

СУТОЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ ЭФИРНОГО МАСЛА НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *THYMUS* L. В ПЕРИОД МАССОВОГО ЦВЕТЕНИЯ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

С.П.КОРСАКОВА, кандидат биологических наук
Агрометеостанция «Никитский сад», г. Ялта

Введение

В настоящее время лекарственные растения и их производные составляют 20% фармацевтической продукции в промышленно развитых странах и 80% - в развивающихся [8]. Внимание исследователей давно привлекают представители рода *Thymus* L. (тимьян) сем. Lamiaceae, у которых выявлены антибактериальная, противогрибковая, противовирусная, противопаразитарная, спазмолитическая и антиоксидантная виды активности [24]. Ароматические и лечебные свойства рода *Thymus* сделали его одним из самых популярных лекарственных растений [19]. Известно, что максимальное количество действующих веществ в растительном сырье *Thymus* накапливается в фазе цветения [2, 12, 16-18, 20]. Железистые структуры *Thymus* локализованы в эпидермальной ткани, и эфирное масло легко испаряется в атмосферу. В накоплении эфирного масла и варьировании его состава значительную роль играют условия роста и развития растений, которые определяются индивидуальной изменчивостью. Их значимость обусловлена онтогенетическим развитием организма, зависимостью онтогенетических процессов от климатических и других условий окружающей среды, существенно различающихся в разных временных промежутках (сутки, сезон, год) [3]. Время сбора урожая имеет довольно большое значение, поскольку эфирные масла подвержены значительным изменениям под воздействием суточных и сезонных колебаний [3, 9, 10, 15, 26, 27]. В качестве основных причин варьирования скорости биосинтеза эфирных масел в течение суток ряд авторов указывает изменения активности опыления насекомыми [12], температуры и влажности [21], освещения [11], онтогенеза самой фазы цветения [23], испарения [21], общих метеорологических данных за день [25], а также общего физиологического состояния растений [12, 22].

В сравнении с довольно большим количеством работ по компонентному составу эфирного масла различных видов *Thymus*, исследований по изменчивости массовой доли эфирного масла в течение суток по-прежнему мало. В данной работе предпринята попытка определить основные факторы окружающей среды, оказывающие прямое или косвенное воздействие на суточные колебания массовой доли эфирного масла *Thymus* в условиях Южного берега Крыма (ЮБК).

Данное исследование имело цели: во-первых, проверить гипотезу о влиянии агрометеорологических факторов, таких как температура и влажность воздуха и почвы, интенсивность солнечной радиации, испарения, а также особенностей онтогенетического развития растений на массовую долю эфирного масла в цветочном сырье *Thymus*; во-вторых, изучить зависимость массовой доли эфирного масла от времени сбора сырья в течение суток.

Полученные данные будут способствовать более глубокому пониманию биологических и физиологических особенностей биосинтеза эфирного масла представителями рода *Thymus*, что является важной предпосылкой для успешной работы с этим растением. Учет суточной изменчивости массовой доли эфирного масла в зависимости от определенных погодных условий может быть использован для определения оптимального времени сбора урожая.

Объекты и методы исследования

Исследования проведены в 1996 году на опытном участке отдела новых технических и лекарственных культур Никитского ботанического сада – Национального научного центра (НБС–ННЦ) НААНУ (Южный берег Крыма: 44°31' с.ш., 34°15' в.д., 200 м н.у.м.). Климат ЮБК принято характеризовать как средиземноморский с преобладанием осенне-зимних осадков, умеренно жарким засушливым летом и мягкой зимой с частыми оттепелями [5].

В качестве объектов исследований были использованы три вида рода *Thymus*, полученные по делектусам и интродуцированные в НБС–ННЦ. Из секции *Thymus*: *Thymus vulgaris* L., включающий три экотипа; из секции *Serpyllum* подсекции *Alternantes* по системе Яласа (J.Jalas) [13]: *Thymus pulegioides* L. и секции *Mastichina*: *Thymus mastichina* L. В условиях ЮБК основными компонентами эфирного масла первого экотипа *Th.vulgaris* (*Th.vulgaris* (1)), полученного из Швейцарии, являются линалоол (74,0-92,1%), тимол (2,7-16,7%), линалилацетат (1,5-3,1%) и гераниол (до 2,8%). Основными компонентами эфирного масла второго (*Th.vulgaris* (2), Средиземноморье) и третьего (*Th.vulgaris* (3), Германия) экотипов – тимол (52,9-80,2%), п-цимол (6,5-25,8%), γ -терпинен (4,9-12,7%) и карвакрол (2,4-3,9%). В эфирном масле *Th.pulegioides* (Италия) преобладают тимол (47,0-73,0%), п-цимол (3,2 до 19,8%), борнеол (1,7-5,7%), линалоол (2,6-5,3%) и γ -терпинен (6,3-11,1 %). Доминирующие компоненты эфирного масла *Th.mastichina*, эндема Пиренейского полуострова, семена которого были получены из Нидерландов – 1,8-цинеол (68,5-81,0%), α -терпинеол (4,9-10,3%), линалоол (1,9-3,6%), β -пинен (1,0-3,8%) и сабинен (0,9-2,8%).

Предполагалось, что при выращивании этих видов на одном участке в полевых условиях на рост и развитие растений воздействуют одни и те же экологические факторы. Площадь питания одного растения 0,3 м².

Фенологическое состояние определяли на 10 клонированных растениях каждого вида.

Для исследования суточной динамики массовой доли эфирного масла в период цветения был использован однолетний прирост генеративных побегов, срезанных в мае-июне 1996 года. Отборы проб для анализа проводили в двух аналитических повторностях в течение трех дней для каждого объекта, по 6 раз в сутки: 07:00, 09:00, 11:00, 13:00, 15:00 и 17:00 часов киевского летнего времени. Параллельно с отбором проб производили измерение следующих агрометеорологических факторов: температура ($^{\circ}\text{C}$) и относительная влажность воздуха (%) на высотах 0,5 и 2 м, дефицит насыщения (гПа), температура поверхности почвы и на глубинах 5, 10, 15 и 20 см; инсоляция ($\text{МДж}/\text{м}^2$), суммарная и рассеянная радиация ($\text{МДж}/\text{м}^2$); определяли запасы продуктивной влаги (мм) в верхнем 30- и 50-сантиметровом слое почвы, а также вычисляли испарение (мм/ч) по методам теплового баланса и турбулентной диффузии, для чего дополнительно измеряли скорость ветра на высотах 0,5 и 2 м (м/с), радиационный баланс ($\text{МДж}/\text{м}^2$) и упругость водяного пара (гПа).

Массовую долю эфирного масла определяли путем гидродистилляции на аппаратах Клевенджера [4, 7] из свежесобранного сырья индивидуальных растений и рассчитывали в % по отношению к массе воздушно-сухого сырья (% от а.с.м.).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием пакета прикладных программ «STATISTICA for WINDOWS 6.0» [6]. Количественные показатели представлены в виде $X \pm m$, где X – среднее значение, а m – стандартная ошибка среднего.

Исследование зависимости биосинтеза эфирного масла от времени суток и условий среды обитания осуществляли при помощи парного коэффициента линейной корреляции (r) и метода мультивариантного пошагового регрессионного анализа. Для определения существования функциональных связей между параметрами вычисляли коэффициент корреляции R Спирмена. Определение взаимосвязи между качественными показателями и массовой долей эфирного масла было проведено посредством использования Factorial/ANOVA (Quick specs dialog) и Analysis Wizard.

Статистическую значимость сравниваемых показателей с нормальным распределением, которое определялось по критерию согласия Колмогорова-Смирнова, устанавливали с использованием t -критерия Стьюдента для средних величин, F -критерия Фишера для дисперсии и R -коэффициента корреляции Пирсона. Во всех процедурах статистического анализа рассчитывался достигнутый уровень значимости (p), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался равным 0,05.

Результаты и обсуждение

Эфирное масло у представителей рода *Thymus* локализовано в железистых трихомах во всех надземных органах растения – стеблях, листьях, соцветиях. Содержание его в различных органах неодинаково. В период цветения, за исключением *Th.vulgaris* (2), максимальное количество эфирного масла нами отмечено в соцветиях (2,33-7,76%), несколько меньше его в листьях (1,72-4,53%) и практически нет в стеблях (табл. 1). У *Th.vulgaris* (1-2), *Th. pulegioides* и *Th.mastichina* соцветия составляют большую часть цветочного сырья – 49-64%. Отличается от исследуемых видов *Th.vulgaris* (3), у которого массовая доля листьев достигает 42,1%. Следует отметить, что в листьях *Th.mastichina* отмечена довольно высокая массовая доля эфирного масла (4,51%), что представляет интерес для селекции.

Таблица 1

Изменчивость содержания эфирного масла у некоторых представителей рода *Thymus*

Вид	Массовая доля эфирного масла, %						Массовая доля органов в 100 г свежесрезанного цветочного сырья, %		
	лист		соцветие		стебель		лист	соцветие	стебель
	сырой массы	абсолютно сухой массы	сырой массы	абсолютно сухой массы	сырой массы	абсолютно сухой массы			
<i>Th.vulgaris</i> (1)	0,67	1,72	0,84	2,33	следы		26,8	50,2	23,0
<i>Th.vulgaris</i> (2)	0,90	2,75	0,8	2,67	то же		27,9	52,1	20,0
<i>Th.vulgaris</i> (3)	0,72	1,93	0,72	2,27	"		42,1	34,6	23,3
<i>Th.pulegioides</i>	0,77	1,88	0,86	2,34	"		25,3	49,0	25,7
<i>Th.mastichina</i>	1,67	4,51	2,66	7,76	"		22,4	64,0	13,6

Накопление эфирного масла зависит от целого ряда факторов и контролируется как внутренними (генотипическими) особенностями, свойственными для конкретного вида, так и внешними (природно-климатическими, географическими и экологическими) условиями. Исследования, проведенные нами ранее, показали, что в условиях Южного берега Крыма на долю генотипической изменчивости в накоплении эфирного масла у интродуцированных видов *Thymus* приходится около 80

% (из них доля влияния фазы развития составила около 8%), а на воздействие окружающей среды – около 20%.

В течение вегетации, при отборе проб в 12 ч дня, массовая доля эфирного масла в надземной части растений может варьировать у *Th.vulgaris* от 1,03 до 2,28%; у *Th.pulegioides* от 0,82 до 3,24% и у *Th.mastichina* – от 2,98 до 6,81% [1]. У всех изученных видов наблюдалось некоторое повышение содержания масла в период бутонизации и снижение его во время созревания семян. Нами установлено, что при совокупном воздействии всех экологических факторов в условиях ЮБК, основное влияние на синтез эфирного масла в генеративные фазы развития оказывают количество осадков и температура воздуха [1]. Оптимальные условия для накопления эфирного масла у *Th. vulgaris*, *Th.pulegioides* и *Th.mastichina* наблюдаются при среднесуточной температуре воздуха 17-19⁰С и количестве осадков, не превышающем 5-10 мм за межфазный период. При более низких температурах и увеличении осадков выход масла снижается. Значения среднесуточных температур воздуха выше 22-24⁰С отрицательно воздействуют на процесс накопления масла. Существенный недобор отмечается также как при дождях, особенно с ветром, так и при суховеях [1].

Учитывая, что сбор лекарственного сырья производят в сухую погоду, для исследования суточной динамики эфирного масла отбор проб для анализа был проведен в период цветения в дни, когда осадков не наблюдалось (табл. 2). Анализ данных показывает, что массовая доля эфирного масла в течение суток изменяется в довольно больших пределах. Это видно по значению коэффициентов вариации. Наибольшие суточные колебания (21,4-27,4%) массовой доли эфирного масла наблюдались у *Th.vulgaris*. У *Th.pulegioides* и *Th.mastichina* они были в 1,5-2 раза меньше (14,9 и 13,1% соответственно).

Обобщенная суточная динамика массовой доли эфирного масла исследованных образцов представлена на рис. 1. Анализируя общую тенденцию, можно отметить, что на Южном берегу Крыма в утренние часы биосинтез эфирного масла увеличивается и к 9 часам достигает максимальных значений. В 11 часов содержание эфирного масла резко снижается, что возможно связано с массовым раскрытием цветков в это время. В дальнейшем наблюдается постепенный рост, и к 17 часам массовая доля эфирного масла приближается к показателям 9 ч. Можно предположить, что в связи с некоторым уменьшением температуры воздуха в послеобеденное время снижается испарение из сырья летучих компонентов, то есть сокращаются потери эфирного масла. Полученные нами данные вполне согласуются с результатами исследований португальскими авторами *Th.mastichina* [15]. В условиях Португалии [15] в эфирном масле *Th.mastichina*, выделенном методом гидродистилляции в период массового цветения, массовая доля эфирного масла была больше в

соцветиях, чем в листьях. В суточном ходе эфирного масла (% от сырой массы) было выделено два максимума: в 12 ч (2,0 %) и 17 ч (2,2 %). Основным компонентом эфирного масла *Th.mastichina* также был 1,8-цинеол. Его максимальный процент наблюдался в 12 ч и достигал 61,0 %. Следует отметить, что в Португалии из-за высоких температур воздуха массовое раскрытие цветков может наблюдаться в более ранние часы. К сожалению, на данный момент в доступной литературе такие данные отсутствуют.

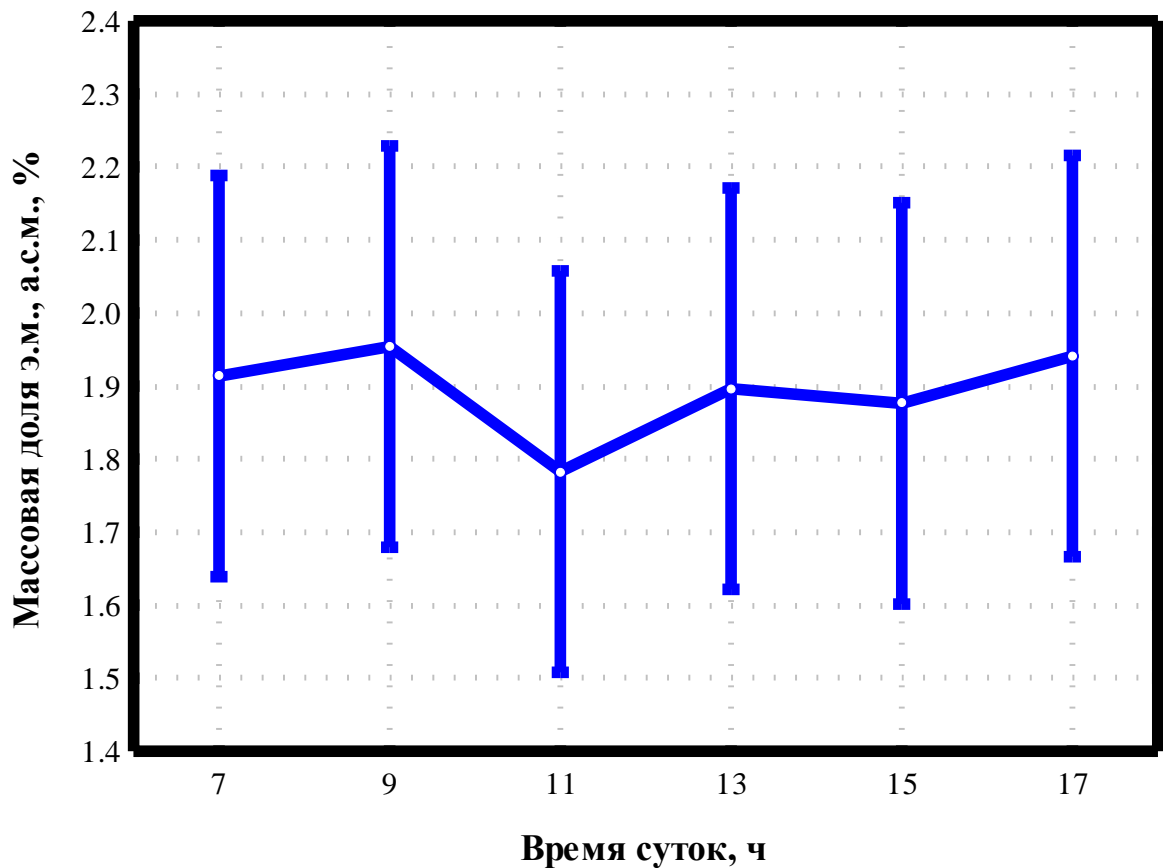


Рис. 1. Суточная динамика массовой доли эфирного масла некоторых представителей рода *Thymus L.* в условиях ЮБК

Таблица 2

**Количественные изменения содержания эфирного масла (% от а.с.м.)
в цветочном сырье *Thymus* в различное время суток**

Показатель	<i>Th.vulgaris</i> (1)	<i>Th.vulgaris</i> (2)	<i>Th.vulgaris</i> (3)	<i>Th.pulegioides</i>	<i>Th.mastichina</i>
7 ч	1,63±0,17	1,45±0,12	1,41±0,20	1,41±0,15	5,11±0,11
9 ч	1,75±0,31	1,63±0,30	1,36±0,03	1,32±0,06	5,50±0,36
11 ч	1,35±0,12	1,39±0,34	1,18±0,23	1,42±0,03	5,25±0,11
13 ч	1,89±0,31	1,36±0,12	1,24±0,02	1,32±0,13	5,10±0,83
15 ч	1,45±0,44	1,25±0,24	1,34±0,26	1,42±0,10	5,68±0,38
17 ч	1,68±0,18	1,64±0,25	1,44±0,20	1,56±0,22	4,63±0,07
x ±m	1,62±0,10	1,45±0,09	1,33±0,07	1,41±0,05	5,21±0,16
X _{min} -X _{max}	0,77-2,50	0,83-2,16	0,81-1,80	1,11-1,82	3,54-6,41
σx	0,444	0,382	0,284	0,210	0,683
V, %	27,4	26,3	21,4	14,9	13,1

На рис. 2 показана индивидуальная реакция генотипа на колебания погодных условий в течение суток. При одних и тех же значениях температуры и влажности, даже в пределах одного вида, наблюдалось как снижение, так и увеличение биосинтеза эфирного масла. Таким образом, растения, произрастающие в одинаковых экологических условиях, на одни и те же факторы реагируют по-разному, что обусловлено генотипическими особенностями экотипа.

Для проверки достоверности гипотезы о влиянии времени сбора сырья на содержание эфирного масла для представителей рода *Thymus* в условиях ЮБК, данные были обработаны при помощи двухфакторного дисперсионного анализа (табл. 3).

Вычисленные уровни значимости 0,916105 и 0,830094 говорят о том, что в условиях ЮБК статистически значимого влияния времени сбора сырья на массовую долю эфирного масла *Thymus* не обнаружено. Вместе с тем, высокий уровень значимости (0,000000) подтверждает, что генотипические особенности реакции организма на изменения условий обитания имеют решающее значение.

Полученные результаты позволили предположить, что на значительное варьирование биосинтеза эфирного масла в течение суток оказывали влияние агрометеорологические факторы. Многие авторы связывают биосинтез эфирного масла с температурой, влажностью воздуха и интенсивностью солнечной радиации [1, 3, 10, 11, 20, 21]. На рисунках 3 и 4 изображена суточная динамика данных показателей в период проведения исследований.

Таблица 3

Влияние времени суток на массовую долю эфирного масла некоторых представителей рода *Thymus* на Южном берегу Крыма

Источник изменчивости	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат (оценка дисперсии)	F - отношение	Уровень Значимости (p)
Время суток, ч	0,3080	5	0,0616	0,291	0,916105
Виды <i>Thymus</i>	204,1631	4	51,0408	241,211	0,000000
Время суток – Виды <i>Thymus</i>	2,8759	20	0,1438	0,680	0,830094
Ошибка	12,6961	60	0,2116		

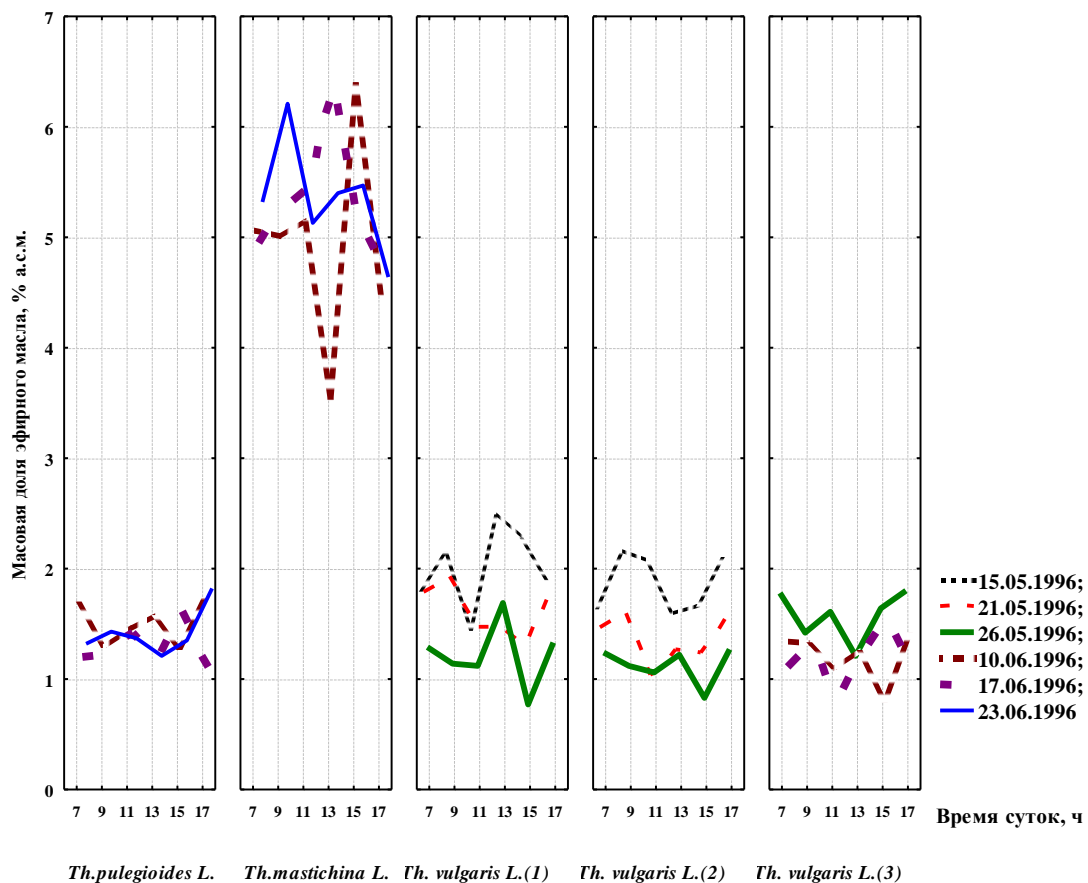


Рис. 2. Суточные колебания массовой доли эфирного масла некоторых представителей рода *Thymus L.* в зависимости от погодных условий

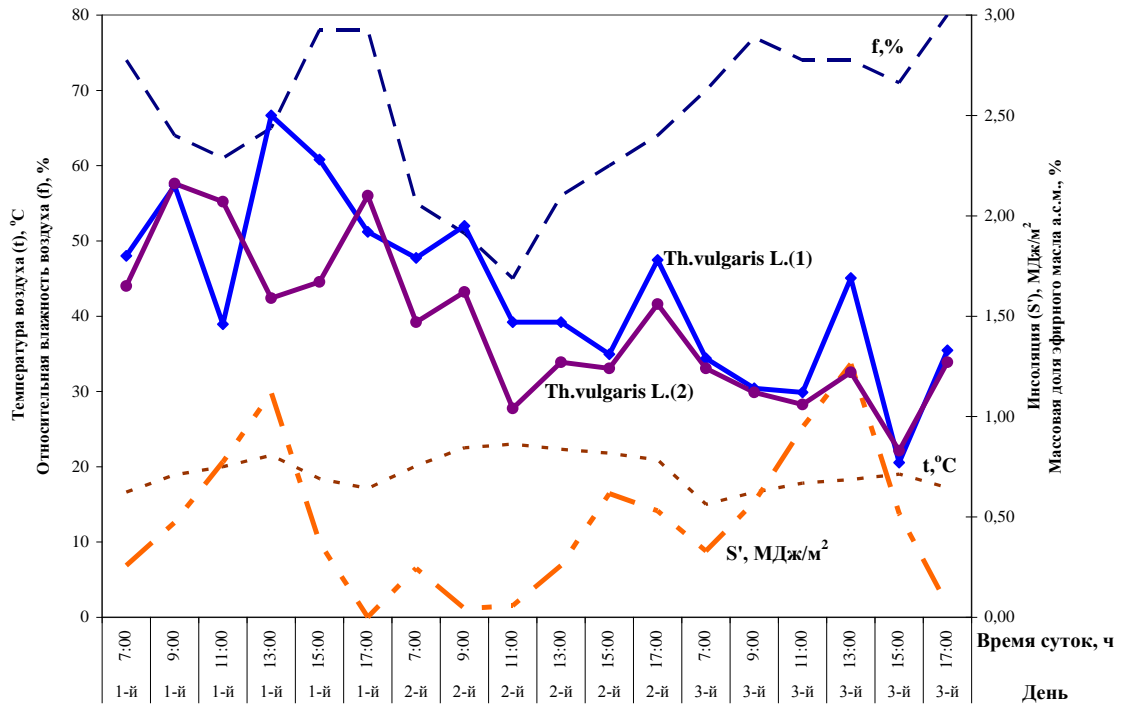


Рис. 3. Суточная динамика массовой доли эфирного масла *Th.vulgaris*, температуры, влажности воздуха и инсоляции

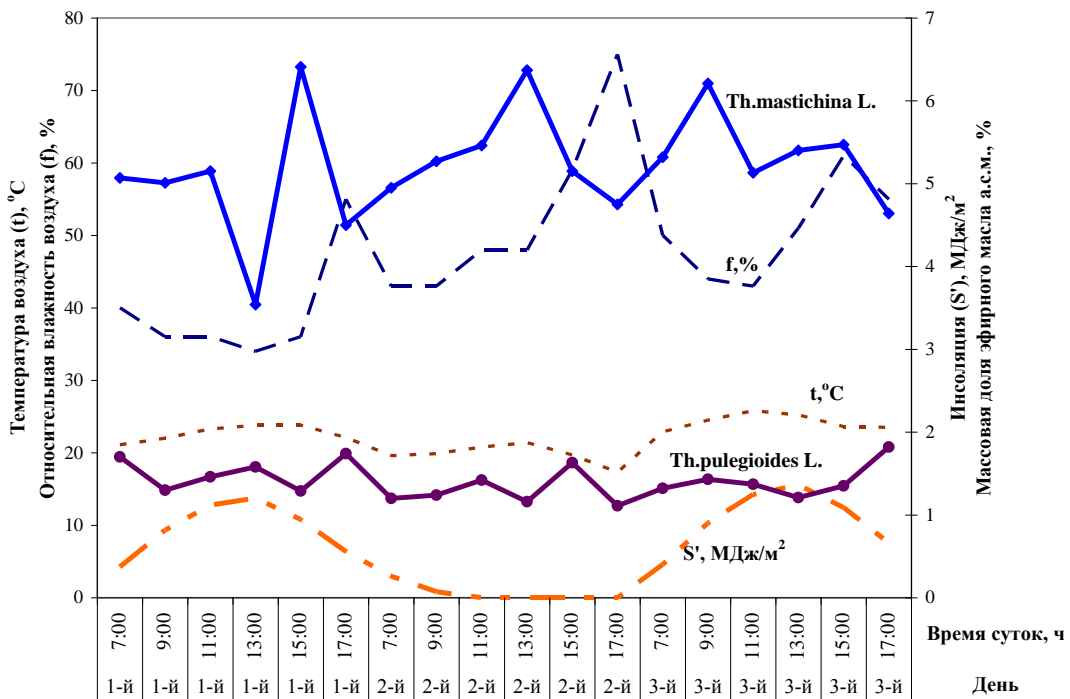


Рис. 4. Суточная динамика массовой доли эфирного масла *Th.pulegioides*, *Th.mastichina*, температуры, влажности воздуха и инсоляции

Чтобы определить, какие именно агрометеорологические факторы в условиях Южного берега Крыма оказывают влияние на биосинтез эфирного масла исследуемых видов *Thymus*, нами были проанализированы 17 параметров. Данные обработаны методом корреляционного и мультивариантного пошагового регрессионного анализа.

Для выявления связи между отдельными агрометеорологическими факторами и массовой долей эфирного масла абсолютные числа простых коэффициентов корреляции были разбиты на 5 категорий: не влияет (0-0,2); слабый эффект (0,2-0,4); средний эффект (0,4-0,6); высокий эффект (0,6-0,8) и очень высокий эффект (0,8-1) (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между массовой долей эфирного масла и агрометеорологическими факторами

Агрометеорологический фактор	<i>Th. vulgaris</i> (1)	<i>Th. vulgaris</i> (2)	<i>Th. vulgaris</i> (3)	<i>Th. pulegioides</i>	<i>Th. mastichina</i>
день	-0,75	-0,82	-0,57	-0,19	0,26
время суток, ч	-0,01	-0,03	0,02	0,23	-0,15
фаза развития (массовое, конец цветения)	-0,65	-0,63	-0,63	-0,36	-0,20
температура воздуха, °С	0,21	-0,02	-0,58	0,19	0,13
относительная влажность воздуха, %	-0,09	0,01	0,57	-0,07	-0,06
дефицит насыщения, гПа	0,12	-0,04	-0,56	0,03	0,09
инсоляция, МДж/м ²	0,02	-0,13	-0,13	0,10	-0,11
суммарная радиация, МДж/м ²	-0,22	-0,38	0,01	0,05	-0,04
рассеянная радиация, МДж/м ²	-0,42	-0,45	0,36	-0,29	0,37
запасы продуктивной влаги в 0-30 см слое почвы, мм	0,72	0,74	-0,20	0,33	-0,28
запасы продуктивной влаги в 0-50 см слое почвы, мм	0,73	0,76	-0,29	0,34	-0,28
испарение, мм/ч	-0,33	-0,15	-0,16	-0,06	0,11
температура поверхности почвы, °С	-0,09	-0,29	-0,13	0,17	-0,08
температура почвы на глубине 5 см, °С	0,04	-0,12	-0,22	0,29	-0,09
температура почвы на глубине 10 см, °С	0,08	-0,05	-0,24	0,38	-0,14
температура почвы на глубине 15 см, °С	0,19	0,07	-0,36	0,41	-0,14
температура почвы на глубине 20 см, °С	0,15	0,04	-0,40	0,41	-0,11

Представленные результаты показывают, что массовая доля эфирного масла *Th.vulgaris* в течение суток довольно сильно зависит от общих метеорологических данных за день ($r=-0,57-0,82$), фазы развития и запасов продуктивной влаги в почве (за исключением экотипа *Th.vulgaris* (3)). Отрицательные коэффициенты корреляции между метеорологическими данными за день и фазой развития указывают на то, что во второй половине фазы цветения синтез эфирного масла снижается. Отличительной особенностью некоторых видов была средняя корреляционная зависимость массовой доли эфирного масла от температуры и влажности воздуха, рассеянной солнечной радиации, а также температуры почвы на глубине 15 и 20 см (табл. 4). Влияние остальных параметров было статистически незначимым.

Для выявления комплекса лимитирующих факторов при совокупном воздействии 17 агрометеорологических параметров на биосинтез эфирного масла методом пошаговой регрессии было выбрано подмножество независимых переменных с наибольшим коэффициентом корреляции. Моделированием связей суточного содержания эфирного масла *Thymus* с агрометеорологическими параметрами установлено, что комплекс факторов, описывающих дисперсию массовой доли эфирного масла, в одинаковых условиях произрастания значительно отличается для различных видов не только набором факторов, но и долей влияния каждого на результирующий признак. Результаты мультивариантного пошагового регрессионного анализа между массовой долей эфирного масла в течение суток (зависимая переменная Y) и агрометеорологическими факторами (независимая переменная X) представлены в таблице 5.

При анализе полной выборки, включающей все исследуемые виды, статистически значимых агрометеорологических факторов выявлено не было. При исключении из генеральной совокупности *Th.mastichina* найдена достоверная связь между суточными колебаниями массовой доли эфирного масла *Th.vulgaris* (1-3), *Th.pulegioides* и запасами продуктивной влаги в полуметровом слое почвы, где расположена основная часть корневой системы растений, а также относительной влажностью воздуха. Совокупная доля их влияния составила 26% при коэффициенте множественной детерминации 39%. Остальную часть составляют невыявленные факторы и особенности, свойственные определенному генотипу. Если рассматривать отдельно *Th.vulgaris*, характеризующийся наибольшими суточными колебаниями, то около 50% изменений массовой доли эфирного масла в течение суток связаны с увлажнением почвы и температурой воздуха (табл. 5).

Таблица 5

Регрессионная модель между массовой долей эфирного масла *Thymus* (зависимая переменная) и агрометеорологическими факторами (независимая переменная)

Независимая переменная	Коэффициент регрессии, <i>B</i>	Стандартная ошибка <i>B</i>	<i>t</i> (69)	Уровень значимости, <i>p</i>	Доля влияния фактора, %
Для <i>Th.vulgaris</i> (1-3), <i>Th.pulegioides</i> (n=72)					
свободный член	0,8229	0,1478	5,5671	0,0000	-
запасы продуктивной влаги в 0-50 см слое почвы, мм (X_1)	0,0081	0,0013	6,2342	0,0000	19,89
относительная влажность воздуха, % (X_2)	0,0051	0,0023	2,2552	0,0273	6,09
стандартная ошибка оценки, % 0,279 R^2 0,39 R^2 (исп.) 0,3724 F 22,07					
Для <i>Th.vulgaris</i> (1-3) (n=54)					
свободный член	2,1306	0,3161	6,7405	0,0000	-
запасы продуктивной влаги в 0-50 см слое почвы, мм (X_1)	0,0108	0,0015	7,1023	0,0000	38,51
температура воздуха, °C (X_2)	-0,0591	0,0170	-3,4831	0,0010	11,82
стандартная ошибка оценки, % 0,279 R^2 0,50 R^2 (исп.) 0,4838 F 25,83					

Отрицательное значение коэффициента регрессии при температуре подтверждает, что с повышением температуры воздуха выше 20-22⁰C биосинтез масла *Th.vulgaris* снижается. При изучении суточной динамики *Th.mastichina* достоверной связи ни с одним из данных агрометеорологических факторов в период исследования нами выявлено не было.

Выводы

В условиях Южного берега Крыма массовая доля эфирного масла в цветочном сырье *Thymus* в течение суток изменяется довольно в больших пределах. Размах варьирования у некоторых видов может достигать 21-27%.

При совокупном воздействии использованных в исследовании агрометеорологических факторов основное влияние на синтез эфирного масла в течение суток оказывают увлажнение, температура и влажность воздуха. Их доля влияния может достигать 26-50%.

Коэффициенты корреляции и регрессии показывают, что особенности роста любого вида *Thymus* на ЮБК определяются его экологическими потребностями и устойчивостью, имеют связь с экологическими характеристиками, и эти связи отличаются для каждого вида.

Несмотря на определенную тенденцию в суточном ходе, статистически значимого влияния времени сбора сырья на массовую долю эфирного масла *Th.vulgaris*, *Th.pulegioides* и *Th.mastichina* в условиях Южного берега Крыма выявлено не было.

Список литературы

1. Корсакова С.П. Влияние экологических факторов на биологию цветения чабреца// Бюл. Никит. ботан. сада. – 1997. - Вып. 78. – С. 50–54.
2. Корсакова С.П., Работягов В.Д., Виноградов Б.А. Модель эколого-генетического контроля биосинтеза тимола в эфирном масле *Thymus L.*//Черноморский ботанический журнал. – 2006. – Т. 2, № 1. – С. 50-59.
3. Лобанов В.В, Степень Р.А. Влияние биоценологических факторов на содержание и состав пихтового масла// Химическая технология переработки. Хвойные бореальные зоны. – 2004. – Вып. 2. – С. 148-155.
4. Методы биохимического исследования растений / Сост. Ермаков А.И. и др. – М.- Л., 1962. – 520 с.
5. Агроклиматические ресурсы Южного берега Крыма в районе Большой Ялты и их оценка применительно к винограду/ Фурса Д.И., Корсакова С.П., Фурса В.П., Иванченко В.И, Ялта: НИВиВ «Магарач», 2006. – 60 с.
6. Халяфян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: Учебник 3-е изд. – М; ООО «Бином-Пресс». – 2007. – 512 с.
7. Химический анализ лекарственных растений/ Под ред. Н.И.Гринкевич, Л.Н.Сафронич. – М.: Высш.школа, 1983. – 176 с.
8. Factors Affecting on Essential Chemical Composition of *Thymus kotschyanus* in Iran/ Aminzadeh M., Amiri F., Ashor Abadi E., Mahdevi K., Fadaei Sh. / World Applied Sciences Journal . – 2010. – Vol. 86 № 7. – P. 847-856.
9. Chang X., Alderson P.G., Wright Ch.J. Variation in the Essential Oils in Different Leaves of *Basil (Ocimum basilicum L.)* at Day Time// The Open Horticulture Journal. – 2009. – Vol. 2. – P. 13-16.
10. Dobрева A., Kovacheva N. Daily dynamics of the essential oils of *Rosa damascena* Mill. and *Rosa alba* L.// Agricultural science and technology. – 2010. – Vol. 2, № 2. – P. 71-74.

11. Dudareva N., Pyrchesky E., Gershenzon J. Biochemistry of plant volatiles// *Plant Physiology*. – 2004. – Vol. 135. – P. 1893-1902.
12. *Portuguese Thymbra and Thymus Species Volatiles: Chemical Composition and Biological Activities*/ Figueiredo A.C., Barroso J.G., Pedro L.G., Salgueiro L., Miguel M.G., Faleiro M.L.// *Current Pharmaceutical Design*. – 2008. - Vol. 14, № 29. – P. 3120-3140.
13. Jakobsen H., Olsen C. Influence of climatic factors on emission of flower volatiles in situ// *Planta*. – 1994. – Vol. 192, № 3. – P. 365 – 371.
14. Jalas, J. Notes on *Thymus* L. (Labiatae) in Europe. I. Supraspecific classification and nomenclature// *Bot. J. Linn. Soc.* – 1971. –Vol. 64, № 2. – P. 199-215.
15. Chemical composition of the essential oils from *Thymus mastichina* over a day period”/ Miguel M.G., Duarte F., Venâncio F., Tavares R.// *World Conference on Medicinal and Aromatic Plants, Budapeste, Hungria*. – 2001. – P. 8-11.
16. *Thymus carnosus* Boiss.: effect of harvesting period, collection site and type of plant material on essential oil composition/ Miguel M.G., Duarte J., Figueiredo A.C., Barroso J.G., Pedro L.G.// *J. Essent Oil Res.* – 2005. – Vol. 17. – P. 422-426.
17. Seasonal variation in yield and composition of *Thymus zygis* L. subsp. *sylvestris* essential oil/ Moldao-Martins M., Bernardo-Gil M.G., Beirao-da-Costa M.L., Rouzet M.// *Flavour Fragr J.* – 1999. – Vol. 14.- P. 177–182.
18. Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages/ Nejad Ebrahimi S., Hadian J., Mirjalili M.N., Sonboli A., Yousefzadi M.// *Food Chem.* – 2008. – Vol. 110. – P. 927-931.
19. Nickavar, B., Mojab F., Dolat-Abadi R. Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran// *Food Chem.* – 2005. – Vol. 90. – P. 609-611.
20. Ozguven M., Tansi S. Drug Yield and Essential Oil of *Thymus vulgaris* L. as in Influenced by Ecological and Ontogenetical Variation// *Tr. J. of Agriculture and Forestry*. – 1998. – Vol. 22. – P. 537-542.
21. Effect of Temperature on the Floral Scent Emission and Endogenous Volatile Profile of *Petunia axillaris*/ Sagae M., Oyama-Okibo N., Ando T., Marchesi E., Nakayama M.// *Bioscience, Biotechnology, Biochemistry*. – 2008. – Vol. 72, № 1. – P 110-115.
22. Regulation of essential oil production in plants/ Sangwan N., Farooqi A., Shabih F. and Sangwan R.// *Plant Growth Regulation*. – 2001. – Vol. 34, № 1. – P. 3-21.
23. Volatile ester formation in *Roses*. Identification on an Acetyl-Coenzyme A. Geraniol/Citronellol Acetyltransferase in Developing *Rose petals*/ Shalit M., Guterman I., Volpin H., Bar E., Tamari T., Menda N., Adam Z., Zamir D., Vainstein A., Weis D., Pichersky E. and Lewinsohn E.// *Plant Physiology*. – 2003. – Vol. 131. – P. 1- 9.

24. Stahl-Biskup E., Saez F. *Thyme*// Taylor and Francis. – London, 2002. – P. 56-57.

25. Staykov V., Zolotovitch G. Dynamics of the essential oil in the blossoms of the Kazanlak oil-bearing rose (*R.damascena* Mill.)// Research on plant growing of the institutes of MA. – 1956. – Vol. X. – P. 155-170 (Bg).

26. Changes in Essential Oil Composition of Oregano (*Origanum onites* L.) due to Diurnal Variations at Different Development Stages/ Tonger O., Karaman S., Kizil S., Diraz E.// Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. – 2009. – Vol. 37, № 2. – P. 177-181.

27. Seasonal and diurnal variability of essential oil and its components in *Origanum onites* L. grown in the ecological conditions of Cukurova/ Yaldiz G., Sekeroglu N., Ozguven M., Kirpik M.// Grasas y Aceites. – 2005. – Vol. 56, Fasc. 4. – P. 254-258.