФИ, ЭЙЗЕН, 1982; ТЮРИН, МАКАРОВ, 1998].

В табл. 2 приведены средние арифметические значения из трех независимых опытов, каждый из которых проведен в трехкратной биологической повторности, и их стандартные ошибки.

### Результаты исследований

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа представлены в табл. 1. Полученные данные указывают на то, что с одной стороны на накопление тимола оказывает влияние спектр генов, определяющий массовую долю этого компонента в данный период развития (доля влияния генотипа составила 36,2 %), а с другой стороны, под воздействием постоянно меняющихся условий внешней среды скорость синтеза тимола меняется, т.е. при смене внешних лим-факторов происходит закономерное переопределение спектров генов, детерминирующее генетическую изменчивость количественного признака. Эффект реакции генотипа на воздействие лимитирующих факторов внешней среды довольно высок и составил 39,5 %. Высокая степень зависимости синтеза тимола от экологических факторов показывает, что при прохождении каждого этапа органогенеза чабреца необходимы совершенно конкретные комплексы внешних условий, определяемые наследственностью организмов. Следует отметить, что, несмотря на значительные вариации содержания тимола в эфирном масле по годам, в динамике его накопления сохранялись общие направления, характерные для каждого вида. В период бутонизации динамика содержания тимола у всех изученных видов *Thymus L.* имела тенденцию к увеличению, достигая максимума в начале цветения (табл. 2). В течение почти всего периода цветения синтез тимола сохранялся на довольно высоком уровне, хотя и был подвержен некоторым колебаниям. В конце цветения и во время созревания семян массовая доля тимола в эфирном масле, как правило, снижалась. Самое низкое его содержание отмечено в период летне-осеннего отрастания побегов второй генерации.

На протяжении периода активной вегетации лимитирующие факторы среды различны. Во время весеннего отрастания побегов (март-апрель) условия увлажнения на Южном берегу Крыма, как правило, оптимальные (80-90 % наименьшей влагоемкости), поэтому основным лим-фактором, определяющим уровень накопления тимола является температура воздуха. В результате обработки экспериментального материала выявлена статистически достоверная зависимость синтеза тимола в этот период от максимальной температуры воздуха в течение последних суток перед сбором сырья (табл. 3-4). Связь эта положительная и подтверждается высоким коэффициентом корреляции – 0,908. Доля неучтенных факторов составила 17,5 %.

Во время бутонизации, когда происходит формирование генеративных органов, выявлена достоверная положительная связь массовой доли тимола с содержанием влаги в воздухе ( $r=0,82$ ) и отрицательная с минимальной температурой воздуха ( $r=-0,80$ ) (табл. 3). Уравнение регрессии представлено в табл. 4. Доля влияния абсолютной влажности составила 60,4%, а минимальной температуры воздуха – 25,3%. Доля неучтенных лимитирующих факторов среды составила 14,7%. Параллельно с воздействием на растение окружающей среды под воздействием спектра генов, контролирующего формирование генеративных органов, происходит интенсивное накопление тимола, которое достигает максимума в начале цветения (табл. 2). Самое высокое содержание тимола – 80,2% в этот период было обнаружено в эфирном масле *Th. vulgaris*. Максимальное накопление его в эфирном масле *Th. pulegioides* и *Th. striatus* соответственно составило 73,1 и 73,9%. При исследовании динамики массовой доли тимола в период цветения был выявлен комплекс ключевых признаков, которые в порядке убывающей значимости составили следующие факторы среды: продуктивные влагозапасы почвы в слое 0-50 см – 64,2%, средняя температура воздуха в течение пяти суток перед отбором пробы – 13,5% и интенсивность солнечной радиации – 5,0% (табл. 3). Уровень накопления тимола находился в прямой зависимости от влагозапасов почвы ( $r=0,78$ ) и обратной – от средней температуры воздуха ( $r=-0,71$ ) и интенсивности солнечной радиации ( $r=-0,47$ ), т.е. при высоких значениях температуры воздуха и солнечной радиации массовая доля тимола в эфирном масле чабреца уменьшалась.

Таблица 1  
Влияние генетических и экологических факторов на содержание тимола в эфирном масле *Thymus L.*

Table 1  
Influence of the genetic and ecological factors on the contents thymol in essential oil *Thymus L.*

Источник изменчивости	Степень свободы	Средний квадрат (варианса)	F-тест	P-уровень	Вариансы, %
Фаза развития	6	782,86	6956,27	0,00	7,3
Год	2	184,87	1642,73	0,00	0,0
Вид	2	2352,76	20906,04	0,00	28,9
Взаимодействие фаза развития-год	12	390,96	3474,00	0,00	24,2
Взаимодействие фаза развития-вид	12	24,83	220,66	0,00	0,0
Взаимодействие год-вид	4	75,05	666,87	0,00	0,0
Взаимодействие вид-год-фаза развития	24	137,61	1222,74	0,00	39,5
Ошибка	63	0,11			0,1

Таблица 2  
Массовая доля тимола в эфирном масле *Thymus L.* в период вегетации (1995-1997 гг.)

Table 2  
Thymol contents in essential oil *Thymus L.* during of the vegetation ( 1995-1997 years)

Вид	Показатели	Фаза развития							
		Весеннее отращание	Бутонизация	Начало цветения	Массовое цветение	Конец цветения	Созревание семян	Летне-осеннее отращание	
<i>Th. vulgaris L.</i>	Наибольшее	66,1	76,2	80,2	75,1	68,5	74,5	64,2	
	Среднее	55,0±9,7	65,5±7,8	73,3±6,9	69,7±7,1	54,9±4,7	59,9±6,4	52,5±3,5	
	Наименьшее	42,4	57,7	63,8	59,6	50,2	42,5	40,7	
<i>Th. pulegioides L.</i>	Наибольшее	50,5	62,9	73,1	62,0	53,7	51,3	44,2	
	Среднее	48,2±1,6	51,5±9,2	61,1±8,5	55,1±5,7	47,0±7,4	44,3±5,3	41,3±4,0	
	Наименьшее	47,0	40,4	55,1	48,0	36,6	38,3	35,6	
<i>Th. striatus Vahl.</i>	Наибольшее	57,6	62,7	73,9	64,3	52,2	50,5	50,8	
	Среднее	44,7±10,5	52,9±7,8	66,1±12,9	54,0±10,6	51,5±0,8	44,0±5,5	40,2±9,1	
	Наименьшее	31,9	43,7	42,1	39,4	50,4	36,9	28,6	

Таблица 3  
 Основные факторы среды, лимитирующие синтез тимола в эфирном масле *Thymus L.* в период вегетации  
 Table 3  
 Major factors of environments limiting synthesis thymol in essential oil *Thymus L.* during of the vegetation

Фаза развития	Лимитирующие факторы среды	Коэффициент парной корреляции	Доля влияния фактора, %	Уровень значимости
Весеннее отрастание	Максимальная температура воздуха за последние сутки, °C, (x <sub>1</sub> )	0,908	82,5	0,007
Бутонизация	Абсолютная влажность воздуха, г/см <sup>3</sup> , (x <sub>2</sub> )	0,822	60,4	0,023
	Минимальная температура воздуха за трое суток до отбора пробы, °C, (x <sub>3</sub> )	-0,799	25,3	0,031
Цветение	Продуктивные влагозапасы в 0-50 см слое почвы, % НВ, (x <sub>4</sub> )	0,775	64,2	0,000
	Средняя температура воздуха за пять суток до отбора пробы, °C, (x <sub>5</sub> )	-0,707	13,5	0,001
	Энергетическая освещенность прямой солнечной радиацией, кВт/м <sup>2</sup> , (x <sub>6</sub> )	-0,473	5,0	0,019
Созревание семян	Средняя температура воздуха за последние сутки, °C, (x <sub>7</sub> )	0,941	56,4	0,021
	Энергетическая освещенность суммарной солнечной радиацией, кВт/м <sup>2</sup> , (x <sub>8</sub> )	-0,938	34,2	0,005
	Абсолютная влажность воздуха, г/см <sup>3</sup> , (x <sub>2</sub> )	-0,669	4,2	0,099
Отрастание побегов 2 генерации	Суточная амплитуда температуры воздуха, °C, (x <sub>9</sub> )	-0,798	57,6	0,018

Таблица 4

Регрессионные модели воздействия лим-факторов окружающей среды на синтез тимола в эфирном масле *Thymus L.*

Table 4

Regression models of influence of the limiting factors an environment on synthesis thymol in essential oil *Thymus L.*

Фаза развития	Уравнение регрессии	Коэффициент множественной корреляции, (R)	Коэффициент детерминации, (R <sup>2</sup> )	Стандартный F-критерий	Фактический F-критерий	Уровень значимости, (P)
Весеннее отращивание побегов	$y = -54,9 + 6,5 x_1$	0,908	0,825	1,4	18,9	<0,012
Бутонизация	$y = 91,1 + 3,3 x_2 - 2,2 x_3$	0,926	0,857	2,5	15,0	<0,007
Цветение	$y = 169,1 + 0,4 x_4 - 0,7 x_5 - 15,2 x_6$	0,909	0,827	3,2	34,9	<0,000
Созревание семян	$y = -114,1 + 11,8 x_7 - 38,8 x_8 - 1,1 x_9$	0,974	0,948	3,5	30,4	<0,001
Отращивание побегов второй генерации	$y = 492,3 - 54,8 x_9$	0,798	0,637	1,6	10,5	<0,018

Учитывая, что сбор цветочного сырья *Thymus* производят во время цветения, нами более подробно было рассмотрено влияние основных ключевых признаков на содержание тимола в этот период. На рис. 1 представлена зависимость интенсивности накопления тимола в эфирном масле *Thymus* от влагозапасов почвы и температуры воздуха в период цветения. При исследовании использованы относительные величины: за 100 % принято среднее содержание тимола в эфирном масле, характерное для определенного вида *Thymus*. Для *Th. vulgaris* его величина во время цветения составила 67,5 %, для *Th. pulegioides* – 54,4 %, для *Th. striatus* – 54,5 %. Из рисунка видно, что максимальные значения массовой доли тимола соответствуют температуре воздуха от 14 до 16 °С и влагозапасам почвы от 70 до 90 мм (60-70 % НВ). При таких условиях содержание тимола в эфирном масле *Th. vulgaris* увеличивалось до 80,2 %, *Th. pulegioides* – до 73,1 %, *Th. striatus* – до 73,9 % (табл. 2). Меньшие значения температуры характеризуют условия недостаточной теплообеспеченности, большие – избыточной. Малые значения влагозапасов соответствуют чрезмерно засушливым условиям, большие – избыточно увлажненным. Те и другие снижают массовую долю тимола в эфирном масле *Thymus*. В неблагоприятные годы, когда в период цветения наблюдается сильная засуха на фоне высоких среднесуточных температур воздуха (20-22 °С), массовая доля тимола в эфирном масле *Th. vulgaris* может снижаться до 50,2 %, *Th. pulegioides* – до 36,6 %, *Th. striatus* – до 39,4 % (табл. 2).



Рис. 1. Зависимость массовой доли тимола (% от среднего) в эфирном масле *Thymus* L. от погодных условий периода цветения, характеризуемых температурой воздуха ( $t$ , °С) и влагозапасами почвы ( $W$ , %)

Fig. 1. Dependence of thymol contents in essential oil (% from average) in essential oil *Thymus* L. during period of flowering from temperature of air ( $t$ , °С) and soil moisture ( $W$ , %)

В период созревания семян потребность растения в тепле для синтеза тимола возрастает. Накопление тимола в этой фазе развития находилось в прямой зависимости от уровня температуры воздуха ( $r=0,94$ ), доля влияния которой при совокупном взаимодействии других лимитирующих факторов среды составила 56,4 % (таб. 3). В отличие от температуры воздуха выявлена отрицательная связь между синтезом тимола

и величиной суммарной радиации ( $r=-0,94$ ). Наряду с воздействием лим-факторов среды во время созревания семян массовую долю тимола в эфирном масле чабреца контролирует спектр генов, снижающий синтез этого компонента в период формирования репродуктивных органов (табл. 2).

В период летне-осеннего отрастания побегов второй генерации было отмечено самое низкое содержание тимола в эфирном масле чабреца, которое в среднем составило: у *Th. vulgaris*  $52,5\pm 3,5$  %, *Th. pulegioides*  $41,3\pm 4,0$  %, *Th. striatus*  $40,2\pm 9,1$  % (табл. 2). Было выявлено отрицательное воздействие суточных амплитуд температуры воздуха на синтез тимола ( $r=-0,80$ ). С увеличением суточной амплитуды температуры воздуха уровень накопления тимола снижался. Доля влияния этого фактора составила 57,6 % (табл. 3).

По итогам полученных результатов исследований (табл. 3-4) была построена комплексная модель эколого-генетического контроля (рис. 2), позволяющая прогнозировать уровень накопления тимола в определенные периоды органогенеза разных генотипов для любых сочетаний и последовательностей внешних лим-факторов. Модель эколого-генетического контроля учитывает два комплексных фактора накопления тимола: биологические особенности вида (генотип) и условия среды, сложившиеся в период вегетации. В соответствии с этим модель состоит из двух блоков: генетического и экологического. Генетический блок характеризует влияние на биосинтез тимола вида культуры и фазы развития растения. Экологический блок характеризует влияние на синтез тимола погоды и влагозапасов почвы в период вегетации. На рисунке показаны связи содержания тимола с определяющими факторами. Эти связи лимитируются естественными условиями накопления тимола в эфирном масле *Thymus L.* Многие из них сложные, они взаимообусловлены и одновременно охватывают целый комплекс факторов. В соответствии с полученными моделями (табл. 4, рис. 1-2) связи накопления тимола с определяющими факторами можно анализировать, начиная с любого из этих факторов. Однако, учитывая выраженную зависимость накопления этого компонента от условий погоды и большую изменчивость погоды от года к году и внутри сезона, для большей точности расчеты удобней начинать с учета условий погоды.

### Выводы

Таким образом, несмотря на значительные вариации содержания в эфирном масле тимола по годам, фенодинамика процесса его накопления характеризовалась вполне определенными и устойчивыми показателями. В период бутонизации процентное содержание тимола в эфирном масле у всех видов *Thymus L.* увеличивалось, достигая максимума в начале цветения. В течение почти всего периода цветения синтез тимола сохранялся на довольно высоком уровне, хотя и был подвержен некоторым колебаниям. В конце цветения и во время созревания семян массовая доля тимола в эфирном масле, как правило, снижалась, достигая минимума в период летне-осеннего отрастания побегов второй генерации.

Определены не только лим-факторы среды, но и доля влияния каждого из них на синтез тимола в эфирном масле *Thymus L.* в основные периоды развития. В условиях Южного берега Крыма основным лим-фактором, определяющим уровень накопления тимола является температура воздуха. Только в период цветения, когда температуры оптимальны, в связи с незначительным, как правило, количеством осадков в это время (май-июнь), основным лимитирующим фактором в синтезе тимола является увлажнение почвы.



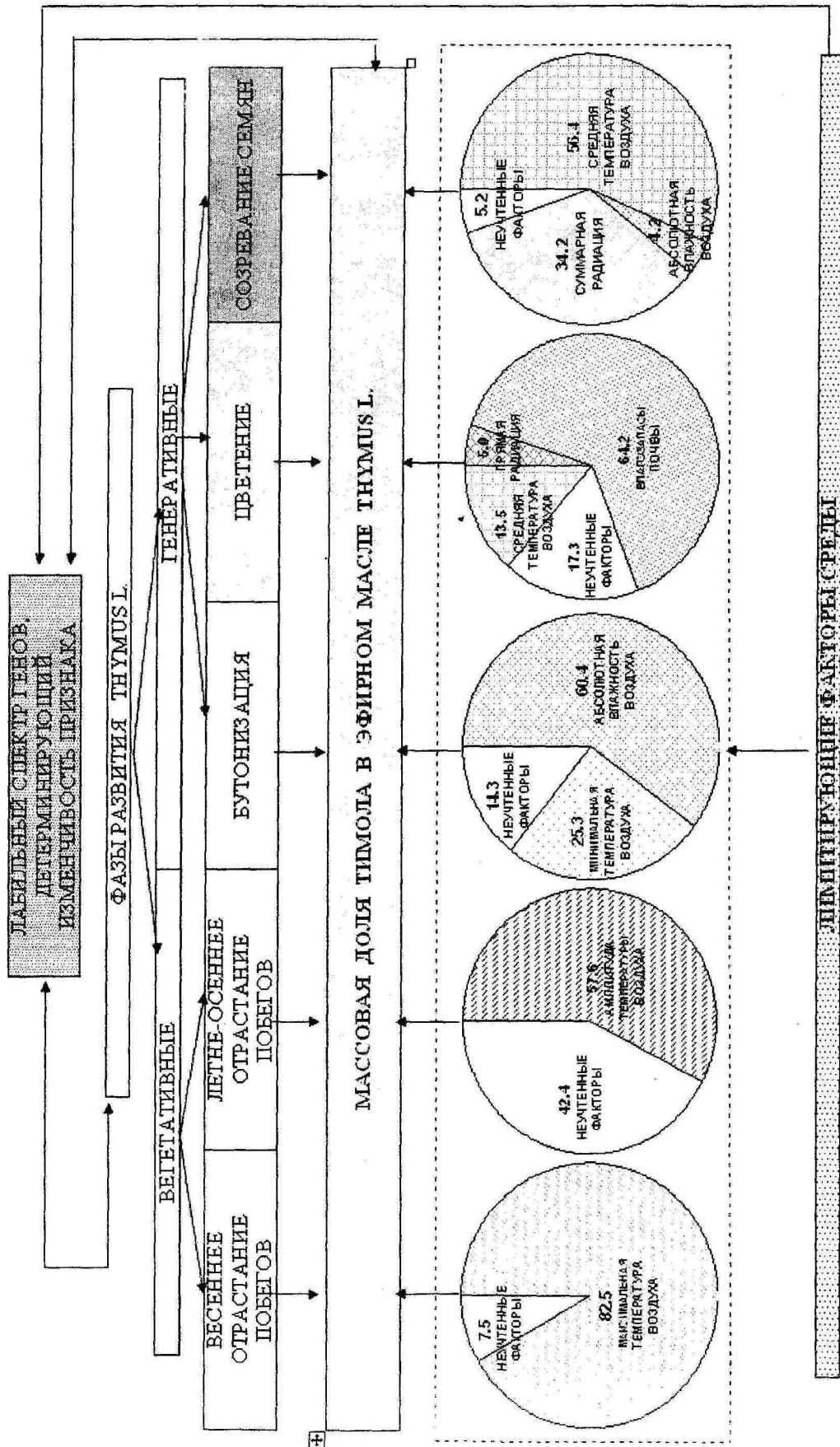


Рис. 2. Модель эколого-генетического контроля биосинтеза тимола в эфирном масле *Thymus L.*

Fig. 2. Model ecological and genetic control of biosynthesis thymol in essential oil *Thymus L.*

Одним из важнейших достоинств полученных моделей является возможность программирования и прогноза содержания тимола в эфирном масле культуры *Thymus L.* Построенные регрессионные модели позволяют рассчитать количество тимола в эфирном масле за конкретный год с учетом погодных условий года и влагозапасов почвы. При наличии прогноза погоды можно ориентировочно планировать качество урожая и применять наиболее рациональную агротехнику, устанавливая календарные сроки полевых работ (поливы, сбор сырья и др). Тем самым предоставляется возможность учесть влияние на синтез тимола наиболее изменчивых и наименее поддающихся регулированию условий среды обитания растений – погоды.

### Список литературы

- Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. – М.: «Мир», 1982. – 488 с.  
Горяев М., Плива И. Методы исследования эфирных масел. – Алма-Ата: Изд-во АН Каз.ССР, 1961. – 752 с.  
Гринкевич Н.И., Сафронич Л.Н. Химический анализ лекарственных растений. – М.: Высш.школа, 1983. – 176 с.  
Драгавцев В.А. Эколого-генетическая модель организации количественных признаков растений // С/х биология. – 1995. – № 5. – С.20-30.  
Ермаков А.И. и др. Методы биохимического исследования растений. – М.; Л., 1962. – 520 с.  
Земшман А.Я. Адаптационные возможности сорта и учет экологических факторов при размещении виноградников // Почва, климат, виноград. – Кишинев: ИПФ «Центральная типография». – 2000. – С.20-50.  
Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 264 с.  
Корсакова С.П. Эколого-биологические особенности и эфирномасличность видов рода *Thymus L.* на Южном берегу Крыма.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ялта, 1998. – 22 с.  
Либусь О.К., Иванова Е.П. Исцеляющие масла. – М.: Педиатрия, 1997. – 80 с.  
Машанов В.И. Некоторые итоги и проблемы интродукции и селекции эфирномасличных растений // Тр. Никитск. бот. сада. – Ялта, 1978. – Т.75. – С.5-28.  
Сур С.В. Состав эфирных масел лекарственных растений // Растительные ресурсы. – 1993. – Т. 29, вып.1. – С.107-108.  
Танасиенко Ф.С., Касимовская Н.Н., Шляпников В.А., Шляпкинова А.П. Эволюция представлений об изменении содержания и состава эфирных масел в растениях // Физиология и биохимия культурных растений. – 1995. – Т. 27, № 3. – С. 124-129.  
Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере. – М., 1998. – 528 с.  
ABDOLHOSSEIN RUSTAIYAN, SHIVA MASOUDI, AAZAM MONFARED, MOHAMMAD KAMALINEJAD, TARANEH LAJEVARDI, SOHEILA SEDAGHAT, MOHAMMAD YARI. Volatile constituents of three *Thymus* species grown wild in Iran // Plant and Soil. – 2000. – Vol., 66, №2. – P. 197-198.  
COSENTINO S., TUBEROSO C.I.G., FADDA M.E., PISANO B., SATTÀ M., MASCIA V., PALMAS F. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils from Sardinia // Igiene Moderna. – 1999. – Vol. 112, № 4. – P. 1411-1421.  
JENNINGS W., SHIBAMOTO T. Qualitative Analysis of Flavor and Fragrance Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography. – Academic Press rapid Manuscript Reproduction, 1980. – 472 p.  
KRAUSE E.L., TERNES W. Bioavailability of the antioxidative thyme compounds thymol and p-cymene-2, 3-diol in eggs // Europ. Food Research and Technology. – 1999. – Vol. 209, № 2. – P. 140-144.  
ROSSI E.R., SOLBES D., BOLDRINI C., OLSEN AD. A predictive model of the yield of aromatic species in relation to climatic variables // Proceedings of the XXV Int. Hort. Cong. Part 12. Application of biotechnology and molecular biology and breeding, general breeding, breeding and evaluation of temperate zone fruits for the tropics and subtropics/ Brussels, Belgium. – 1998. – №522. – P. 43-48.

Рекомендуе до друку  
А.П. Орлюк

Отримано 21.10.2006 р.

Адреса авторов:

*С.П.Корсакова*  
Агротеместанция «Никитский сад»  
Центра по гидрометеорологии в АРК  
e-mail: [korsakova2002@mail.ru](mailto:korsakova2002@mail.ru)

*В.Д.Работягов, Б.А.Виноградов*  
Никитский ботанический сад –  
Национальный научный центр УААН  
98648, Ялта, АР Крым, Украина  
e-mail: [nbs1812@ukr.net](mailto:nbs1812@ukr.net)

Author's address:

*S.P.Korsakova*  
Agrometeorological station "Hikitskij sad"  
The Crimea Centre for Hydrometeorology  
e-mail: [korsakova2002@mail.ru](mailto:korsakova2002@mail.ru)

*V.D.Rabotyagov, B.A.Vinogradov*  
The Nikita Botanical Garden –  
National Scientific Centre,  
98648, Yalta, Crimea, Ukraine  
e-mail: [nbs1812@ukr.net](mailto:nbs1812@ukr.net)