

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΘΕΜΑ: Φαινολογική και χημειοτυπική διαφοροποίηση των  
αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών των ειδών *Origanum  
vulgare* spp. *hirtum* (Link) Letswaart, *Coridothymus  
capitatus* (L.), *Origanum onites* (L.) και *Satureja thymbra* (L.) σε  
φυτεία τριών ετών.**

**ΓΑΒΡΙΗΛ Κ. ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ**

**Αθήνα 2013**

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ: Φαινολογική και χημειοτυπική διαφοροποίηση των αρωματικών και  
φαρμακευτικών φυτών των ειδών *Origanum vulgarespp.*  
*hirtum*(Link)letsvaart,*Coridothymuscapitatus*(L.),*Origanumonites*(L.)και*Saturejat*  
*hymbra*(L.) σεφυτείατριώνετών.

Γαβριήλ Κ. Ελισσάβετ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

**Γαρυφαλιά Οικονόμου**, Αναπλ. Καθηγήτρια, ως Επιβλέπουσα

**Ανδρέας Καραμάνος**, Καθηγητής, ως Μέλος

**Πέτρος Ταραντίλης**, Αναπλ. Καθηγητής, ως Μέλος

Αθήνα 2013

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κατ' αρχήν θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στην Αναπλ. Καθηγήτρια κα. Οικονόμου Γαρυφαλιά, τόσο για την ανάθεση της παρούσας μελέτης, όσο και για την κριτική επίβλεψη και τις παρατηρήσεις της κατά την εκπόνηση και συγγραφή της αλλά και για τη διαρκή συμπαράστασή της .

Επιπλέον, ξεχωριστά θέλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Καραμάνο Ανδρέα για την καθοδήγηση, τις εύστοχες παρατηρήσεις και διορθώσεις του. Ειδικότερα δε, πρέπει να ευχαριστήσω τον Αναπλ. Καθηγητή κ. Ταραντίλη Πέτρο για τις πολλές γνώσεις που μου μετέδωσε, τις χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις του σε θέματα αναλυτικής χημείας αλλά και τη διαρκή του παρουσία καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Ξεχωριστά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους Στέλιο Τσιώρο, Βασίλη Κωτούλα και Πέτρο Βαχαμίδα για την αμέριστη συμπαράστασή τους και τις χρήσιμες συμβουλές τους κατά την εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

Τις θερμές μου ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω προς τους Καθηγητή κ. Μόσχο Πολυσίου, κα. Δήμητρα Δαφερέρα αλλά και όλων των ανθρώπων του Εργαστηρίου Γενικής Χημείας, οι οποίοι με βοήθησαν σημαντικά στην διεκπεραίωση των εργαστηριακών αναλύσεων και μετρήσεων της παρούσης εργασίας και έδειξαν αμέριστη κατανόηση και υπομονή.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τα μέλη του Εργαστηρίου Γεωργίας κα. Δελατόλα Ρόζμαρη και κ. Μαργαρίτη Κώστα για την πολύτιμη συνδρομή τους, όποτε αυτή τους ζητήθηκε. Ιδιαίτερες ευχαριστίες απαιτούνται και για τη συνάδελφο μα πάνω από όλα φίλη Χρύσα Πανταζοπούλου για την ουσιαστική βοήθειά της καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου και τον φίλο μου Κούλη για την ηθική και όχι μόνο υποστήριξή τους όλο αυτό το διάστημα της μελέτης.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b>	<b>2</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>7</b>
<b>I) ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>9</b>
1) Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά	9
2) Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα	10
3) Κατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο	11
4) Αξιοποίηση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών	12
5) Οικογένεια <i>Lamiaceae</i>	14
6) Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά πλούσια σε καρβακρόλη	16
7) Μορφολογικά χαρακτηριστικά	17
8) Βοτανική περιγραφή – Γεωγραφική ταξινόμηση	18
8.1) <i>Coridothymuscapitatus</i> L.	18
8.2) <i>Origanum vulgare ssp. hirtum</i> L.	19
8.3) <i>Origanum onites</i> L.	20
8.4) <i>Satureja thymbra</i> L.	20
9) Χρήσεις των Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών	21
9.1) Αντιμυκητιακή δράση	22
9.2) Αντιβακτηριδιακή δράση	22
9.3) Αντιοξειδωτική δράση	23
9.4) Εντομοκτόνος, νηματοδοκτόνος και ζιζανιοκτόνος δράση	23
10) Η Καλλιέργεια των Αρωματικών και Φαρμακευτικών φυτών	24
10.1) Κλιματικές απαιτήσεις	24
10.2) Πολλαπλασιασμός	25
10.2.1) Εγγενής πολλαπλασιασμός	25
10.2.2) Αγενής πολλαπλασιασμός	25
10.3) Τεχνικός σχεδιασμός για την εγκατάσταση και την καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών	26
10.3.1) Προετοιμασία αγρού	26
10.3.2) Εγκατάσταση φυτείας	26
10.3.3) Ζιζανιοκτονία	26
10.3.4) Συγκομιδή των αρωματικών φυτών	27
10.3.5) Ξήρανση	27
11) Προβλήματα τομέα Αρωματικών & Φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα	28

<b>12)Αιθέρια έλαια</b>	<b>29</b>
12.1)Ο ρόλος των αιθέριων ελαίων στα φυτά	29
12.2) Παραγωγή του αιθέριου ελαίου	30
12.3) Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων	32
12.3.1) Τερπένια	32
12.3.2)Ταξινόμηση των τερπενίων	35
12.3.3)Τερπένια των αιθέριων ελαίων φυτών «ρίγανης» και η μοριακή δομή τους	35
<b>13) Παραλλακτικότητα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους και την παραγωγή των αιθέριων ελαίων</b>	<b>40</b>
13.1) Εποχική παραλλακτικότητα	41
13.2) Γεωγραφική παραλλακτικότητα	43
13.3) Γενετική παραλλακτικότητα	46
13.4) Παραλλακτικότητα λόγω ηλικίας του φυτού	47
<b>14) Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή και τη σύσταση των αιθερίων ελαίων στα φυτά</b>	<b>47</b>
14.1) Γενικά	47
14.2) Μεταβολές στη φυσιολογία του φυτού	48
14.3) Το στάδιο ανάπτυξης των οργάνων	48
14.4) Το μέρος του φυτού που αναλύεται	48
14.5) Το εκκριτικό όργανο που παράγει τα αιθέρια έλαια	48
14.6) Εποχική διακύμανση	49
14.7) Μηχανικές και χημικές βλάβες	49
14.8) Περιβαλλοντικοί παράγοντες	49
14.8.1) Το κλίμα	49
14.8.2) Γεωγραφική θέση	50
14.8.3) Γενετικοί παράγοντες	50
<b>15)Παραλαβή των αιθέριων ελαίων από τα φυτά</b>	<b>50</b>
15.1)Απόσταξη	51
15.2)Εκχύλιση	52
15.2.1) Εκχύλισημετηνχρήσηυπερήχων (UltrasoundAssistedExtraction- USE)	53
<b>16)Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός της χημικής σύστασης των αιθέριων ελαίων.</b>	<b>56</b>

16.1) Οργανολογία	58
16.2) Τεχνικές εισαγωγής δείγματος στην αέρια χρωματογραφία	59
16.3) Στήλες	61
17) Φασματόμετρα μάζων	62
18) Προσαρμοστικότητα	63
18.1) Η Εννοια της προσαρμοστικότητας	63
18.2) Προαρμοστικότητα Αρωματικών και Φαρμακευτικών φυτών	64
18.2.1) Θερμοκρασία και Φωτοπερίοδος	65
18.2.2) Υγρασία	66
18.2.3) Βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες	66
19) Σκοπός της μελέτης	67
II) ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	69
1) Περιοχή Μελέτης	69
2) Περιοχή Προέλευσης των φυτών	69
3) Πειραματικοί Αγροί	70
3.1) Επιλογή Φυτικού υλικού για την δημιουργία των πειραματικών αγρών	70
3.2) Εγκατάσταση πειραματικών αγρών	71
3.3) Στοιχεία για τους πειραματικούς αγρούς	71
4) Καλλιεργητικές φροντίδες του πειραματικού αγρού	71
5) Μετρήσεις των μορφολογικών χαρακτηριστικών των αρωματικών φυτών κατά τη διάρκεια του έτους.	72
6) Μετρήσεις των φυτικών χαρακτηριστικών του υπέργειου μέρους των αρωματικών φυτών, μετρήσεις νωπού και ξηρού βάρους των υπέργειων τμημάτων τους.	75
7) Μετρήσεις του ποσοστού υγρασίας του υπέργειου τμήματος των φυτών	76
8) Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των αιθέριων ελαίων με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης και τη μέθοδο των υπερήχων.	77
8.1) Παραλαβή του αιθέριου ελαίου από νωπό φυτικό υλικό με τη μέθοδο της Υδροαπόσταξης	77
8.2) Παραλαβή του αιθέριου ελαίου από ξηρό φυτικό υλικό με τη μέθοδο της Υδροαπόσταξης	79
8.3) Παραλαβή του αιθέριου ελαίου από νωπό φυτικό υλικό με τη μέθοδο των υπερήχων	79
8.4) Παραλαβή του αιθέριου ελαίου από ξηρό φυτικό υλικό με τη μέθοδο των υπερήχων.	80

8.5) Χημική ανάλυση	81
9) Μετεωρολογικά δεδομένα	81
10) Μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης	81
III) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	82
1) Μετεωρολογικά δεδομένα	82
2) Φυτικά χαρακτηριστικά	84
2.1) Αριθμός βλαστών	84
2.2) Αριθμός ταξιανθιών	84
2.3) Αριθμός φύλλων	85
2.4) Αύξηση μήκους της ταξιανθίας των ΑΦΦ	86
2.5) Αύξηση ύψους των ΑΦΦ	87
2.6) Αύξηση μήκους βλαστών των ΑΦΦ	91
2.7) Ξηρό βάρος βλαστών	96
2.8) Ξηρό βάρος ανθέων	98
2.9) Ξηρό βάρος φύλλων	101
2.10) Ποσοστό υγρασίας στους προς απόσταξη φυτικούς ιστούς	103
3) Χημικά χαρακτηριστικά	105
3.1) Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο	105
3.2) Συστατικά του αιθέριου ελαίου	107
3.3) Περιεκτικότητα σε π- κυμένιο	108
3.4) Περιεκτικότητα σε γ- τερπινένιο	112
3.5) Περιεκτικότητα σε καρβακρόλη	117
3.6) Περιεκτικότητα σε καρυοφυλλένιο	122
IV) ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	128
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	138
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	173

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης ήταν η φαινοτυπική και χημειοτυπική διαφοροποίηση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, των γεννών *Origanum*, *Satureja* και *Coridothymus*, της Ικαρίας τα οποία είναι εγκατεστημένα στον αγρό του εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για τρίτη χρονιά.

Τα είδη που μελετήθηκαν ήταν *Origanumhirtum*, *Saturejathymbra*, *Coridothymuscapitatus*, και *Origanumonites*. Το κάθε είδος είχε δύο βιότυπους οι οποίοι προήλθαν από την νήσο Ικαρία. Μετρήθηκαν και στα τέσσερα είδη τα φυτικά χαρακτηριστικά του υπέργειου μέρους (ο αριθμός βλαστών, ο αριθμός των ταξιανθιών, ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυτών, το μήκος της ταξιανθίας, το ξηρό βάρος των βλαστών, των φύλλων και των ανθέων). Επίσης, μετρήθηκε ο ρυθμός αύξησης του ύψους των ΑΦΦ αλλά ο ρυθμός αύξησης του μήκους των βλαστών τους. Οι ρυθμοί αυτοί ανάπτυξης υπολογίστηκαν με την διεξαγωγή μετρήσεων καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος και εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards Τέλος, όσον αφορά τα φυτικά χαρακτηριστικά, υπολογίστηκε το ποσοστό υγρασίας στους προς απόσταξη φυτικούς ιστούς με δύο τρόπους: με ξήρανση με φυσικό τρόπο και με ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες.

Όλα τα φυτικά δείγματα συλλέγονταν κατά την πλήρη άνθιση και έγινε προσδιορισμός της περιεκτικότητας των φυτών σε αιθέριο έλαιο. Η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε π-κυμένιο, γ-τερπινένιο, καρβακρόλη και καρυοφυλλένιο έγινε με δύο μεθόδους παραλαβής του αιθέριου ελαίου από τα φυτά (υδροαπόσταξης και υπερήχοι) και με δύο είδη φυτικού υλικού (νωπό και ξηρό). Ο ποσοτικός προσδιορισμός των συστατικών του αιθέριου ελαίου τους έγινε με την χρήση αέριας χρωματογραφίας και φασματομετρίας μαζών (GC/MS).

Η αύξηση των φυτικών χαρακτηριστικών του υπέργειου μέρους που παρατηρήθηκε οφείλεται στην ηλικία τους καθώς οι βιότυποι διανύουν την τρίτη χρονιά ανάπτυξής τους. Όλα τα είδη φαίνεται να ότι προσαρμόστηκαν ικανοποιητικά στο περιβάλλον της Αττικής, λόγω της αύξησης ή της σταθερότητας που παρουσίασαν τα αποτελέσματα τόσο στα φυτικά όσο και στα χημικά χαρακτηριστικά. Η χρονική πορεία της αύξησης του ύψους των ειδών των ΑΦΦ αλλά και του μήκους των βλαστών τους ήταν σε όλες τις περιπτώσεις ασύμμετρη σιγμοειδής. Το τελικό ύψος των φυτών επηρεάστηκε από αβιοτικούς παράγοντες κατά την περίοδο ανάπτυξης. Η αύξηση στα ξηρά βάρη θα μπορούσε να αποδοθεί στην ηλικία των βιότυπων και στο ότι η καλλιέργεια βρίσκεται στην τρίτη χρονιά παραγωγής της. Η εκατοστιαία απόδοση του αιθέριου ελαίου παρέμεινε εντός των ορίων και στα τέσσερα είδη. Όλα τα υπό μελέτη είδη διατηρούν το χημειότυπο, καθώς η καρβακρόλη ήταν το κυρίαρχο συστατικό και τα τις δύο μεθόδους παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Μπορεί να γίνει χρήση του νωπού φυτικού υλικού χωρίς να επηρεαστεί η ποιοτική σύσταση των αιθέριων ελαίων που παράγονται. Η μέθοδος παραλαβής του αιθέριου ελαίου μπορεί να επιλεγεί βάση του συστατικού που θέλουμε να συλλέξουμε σε αφθονία.



## ABSTRACT

The subject of this study was the phenological and chemotypic differentiation of aromatic plants on species *Origanum*, *Satureja* and *Coridothymus*, from Ikaria which are established in the field of Agriculture laboratory at the Agricultural University of Athens for a third year.

The species studied were *Origanum hirtum*, *Satureja thymbra*, *Coridothymus capitatus*, and *Origanum onites*. Each item had two biotypes originating from the island of Ikaria. In all four plant species, the characteristics of their overground part were measured (the number of shoots, number of inflorescences, the number of leaves, plant height, the length of the inflorescence, the dry weight of stems, leaves and flowers). Also, we measured the growth rates of AFP, but also the rate of increase in the length of their shoots. These growth rates were calculated by carrying out measurements for the duration of the experiment and data entry in Richard's equation. Finally, concerning the plant characteristics, we calculated the proportion of moisture in the distillation plant tissues in two ways: by drying naturally and drying at 100°C for 24 hours.

All plant samples were collected at full bloom and a determination of the concentration of plant essential oil. The percentage content of p-cymene, gamma-terpinene, carvacrol and caryophyllene evaluated by two different extract methods of essential oil from plants (hydrodistillation and ultrasound) and two types of plant material (fresh and dry). The quantification of the components of the essential oil was done using gas chromatography and mass spectrometry (GC / MS).

The increase in plant characteristics overground part observed due to their age as biotypes are in their third year of development. All species appear to be well adapted to the environment of Athens because of an increase or stability presented the results both in the plant and in chemical characteristics. The development of the height of the species of the AFP and stem length were in all cases of asymmetric sigmoid. The final plant height was affected by abiotic factors during development. The increase in dry weight could be attributed to the age of biotypes and that the crop in the third year of production. The percentage yield of essential oil remained within the limits and in the four species. All species investigated retain chemotype as carvacrol was the dominant component and the two receiving methods of the essential oil. Use can be made of fresh plant material without affecting the qualitative composition of essential oils produced. The method for obtaining the essential oil can be selected based on the component that we want to collect in abundance.

## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1. Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά

Με τον όρο *αρωματικά φυτά* εννοούμε μια ομάδα φυτών που περιέχουν στους ιστούς τους αιθέρια έλαια, δηλαδή αρωματικές ουσίες (Σαρλής, 1994). Τα αιθέρια έλαιά τους χρησιμοποιούνται για τη γευστική βελτίωση των τροφών (μαγειρική, ζαχαροπλαστική, βιομηχανία ποτών και τροφίμων), στην κοσμετολογία (σαπούνια, αρώματα, καλλυντικά), στην παρασκευή γλυκών, αφεισημάτων κτλ. *Φαρμακευτικά* είναι τα φυτά που περιέχουν ένα ή περισσότερα δραστικά συστατικά που μπορούν να προλάβουν, να ανακουφίσουν ή να θεραπεύσουν κάποιες ασθένειες. Όλα τα αρωματικά φυτά είναι φαρμακευτικά, αλλά πολλά φαρμακευτικά φυτά δεν είναι αρωματικά, όπως για παράδειγμα η ξυνίθα, το λιθόσπαστο, η μολόχα κ.α. Έτσι, στη διεθνή ορολογία αναφέρονται ως «Φαρμακευτικά και Αρωματικά Φυτά» (Σκουμπής, 1998).

Τα «αιθέρια έλαια», όπως δηλώνει το όνομά τους, είναι υγρά, ελαιώδη και πτητικά και απαντώνται σε διάφορα μέρη των φυτών (στα άνθη, φύλλα, καρπό, βλαστούς, αδένες, αδενώδεις τρίχες, κορμό, ρίζες κλπ.) (Βαρδαβάκης, 1993). Ακόμη, μπορούν να βρίσκονται αιθέρια έλαια διαφορετικής σύστασης στο ίδιο ή σε διαφορετικό μέρος του ίδιου φυτού. Σε κάθε ένα από τα αιθέρια έλαια, αξίζει να αναφερθεί ότι βρίσκονται μέχρι και 200 διαφορετικές χημικές ενώσεις. Έτσι εξηγείται και η ποικιλία των ιδιοτήτων τους, αφού μπορούν να δρουν σαν καλλυντικά, αντισηπτικά, αντιμικροβιακά, τονωτικά, στυπτικά κλπ.

Όλες οι παραμεσόγειες χώρες, είναι εξαιρετικά πλούσιες σε αυτοφυή αρωματικά φυτά, πολλά από τα οποία καλλιεργούνται και συστηματικά. Τα κυριότερα αρωματικά φυτά ανήκουν στις οικογένειες *Labiatae* (Χειλανθή), *Umbelliferae* (Σκιαδιοφόρα), *Lauraceae* (Δαφνοειδή), *Myrtaceae* (Μυρτώδη) και *Compositae* (Σύνθετα). (Karousouetal., 2007).

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο από πολύ παλιά γνωρίζοντας τις ευεργετικές τους ιδιότητες στην περιποίηση των μαλλιών, τη λεύκανση των δοντιών και την ενδυνάμωση των ούλων. Οι πρώτες μαρτυρίες για την χρήση τους έρχονται από τους πολιτισμούς των Ασσυρίων και των Σουμέριων.

Στην αρχαία Ελλάδα ή χρήση τέτοιων φυτών ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη καθώς υπάρχουν γραπτές αναφορές σε αρχαία κείμενα. Η πιο ολοκληρωμένη εργασία προέρχεται από τον Ιπποκράτη, που στα 400 π.Χ. δίνει μια λίστα με περισσότερα από 400 φάρμακα που βασίζονται στις θεραπευτικές ιδιότητες των βοτάνων. Οι Ρωμαίοι κατά την ακμή της αυτοκρατορίας τους εμπορεύονταν μεγάλες ποσότητες μπαχαρικών και αρωματικών φυτών, η διακίνηση των οποίων μειώθηκε κατά τη διάρκεια του μεσαίωνα για να αποτελέσει το κλειδί της ανάπτυξης του διεθνούς εμπορίου στα χρόνια της αναγέννησης, όπου το εμπόριο μπαχαρικών αποτέλεσε έναν από τους λόγους της εξερεύνησης του κόσμου τον 15<sup>ο</sup> και 16<sup>ο</sup> αιώνα.

## 2. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα τα αυτοφυή αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά έχουν χρησιμοποιηθεί και έχουν γίνει αντικείμενο εμπορίου από την αρχαιότητα. Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας μας ευνοούν ιδιαίτερα την ανάπτυξη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών που δίνουν προϊόντα εξαιρετικής ποιότητας. Η ελληνική χλωρίδα είναι πλουσιότατη σε είδη και περιλαμβάνει έναν πολύ σημαντικό αριθμό σπάνιων ειδών που απαντώνται μόνο στον ελλαδικό χώρο (Πολυσίου, 2002).

Η Ελλάδα διαθέτει ορισμένα από τα πλέον εξαιρετικά αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Τα κυριότερα είναι: ο βασιλικός (*Ocimum basilicum*), το γιασεμί (*Jasminum grandiflorum*), ο γλυκάνισος (*Pimpinella anisum*), η δάφνη (*Laurus nobilis*), το δεντρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*), ο δίκταμος (*Origanum dictamnus*), τα εσπεριδοειδή (*Citrus sp. Fortunella*), ο ευκάλυπτος (*Eucalyptus spp.*), το θυμάρι (*Thymus spp.*), η κάππαρη (*Capparis spinosa*), ο κορίανδρος (*Coriandrum sativum*), ο κρίνος (*Lilium candidum*), ο κρόκος (*Crocus sativus*), το κύμινο (*Cuminum cyminum*), η λεβάντα (*Lavandula sp.*), οι λειχήνες (*Evernia prunastri*), ο μάραθος (*Foeniculum vulgare*), η μαντζουράνα (*Origanum majorana*), το μελισσόχορτο (*Mellissa officinalis*), η μέντα (*Mentha piperita*), η ρίγανη (*Origanum heracleoticum*), η σάλβια σκλάρεα (*Salvia sclarea*), το σπάρτο (*Spartium junceum*), η τριανταφυλλιά (*Rosa damascena*), το τσάι του βουνού (*Sideritis spp.*), ο ύσσωπος (*Hyssopus officinalis*), το φασκόμηλο (*Salvia officinalis*), η φλαμουριά (*Tilia cordata*) και το χαμομήλι (*Matricaria chamomilla*) (Σκρουμπής, 1988).

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων η καλλιεργούμενη έκταση με αρωματικά φυτά στην Ελλάδα, κατά το 2006 και 2007 ανήλθε στα 12.461 και 11.621 στρέμματα αντίστοιχα (πίνακας 1). Κατά τις ίδιες χρονικές περιόδους η παραγωγή ανήλθε σε 1301,1 και 1149,65 τόνους (πίνακας 1).

Από τον πίνακα 1 γίνεται φανερό ότι, ο κύριος όγκος της παραγωγής αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα προέρχεται από τη ρίγανη, (καλλιεργούμενη και αυτοφυή) και από τον κρόκο.

Σύμφωνα με το Υπ.Α.Α.Τ (2007) οι κυριότερες χώρες προορισμού των ελληνικών εξαγωγών είναι η Κύπρος (γλυκάνισο, μάραθο, κορίανδρος), η Αλβανία (κορίανδρος, θυμάρι), η Βουλγαρία (κύμινο), η Ισπανία, η Ιταλία (κρόκος), οι Φιλιππίνες (δάφνη), οι ΗΠΑ (ρίγανη) και η Γερμανία (ρίγανη, φασκόμηλο). Αντίστοιχα, οι κυριότερες χώρες προέλευσης των ελληνικών εισαγωγών είναι η Τουρκία (γλυκάνισο, μάραθο, θυμάρι, δάφνη, ρίγανη), η Βουλγαρία (κορίανδρος, ρίγανη), η Συρία, η Ινδία (κύμινο), η Αλβανία (ρίγανη, θυμάρι), η Αυστρία και η Ισπανία (κρόκος). Το κύριο εξαγωγίμο προϊόν είναι ο κρόκος με ποσοστό συμμετοχής 51% επί του συνόλου της αξίας των εξαγωγίμων προϊόντων και ακολουθεί η ρίγανη με ποσοστό 19%. Σε όρους ποσότητας εξαγωγών η ρίγανη κατέχει πρωτεύουσα θέση

με ποσοστό 63% και ακολουθεί ο κρόκος με ποσοστό 2% και ο κοριάνδρος, το κύμινο και το θυμάρι με ποσοστά 1%.

Πρέπει να τονισθεί ότι η αξία των εξαγομένων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι κατά πολύ υψηλότερη των αντίστοιχων εισαγωγών, γεγονός που επιβεβαιώνει την ποιοτική ανωτερότητα των εγχώριων προϊόντων.

**Πίνακας 1:** Καλλιεργούμενες εκτάσεις και παραγόμενες ποσότητες αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα, κατά τα έτη 2006 και 2007

Είδος φυτού	2006			2007		
	Καλλιεργ. έκταση (στρ)	Παραγωγή (τόνοι)	Αυτοφύης Παραγωγή (Τόνοι)	Καλλιεργ. έκταση (στρ)	Παραγωγή (τόνοι)	Αυτοφύης Παραγωγή (Τόνοι)
Χαμομήλι	30	5	20	35	4	19,5
Ρίγανη	7.583	893	210	6.765	755	215
Τσάι βουνού	808	99	55	581	93	54,65
Δίκταμο	40	16	1,5	40	16	1,5
Κρόκος	4.000	1,6	0	4.200	1	0
Σύνολο	12.461	1.014,6	286,5	11.621	869	290,65

**Πηγή:** Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων (Δ/νση Αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης) Τμήμα Αγροτικής Στατιστικής

### 3. Κατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο

Στις οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες η αγορά παρουσιάζει συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για προϊόντα φυτικής προελεύσεως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα προϊόντα που μέχρι πρόσφατα παράγονταν εμπειρικά και η διάθεσή τους γινόταν από εξειδικευμένα ή και ακόμα και υπαίθρια καταστήματα, πλέον να παράγονται από πολυεθνικές εταιρίες και να πωλούνται σε πολυκαταστήματα. Η αξία των πωλήσεων των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών παγκοσμίως έχει εκτιμηθεί ότι αγγίζει τα 20 δισεκατομμύρια δολάρια για το 2002 (Μακρής, 2005). Από άποψης οργάνωσης της εμπορικής δομής, η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) θεωρείται η καλύτερη αγορά των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών ενώ από άποψης μεγέθους παραγωγής εκτιμάται ότι η Κίνα και η Ινδία κατέχουν τις πρώτες θέσεις. Η Ε.Ε. αποτελεί επίσης και το μεγαλύτερο εισαγωγέα ακατέργαστων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, με εισαγωγές που εκτιμώνται σε 100.000 τόνους ετησίως, η αξία των οποίων ξεπερνά τα 250 εκ. δολάρια. Η Γερμανία αποτελεί τον σημαντικότερο εισαγωγέα, για τα δεδομένα της Ευρώπης, κατέχοντας ποσοστό 38% της αγοράς και ακολουθεί η Γαλλία με 17% και η Ιταλία με 9%.

Στην Ε.Ε. φαίνεται να επικρατούν δύο κυρίαρχες τάσεις στην παραγωγή αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Από τη μία φαίνεται πως η παραγωγή μεγάλης κλίμακας φτηνών προϊόντων όπως το φασκόμηλο βρίσκεται σε κάμψη και αντικαθίστονται από εισαγόμενα και από την άλλη φαίνεται να κερδίζει έδαφος η εξειδικευμένη παραγωγή ορισμένων φυτών και μάλιστα στα πλαίσια που ορίζουν οι κανόνες της οργανικής γεωργίας. Οι μεγάλοι αγοραστές του κλάδου φαίνεται να προτιμούν τα τοπικά προϊόντα την παραγωγή των οποίων μπορούν να ελέγχουν. Συχνό φαινόμενο αποτελεί για της περισσότερες εταιρίες η εισαγωγή χαμηλής αξίας προϊόντων και η ανάμιξή τους με φυτικά υλικά ποιότητας και κόστους που παράγονται στην Ευρώπη (Μακρής, 2005).

#### **4. Αξιοποίηση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών**

Η Ελλάδα, αναμφισβήτητα, διαθέτει τις κατάλληλες εδαφοκλιματικές συνθήκες, ώστε να αναπτυχθεί και να καλλιεργηθεί μεγάλος αριθμός αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Για τα περισσότερα είδη δεν έχει γίνει κάποια συστηματική μελέτη, ώστε να καθοριστούν επακριβώς οι δυνατότητές τους για συστηματική εκμετάλλευση. Συνεπώς, για μία μεγάλη γκάμα αρωματικών φυτών επικρατεί άγνοια, όσον αφορά τις χρήσεις τους, τις οικονομικές, εμπορικές και παραγωγικές τους δυνατότητες, καθώς και την εφαρμογή των κατάλληλων καλλιεργητικών μεθόδων που απαιτεί το κάθε είδος φυτού. Ωστόσο, για ορισμένα φυτά που έχει αποδειχθεί η σημασία τους, αλλά και οι ωφέλειες της χρήσης τους σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας, γίνεται συστηματική εκμετάλλευση με άμεση αξιοποίηση των θετικών επιδράσεών τους. Σήμερα, βρίσκουν μεγάλη απήχηση στις φαρμακοβιομηχανίες, στις βιομηχανίες τροφίμων και καλλυντικών. Εκτιμάται ότι το 50% των φυτών που εμπορεύονται παγκοσμίως, χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες τροφίμων, το 25% χρησιμοποιείται για την παραγωγή καλλυντικών, το 20% για θεραπευτικές χρήσεις στις φαρμακοβιομηχανίες και ένα 5% για άλλες εφαρμογές, όπως η παραγωγή εντομοκτόνων (International Trade Center, 1982). Σημαντικές δυνατότητες αξιοποίησης υπάρχουν επίσης στη λήψη φυτικών χρωστικών ουσιών που παίρνονται από αρωματικά φυτά και έχουν ως κυριότερη χρήση τους αυτήν που αφορά στη χρώση τροφίμων σε αντικατάσταση συνθετικών χρωστικών.

Ειδικότερα τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά χρησιμοποιούνται στις φαρμακοβιομηχανίες, στις βιομηχανίες καλλυντικών, στη βιομηχανία τροφίμων και αλλού.

**Φαρμακοβιομηχανίες:** Το ενδιαφέρον για τα αρωματικά φυτά διατηρείται ζωντανό. Παρά το γεγονός ότι η ζήτηση γι' αυτή την κατηγορία φυτών και των παραγώγων τους δεν φαίνεται να αυξάνεται σταθερά, ιδιαίτερα στις βιομηχανικές περιοχές όπου ο ανταγωνισμός μεταξύ φυτικών και συνθετικών προϊόντων είναι έντονος, εν τούτοις η διαπίστωση των πλεονεκτημάτων που πηγάζουν από τη χρήση τους, ανοίγει το δρόμο για μία πιο συστηματική εκμετάλλευση. Ειδικότερα, στον τομέα της φαρμακευτικής, τα αρωματικά φυτά, των οποίων οι θετικές επιδράσεις είναι αναμφισβήτητες όχι μόνο για τον άνθρωπο αλλά ακόμη και

για τα ζώα, βρίσκονται σε πλεονεκτικότερη θέση και είναι ζήτημα σωστής ενημέρωσης και καθοδήγησης η αντικατάσταση της χρήσης συνθετικών υλικών σε ορισμένα προϊόντα (Parageorgiou and Kaldis, 1995). Στις φαρμακοβιομηχανίες τα αρωματικά φυτά αξιοποιούνται χάρη στα αιθέρια έλαια που περιέχουν. Από την αρχαιότητα ακόμη χρησιμοποιούνται για την παρασκευή καλλυντικών, ενώ σήμερα βρίσκουν εφαρμογές στη σαπωνοποιία και συμβάλλουν στην παρασκευή φυτικών προϊόντων και φαρμάκων με ξεχωριστές ιδιότητες. Τα αιθέρια έλαια χρησιμοποιούνται είτε αυτούσια είτε σε μίγματα, που προκύπτουν από την ανάμειξη φυσικών αιθερίων ελαίων μεταξύ τους ή με διαλύτες και συνθετικά έλαια και παραλαμβάνονται με απόσταξη (Πιερρακέας 1971, Σκρουμπής 1988).

**Βιομηχανίες καλλυντικών:** Δεν χρησιμοποιούνται καθ' αυτού τα αρωματικά φυτά, αλλά τα αιθέρια ελαιά τους. Στις μέρες μας, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το 25% των φυτών, που εμπορεύονται, προορίζονται για τις βιομηχανίες καλλυντικών. Μελετώντας κανείς τις κυριότερες ιδιότητες και χρήσεις των αρωματικών φυτών, θα αναζητούσε τρόπους μεταφοράς αυτών των ιδιοτήτων σε προϊόντα, που θα λειτουργούσαν υπέρ της υγείας και της ομορφιάς του ατόμου και συγκεκριμένα της γυναίκας. Σ' αυτό ακριβώς το στοιχείο στηρίχθηκαν οι βιομηχανίες καλλυντικών, εντάσσοντας τα τελευταία χρόνια τις θετικές επιδράσεις των αρωματικών φυτών στα προϊόντα τους. Το αποτέλεσμα, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο, είναι η παραγωγή καλλυντικών υψηλών προδιαγραφών και υψηλής ποιότητας ([www.aromatherapybeautyproducts.com](http://www.aromatherapybeautyproducts.com)) (Εικόνα 1).



**Εικόνα 1.** Χρήση των αρωματικών φυτών στην βιομηχανία καλλυντικών αλλά και στις φαρμακοβιομηχανίες

**Βιομηχανία τροφίμων:** Έχοντας ως κύρια πηγή τα ξηρά φύλλα (δρόγες) των αρωματικών φυτών, παρασκευάζονται αροφήματα, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται και στην κονσερβοποιία για την παραγωγή κονσερβών με υγιεινές τροφές. Στο χώρο της ζαχαροπλαστικής και της μαγειρικής, άλλοτε φρεσκοκομμένα και άλλοτε ξερά ή αλεσμένα, τα αρωματικά φυτά προσδίδουν ξεχωριστό άρωμα στα φαγητά, αφού στα ξηρά φύλλα το άρωμα είναι περισσότερο συμπυκνωμένο απ' ό,τι στα φρέσκα.

Τα κυριότερα αρωματικά φυτά, η δρόγη των οποίων χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων, είναι: ο μαϊντανός, ο βασιλικός, η μαντζουράνα, το κρεμμύδι, η ρίγανη, τοσκόρδο, το φασκόμηλο κ.ά. (Σκρουμπής 1988, Σαρλής 1994, Kokkini, 1994).

Αναμφίβολα, σημαντική δυνατότητα αξιοποίησης υπάρχει στη λήψη ορισμένων φυτικών χρωστικών ουσιών (φλαβονοειδή, καροτενοειδή, χλωροφύλλες κ.λπ.) που λαμβάνονται από τα αρωματικά φυτά και έχουν ως κυριότερη χρήση τους, εκείνη που αφορά τη βαφή διαφόρων τροφίμων σε αντικατάσταση των συνθετικών χρωστικών που χρησιμοποιούνται σήμερα σε μεγάλο βαθμό (Αναπτυξιακή Εταιρεία Δυτικής Μακεδονίας (ΑΝ.ΚΟ.), 2000).

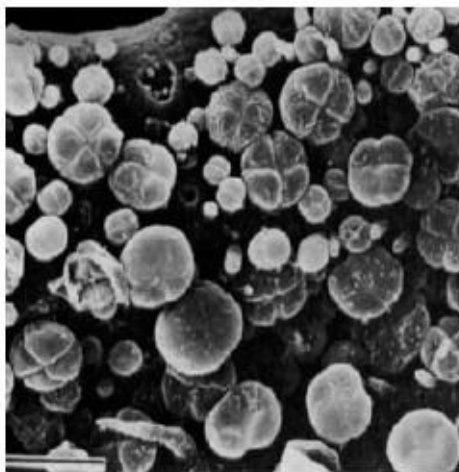
Οι παραπάνω τομείς αποτελούν τις βασικότερες πηγές αξιοποίησης των αρωματικών φυτών. Φυσικά, μέσα από τη συστηματική ανάλυση, επεξεργασία και εκμετάλλευσή τους είναι δυνατό να προκύψουν κι άλλοι τομείς που μέχρι σήμερα αγνοούσαν τη σημασία και το ρόλο των αρωματικών φυτών, με αποτέλεσμα να τα συμπεριλάβουν στην παραγωγική διαδικασία. Άλλωστε, θα αποτελούσε τραγική ειρωνεία ένα τόσο πολυσύνθετο είδος φυτών να αξιοποιείται από ένα περιορισμένο αριθμό κλάδων της βιομηχανίας.

## 5. Οικογένεια *Lamiaceae*

Σύμφωνα με την Καρούσου (1995), η οικογένεια αυτή αντιπροσωπεύεται από 3000 περίπου φυτικά είδη, που εξαπλώνονται σε όλο τον κόσμο. Περιλαμβάνει ποώδη ή θαμνώδη φυτά, τα οποία συνήθως παράγουν αιθέρια έλαια και αναγνωρίζονται από τον τετράγωνο βλαστό, τα συνήθως αντίθετα φύλλα, τον ακτινόμορφο ή δίχειλο κάλυκα με 4 ή 5 οδόντες και τη συμπέταλη, συνήθως δίχειλη στεφάνη. Ο Turrill (1929), όπως αναφέρεται από την Καρούσου (1995), υποστηρίζει ότι είναι από τις πλουσιότερες σε είδη ελληνικές οικογένειες, τα μέλη της οποίας απαντώνται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας και συμμετέχουν σε όλες τις διαπλάσεις βλάστησης. Η ίδια πάλι αναφέρει ότι ο Rechinger (1965) θεωρεί ότι τα *Lamiaceae* είναι η δεύτερη πλουσιότερη σε ενδημικά taxa οικογένεια της ελληνικής χλωρίδας μετά τα *Compositae*. Στην Ελλάδα αντιπροσωπεύεται από 320 taxa (35 γένη) τα οποία παρουσιάζουν ποικίλη εξάπλωση στη χώρα. Η μελέτη των ελληνικών *Lamiaceae* έδειξε ότι, η κατανομή των διαφορετικών χλωριδικών στοιχείων στα φυτογεωγραφικά διαμερίσματα της χώρας ακολουθεί τις κλιματικές μεταβολές.

Πολλά μέλη της οικογένειας *Lamiaceae* καλλιεργούνται για να χρησιμοποιηθούν ως βότανα και ως πηγή αιθερίων ελαίων. Τα περισσότερα αιθέρια έλαια αυτής της οικογένειας αποτελούνται από μονοτερπένια και σεσκιτερπένια (Lewinsohn *et al.*, 2000). Παρουσιάζουν αντιμικροβιακή και αντιμυκητιακή δράση η οποία θα μπορούσε να αποδοθεί στην περιεκτικότητά τους σε καρβακρόλη και θυμόλη (Bouchra *et al.*, 2003; Baydar *et al.*, 2004; Bozinetal., 2006). Παρουσιάζουν μεγάλη δραστηριότητα εναντίον εντόμων που προσβάλλουν προϊόντα αποθηκευμένα και τα οποία δύσκολα καταπολεμούνται. Η

ανθεκτικότητα που αναπτύσσουν οι παθογόνοι οργανισμοί απέναντι στις χημικές ουσίες και η επικινδυνότητα των τοξικών (πχ φωσφίνη και βρωμιούχο μεθυλίο) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το λάδι από φυτά της οικογενείας *Lamiaceae* θα μπορούσε να παίζει σημαντικό ρόλο στη συντήρηση αποθηκευμένων προϊόντων και να μειώσει την ανάγκη και τον κίνδυνο που συνδέεται με τη χρήση τοξικών (Shaayaetal.,1997; Lamirietal.,2001).

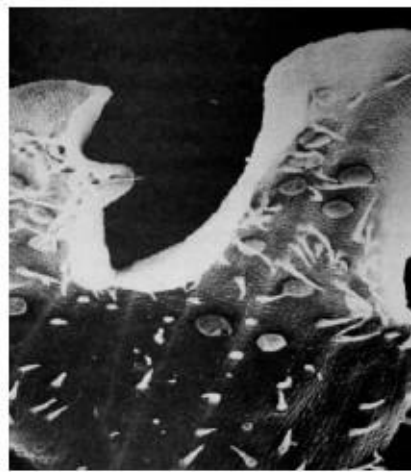


**Εικόνα 2:** λεπτομέρειες από αδενώδη

τριχώματα (δισκοειδή) σε φύλλο βασιλικούστο εξωτερικό μέρος της στεφάνης άνθους

(*Ocimum basilicum*)

Πηγή: Werker, 1993



**Εικόνα 3:** αδενώδη τριχώματα (λεπιοειδή)

ρίγανης(*Origanum vulgare*)

Πηγή: Werker, 1993

Σύμφωνα με παρατηρήσεις των Werker et al. (1985), η ποσότητα των αιθερίων ελαίων και η πυκνότητα των αδενωδών τριχών από τις οποίες παράγονται αυτά στα αρωματικά φυτά της οικογενείας *Lamiaceae*, είναι πολύ μεγαλύτερες στις ταξιανθίες από ότι στα φύλλα. Αυτοί οι εκκριτικοί μηχανισμοί είναι δυνατόν να παράγουν διαφορετικής σύστασης αιθέριο έλαιο στα διάφορα φυτικά τμήματα (Werker et al., 1985). Το αιθέριο έλαιο που παράγεται στα φύλλα, το φυτό το χρησιμοποιεί για την προστασία του από τα φυτοφάγα ζώα και παθογόνα, ενώ αυτό που παράγεται στα άνθη το χρησιμοποιεί για προστασία αλλά και για την προσέλκυση επικονιαστών. Τονίζεται ότι, η πυκνότητα των αδενωδών λεπίων (peltate) ή μακράς διάρκειας αδενωδών τριχών συνδέεται με τη συνολική περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέριο έλαιο, το οποίο παράγεται ως προστασία των φυτών από φυτοφάγους οργανισμούς και παθογόνα (Werker, 1993). Στη ρίγανη υπάρχουν δυο διαφορετικά είδη αδενωδών τριχών: τα αδενώδη λέπια (peltate) ή μακράς διάρκειας αδενώδη τριχώματα και τα κεφαλικά ή δισκοειδή (capitate) ή μικράς διάρκειας αδενώδη τριχώματα (Bosabadi & Tsekos, 1984; Werker et al., 1985; Werker, 1993). Στα αρωματικά φυτά της οικογενείας *Lamiaceae* δεν υπάρχουν διαφορές στη δομή, στον τρόπο και το χρόνο έκκρισης μεταξύ του ίδιου είδους τριχών, ενώ ανάμεσα σε δυο είδη υπάρχουν διαφορές ως προς τη δομή,



τη λειτουργία και τρόπο ανάπτυξης (Bosabadis&Tsekos,1984; Werker,1993). Εξαίρεση μπορεί να αποτελέσει μερικές φορές η παρουσία διαφορετικών τύπωνκεφαλικώντριχωμάτων(capitate) (Werker,1993). Στα αδενώδη λέπια τα υλικά εκκρίνονται βαθμιαία στους νέους ιστούς,συγκεντρώνονται κάτω από έναν επιδερμικό σάκο και χρησιμοποιούνται από τα φυτά ωςπροστασία των ώριμων οργάνων. Οι αδένες αυτοί παράγουν και συσσωρεύουν τον κύριο όγκοτων αιθερίων ελαίων (Kokkini *et al.*, 2000).

## 6.Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά πλούσια σε καρβακρόλη

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία αναφέρονται τουλάχιστον 61 είδη από 17 γένη 6 οικογενειών τα οποία αναφέρονται με τον όρο «Ρίγανη». Η οικογένεια *Lamiaceae* αναφέρεται ως η πιο σημαντική καθώς περιέχει το γένος *Origanum* από το οποίο προέρχονται τα πιο γνωστά φυτά «Ρίγανης» (Ελληνική και Τούρκικη) (Makri, 2002). Ο όρος «Ρίγανη» αναφέρεται κυρίως στο χαρακτηριστικό άρωμα και γεύση που έχουν κάποια φυτά των όποιων το αιθέριο έλαιο χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά καρβακρόλης (μη κρυσταλλοποιούμενης φαινόλης) (Kokkini*etal.*, 2003). Παγκόσμια, τέσσερα είδη χρησιμοποιούνται κυρίως κάτω από την ονομασία «Ρίγανη»: η Ελληνική ρίγανη (*Origanumvulgaressp. hirtum* (Link) Ietswaart) (Εικόνα 4), η Ισπανική ρίγανη (*Coridothymuscapitatus* (L.) (Εικόνα 5), η Τούρκικη ρίγανη (*Origanumonites*L.) (Εικόνα 6) και η Μεξικάνικη ρίγανη (*Lippiagraveolens*HBK) (Lawrence, 1984). Σε εκτεταμένες έρευνες στην Ελλάδα από τις Kokkini&Vokou (1989) αναγνωρίστηκαν τέσσερα είδη «Ρίγανης» πλούσια σε καρβακρόλη, το *C. capitatus* (L.) Reichenb. fil., το *S. thymbra*L.(Εικόνα 7), η *O. onites*L. και η *O. vulgare*L. Τα ίδια είδη τα οποία είναι ευρέως γνωστά και στην γειτονική Τουρκιά, χρησιμοποιούνται κάτω από την ονομασία «Kekik» και θεωρούνται πλούσια σε καρβακρόλη (Kirimer, 1995).



Εικόνα 4. *Origanumvulgaressp. hirtum*



Εικόνα 6. *Origanumonites*L





Εικόνα 5. *Coridothymus capitatus*



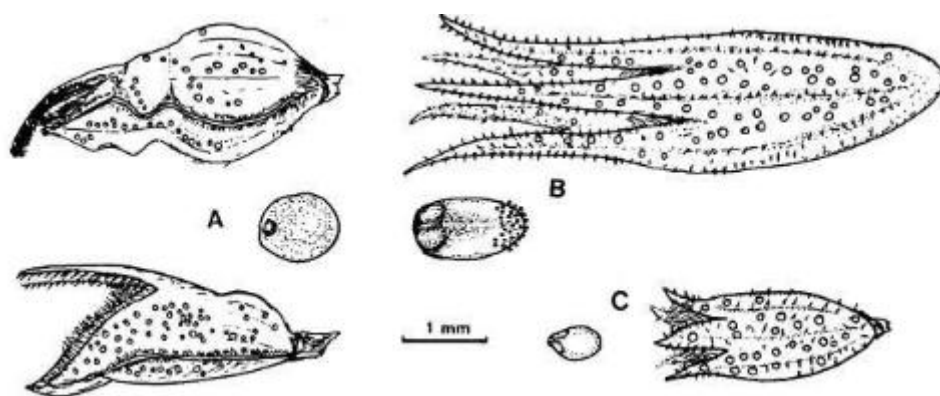
Εικόνα 7. *Satureja thymbra*

## 7. Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Τα είδη την οικογένειας *Lamiaceae* είναι ετήσια ή πολυετή ποώδη φυτά ή φρύγανα, καμιά φορά θάμνοι και σπανιότατα δένδρα ή αναρριχώμενα. Τα φυτά αυτά ευδοκιμούν στα θερμά και ξηρά κλίματα και φέρουν αδενώδεις τρίχες. Οι τρίχες αυτές εκκρίνουν αιθέρια έλαια. Οι βλαστοί τους είναι συνήθως τετράγωνοι και φέρουν φύλλα αντίθετα, σταυρωτά ή κατά σπόνδυλους, συνήθως απλά, χωρίς παράφυλλα. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα ή αρρενόστειρα (λειτουργικά θηλυκά), με βράκτεια ή χωρίς και φέρονται μεμονωμένα ή πολλά μαζί στις μασχάλες των φύλλων (κατά διχάσια) ή επάκρια (κατά βότρες ή στάχεις). Ο κάλυκας είναι σωληνοειδής ή κωδωνοειδής αποτελούμενος συνήθως από 5 δόντια ή δίχειλος. Η στεφάνη είναι σωληνοειδής, συμπέταλη, αποτελούμενη από 4-5 λοβούς, δίχειλη, σπάνια μονόχειλη ή ακτινόμορφη. Οι στήμονες είναι συνήθως τέσσερις (σπάνια δύο) με το οπίσθιο ζεύγος να είναι συνήθως κοντύτερο από το πρόσθιο. Η ωοθήκη είναι επιφυής, αποτελούμενη από δύο ενωμένα καρπόφυλλα, τα οποία σχηματίζουν τέσσερις ξεχωριστούς χώρους. Σε κάθε χώρο περιέχεται μια ανάτροπη σπερμοβλάστη. Ο στύλος είναι απλός και καταλήγει σε ένα δισχιδές στίγμα. Ο καρπός είναι σχιζοκάρπιο και αποτελείται από τέσσερα μονόσπερμα κάρνα (Βαρδαβάκης, 1993).

Όσο αφορά τη βλάστηση των σπόρων των αρωματικών φυτών, στο θυμάρι η βλάστηση των σπόρων είναι φωτό-αδιάφορη, ενώ οι σπόροι ρίγανης έχουν απόλυτη ανάγκη από φως. Στο θρούμπι, ένα τμήμα των σπόρων βλαστάνει στο σκοτάδι και τη βλαστική ικανότητα μπορεί είτε να αυξηθεί ή να μειωθεί από το κατάλληλο φωτισμό (Εικόνα 8). Και τα τρία είδη παρουσιάζουν μεγαλύτερη βλάστηση σε ένα σχετικά χαμηλό εύρος θερμοκρασίας, ένα μεσογειακό χαρακτηριστικό, με ένα βέλτιστο περίπου 15-20 ° C. Το ποσοστό της βλαστικότητας είναι σημαντικά υψηλότερο στους μικροσκοπικούς σπόρους του θυμαριού και της ρίγανης από ότι στις μεγαλύτερους σπόρους από το θρούμπι. Επίσης, η βλάστηση εξαρτάται από την ηλικία των σπόρων. Παλιά σπόροι βλασταίνουν σε ένα υψηλότερο ποσοστό από ότι οι νεώτεροι, όπως έχει ήδη παρατηρηθεί από τον Θεόφραστο, πιθανώς ως αποτέλεσμα της πτητικότητας

των αιθέριων ελαίων που υπάρχουν στον κάλυκα. Τα αιθέρια έλαια στον κάλυκα παρεμποδίζουν σημαντικά τη βλάστηση των κλειστών σπόρων. Η βλάστηση καταστέλλεται στο θυμάρι και σε μικρότερο βαθμό στα θρούμπι και τη ρίγανη. Αυτός ο λήθαργος που προκαλείται από τα αιθέρια έλαια προφανώς έχει ξεπεραστεί κάτω από φυσικές συνθήκες, με έκλυση των αιθέριων ελαίων με βρόχινο νερό. Υποστηρίζεται ότι με αυτό τον τρόπο υπάρχει μια στρατηγική προσαρμογής που καθυστερεί τη βλάστηση. Με τον τρόπο αυτό, η βλάστηση των σπόρων παρεμποδίζεται κατά την αρχική φάση της περιόδου των βροχοπτώσεων η οποία συνήθως διακόπτεται από περιόδους ξηρασίας στο Μεσογειακό κλίμα (Thanos *et al.*, 1995).



**Εικόνα 8.** Οσπώρος και η μονάδα διασποράς (ξηρή καρποφορία κάλυκα) του *Coridothymus capitatus* (A), *Satureja thymbra* (B) και *Origanum vulgare subsp. hirtum* (C). Ο κάλυκας του θυμαριού (πλάγια όψη) εμφανίζεται κλειστός (επάνω) και ανοιχτός (κάτω). Μικρές «φυσαλίδες» στις επιφάνειες του κάλυκα (καθώς επίσης και στο οπίσθιο άκρο του σπόρου στο θρούμπι) απεικονίζουν το αιθέριο έλαιο που περιέχουν οι κεφαλές των αδένων εκκρίσεως. (Thanos *et al.*, 1995).

## 8. Βοτανική περιγραφή – Γεωγραφική ταξινόμηση

### 8.1 *Coridothymus capitatus* L.

Το *Coridothymus capitatus* ανήκει στην οικογένεια *Lamiaceae* είναι αειθαλής θάμνος 15-30 cm, με μακριά στελέχη και ελλειπτικά φύλλα μήκους 5-16 mm. Παράγει πολλά άνθη με στεφάνη υπόλευκη έως ιώδη 5mm, που μπορεί να είναι ερμαφρόδιτα (με 4 στήμονες κοκκινοπού ή υπόλευκου χρώματος), είτε στείρα αρσενικά ή θηλυκά (Εικόνα 9). Το *Coridothymus capitatus* παρουσιάζεται με συμπαγείς τούφες από ξυλώδη πολυδιακλαδωμένα στελέχη (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010). Τα φύλλα είναι στενά ελλειπτικά. Ακόμα έχει επιμήκεις πεπλατυσμένους κάλυκες και βιολετί στεφάνες (Kokkini *et al.*, 2003). Η περίοδος ανθοφορίας διαρκεί από Μάιο έως Οκτώβριο. Οι καρποί είναι τραχιάνια λεία, καστανού χρώματος (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010). Το *C. capitatus* εντοπίζεται σε όλη την περιοχή της Μεσογείου (Kokkini *et al.*, 2003) και κυρίως στην Ισπανία, την Ελλάδα και την Τουρκία

(Davis, 1982; Kokkini & Vokou, 1989). Φύεται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 700 m (Thanos, 1995).



**Εικόνα 9:** Ταξιανθία *Coridothymus capitatus*

### **8.2 *Origanum vulgare ssp. hirtum* L.**

Η ήμερη ρίγανη είναι φυτό αρωματικό, ποώδες, πολυετές, με βλαστό όρθιο, τετραγωνικό, πολύκλαδο, τριχωτό, ύψους 30-80 εκατοστά. Έχει φύλλα σχετικά μικρά (1-2 εκ.), αντίθετα, έμμισχα, ωοειδή, ή προμήκη, πολύ πριονωτά. Τα άνθη διατάσσονται σε σύνθετη ταξιανθία από μικρούς σπονδυλωτούς στάχεις που περιβάλλουν τα ανθοφόρα στελέχη (Εικόνα 10). Είναι μικρά με δίχειλη, συμπέταλη, λευκή στεφάνη και σωληνοειδή κάλυκα με πέντε οδόντες (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010). Επιπλέον, χαρακτηρίζεται από τους εμφανείς ακόμα και με γυμνό μάτι αδένες των φύλλων και των καλύκων (Kokkini *et al.*, 2003). Η *O. hirtum* εντοπίζεται στην Βαλκανική χερσόνησο, την Τουρκία και την Κύπρο και φύεται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 1500m (Kokkini *et al.*, 2004).



**Εικόνα 10:** Η ήμερη ρίγανη (*Origanum vulgare ssp. hirtum*) όπως έχει αναπτυχθεί στον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας.

### 8.3 *Origanum onites* L.

Η *O. onites* ξεχωρίζει από την ταξιανθία η οποία αποτελείται από στάχεις κατανεμημένους σε ψευδοκόρυμβο και τους μονόχειλους κάλυκες (Kokkinietal., 2003). Το είδος αυτό έχει λευκά άνθη σε ταξιανθίες κορύμβων στην κορυφή του βλαστού (Εικόνα 11) και όχι σε στάχεις, όπως το ssp. *hirtum*. Οι ανθοφόροι και κατόπιν οι καρποφόροι βλαστοί (στελέχη) ξηραίνονται, αλλά στις αρχές του φθινοπώρου τα φυτά εκπτύσσουν νέους έρποντες βλαστούς οι οποίοι συνήθως μένουν πράσινοι όλο το χειμώνα, έως την επόμενη άνοιξη, αποταμιεύοντας θρεπτικές ουσίες στο ριζικό τους σύστημα, που θα τις χρησιμοποιήσουν στην μετέπειτα ανάπτυξη του φυτού. Οι σπόροι είναι πολύ μικροί (8000 σπόροι ανά γρ.) χρώματος καφέ. Οι στάχεις κάθε ταξιανθίας δεν ωριμάζουν ταυτόχρονα. Έτσι, ενώ οι κάτω στάχεις του ανθοφόρου στελέχους έχουν ώριμους σπόρους, οι επάνω στάχεις μπορεί να είναι ακόμη στο στάδιο της ανθοφορίας (Κουτσός, 2006). Είναι πολυετές φυτό ενδημικό της νοτιο-ανατολικής Ευρώπης, της Τουρκίας και της Συρίας (Makri, 2002). Σύμφωνα με τους Skoula&Harborne (2002) η εξάπλωση του είδους είναι περιορισμένη στην ανατολική Μεσόγειο. Η *O. onites* βρίσκεται σε αφθονία σε αρκετά νησιά του Αιγαίου και εκτείνεται έως την δυτική και νότια Τουρκία (Kokkinietal., 2003). Φύεται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 1400m (Kokkinietal., 2004) και αναπτύσσεται κυρίως σε πετρώδη εδάφη και σε σχισμάδες βράχων (Gonouz&Ozorgucu, 1998).



Εικόνα 11: Ταξιανθία άγριας ρίγανης (*Origanum onites*)

### 8.4 *Satureja thymbra* L.

Είναι μικρός θάμνος ύψους 20-50 εκ. με φύλλα στενά, μήκους 1 εκ. περίπου, τέσσερα ανά γόνατο με πολύ κοντά μεσογονάτια διαστήματα και άνθη χρώματος ρόζ σε σπονδύλους (εικόνα 12). Αυτοφύεται σ όλη την Ελλάδα σε ξηρούς πετρώδεις τόπους. Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και διαίρεση

των φυτών (Κουτσός 2006). Το *S. thymbra* αναπτύσσεται από το επίπεδο της θάλασσας έως τα 1500m στην τυπική μεσογειακή χαμηλή βλάστηση σε ξηρά και πετρώδη περιβάλλοντα (Skoulaetal., 2005).



Εικόνα 12: Ταξιανθία θρούμπης (*Saturejathymbra*)

## 9. Χρήσεις των Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών

Οι κύριες χρήσεις των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών και των αιθέριων ελαίων ή άλλων βιοδραστικών συστατικών που παραλαμβάνονται από αυτά είναι (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010):

- Στην μαγειρική σαν φρέσκα ή αποξηραμένα αρτύματα, βότανα, καρυκεύματα και μπαχαρικά.
- Στην αρωματοποιία, σε καλλυντικά και προϊόντα προσωπικής υγιεινής, είτε απευθείας σαν κύρια και βασικά συστατικά είτε σαν πρώτες ύλες για την εκχύλιση και τη σύνθεση ειδικών αρωματικών ουσιών.
- Στη ζαχαροπλαστική, την ποτοποιία και την βιομηχανία τροφίμων σαν αρωματικά, βελτιωτικά.
- Στην ιατρική και την κτηνιατρική σαν συστατικά σκευασμάτων.
- Στη γεωργία σαν φυσικά προστατευτικά μέσα.

Οι ευεργετικές δράσεις των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών φαίνεται να αποδίδονται στα φαινολικά συστατικά των αιθέριων ελαίων. Έτσι αιθέρια έλαια πλούσια σε καρβακρόλη των φυτών *O. hirtum* και *O. onites* έχουν χρησιμοποιηθεί ως φαρμακευτικά στην Τουρκία (Baricevic & Bartol, 2002), ενώ στην παραδοσιακή ιατρική της Κύπρου αιθέρια έλαια πλούσια σε καρβακρόλη από το φυτό *Origanum dubium* χρησιμοποιούνται εξωτερικά σαν αντιρρευματικά (Arnold et al., 1993). Το φυτό *Origanum sipileum* έχει χρησιμοποιηθεί στην Τουρκία για την θεραπεία γαστρεντερολογικών διαταραχών και του βήχα. Τα αιθέρια έλαια αυτού του φυτού βρέθηκε ότι είναι πλούσια σε γ-τερπινένιο και αρωματικά

μονοτερπένια (Baser & Tumen, 1992). Φαίνεται λοιπόν ότι τα αιθέρια έλαια των φυτών και ιδιαίτερα αυτά που είναι πλούσια σε καρβακρόλη έχουν μια σειρά από ευεργετικές βιολογικές και φαρμακευτικές δράσεις οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στην συνέχεια.

### 9.1 Αντιμυκητιακή δράση

Η αντιμυκητιακή δράση των αιθέρων ελαίων σχετίζεται άμεσα με τον τύπο του ελαίου (εξαρτάται από τα είδη τα οποία προέρχονται) και την συγκέντρωσή τους (Deans & Svoboda, 1990; Thompson, 1990; Biondi et al., 1993). Πιστεύεται ότι το πιο πιθανό αντιμικροβιακό είναι οι φαινόλες και ακολουθούν οι αλκοόλες, οι κετόνες, οι αιθέρες και οι υδρογονάνθρακες (Bullerman, 1977; Hitokoto et al., 1980; Hussein, 1990, Daw et al., 1994; Charai et al., 1996). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και από τους Biondi et al. (1993) σύμφωνα με του οποίους αιθέριο έλαιο της *O. onites* πλούσιο σε καρβακρόλη παρουσίασε μεγαλύτερη πιθανή αντιμυκητιακή δράση κατά των *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus* και *Fusarium spp.* σε σχέση με αιθέριο που περιείχε κατά κύριο λόγο γ-τερπινένιο και τερπινέν-4-ολη. Οι Daferera et al. (2000) αναφέρουν επίσης ότι τα φαινολικά συστατικά των αιθέρων ελαίων χημειοτύπων καρβακρόλης/θυμόλης είναι αυτά που ευθύνονται για την ανασταλτική δράση στην παραγωγή κονιδίων και στην ανάπτυξη του μύκητα *Penicillium digitatum*. Τέλος τα μονοτερπενικά συστατικά των αιθέρων ελαίων φαίνεται να έχουν ανασταλτική δράση στην σποροποίηση ζυμών λόγω της εξάντλησης της κυτταρικής ενέργειας η οποία προκαλείται από την μείωση της αναπνοής. Αναφέρεται ότι αιθέριο έλαιο ρίγανης μείωσε την αναπνευστική δραστηριότητα του *Saccharomyces cerevisiae* καθώς παρατηρήθηκε μείωση της παραγωγής CO<sub>2</sub> και αιθανόλης (Conner et al., 1984).

### 9.2 Αντιβακτηριδιακή δράση

Όμοια με την αντιμυκητιακή η αντιβακτηριακή δράση των αιθέρων ελαίων των φυτών *Origanum hirtum* και *Origanum dictamnus* αποδίδεται κυρίως στην παρουσία των φαινολικών συστατικών τους (καρβακρόλη και θυμόλη) ενώ τα πρόδρομα τους συστατικά π-κυμένιο και γ-τερπινένιο χαρακτηρίζονται ως ανενεργά (Pellequer et al., 1980; Gergis et al., 1990; Sivropoulou et al., 1996;). Αιθέρια έλαια της *Origanum vulgare* πλούσια σε καρβακρόλη και αιθέρια έλαια του *Thymus vulgaris* πλούσια σε θυμόλη παρουσίασαν την ίδια αντιβακτηριακή δράση ενάντια στα βακτήρια *E. Coli*, *S. aureus*, *Bacillus megaterium* και *Salomonella badar* (Remmal et al., 1993). Οι Dorman & Deans (2000) αναφέρουν ότι η θυμόλη φαίνεται έχει πιο ισχυρή αντιβακτηριακή δράση απέναντι τόσο στα θετικά όσο και στα αρνητικά κατά Gram βακτήρια σε σχέση με την καρβακρόλη. Αυτό το γεγονός καταδεικνύει ότι η θέση του υδροξυλίου στην φαινολική δομή φαίνεται να επηρεάζει την αντιμικροβιακή δράση των ελαίων (Dorman & Deans, 2000).



### 9.3 Αντιοξειδωτική δράση

Στην βιβλιογραφία υπάρχουν σχετικά λίγες πληροφορίες για τους μηχανισμούς που προκαλούν αντιοξειδωτική δράση, ωστόσο τα φαινορικά συστατικά των ελαίων είναι αυτά που αναφέρονται συχνότερα ως υπεύθυνα για αυτήν την δράση (Madsen et al., 1997; Moure et al., 2001). Οι Moure et al. (2001) αναφέρουν ότι οι τα πολυφαινολικά συστατικά έχουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με τα φαινολικά. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και από τους Pearson et al. (1997) οι οποίοι αναφέρουν ότι το ροσμαρινικό οξύ έχει πολύ μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με την καρβακρόλη και την θυμόλη. Στην ίδια μελέτη επιβεβαιώνεται η αντιοξειδωτική δράση των μονοφαινολών τόσο σε λιποσωμικά όσο και σε βιολογικά συστήματα (ανθρώπινα ενδοθηλιακά συστήματα) με την αντιοξειδωτική δράση της θυμόλης να είναι σημαντικά μεγαλύτερη.

### 9.4 Εντομοκτόνος, νηματοδοκτόνος και ζιζανιοκτόνος δράση

Τα ανώτερα φυτά και ιδιαίτερα τα αρωματικά και φαρμακευτικά αποτελούν μια δυνητική πηγή καινούργιων εντομοκτόνων. Αρκετά φυσικά συστατικά από διάφορα αρωματικά φυτά (ροτενόνη, πιρεθρίνη κ.α.) διατίθενται ήδη στην αγορά (Barisevic & Bartol, 2002). Ανάμεσα στα διάφορα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά τα αιθέρια έλαια από τα φυτά της οικογένειας Lamiaceae παρουσιάζουν την καλύτερη εντομοκτόνο δράση απέναντι στον εχθρό των φασολιών *Acanthoscellides obtectus* (Regnault-Roger & Hamraoui, 1993). Έλαια της *O. hirtum* πλούσια σε καρβακρόλη παρουσίασαν εντομοκτόνο δράση επαφής και ως καπνιστικά απέναντι στο *Acanthoscellides obtectus* σε εργαστηριακά πειράματα (Barisevic et al., 2001). Εντομοκτόνος δράση αναφέρεται για παρόμοια έλαια και απέναντι στη *Drosophila melanogaster* (Kargouhtsis et al., 1998) καθώς και απέναντι στα αυγά των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων *Tribolium confusum* και *Ephestia cautella* (Shaaya et al., 1993). Τέλος έλαιο της *Origanum syriacum* παρουσίασε υψηλή καπνιστική δράση απέναντι στα θηλυκά των *Aphis gossypii* και *Tetranychus cinnabarinus* (Tuns & Sahinkaya, 1998).

Η ανθεκτικότητα και τοξικότητα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών απέναντι στους νηματώδεις είναι μια ιδιότητα η οποία φαίνεται ότι θα προσφέρει νέες εφαρμογές στον τομέα της φυτοπροστασίας ιδιαίτερα για τις καλλιέργειες για τις οποίες δεν υπάρχουν νηματοδοκτόνα ή ανθεκτικές ποικιλίες (Barisevic & Bartol, 2002). Σε εργαστηριακά πειράματα με τα αιθέρια έλαια των *Origanum vulgare*, *Origanum majorana* και *Origanum syriacum* αναφέρεται ότι τα έλαια αυτά επηρέασαν την εξάπλωση του γένους *Meloidogyne* είτε παρεμποδίζοντας την εκκόλαψη των αυγών (Ramraj et al., 1991; Oka et al., 2000) είτε δρώντας τοξικά στα νεαρά άτομα (Hashim et al., 1999; Oka et al., 2000). Οι Oka et al. (2000) σε πειράματα τους ανέμιξαν το χώμα γλαστρών με έλαια των φυτών *Origanum vulgare* και *Origanum syriacum* σε συγκέντρωση 200 mg/kg και παρατήρησαν ότι μειώθηκε η προσβολή των ριζών

σποροφύτων αγγουριού από τον νηματώδη *Meloidogyne javanica*. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν κατά την εφαρμογή καρβακρόλης και θυμόλης σε συγκέντρωση 150 mg/kg.

Τα τερπενικά συστατικά των αιθέριων ελαίων έχουν αναγνωριστεί από αρκετούς ερευνητές σαν ανασταλτικά της βλάστησης και της ανάπτυξης (Fischer, 1986; Muller, 1986; Elakovich, 1988). Οι Dudai et al. (1999) αναφέρουν ότι τα αιθέρια έλαια των φυτών *Origanum syriacum*, *Micromeria fruticosa* και *Cymborogon citratus* έδρασαν ανασταλτικά στην βλάστηση σπόρων σιταριού και βλήτου. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Kotoulas et al. (2009) για τα αιθέρια έλαια φυτών τύπου καρβακρόλης (*S. thymbra*, *O. hirtum*, *O. onites* και *C. capitatus*) τα οποία φαίνεται να παρεμποδίζουν την βλάστηση και την ανάπτυξη σπόρων αγριοβρώμης.

## 10. Η Καλλιέργεια των Αρωματικών και Φαρμακευτικών φυτών

### 10.1 Κλιματικές απαιτήσεις

Η γνώση ανάπτυξης των φυτών έχει θεμελιώδη σημασία, αφού άλλα είδη ευδοκιμούν μόνο σε ορισμένες κλιματικές συνθήκες και άλλα είναι περισσότερο ανθεκτικά σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες. Το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος μιας περιοχής έχουν αρκετές φορές καθοριστική σημασία στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

Αρκετά από τα αυτοφυή φυτά της χώρας ευδοκιμούν τόσο σε ζεστές όσο και σε ψυχρές περιοχές ενώ υπάρχουν και αρωματικά φυτά που είναι ευαίσθητα σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπως το γιασεμί, το κύμινο, η λεβάντα, η μαντζουράνα και τα σπεριδοειδή.

Για τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος έχουν το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος μιας περιοχής. Η *O. onites* αναπτύσσεται σε εδάφη με pH από 4,9 έως 8,7 και σε θερμοκρασίες από 6-28 °C (Makri, 2002). Η *O. hirtum* αναπτύσσεται σε εδάφη με πολύ υψηλότερες τιμές pH, με ιδανικό pH εδάφους το 6,8 και σε 18-22 °C με όρια ανάπτυξης 4-33 °C (Κουτσός, 2006). Σε γενικές γραμμές και τα δυο είδη ρίγανης που προαναφέραμε είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά φυτά, αφού αντέχουν στις χαμηλές θερμοκρασίες, ευδοκιμούν σε μέσης μέχρι μέτριας σύστασης ημιορεινά εδάφη και είναι λιτοδίαιτα στις κλιματικές συνθήκες (Γκόλιαρης, 1992). Όσον αφορά το *C. capitatus* είναι ένα φυτό που αναπτύσσεται σε εδάφη με pH μέχρι 8, με άριστη τιμή pH εδάφους 6,3. Η ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξη του είναι 16-22 °C αλλά είναι φυτό με αντοχή, τόσο σε χαμηλές, όσο και σε υψηλές θερμοκρασίες (Κουτσός, 2006). Το *S. thymbra* αναπτύσσεται σε ξηρά και πετρώδη περιβάλλοντα ως τυπική μεσογειακή χαμηλή βλάστηση (Skoula et al., 2005). Σύμφωνα με τους Kokkini et al. (2003) και τους Skoula et al. (2005), το *S. thymbra* και το *C. capitatus* είναι τυπικά μεσογειακά φυτά.

Αναντίρρητα, για τα την πλειονότητα των αρωματικών φυτών κρίνεται πρόσφορα το έδαφος με μέση σύσταση και καλή αποστράγγιση, η οξύτητα του οποιού και η γονιμότητα δύναται να επηρεάσουν τις καλλιέργειες ως προς τις ανάγκες τους για πότισμα (Γκόλιαρης, 1992).

## **10.2 Πολλαπλασιασμός**

Τα αρωματικά φυτά ανάλογα με το είδος τους, μπορούν να πολλαπλασιαστούν εγγενώς δηλαδή με σπόρο ή αγενώς δηλαδή με μοσχεύματα, παραφυάδες και ριζώματα ή και με τους δυο τρόπους (Σκρουμπής, 1998, Ody P., 1993).

### **10.2.1 Εγγενής πολλαπλασιασμός**

Ο εγγενής πολλαπλασιασμός γίνεται με σπορά στο σπορείο ή απευθείας στο χωράφι και χρησιμοποιείται σπάνια, μόνο για είδη που πολλαπλασιάζονται δύσκολα αγενώς. Η περιορισμένη χρήση του εγγενούς πολλαπλασιασμού που παρατηρείται στα αρωματικά φυτά οφείλεται στο γεγονός ότι δεν έχουν μελετηθεί και βελτιωθεί όπως τα άλλα καλλιεργούμενα φυτά με αποτέλεσμα η χρήση σπόρου να έχει ως συνέπεια φυτείες με ανομοιόμορφα φυτά. Στα προαναφερόμενα αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκομιζόμενο προϊόν δεν παρουσιάζει σταθερές ιδιότητες τόσο ως προς τα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά όσο και ως προς την περιεκτικότητα σε αιθέρια. Σύμφωνα με τους παραπάνω λόγους συνίσταται η προμήθεια σπόρου να γίνεται από εξειδικευμένες σποροπαραγωγικές επιχειρήσεις όταν αυτό είναι δυνατό ή ακόμα και από την ίδια την καλλιέργεια. Συμπερασματικά η απευθείας σπορά στο χωράφι απαιτεί λιγότερη εργασία, απ' ότι η σπορά σε σπορείο.

### **10.2.2 Αγενής πολλαπλασιασμός**

Πρόκειται για τη μέθοδο εκείνη που εφαρμόζεται αρκετά συχνά από τα αρωματικά φυτά γιατί τις περισσότερες φορές είναι πιο εύκολη και οικονομική απ' ότι ο πολλαπλασιασμός με σπόρο και, επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα λήψης φυτών τελείως ίδια με το μητρικό. Συνηθέστεροι τρόποι αγενούς πολλαπλασιασμού που εφαρμόζονται είναι (Κουτσός 2006; Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010):

1. η χρήση παραφυάδων
2. η διαίρεση φυτών
3. τα μοσχεύματα
4. ο μικροπολλαπλασιασμός

Οι Putievsky *et al.* (1997) θεωρούν ότι, λόγω του μικρού μεγέθους των σπόρων των φυτών «ρίγανης» και της μικρής βλαστικής ικανότητας του αυτοφυούς γενετικού υλικού (Putievsky, 1983), ο καταλληλότερος τρόπος πολλαπλασιασμού φυτών «ρίγανης» είναι η δημιουργία μοσχευμάτων σύμφωνα με τις εργασίες των Kuris *et al.* (1980) και Kuris *et al.* (1981). Σύμφωνα με τον Baricevic (1997) λόγω της

μεγάλης μορφολογικής και χημικής παραλλακτικότητας ο καλύτερος τρόπος για γρήγορο και οικονομικό πολλαπλασιασμό της *O. vulgare* είναι ο μικροπολλαπλασιασμός.

### **10.3 Τεχνικός σχεδιασμός για την εγκατάσταση και την καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών**

Είναι πολύ σημαντικό να ελέγξουμε την τοποθεσία που θα εγκατασταθούν οι διάφορες καλλιέργειες των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Οι αναλύσεις εδάφους μπορούν να δώσουν πολλές πληροφορίες για το είδος του εδάφους της καλλιέργειας, αλλά και για εκείνο της γύρω περιοχής. Τα επόμενα βήματα παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω:

#### **10.3.1 Προετοιμασία αγρού**

Η προετοιμασία του εδάφους αποσκοπεί στο να βελτιστοποιήσει την κλίση του εδάφους προετοιμάσει έδαφος για την εγκατάσταση της καλλιέργειας με όποιον τρόπο και να γίνει (σπορά, φύτευση φυταρίων, ριζωμάτων κ.α.). Το βαθύ όργωμα είναι η πρώτη καλλιεργητική διεργασία που εκτελείται, διότι αναστρέφοντας και αναμοχλεύοντας το έδαφος αυξάνεται το πορώδες του, καταστρέφονται τα ζιζάνια και παραχώνονται τα υπολείμματα των καλλιεργειών (Κουτσός, 2006). Στην συνέχεια γίνεται ένα ελαφρύτερο όργωμα, λίγο πριν τη φύτευση. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με δισκοσβάρνισμα, ώστε να καλυφθεί το λίπασμα, να καταστραφούν τα ζιζάνια και να διευκολυνθεί το φύτευμα, ιδίως όταν πρόκειται να γίνει με φυτευτικές μηχανές (Γκόλιαρης, 1992).

#### **10.3.2 Εγκατάσταση φυτείας**

Η καταλληλότερη εποχή για την εγκατάσταση της καλλιέργειας των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών το φθινόπωρο ή η άνοιξη. Πιο συγκεκριμένα οι ιδανικότερες εποχές για τη φύτευση της ρίγανης θεωρούνται το φθινόπωρο (Οκτώβριος-Νοέμβριος) και η άνοιξη (Φεβρουάριος-Μάρτιος). Μετά τις πρώτες βροχές, το φθινόπωρο είναι η πλέον κατάλληλη εποχή για τις ελληνικές ρίγανες. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι 60-80 cm μεταξύ των γραμμών και 30-40 cm επί των γραμμών, τόσο στην *O. onites*, όσο και στην *O. hirtum* (Κουτσός, 2006; Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010). Οι αποστάσεις στο *C. capitatus* σύμφωνα με τον Κουτσό (2006) είναι 25-30 cm μεταξύ των γραμμών, και 60-70 cm επί των γραμμών ενώ σύμφωνα με τους Κατσιώτη και Χαντζοπούλου (2010) στις περισσότερες χώρες του κόσμου οι αποστάσεις φύτευσης είναι περί τα 50 cm μεταξύ των γραμμών και περί τα 40 cm επί των γραμμών.

#### **10.3.3 Ζιζανιοκτονία**

Η ζιζανιοκτονία είναι η σημαντικότερη καλλιεργητική εργασία για την πλειονότητα των αρωματικών φυτών κατά τον πρώτο χρόνο της φύτευσης. Η καταπολέμηση των ζιζανίων γίνεται με πολλούς τρόπους, ένας από τους οποίους είναι η εφαρμογή του φλογοβόλου. Πρόκειται για απλό, επιφανειακό κάψιμο των ζιζανίων που καθυστερεί απλώς την ανάπτυξη τους και δίνει πλεονέκτημα στα φυτά της καλλιέργειας να αναπτυχθούν γρήγορα και ανεμπόδιστα, για να στερήσουν έτσι το φως στα ζιζάνια, πριν αυτά αναλάβουν από το σόκ του καψαλίσματος. Ο τρόπος αυτός δε βρήκε εφαρμογή στη χώρα μας. Θα μπορούσε ίσως να εφαρμοστεί σε καλλιέργεια δάφνης, λεβάντας, κ.α.. Ο πιο κλασικός τρόπος είναι τα σκαλίσματα τα οποία, επειδή ανεβάζουν το κόστος παραγωγής, στρέφουν τις προσπάθειες στην εξεύρεση των κατάλληλων ζιζανιοκτόνων.

Η χημική αντιμετώπιση των ζιζανίων στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά όμως μπορεί να προκαλέσει πολύ σοβαρά προβλήματα αφού χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην κοσμετολογία και στην φαρμακοβιομηχανία. Οπότε, οι χημικές ουσίες που πρέπει να επιλεγούν για την καταπολέμηση των ζιζανίων, επιβάλλεται να μην αφήνουν υπολείμματα στα αιθέρια έλαια, ούτε να επηρεάζουν τη βιοσύνθεσή τους στο φυτό.

#### **10.3.4 Συγκομιδή των αρωματικών φυτών**

Κατά την ειδική περίοδο ωρίμανσης τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά συγκομίζονται όταν τα βρίσκονται στην πλήρη άνθηση, ώστε να έχουν την καλύτερη δυνατή απόδοση. Με βάση την μέγιστη περιεκτικότητα σε δραστικά ή απαιτούμενα συστατικά του φυτικού υλικού προσδιορίζεται κάθε φορά ο ακριβής χρόνος της ειδικής περιόδου ωρίμανσης. Έτσι, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά πρέπει να παρακολουθούνται συστηματικά σε όλες τις φάσεις της ανάπτυξής τους και να πραγματοποιείται ποιοτική και ποσοτική ανάλυση τους, με στόχο τον προσδιορισμό του κατάλληλου χρόνου συγκομιδής (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010).

Η συγκομιδή πραγματοποιείται με μηχανικά μέσα υψηλής τεχνολογίας (θεριστικές / κοπτικές με μαχαίρια, θεριζοαλωνιστικές, εκσκαφείς ριζών κλπ), ενώ η χειρονακτική συγκομιδή περιορίζεται μόνο σε πολύ μικρούς κλήρους (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010).

#### **10.3.5 Ξήρανση**

Ξήρανση, είναι η γρήγορη απομάκρυνση του νερού από τα κύτταρα προλαμβάνει, κατά ένα μεγάλο μέρος, την αποικοδόμηση των κυτταρικών συστατικών, ενώ αποφεύγεται και ο κίνδυνος ανάπτυξης μικροοργανισμών που δύναται να οδηγήσουν στην καταστροφή μέρους του αρωματικού φυτού. Για την αναστολή κάθε είδους διεργασίας που θα οδηγήσει πιθανότατα σε αλλοίωση του φυτού, επιβάλλεται η μείωση του νερού έως ποσοστό 10 %. Κατά συνεπεία η επίτευξη του παραπάνω στόχου

επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της ξήρανσης. Παρακάτω δίνονται αναλυτικά οι μορφές ξήρανσης (Demoset al., 1998):

- Ξήρανση με θέρμανση. Απομάκρυνση της υγρασίας γίνεται με τη βοήθεια θερμού αέρα που εκπέμπεται από γεννήτριες. Χρησιμοποιείται σε βιομηχανικό επίπεδο όπου η. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι γύρω στους 50°, τότε η ξήρανση διαρκεί 24-36 ώρες και στο προϊόν παραμένει 5- 10 % υγρασία. Η διάρκεια διατήρησης είναι 1 με 2 χρόνια.
- Ξήρανση με έκθεση στον αέρα. Είναι η πιο απλή μορφή σύμφωνα με την οποία το υλικό απλώνεται σε λεπτές στρώσεις, με καλό αερισμό προκειμένου να διευκολύνεται η διαδικασία της ξήρανσης. Η έκθεση απευθείας στον ήλιο ή η παραμονή στη σκιά επιλέγεται με κριτήριο την ευαισθησία των συστατικών στο φως. Όταν η ξήρανση γίνεται στη σκιά, δηλαδή σε δωμάτια τότε η διαδικασία επιτυγχάνεται με αύξηση της θερμοκρασίας και τη δημιουργία ρεύματος αέρα για την απομάκρυνση των υδρατμών.
- Λυοφιλίωση. Χρησιμοποιείται αρκετά από τη βιομηχανία τροφίμων και είναι αποτελεσματική στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Αποτελεί μορφή τεχνητής ξήρανσης. Κατά τη μέθοδο αυτή, το ψύχος παγώνει το προϊόν το οποίο στη συνέχεια αποξηραίνεται με την εξάχνωση του πάγου σε κενό. Δεν τροποποιούνται καθόλου οι φωτοχημικές ιδιότητες του φυτικού υλικού και αυτό είναι το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου. Αντιθέτως, το μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος της μεθόδου. Σε αυτή τη μέθοδο η υγρασία του προϊόντος είναι 1-2% και η διάρκεια συντήρησης απεριόριστη.

## **11.Προβλήματα τομέα Αρωματικών & Φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα**

Οι κύριοι ανασταλτικοί παράγοντες για την επέκταση της καλλιέργειας των αρωματικών φυτών και συγκεκριμένα για το θυμάρι και το θρούμπι είναι:

- Μη επαρκής ενημέρωση των αγροτών για την καλλιέργεια τόσο για τα τεχνικά ζητήματα όσο και για τις δυνατότητές της,
- Έλλειψη των απαραίτητων εφοδίων (εγχώριων πιστοποιημένων σπόρων και πολλαπλασιαστικού υλικού) και κατάλληλου εξοπλισμού για την ανάπτυξη της καλλιέργειας,
- Έλλειψη σύνδεσης πρωτογενούς παραγωγής και βιομηχανιών τυποποίησης/ συσκευασίας ή παραγωγής αιθέριων ελαίων
- Συγκέντρωση των κυριότερων βιομηχανικών μονάδων συσκευασίας και τυποποίησης αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Αθήνα, στην Κρήτη και στην Μακεδονία.
- Μη επαρκής προώθηση της καλλιέργειας μέσω καινοτόμων συσκευασιών και αξιοποίησής τους από τη βιομηχανία ή τη βιοτεχνία παραγωγής των αιθέριων ελαίων (ΥΠ.Α.Α.Τ.,2007).

## 12. Αιθέρια έλαια

Ως αιθέρια έλαια χαρακτηρίζονται τα κύρια αρωματοφόρα συστατικά που περιέχονται στα φυτά, τα οποία είναι δυνατό να παραληφθούν δια αποστάξεως, εκπίεσεως ή ακόμη και με άλλες μεθόδους όπως η εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες. Το αιθέριο έλαιο είναι ένα πτητικό μείγμα οργανικών ενώσεων που παραλαμβάνονται με φυσικούς τρόπους από ένα φυτικό υλικό (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010).

Σύμφωνα με τον Σαρλή (1994) τα αιθέρια έλαια είναι οργανικές πτητικές χημικές ενώσεις σε υγρή μορφή, με ελαιώδη εμφάνιση, και χημική σύσταση διάφορη κάθε φορά. Δεδομένου ότι είναι πτητικές, τα μόριά τους εξατμίζονται εύκολα και διασκορπίζόμενα στον ατμοσφαιρικό αέρα, έρχονται σ' επαφή με τα όργανα όσφρησης, τα οποία και διεγείρουν. Προκαλούν, έτσι, μία συνήθως ευχάριστη αίσθηση, χαρακτηριστική για κάθε είδος φυτού, που αντιστοιχεί στο χαρακτηριστικό για το κάθε είδος άρωμα.

Η ποιότητα καλλιεργούμενων φυτών «ρίγανης» καθορίζεται κυρίως από την % περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και από την σύσταση αυτού. Οι δύο αυτοί παράγοντες παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα ανάλογα με τους γονότυπους των φυτών, τις κλιματικές συνθήκες και την λίπανση με θρεπτικά στοιχεία κατά την καλλιέργεια (D'Antuono *et al.*, 2000; Novak *et al.*, 2003). Η σύσταση του αιθέριου ελαίου φυτών ρίγανης φαίνεται να εξαρτάται σε μεγαλύτερο βαθμό από τον γονότυπο με τις κλιματικές συνθήκες να ευθύνονται για μικρότερο ποσοστό παραλλακτικότητας (Novak *et al.*, 2003).

### 12.10 ρόλος των αιθέριων ελαίων στα φυτά

Τα μονοτερπένια και σεσκιτερπένια ανέκαθεν θεωρούνταν ως μη λειτουργικά «άχρηστα μεταβολικά προϊόντα» (Paech, 1950; Sandermann, 1962). Παρόλα αυτά μελέτες κατά τα τελευταία χρόνια έδειξαν ότι μπορούν να παίζουν διάφορους και σημαντικούς ρόλους, ως ενδιάμεσα των αλληλεπιδράσεων των φυτών με το περιβάλλον τους (Croteau, 1992). Για παράδειγμα τα μονοτερπένια 1,8 κινεόλη και καμφορά έχει αποδειχτεί ότι αναστέλλουν το φύτρωμα και την ανάπτυξη ανταγωνιστών εκδηλώνοντας με τον τρόπο αυτό φαινόμενα αλληλοπάθειας (Kelsey *et al.*, 1984). Οι Κατσιώτης & Χαντζοπούλου (2010) αναφέρουν ότι οι δευτερογενείς μεταβολίτες γενικά χρησιμεύουν στα φυτά ως μέσα προσαρμογής στις διακυμάνσεις των συνθηκών θερμοκρασίας και του φωτός (αντιοξειδωτικά), των συνθηκών καταπόνησης, μόλυνσης ή κατά των φυτοφάγων ζώων.

Όσον αφορά στη σχέση φυτών - ζώων αυτή φαίνεται να εκδηλώνεται νε δύο τρόπους:

α) προσέλκυση των ζώων που συντελούν στην επικονίαση και ως μέσα διασποράς των σπόρων (Kullenberg & Bergstrom, 1975).

β) μηχανισμοί άμυνας εναντίων των φυτοφάγων ζώων. Πολλά κατώτερα τερπένια παρουσιάζουν απωθητική και αντιτροφική δράση σε έντομα (Levin, 1973; Levin, 1976) και άλλα φυτοφάγα (Kerpner *et al.*, 1974).

Δεδομένου ότι σήμερα είναι γνωστές εκατοντάδες τέτοιες ουσίες είναι αδύνατο να προσδιοριστεί ο πιθανός ρόλος του κάθε μονοτερπενίου και σεσκιτερπενίου. Συνολικά όμως, τα μονοτερπένια και τα σεσκιτερπένια, φαίνεται ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιβίωση των φυτών (Croteau, 1992).

Πέρα από την ευρέως γνωστή υπόθεση ότι η απελευθέρωση δευτερογενών μεταβολιτών από τα φυτά συνδέεται με του μηχανισμούς άμυνας τους απέναντι σε φυτοφάγα ζώα και άλλους εχθρούς υπάρχει και η σύγχρονη υπόθεση ότι αυτή η χημική άμυνα μπορεί να είναι και απέναντι σε αβιοτικές καταπονήσεις όπως η έλλειψη νερού και οι γενικά οι ακραίες κλιματικές συνθήκες (Holopainen, 2004).

Ερευνητές αναφέρουν πως οι ρόλοι των ελαίων που έχουν καταγραφεί είναι οι ακόλουθοι:

- Προστασία των φυτών από τα έντομα και τα παράσιτα, αφού λόγω του αρώματός τους εμποδίζουν την εγκατάστασή τους στα φυτικά όργανα (Σκρουμπής, 1985; Werker, 1993; Mahmoud & Croteau, 2002)
- Προστασία των φυτών από τις υψηλές θερμοκρασίες διότι εξαιτίας της εξατμίσεώς τους, η θερμοκρασία ελαττώνεται (Σκρουμπής, 1985).
- Η σήψη των φυτικών ιστών αποφεύγεται από το ρητινώδες περιεχόμενο πολλών αειθαλών φυτών που επιτυγχάνουν να καλύπτουν τις πληγές του φλοιού (Σκρουμπής, 1985).
- Επιτυγχάνεται καλύτερη γονιμοποίηση και διασταύρωση των μη αυτογονιμοποιουμένων φυτών, αφού το άρωμα των ανθέων που διαχέεται στο περιβάλλον προσελκύει τα έντομα (Σκρουμπής, 1985; Mahmoud & Croteau, 2002).
- Επιδρούν στη βλάστηση και εδραίωση άλλων φυτών γύρω τους (Σκρουμπής, 1985; Mahmoud & Croteau, 2002).

Από όλες αυτές τις θεωρίες καμιά δε δίνει σαφή απάντηση για το ρόλο που διαδραματίζουν τα αιθέρια έλαια στα φυτά. Πιθανόν ο ρόλος τους να είναι ο συνδυασμός αυτών που αναφέρθηκαν πιο πάνω (Σκρουμπής, 1985)

## 12.2. Παραγωγή του αιθέριου ελαίου

Όλα τα εναέρια μέρη και κυρίως τα φύλλα των *Lamiaceae* φέρουν μεγάλο αριθμό τριχών οι οποίες μπορεί να είναι αδενώδεις ή μη αδενώδεις.

Οι μη αδενώδεις τρίχες απαντώνται τόσο στα βλαστικά όσο και στα αναπαραγωγικά μέρη του φυτού (Werker *et al.*, 1985b). Υπάρχουν και στις δύο επιφάνειες των φύλλων με τον μεγαλύτερο αριθμό να βρίσκεται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων (Bosabalidis, 2002).

Οι αδενώδεις τρίχες είναι επιδερμικά προσαρτήματα με πολύπλοκη ανατομική και λειτουργική δομή (Bosabalidis, 2002) και είναι αποκλειστικά υπεύθυνες για την παραγωγή του αιθέριου ελαίου (Gershenzon *et al.*, 1989). Για το λόγο αυτό ο αριθμός αυτών των τριχών στα φύλλα σχετίζεται άμεσα με την παραγωγή του αιθέριου ελαίου από το φυτό (Bosabalidis & Kokkini, 1997; Gavalasetal., 1998). Οι



αδενώδεις τρίχες βρίσκονται κυρίως στα φύλλα αλλά απαντώνται σε όλα τα εναέρια μέρη των *Lamiaceae* όπως στον κάλυκα, στην στεφάνη, στους στήμονες και στα καρπόφυλλα (Modenesi*etal.*, 1984; Werker*etal.*, 1985b; Servettaz*etal.*, 1994).

Υπάρχουν δυο ειδών αδενώδεις τρίχες στα *Lamiaceae*, οι κεφαλοειδείς ή μικρής διάρκειας (capitatehairs) και οι ασπιδοειδείς ή μακράς διάρκειας (peltatehairs). Στις μακράς διαρκείας τρίχες τα αιθέρια έλαια παράγονται σταδιακά και συσσωρεύονται με σκοπό να προφυλάξουν τα ώριμα όργανα του φυτού, ενώ στις μικρής διάρκειας τρίχες η παραγωγή των ελαίων ξεκινά και σταματά ταχύτατα και έχει ως στόχο την προστασία των νεαρών οργάνων του φυτού (Russo*etal.*, 1998). Οι τρίχες αυτές (κεφαλοειδείς ή ασπιδοειδείς) αποτελούνται από μια βάση (μονοκυτταρική ή πολυκυτταρική περιοχή), ένα στέλεχος (μονοκυτταρική ή πολυκυτταρική περιοχή) και μια κεφαλή (μονοκυτταρική ή πολυκυτταρική περιοχή). Σύμφωνα με τον Bosabalidis (2002) μέρος των αδενωδών τριχών αποτελούν και τα επιδερμικά κύτταρα τα οποία περιβάλλουν την βάση των τριχών και συνεισφέρουν στην δέσμευση των προϊόντων της φωτοσύνθεσης από το χλωροφυλλικό μεσόφυλλο και την μεταφορά τους στην βάση των τριχών.

Οι κεφαλοειδείς τρίχες είναι μικρότερες από τις ασπιδοειδείς, εμφανίζονται σε πυκνότερους πληθυσμούς και παρουσιάζουν μεγαλύτερη παραλλακτικότητα. Υπάρχουν τρεις τύποι κεφαλοειδών τριχών στα *Lamiaceae* (Werker*etal.*, 1985a): ο τύπος I (κοντός) στον οποίο η βάση τις τρίχας αποτελείται από ένα κύτταρο, το στέλεχος από 1-2 κύτταρα και η κεφαλή από 1-2 κύτταρα, ο τύπος II (μεσαίος) στον οποίο η βάση τις τρίχας αποτελείται από ένα κύτταρο, το στέλεχος από 1-2 κύτταρα και η κεφαλή από 1 κύτταρο και ο τύπος III (μακρύς) στον οποίο η βάση τις τρίχας αποτελείται από ένα κύτταρο, το στέλεχος από 2-5 κύτταρα και η κεφαλή από 1 κύτταρο. Ο τύπος που απαντάται πιο συχνά στα *Lamiaceae* είναι ο τύπος I ο οποίος μπορεί να είναι και ο μοναδικός (*Satureja*, *Coridithymus*) ή να συνυπάρχει με τον τύπο II (*Origanum*) (Bosabalidis, 2002). Οι κεφαλοειδείς τρίχες φαίνεται ότι μπορούν να εκκρίνουν είτε αιθέριο έλαιο είτε κολλώδη ουσία (Modenesi*etal.*, 1984; Danilova&Kashina, 1989).

Οι ασπιδοειδείς τρίχες είναι κοντές, ογκώδεις και συνήθως αποτελούνται από ένα μεγάλο βασικό κύτταρο, ένα μονοκύτταρο πεπλατυσμένο στέλεχος και μια πολυκυτταρική κεφαλή. Τα κύτταρα της κεφαλής είναι τα μόνα κύτταρα των ασπιδοειδών τριχών τα οποία είναι ικανά να εκκρίνουν αιθέριο έλαιο (McCaskill*etal.*, 1992; Bourett*etal.*, 1994). Ο αριθμός των κυττάρων της κεφαλής φαίνεται να ποικίλει ανάλογα με το είδος των *Lamiaceae*. Αναφέρεται ότι στο *C. capitatus* η κεφαλή των τριχών έχει 14 κύτταρα (Werker*etal.*, 1985a) ενώ στην *O. vulgare* και *S. thymbra* 12 κύτταρα (Werker*etal.*, 1985a; Werker*etal.*, 1985b). Είναι λογικό λοιπόν ότι τα είδη με μεγάλο αριθμό κυττάρων κεφαλής παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες αιθέριου ελαίου (Maffey*etal.*, 1989; Karousou*etal.*, 1992). Πρέπει να αναφερθεί όμως ότι πρωτεύοντα ρόλο στην παραγωγή αιθέριου ελαίου παίζει η πυκνότητα των αδενωδών τριχών στα φύλλα (Bosabalidis, 2002).

### 12.3 Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων

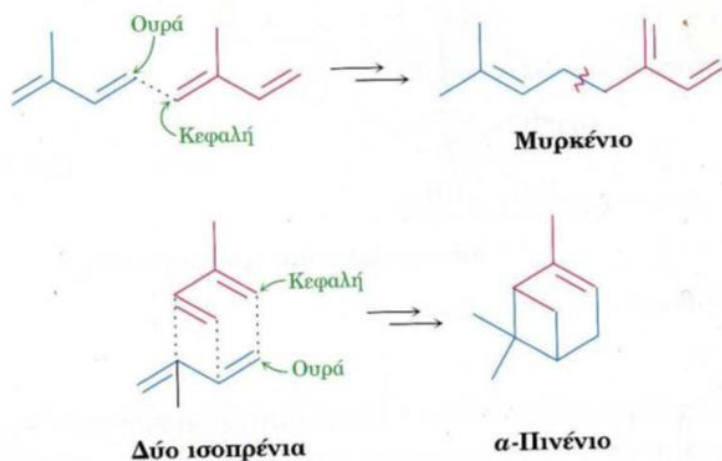
Τα κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου των φυτών ανήκουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα τερπένια και τα φαινύλ-προπάνια. Τα τερπένια είναι αυτά τα οποία κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό στην σύσταση του αιθέριου ελαίου εμφανιζόμενα σε μεγαλύτερη συχνότητα και αφθονία. Τα φαινύλ-προπάνια, όταν υπάρχουν, προσδίδουν στο έλαιο ιδιαίτερη οσμή και γεύση. Βιογενετικά τα τερπένια και τα φαινύλ-προπάνια προέρχονται από διαφορετικές πρόδρομες ουσίες και παράγονται μέσα από διαφορετικά βιοσυνθετικά μονοπάτια (Sangwanetal., 2001). Τα πιο χαρακτηριστικά, ποικίλα και ίσως αυτά με την μεγαλύτερη οικονομική σημασία συστατικά των αιθέριων ελαίων είναι τα μονοτερπένια και τα σεσκιτερπένια (Schery, 1972; Erickson, 1976).

#### 12.3.1 Τερπένια

Ο όρος τερπένια προέρχεται από το “terpen” και αποδίδεται στον Kekule, ο οποίος χρησιμοποίησε τον όρο αυτό για να περιγράψει τους υδρογονάνθρακες με μοριακό τύπο  $C_{10}H_{16}$  που βρίσκονται στο τερεβινθέλαιο (πηκτικό κλάσμα της ρητίνης πεύκου, turpentineoil) (Pollard&Heron, 1996).

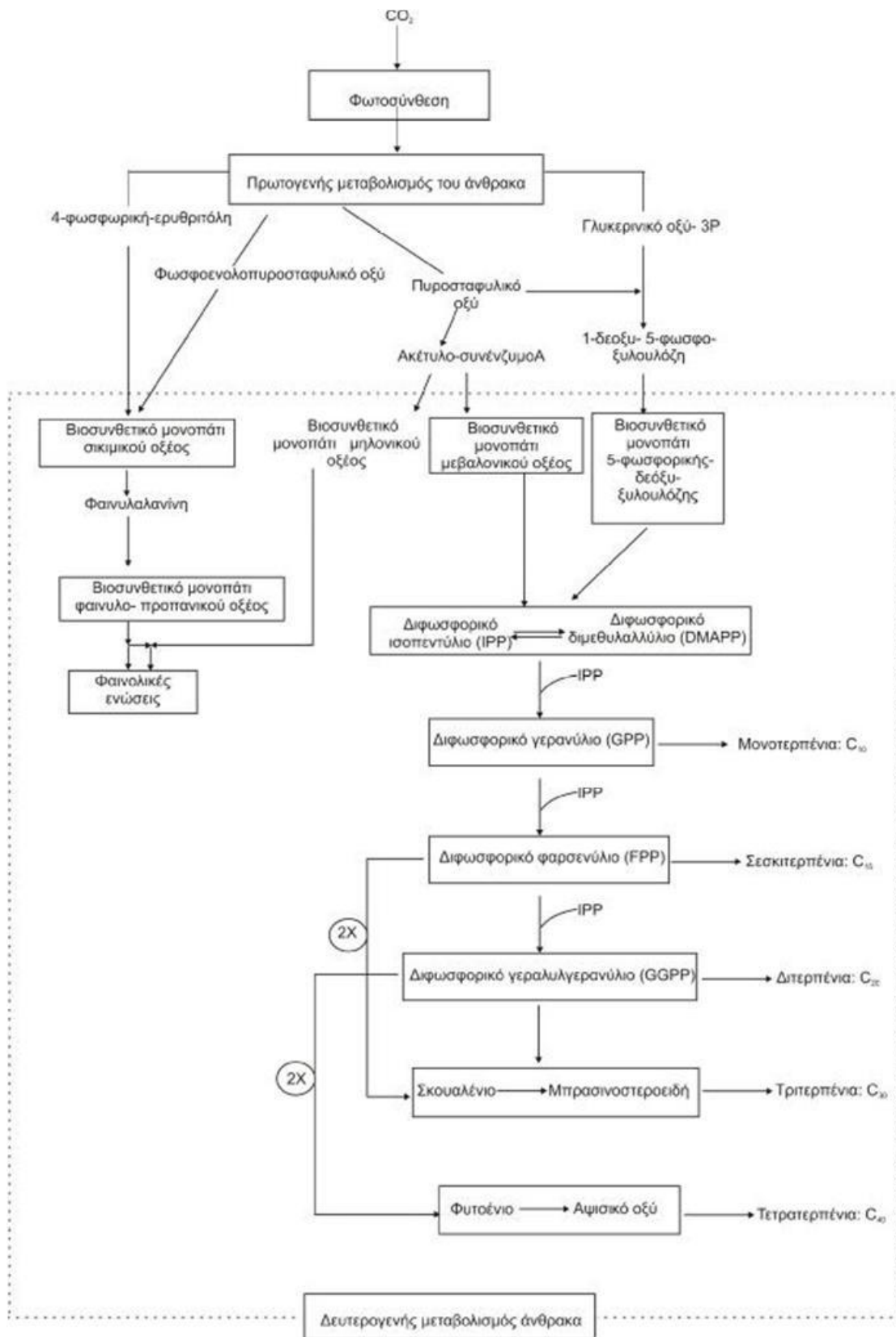
Τα τερπένια ή τερπενοειδή αποτελούν την πιο πολυάριθμη ομάδα των αιθέριων ελαίων και προέρχονται από τη συνένωση περισσότερων της μιας δομικών μονάδων με πέντε άτομα άνθρακα ( $C_5$ ), που έχουν το διακλαδισμένο ανθρακικό σκελετό του **ισοπρενίου ή ισοπεντανίου**.

Σύμφωνα με τους Wallach (1887) και Ruzicka etal. (1953) για τον σχηματισμό τους ισχύει ο κανόνας του ισοπρενίου (Εικόνα 13), όπου μπορεί να θεωρηθεί ότι τα τερπένια προέρχονται από την συνένωση κεφαλής-ουράς μονάδων ισοπρενίου (2- μεθυλο-1,3-βουταδιένιο), με τον άνθρακα 1 κεφαλή και τον άνθρακα 4 ουρά. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελούν το μυρκένιο και το α-πινένιο.



**Εικόνα 13:**Σχηματισμός τερπενίων με βάση τον κανόνα ισοπρενίου

Οι πρόδρομες ενώσεις, των τερπενίων είναι ουσιαστικά φωσφορικοί εστέρες αλκοολών, που έχουν στο μόριο τους αριθμό ατόμων C πολλαπλάσιο του 5. Για τη βιοσύνθεσή τους συχνά ακολουθείται η μεταβολική οδός του μεβαλονικού οξέος (Εικόνα 2). Το πυροφωσφορικό ισοπεντενύλιο (IPP) και το πυροφωσφορικό διμεθυλαλλύλιο (DMAPP), προϊόντα της βιοσυνθετικής οδού του μεβαλονικού αποτελούν τις πρόδρομες ενώσεις σύνθεσης όλων των τερπενίων (Taiz&Zeiger, 1991; Καραμπουρνιώτης, 2003). Η οδός αυτή ξεκινά από το ακετυλο-συνένζυμο και από το οξικό οξύ. Στα κύτταρα, τα δύο αυτά συστατικά βρίσκονται σε ισορροπία και συνδυάζονται για να σχηματίσουν τις διάφορες ομάδες των τερπενοειδών με άτομα άνθρακα πολλαπλάσια του πέντε. Το πυροφωσφορικό γερανυλίο αποτελεί πρόδρομη βιοσυνθετικά ένωση όλων των μονοτερπενίων. Περαιτέρω αντίδραση του πυροφωσφορικού γερανυλίου με πυροφωσφορικό ισοπεντενύλιο, οδηγεί στο σχηματισμό πυροφωσφορικού φαρνεσυλίου, πρόδρομη βιοσυνθετικά ένωση όλων των σεσκιτερπενίων κ.ο.κ. (Εικόνα 14).



**Εικόνα 14:** Γενικό διάγραμμα βιοσύνθεσης τερπενικών και φαινολικών ενώσεων των αιθέριων ελαίων (Buchanan *et al.*, 2000; Κανελλής, 2005)

### 12.3.2 Ταξινόμηση των τερπενίων

Η ταξινόμησή τους γίνεται ανάλογα με τον αριθμό των μονάδων που περιέχουν στο μόριο τους, όπως φαίνεται στον πίνακα 2. Έτσι τερπένια με 10 άτομα άνθρακα στο μόριο τους ονομάζονται **μονοτερπένια**, ενώσεις με 3 δομικές μονάδες (15 άτομα άνθρακα) αποτελούν τα **σεσκιτερπένια**, ενώ ενώσεις με 20 άτομα άνθρακα αποτελούν τα **διτερπένια**. Μεγαλύτερα μόρια τερπενίων είναι τα **τριτερπένια** (με 30 άτομα C) τα **τετρατερπένια** (με 40 άτομα C) και τα πολυτερπένια [με n ισοπρενικές μονάδες (C<sub>5</sub>), n>20]. (Καράταγλης, 1994).

Τα επιμέρους τερπενικά συστατικά των αιθέριων ελαίων χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες: στα οξυγονούχα και στα μη οξυγονούχα (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010).

Στα μη οξυγονούχα ανήκουν οι υδρογονάνθρακες και ειδικότερα α) μονοτερπένια: α- και β-πινένιο, μυρκένιο, λιμονένιο, α- και γ-τερπινένιο, σαβινένιο κ.α. και β) σεσκιτερπένια: καρυοφυλλένιο, ελεμένιο, χουμουλένιο, γερμακρένιο κ.α.

Στα οξυγονούχα ανήκουν: α) αλκοόλες: κιτρικόλλολη, βορνεόλη, γερανιόλη, α-τερπινεόλη κ.α. β) κετόνες: καρβόνη, πουλεγόνη, καμφορά κ.α. γ) φαινόλες: καρβακρόλη, θυμόλη κ.α. δ) φαινολικοί αιθέρες: ανηθόλη, σαφρόλη, κ.α. ε) αλδεΐδες: βενζοϊκή, κιτράλη, βανιλινική κ.α.

Πίνακας 2: Ταξινόμηση τερπενικών ενώσεων

Ταξινόμηση των τερπενίων		
Αριθμός ατόμων άνθρακα	Μονάδες ισοπρενίου	Ταξινόμηση
10	2	Μονοτερπένιο
15	3	Σεσκιτερπένιο
20	4	Διτερπένιο
25	5	Σεστερτερπένιο
30	6	Τριτερπένιο
40	8	Τετρατερπένιο

### 12.3.3 Τερπένια των αιθέριων ελαίων φυτών «ρίγανης» και η μοριακή δομή τους

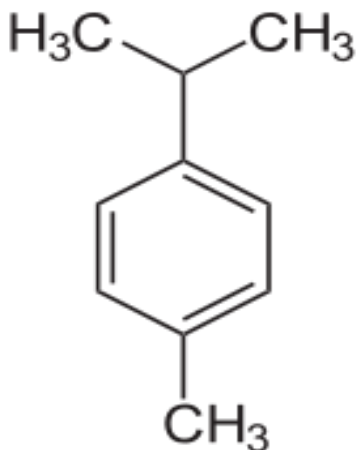
Το αιθέριο έλαιο των φυτών «ρίγανης» αποτελείται από καρβακρόλη ή θυμόλη ως κύριο συστατικό και ακολουθούν το γ-τερπένιο, το π-κυμένιο, η λιναλοόλη, η τερπινέν-4-όλη και το υδροσαβινένιο (Kokkini *et al.*, 1997; D'Antuono *et al.*, 2000; Skoula & Harborne, 2002).

Παρατίθενται παραδείγματα των κυριότερων συστατικών (μονοτερπενίων και σεσκιτερπενίων) των αιθέριων ελαίων και η μοριακή τους δομή:

## Μονοτερπένια

### A. Υδρογονανθρακικά

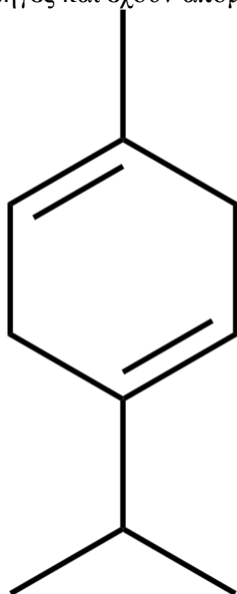
Το **κυμένιο** ή το **π - κυμένιο**, είναι μια φυσική αρωματική οργανική ένωση. Είναι ταξινομημένο ως υδρογονάνθρακας σχετικός με τα μονοτερπένια. Η δομή του αποτελείται από ένα δακτύλιο βενζολίου στον οποίο στη θέση πάρα- γίνεται αντικατάσταση με μια μεθυλική ομάδα και μια ισοπροπυλική ομάδα. Είναι αδιάλυτο στο ύδωρ, αλλά αναμιγνύεται με την αιθανόλη και τον αιθέρα.



1-Methyl-4-(1-methylethyl)benzene

**π-Κυμένιο**

Τα τερπινένια είναι μια ομάδα ισομερών υδρογονανθράκων που είναι ταξινομημένοι και αυτοί στα τερπένια. Το καθένα από αυτά έχει το ίδιο μοριακό πλαίσιο, αλλά διαφέρουν στη θέση των διπλών δεσμών του άνθρακα. Το α-τερπινένιο απομονώνεται από το αιθέριο έλαιο του κάρδαμου και της μαντζουράνας αλλά και από άλλες φυσικές πηγές. Το β-τερπινένιο δεν έχει καμία γνωστή φυσική πηγή, αλλά έχει προέρθει συνθετικά από το sabinene. Το γ-τερπινένιο και το δ-τερπινένιο προέρχονται από φυσικές πηγές και έχουν απομονωθεί από ποικίλες πηγές αιθέριων ελαίων διαφόρων φυτών.

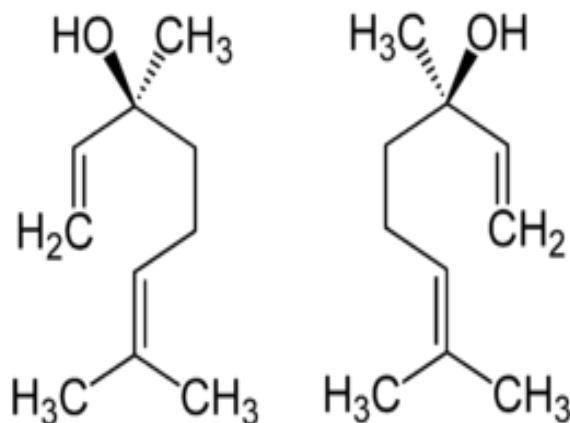


4-methyl-1-(1-methylethyl)-1,4-cyclohexadiene

**γ-Τερπινένιο**

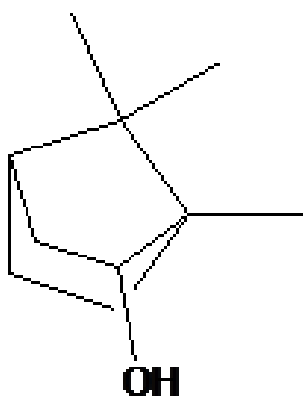
## B. Υδρογονανθρακικές αλκοόλες

Η **λιναλοόλη** είναι μια φυσικά εμφανιζόμενη τερπενική αλκοόλη που βρίσκεται σε πολλά φυτά και έχει πολλές εμπορικές εφαρμογές, η πλειοψηφία των οποίων είναι βασισμένη στην ευχάριστη μυρωδιά της. Η λιναλοόλη έχει δύο στερεοϊσομερή.

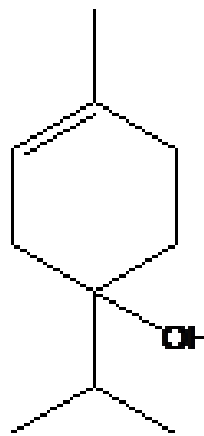


(*S*)-(+)- λιναλοόλη (αριστερά) και (*R*)-(-)- λιναλοόλη (δεξιά)

Και τα δύο αυτά εναντιομερή βρίσκονται στη φύση: η *S*- λιναλοόλη βρίσκεται, για παράδειγμα, ως το πιο σημαντικό συστατικό του αιθέριου ελαίου του κολιάντρου (*Coriandrum sativum*). Η (*R*)- λιναλοόλη είναι παρούσα στη λεβάντα (*Lavandula officinalis*), στη Δάφνη του Απόλλωνα (*Laurus nobilis*), και στον γλυκό βασιλικό (*Ocimum basilicum*). Κάθε εναντιομερές προκαλεί τις διαφορετικές νευρικές ανταποκρίσεις στους ανθρώπους, και επομένως είναι ταξινομημένο με βάση την μυρωδιά που εκλύει.



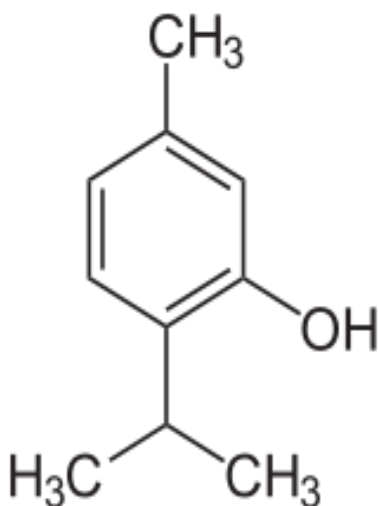
**Βορνεόλη**



**Τερπινεν-4-όλη**

### Γ. Υδρογονανθρακικές φαινόλες

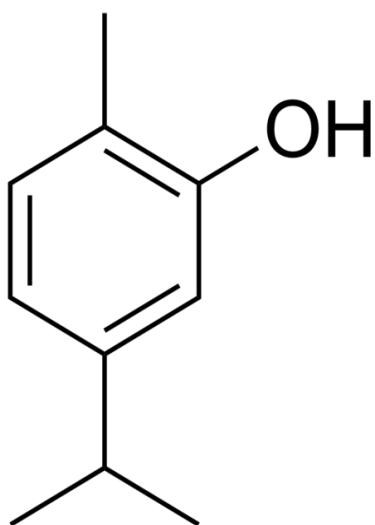
Η **θυμόλη** (επίσης γνωστό ως **2-ισοπρόπυλο-5-μεθυλοφαινόλη**, IPMP) είναι μία φυσική μονοτερπενιακή φαινόλη,  $C_{10}H_{14}O$ , ισομερής με την καρβακρόλη, που βρίσκεται μέσα στο αιθέριο έλαιο του θυμαριού και εξάγεται ως μια λευκή κρυσταλλική ουσία με ευχάριστο άρωμα και ισχυρές αντισηπτικές ιδιότητες.



2-Ισοπρόπυλο-5-μεθυλοφαινόλη

**Θυμόλη**

Η **καρβακρόλη**,  $C_{10}H_{14}O$ , είναι μια φυσική μονοτερπενιακή φαινόλη. Η καρβακρόλη βρίσκεται στο αιθέριο έλαιο της *Origanum vulgare* αλλά και στο θυμάρι. Στο αιθέριο έλαιο του θυμαριού η περιεκτικότητα της καρβακρόλης κυμαίνεται μεταξύ 5% και 75% ενώ στα διάφορα είδη ρίγανης η περιεκτικότητά της μπορεί να ανέλθει έως και το 90%.



5-Ισοπρόπυλο-2-μεθυλοφαινόλη

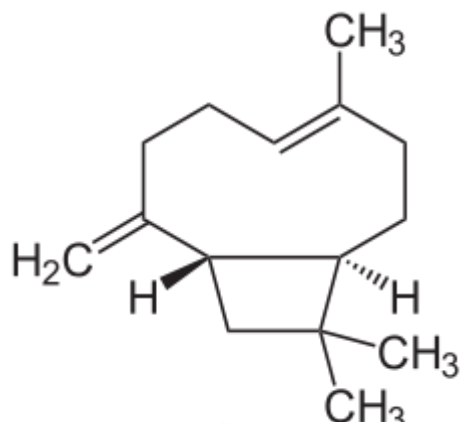
**Καρβακρόλη**



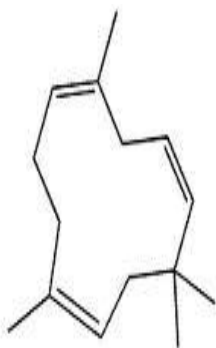
#### Δ. Σεσκιτερπένια

Τα σεσκιτερπένια αποτελούνται από 15 άτομα άνθρακα, δηλαδή τρεις ισοπρενικές μονάδες. Συνυπάρχουν μέσα στα αιθέρια έλαια μαζί με τα μονοτερπένια αν και έχουν μεγαλύτερο σημείο τήξεως. Κατά τη διάρκεια της απόσταξης πολλά μονοτερπένια και άλλες ασταθείς ουσίες όπως διάφορες σεσκιτερπενικές λακτόνες μεταπίπτουν σε σεσκιτερπένια. Για το λόγο αυτό το ποσοστό τους στο τελικό προϊόν της απόσταξης εξαρτάται από τη διάρκειά της. Τα σεσκιτερπένια αποτελούν σταθερά μόρια και σε αντίθεση με τα μονοτερπένια δεν κινδυνεύουν από τις υψηλές θερμοκρασίες της απόσταξης, η οποία αποτελεί και την καλύτερη μέθοδο απομόνωσής τους.

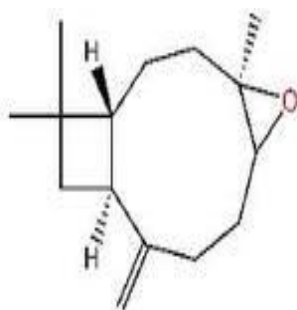
Το **καρνοφυλλένιο** ή (-)-β-καρνοφυλλένιο, είναι ένα φυσικό υδρογονανθρακικό σεσκιτερπένιο που είναι συστατικό πολλών αιθέριων ελαίων, όπως το αιθέριο έλαιο των γαρίφαλων, το αιθέριο έλαιο της κάνναβης *Cannabissativa* και του δεντρολίβανο *Officinalis Rosmarinus*. Συνήθως βρίσκεται ως μίγμα μαζί με το ισοκαρνοφυλλένιο και το α-καρνοφυλλένιο. Το καρνοφυλλένιο είναι ξεχωριστό γιατί έχει έναν κυκλοβουτανικό δακτύλιο, γεγονός που εμφανίζεται σπάνια στη φύση.



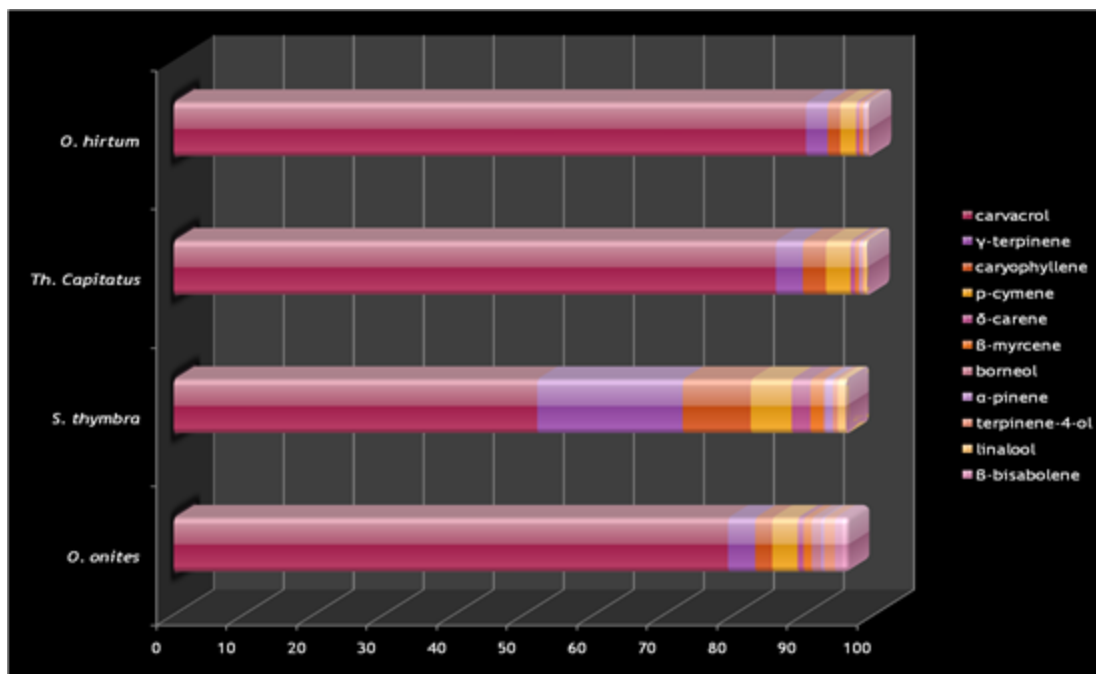
Καρνοφυλλένιο



α-Καρνοφυλλένιο



Οξείδιο του Καρνοφυλλενίου



Εικόνα 15. Ενδεικτικό ποσοστό % των χημικών σε κάθε είδος αρωματικού φυτού

### 13. Παραλλακτικότητα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους και την παραγωγή των αιθέριων ελαίων

Τα τέσσερα εξεταζόμενα είδη χαρακτηρίζονται από σημαντική γεωγραφική εξάπλωση στον ελλαδικό χώρο σε συνδιασμό με αξιοσημείωτη μορφολογική και χημική παραλλακτικότητα. Τα παραπάνω φυτά, εκτός από χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι της οικογένειας *Lamiaceae* είναι και χαρακτηριστικά είδη της γλωρίδας μεσογειακών οικοσυστημάτων (Kokkini *et al.*, 1991). Σύμφωνα με τον Μάργαρη (Margaris, 1981), ο παράγοντας που ευθύνεται για την ποικιλομορφία του φυτού είναι το ίδιο το μεσογειακό οικοσύστημα το οποίο χαρακτηρίζεται από περιορισμένους πόρους άρδευσης, ειδικά κατά την καλοκαιρινή περίοδο, σε συνδιασμό με ξηροθερμικές συνθήκες. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον επόμενο είναι οι παρόντες φυτικοί οργανισμοί να αναπτύξουν ανάλογους μηχανισμούς προσαρμογής που επηρεάζουν την βιοχημεία, τη φυσιολογία και τη δομή τους. Ανάμεσα σε αυτούς τους μηχανισμούς προσαρμογής περιλαμβάνεται και η παραγωγή του αιθέριου ελαίου.

Το σύνολο των ερευνών μέχρι σήμερα μαρτυρά υψηλή παραλλακτικότητα τόσο της απόδοσης σε αιθέριο έλαιο όσο και της περιεκτικότητας των επιμέρους συστατικών του ανάλογα με το στάδιο συγκομιδής του φυτού. Για το λόγο αυτό οι ερευνητές επισημαίνουν ότι πριν καταλήξουμε στο χρόνο συγκομιδής θα πρέπει να γίνουν περαιτέρω μελέτες ξεχωριστά για το κάθε φυτό, ιδίως αν αυτό προορίζεται για εμπορική χρήση (Baser *et al.*, 1993). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η παραλλακτικότητα που παρατηρείται μεταξύ των ειδών ως προς τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά δεν σχετίζεται με την παραλλακτικότητα τους ως προς τη χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων τους. Το παραπάνω

αναφέρεται από τους Vokou *et al.* (1993) για ελληνικούς πληθυσμούς *Origanum hirtum* όπου η διάκριση των πλούσιων σε καρβακρόλη φυτών και των πλούσιων σε θυμόλη φυτών με κριτήριο τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους υπήρξε αδύνατη.

### 13.1 Εποχική παραλλακτικότητα

Διάφορες έρευνες που κατά καιρούς έχουν γίνει αποδεικνύουν πως το στάδιο της ανθοφορίας είναι (συνήθως) για το φυτό το στάδιο εκείνο με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο (Baser *et al.*, 1993). Μελέτες σχετικά με τη απόδοση της *Origanum hirtum* έχουν δείξει ότι το είδος αυτό παράγει λιγότερο αιθέριο έλαιο κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, που συνοδεύεται από υγρασία και χαμηλές θερμοκρασίες και περισσότερο την περίοδο της ανθοφορίας, όταν επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες (Poulose & Croteau, 1978). Πράγματι, σύμφωνα με τον Μάργαρη (Margaris, 1981), οι συνθήκες του μεσογειακού κλίματος που περιγράφονται παραπάνω, ευνοούν την παραγωγή αιθέριου ελαίου. Σε γενικές γραμμές, η εποχική παραλλακτικότητα συνδέεται άμεσα με τις μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών όπως για παράδειγμα τη διαθεσιμότητα εδαφικής υγρασίας, τη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων, τη φωτοπερίοδο και το μήκος της ημέρας (Trivino & Johnson, 2000).

Έχει βρεθεί ότι η μείωση της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο, σε θυμόλη ή/και καρβακρόλη που παρουσιάζεται το φθινόπωρο, είναι κάτι που εμφανίζεται και κατά την ανάπτυξη του *Origanum syriacum* σε μικρές μέρες (Putievsky *et al.*, 1997). Παρομοίως, η *Origanum majorana* όταν αναπτύσσεται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες σε μικρές ημέρες, έχει μικρότερες αποδόσεις σε αιθέριο έλαιο (Circella *et al.*, 1995) ενώ το έλαιο της *Origanum hirtum* που συγκομίστηκε φθινόπωρο αναφέρθηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις π-κυμενίου (Kokkini *et al.*, 1997). Ως προς το τελευταίο, διάφορες έρευνες αναφέρουν ότι η απόδοση της *Origanum hirtum* σε αιθέριο έλαιο μειώνεται καθώς τα φύλλα ωριμάζουν και ξηραίνονται στο διάστημα που ακολουθεί μετά την άνθηση. Ως προς τις φαινόλες, η περιεκτικότητα σε θυμόλη ή/και καρβακρόλη μειώνεται ελαφρώς το φθινόπωρο ενώ το π-κυμένιο και γ-τερπινένιο εμφανίζουν έντονη διακύμανση, κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς είναι οι πρόδρομες ενώσεις των φαινολών (Poulose & Croteau, 1978).

Στην ίδια λογική κινείται και η παραλλακτικότητα που χαρακτηρίζει τα υπόλοιπα προς μελέτη φυτικά είδη. Σύμφωνα με τους Vokou *et al.* (1988), η περιεκτικότητα της *Origanum onites* σε αιθέριο έλαιο ήταν υψηλότερη προς το τέλος της ανθοφορίας και στα αρχικά στάδια του σχηματισμού του σπόρου. Αντίστοιχα οι Kofidis *et al.* (2003) διερευνώντας την ιδανικότερη χρονική στιγμή για συγκομιδή ανακάλυψαν ότι η υψηλότερη απόδοση των φύλλων σε αιθέριο έλαιο εμφανίστηκε στα μέσα Ιουλίου προς το τέλος της ανθοφορίας και στα αρχικά στάδια της καρπόδεσης ενώ η χαμηλότερη τον Ιούνιο, στο στάδιο λίγο πριν την άνθηση. Ως προς τη χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου, οι μέγιστες τιμές των

επιμέρους συστατικών εμφανίστηκαν τον Ιούνιο για τη θυμόλη, τον Ιούλιο για την καρβακρόλη, το π-κυμένιο και το γ-τερπινένιο και το Σεπτέμβριο για το α-πινένιο. Χαρακτηριστικά, οι Dudai *et al.*, (1989) αναφέρουν ότι καθώς το μήκος της ημέρας μεγαλώνει, η περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέριο έλαιο αυξάνεται όπως και οι συγκεντρώσεις των φαινολικών στοιχείων. Αντίθετα, σε συνθήκες μικρής ημέρας η απόδοση του ελαίου μειώνεται και το συστατικό εκείνο το οποίο κυριαρχεί είναι το π-κυμένιο. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και από άλλους ερευνητές (Circella *et al.*, 1995).

Όσον αφορά το είδος *Saturejathymbra* οι Chronianopoulos *et al.* (2006) βρήκαν ότι καθώς πλησιάζουμε στην περίοδο ανθοφορίας παρατηρείται σταδιακή μείωση των πρόδρομων ουσιών και ταυτόχρονη αύξηση στους φαινολικούς μεταβολίτες καρβακρόλη και θυμόλη. Συγκεκριμένα, στο στάδιο της προάνθησης, τα αιθέρια έλαια περιείχαν θυμόλη ως βασικό συστατικό, ενώ κατά την περίοδο ανθοφορίας συμπίπτει με μια απότομη μείωση των επιπέδων της καρβακρόλης και την επικράτηση της θυμόλης ως το κύριο συστατικό του αιθέριου ελαίου.

Αξιοσημείωτο υπήρξε το γεγονός ότι το άθροισμα των δύο φαινολικών μονοτερπενίων, καρβακρόλη και θυμόλη και των δύο βιοσυνθετικών προδρόμων τους, π-κυμένιο και γ-τερπινένιο εμφάνισε σταθερότητα, ασχέτως του σταδίου στο οποίο έγινε η συγκομιδή κάτι που επιβεβαιώνεται και από άλλους ερευνητές (Lawrence, 1984; Ravid & Putievsky, 1986).

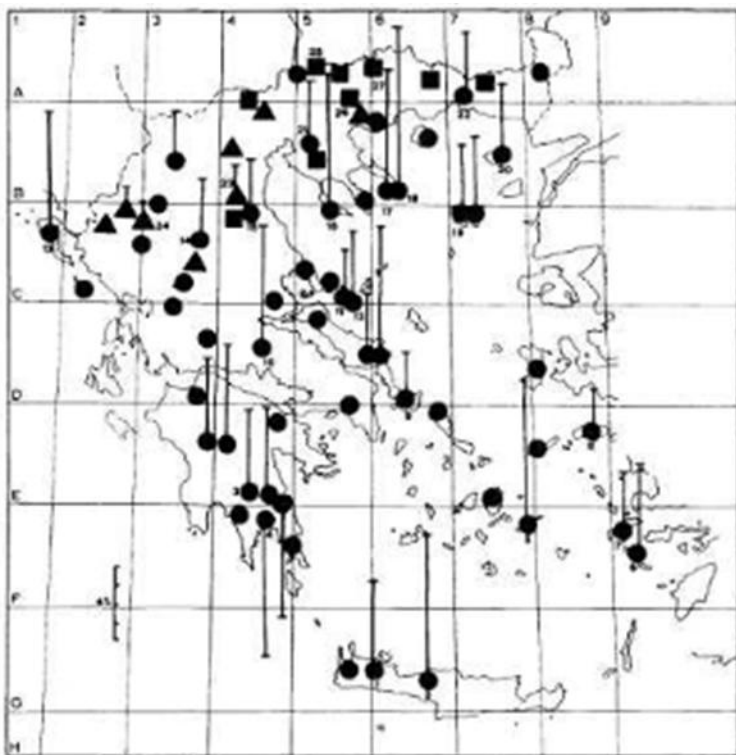
Επίσης, παρόμοια συμπεράσματα έχουν αναφερθεί και για τα διάφορα είδη θυμαριού. Οι Cabo *et al.* (1987) βρήκαν ότι η απόδοση σε αιθέριο έλαιο του *Thymushyemalis* κυμαινόταν από 0,15% το χειμώνα, έως 0,58% το καλοκαίρι ενώ οι εκατοστιαίες αναλογίες των βασικών συστατικών σε γενικές γραμμές ήταν σταθερές. Με βάση τα παραπάνω κατέληξε στο ότι καλύτερη εποχή για συγκομιδή του συγκεκριμένου είδους, τόσο από άποψη απόδοσης όσο και περιεκτικότητας σε φαινόλες, είναι κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά την πλήρη άνθηση.

Τέλος, σε πειράματα που έγιναν στην *Origanum onites* για τη σύνθεση του αιθέριου ελαίου σχετικά με το στάδιο συγκομιδής αλλά και την ώρα συλλογής των εναέριων μερών του φυτού έδειξαν ότι το ποσοστό καρβακρόλης ήταν μεγαλύτερο τις πρωινές ώρες σε αντίθεση με το ποσοστό της θυμόλης που παρουσίαζε χαμηλότερα ποσοστά την ίδια ακριβώς στιγμή (Toncer *et al.*, 2009). Επίσης, η παρατηρούμενη αύξηση του ποσοστού καρβακρόλης με παράλληλη μείωση του περιεχομένου του αιθέριου ελαίου σε θυμόλη οφείλεται στο στάδιο ανάπτυξης του φυτού και υποδεικνύει την ύπαρξη ενός βιοσυνθετικού συσχετισμού μεταξύ των δύο αυτών ενώσεων. Ο Baydar (2002) ανέφερε ότι τα βασικά συστατικά της ρίγανης, καρβακρόλη και η θυμόλη παρουσιάζουν αντίστροφη αναλογία. Ομοίως, Russo *et al.* (1998) ανέφεραν επίσης ότι το χημειοτυπικό προφίλ στα βοτανικά είδη, φέρει έναν γενετικά κωδικοποιημένο ενζυματικό εξοπλισμό ο οποίος κατευθύνει τη βιοσύνθεση του φυτού προς τον σχηματισμό των οριστικών ενώσεων. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι ακόμα και η χρονική στιγμή που

θα γίνει η συλλογή των εναέριων τμημάτων των αρωματικών φυτών μπορεί να έχει επίδραση στη σύσταση του αιθέριου ελαίου τους.

### 13.2 Γεωγραφική παραλλακτικότητα

Το είδος *Origanum hirtum* είναι το συνηθέστερο είδος ρίγανης που απαντάται στην Ελλάδα, παρουσιάζοντας μάλιστα ευρεία γεωγραφική εξάπλωση σε συνδιασμό με υψηλή μορφολογική ποικιλότητα (Kokkini *et al.*, 1991). Σύμφωνα με διάφορες έρευνες, το αιθέριο έλαιο του εν λόγω φυτού παρουσιάζει υψηλή παραλλακτικότητα σε ότι αφορά την απόδοση και τη χημική του σύσταση ενώ ως υπεύθυνοι παράγοντες για αυτό θεωρούνται το υψόμετρο και το κλίμα (Vokou *et al.*, 1993; Γαβαλάς, 2004). Οι Vokou *et al.* (1993) διερευνώντας την ποιοτική και ποσοτική φάση των αιθέριων ελαίων 23 διαφορετικών ελληνικών πληθυσμών της *Origanum hirtum* βρήκαν ότι οι υψηλότερες αποδόσεις καταγράφηκαν σε χαμηλότερα υψόμετρα και σε θερμότερα κλίματα, δηλαδή σε περιοχές αντιπροσωπευτικές των μεσογειακών οικοσυστημάτων (Εικόνα 16).



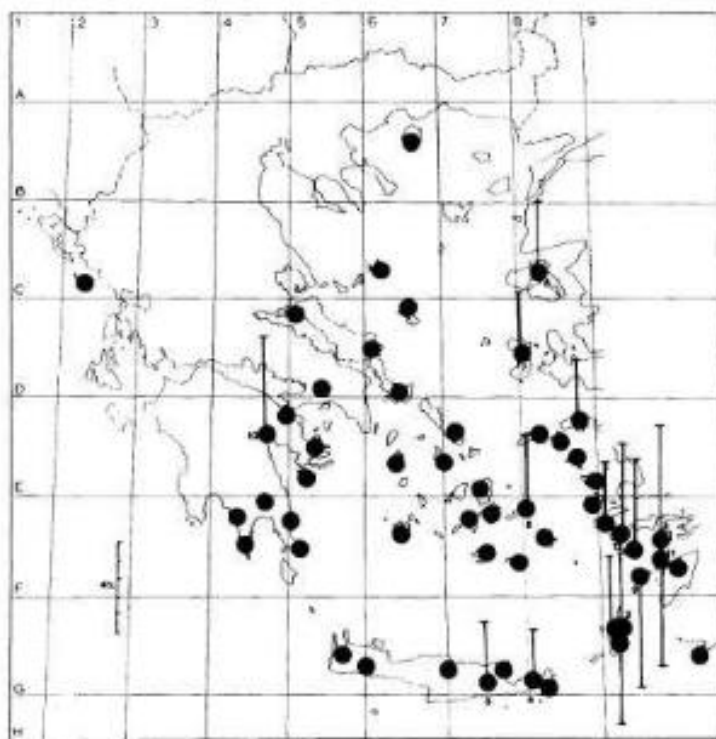
**Εικόνα 16.** Κατανομή της *Origanum vulgare* στην Ελλάδα και περιεκτικότητες αιθέριου ελαίου της με βάση το είδος: • subsp. *hirtum*, ▲ subsp. *viridulum*, ■ subsp. *vulgare* (Επιπλέον, το σήμα συμβολίζει περιεκτικότητες που κυμαίνονται μεταξύ 0,1% και 0,3%, λόγω των ορίων της κλίμακας). Αριθμημένοι πληθυσμοί είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για τη χημική ανάλυση. Vokou *et al.* (1993).

Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Γαβαλάς (2004) και Ανδρονής (1989) οι οποίοι αναφέρουν ότι για πληθυσμούς *Origanum hirtum* που αναπτύχθηκαν στη βόρεια και κεντρική Ελλάδα

παρουσιάστικαν υψηλότερες αποδόσεις στις περιοχές με ξηροθερμικές συνθήκες και χαμηλό υψόμετρο, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την τάση ελάτωσης της απόδοσης που παρατηρήθηκε στον Όλυμπο. Ο Κουτσός (2006) επεξηγεί το φαινόμενο λέγοντας ότι όσο το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος μεγαλώνουν, τόσο περιορίζεται το καλοκαίρι με αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου της φωτοσύνθεσης και των προϊόντων αυτής, ανάμεσα στα οποία είναι και τα συστατικά του αιθέριου ελαίου.

Παρομοίως, ο Ντάφης (1986) αναλύει την θετική επίδραση της θερμοκρασίας, ως μιας από τις κυριότερες κλιματικές παραμέτρους, εξηγώντας ότι σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες η εξάτμιση του εδαφικού νερού εντείνεται με αποτέλεσμα την έντονη διαπνοή των φυτών και κατ'επέκταση την αύξηση της απόδοσης του ελαίου. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τους Kofidis *et al.*, (2003) με βάση την αρνητική συσχέτιση που παρατήρησαν μεταξύ του ύψους των φυτών αλλά και της φωτοσύνθεσης τους σε σχέση με το υψόμετρο σε φυτά *Origanum vulgare*.

Σύμφωνα με τους Vokou *et al.* (1993) η *Origanum onites* βρίσκεται κυρίως στη νότια και ανατολική πλευρά της Ελλάδας (Εικόνα 17).

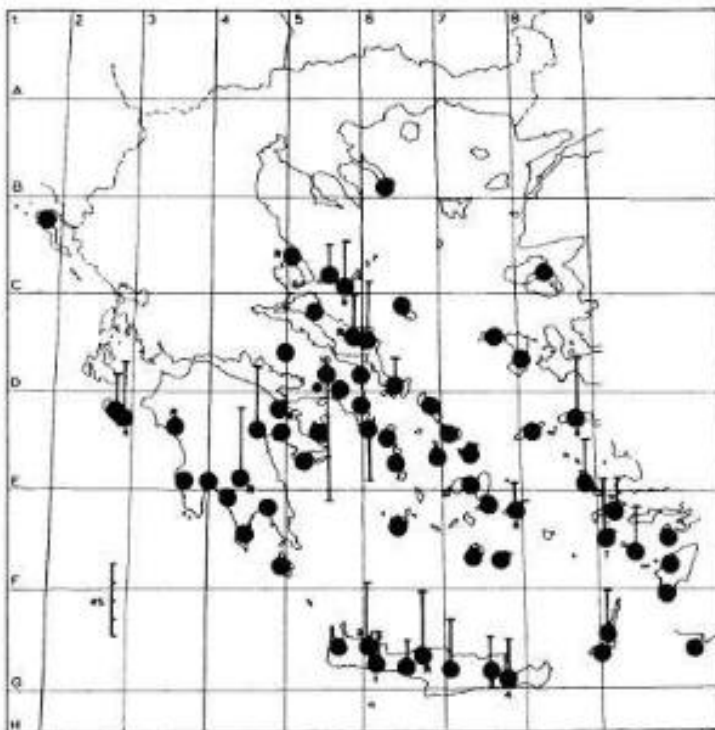


**Εικόνα 17.** Κατανομή της *Origanum onites* στην Ελλάδα και περιεκτικότητες αιθέριου ελαίου της. Αριθμημένοι πληθυσμοί είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για τη χημική ανάλυση. Vokou *et al.* (1993).

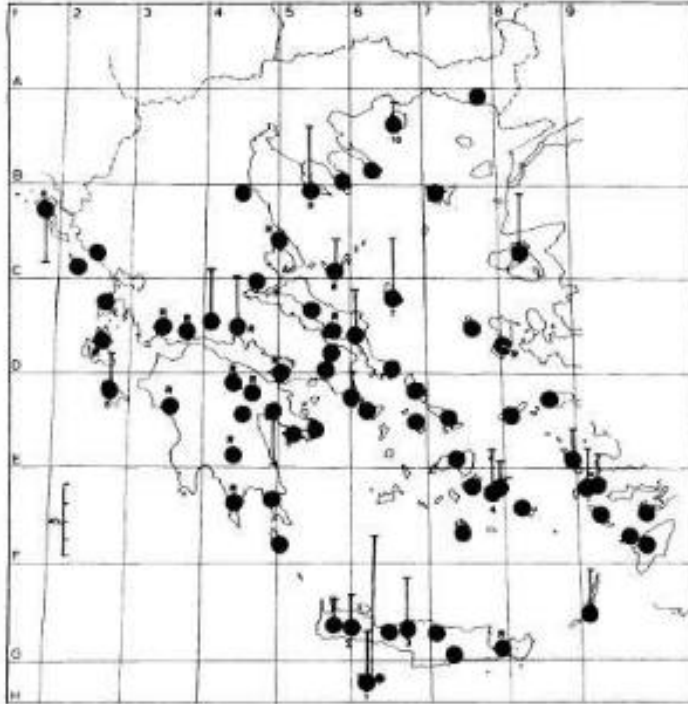
Ανάλογες έρευνες διεξήχθησαν και για άλλα είδη αρωματικών φυτών της οικογένειας *Lamiaceae*. Οι Karousou *et al.* (2005) σε μελέτη της επίδρασης του φυσικού περιβάλλοντος στη σύσταση αιθέριων ελαίων των *Saturejathymbra* και *Coridothymus capitatus* συλλεγμένων από 13 τοποθεσίες της

Κρήτης, βρήκαν ότι το γεωγραφικό πλάτος έπαιξε ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, καθώς και οι πληθυσμοί στο νοτιότερο τμήμα του νησιού εμφανίστηκαν παραγωγικότεροι σε σχέση με αυτούς που φύονται βορειότερα, ειδικότερα στην κεντρική και ανατολική Κρήτη. Επίσης, πέρα από την αντίστροφη σχέση απόδοσης και υψομέτρου παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα που συλλέχθηκαν από ξηρούς, νάνους, θαμνώδεις σχηματισμούς πεδινών περιοχών εμφάνισαν υψηλή περιεκτικότητα σε καρβακρόλη (μέχρι και 75,7%) ενώ αυτά που συλλέχθηκαν από ορεινές περιοχές εμφάνισαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε θυμόλη (μέχρι και 65,6%).

Ακόμα, σύμφωνα με τους Vokou *et al.* (1993) το *Coridothymuscapitatus* απαντάται σχεδόν σε όλη την Ελλάδα εκτός από την Βόρεια Ελλάδα και αυτό γιατί το είδος αυτό είναι καθαρά μεσογειακό. Το ίδιο φαίνεται να συμβαίνει και στο *Saturejathymbra*. Τα δύο αυτά αρωματικά φυτά παρόλο που ανήκουν σε διαφορετικά είδη παρουσιάζουν κάποια κοινά μορφολογικά και χημικά χαρακτηριστικά. Αναπτύσσονται και τα δύο στο ίδιο κλίμα, πάντα σε μεσογειακό οικοσύστημα, ενώ πολλές φορές βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο. Ωστόσο η κατανομή του *Saturejathymbra* είναι λιγότερο διαδεδομένη από αυτή του *Coridothymuscapitatus*. (Εικόνα 18 και 19)



**Εικόνα 18.** Κατανομή του *Satureja thymbra* στην Ελλάδα και περιεκτικότητες αιθερίου ελαίου της. Αριθμημένοι πληθυσμοί είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για τη χημική ανάλυση. Vokou *et al.* (1993).



**Εικόνα 19.** Κατανομή του *Coridothymus capitatus* στην Ελλάδα και περιεκτικότητες αιθερίου ελαίου της. Αριθμημένοι πληθυσμοί είναι εκείνοι που χρησιμοποιούνται για τη χημική ανάλυση. Vokou *et al.* (1993).

Ανάλογα αποτελέσματα προέκυψαν και σε μελέτη αυτόχθονων πληθυσμών του *Thymus vulgaris* στη νότιο Γαλλία όπου παρατηρήθηκε ότι σε περιοχές με ξηροθερμικές συνθήκες, παραπλήσιες των μεσογειακών οικοσυστημάτων, κυριαρχούσαν χημειότυποι φαινολικών στοιχείων, δηλαδή καρβακρόλης και θυμόλης (C, T). Αντίθετα, σε ορεινές περιοχές, με υψόμετρο άνω των 400 m, με ψυχρό κλίμα και συχνές βροχοπτώσεις επικράτησαν χημειότυποι μη φαινολικών συστατικών όπως λιναλοόλης (L) και γερανιόλης (G) (Passet, 1971).

### 13.3 Γενετική παραλλακτικότητα

Οι περισσότεροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι μεγάλες διακυμάνσεις που παρατηρούνται στην εκατοστιαίο ποσοστό των συστατικών έχουν να κάνουν τόσο με τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες όσο και με γενετικούς παράγοντες. Ως προς τη δεύτερη άποψη, διάφορες έρευνες έδειξαν ότι υπάρχουν δύο αλληλόμορφα γονίδια υπεύθυνα για τη φύση του φαινολικού στοιχείου που θα συσσωρευτεί (Vernet *et al.*, 1977). Ωστόσο, σύμφωνα με τους Vokou *et al.* (1993), ως προς το είδος *Origanum hirtum* ειπώθηκε πως δεν φίνεται να υποθέσουν με βεβαιότητα ότι η συσσώρευση καρβακρόλης ή θυμόλης υπακούει σε ένα απλό κληρονομικό κανόνα. Πάντα όμως, όσον αφορά τα ελληνικά δεδομένα, τα δύο



επικρατέστερα στοιχεία θα είναι οι φαινόλες, με την καρβακρόλη να απαντάται συχνότερα στην πρώτη θέση (Kokkini*et al.*, 1994).

Επίσης, οι Gavalas *et al.* (2011) σε μελέτη τους δείχνουν ότι οι διάφοροι πληθυσμοί της ρίγανης που έχουν αναπτυχθεί σε διάφορες περιοχές στην Ελλάδα στην πραγματικότητα ανήκουν σε οικοτύπους. Ένας πρωταρχικός στόχος για την επιλογή αυτών των οικοτύπων είναι πιθανό ότι η παραγωγή αιθέριων ελαίων γίνεται για να αντιμετωπίσει το φυτό την περίοδο της ξηρασίας το καλοκαίρι. Αν είναι αυτή η περίπτωση, η διακύμανση εντός των ειδών των αρωματικών ειδών που απαντούνται στην Ελλάδα είναι πολύ υψηλό, δεδομένου ότι η χώρα είναι εξαιρετικά μεταβλητή στο κλίμα και την τοπογραφία της (Kokkini *et al.*, 1994).

Δεδομένου ότι η ρίγανη έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ως εμπορική καλλιέργεια οι πλέον κατάλληλοι οικοτύπων προς χρήση ως ποικιλίες παραγωγής για παραγωγή αιθέριου ελαίου φαίνεται να είναι εκείνοι που έχουν εξελιχθεί σε πιο ξηροθερμικά περιβάλλοντα: οι πληθυσμοί που έχουν εξελιχθεί σε αυτό το περιβάλλον όχι μόνο έχουν υψηλότερο περιεχόμενο σε φαινολικά στο αιθέριο έλαιό τους, αλλά και παράγουν περισσότερο αιθέριο έλαιο ανά φυτό, αν και παράγουν λιγότερη φυτομάζα ανά μονάδα.

### **13.4 Παραλλακτικότητα λόγω ηλικίας του φυτού**

Σύμφωνα με διάφορους ερευνητές, το φαινόμενο της εποχικής διακύμανσης δεν μπορεί και δεν θα πρέπει να διαχωριστεί από την διαδικασία της ανάπτυξης. Χαρακτηριστικά ο Kazantzis (1999) κάνει λόγο για πάνω από διπλάσια συγκέντρωση αιθέριου ελαίου στα νεότερα φύλλα από ότι στα μεγαλύτερης ηλικίας τον Μάρτιο, ωστόσο η διαφορά αυτή εξαφανίστηκε ως το τέλος Μαΐου. Τον Μάρτιο η περιεκτικότητα του π-κυμενίου ήταν υψηλότερη συγκριτικά με τη συγκέντρωση της καρβακρόλης και αυτό παρατηρήθηκε εντονότερα στα πιο γηρασμένα φύλλα. Συμπληρωματικά, οι Avato*et al.* (2005) αναφέρουν ότι το γ-τερπινένιο παρουσιάζει πτωτική τάση σε φυτά μεγαλύτερης ηλικίας συγκριτικά με αυτά νεαρότερης. Πιθανή εξήγηση του φαινομένου αυτού αποτελεί η ενεργοποίηση διαφόρων “διαδρομών” στο μεταβολισμό των τερπενοειδών.

## **14. Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή και τη σύσταση των αιθερίων ελαίων στα φυτά**

### **14.1 Γενικά**

Τα αιθέρια έλαια μαζί με τα αλκαλοειδή και τα φαινολικά συστατικά είναι σημαντικά συστατικά του δευτερογενούς μεταβολισμού του φυτού. Η αξία τους κρίνεται τόσο από τη μέχρι σήμερα γνωστή χρήση τους από τη βιομηχανία φαρμάκων, τροφίμων και αρωμάτων, αλλά και από τις αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητές τους που ενισχύουν τη χρήση των αιθερίων ελαίων στα τρόφιμα. Καθίσταται έτσι τις περισσότερες φορές απαραίτητο να είναι γνωστή η κατάλληλη εποχή συλλογής, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή σύσταση και απόδοση σε αιθέριο έλαιο. Για να γίνει αυτό εφικτό, θα

πρέπει να είναι γνωστοί οι παράγοντες που καθορίζουν τη χημική σύσταση καθώς και την απόδοση του αιθερίου ελαίου στα φυτά. Στη συνέχεια αναλύονται κάποιοι από αυτούς τους παράγοντες οι οποίοι και συζητούνται στην παρούσα εργασία (Figueiredoetal. 2008).

#### **14.2 Μεταβολές στη φυσιολογία του φυτού**

Οι μεταβολές στη φυσιολογία του φυτού αφορούν:

- Το στάδιο ανάπτυξης των οργάνων (φύλλα, άνθη, καρποί)
- Το μέρος του φυτού (φύλλα, άνθη κ.λπ.) που αναλύεται
- Το εκκριτικό όργανο που παράγει τα αιθέρια έλαια
- Την εποχική διακύμανση
- Τις μηχανικές και χημικές βλάβες

#### **14.3 Το στάδιο ανάπτυξης των οργάνων**

Το στάδιο ανάπτυξης των οργάνων του φυτού (φύλλα, άνθη, καρποί) είναι καθοριστικό για τη σύσταση του αιθερίου ελαίου του φυτού. Στις περισσότερες περιπτώσεις η απόδοση σε αιθέριο έλαιο είναι αυξημένη την περίοδο της ανθοφορίας. Ταυτόχρονα, η αναλογία κάποιων συστατικών αυξάνεται από 10%, που μπορεί να βρισκόταν στα αρχικά στάδια, σε 50-70% στο στάδιο της πλήρους άνθησης. Σύμφωνα με τους Májnezetal. (1991), οι αλλαγές που παρατηρούνται στη σύσταση των πτητικών συστατικών κατά την ωρίμανση των οργάνων οφείλονται σε αντιδράσεις κυκλοποίησης και αφυδάτωσης των συστατικών

#### **14.4 Το μέρος του φυτού που αναλύεται**

Στις περισσότερες περιπτώσεις η σύσταση του αιθερίου ελαίου εξαρτάται από το μέρος του φυτού που αναλύεται: άνθη, πράσινα μέρη (φύλλα, βλαστοί), φλοιοί, ολόκληροι καρποί, περικάρπιο ή μόνο σπόροι, ρίζες κ.α. Στο είδος *Achillea plarmica*, έχει βρεθεί ότι τα μονοτερπένια υπάρχουν μόνο στα άνθη και σχεδόν καθόλου στα πράσινα μέρη και τις ρίζες. Υψηλές συγκεντρώσεις μονοτερπενίων κυρίως α-φελλανδρενίου, λιμονενίου και φενχόνης στο αιθέριο έλαιο των ανθέων σχετίζονται με τη διαδικασία της επικονίασης. Η συγκέντρωση των τερπενοειδών είναι γενικά μεγαλύτερη στα αναπαραγωγικά όργανα, συνήθως, στην περίοδο πριν και ταδιάρκεια της άνθησης. Επίσης, εξαιτίας του προστατευτικού ρόλου που παρέχουν στο φυτό έναντι φυσικών εχθρών, η συγκέντρωσή τους είναι αυξημένη στα νεαρά όργανα παρά στα ώριμα.

#### **14.5 Το εκκριτικό όργανο που παράγει τα αιθέρια έλαια**

Οι διαφορές στη σύσταση του αιθερίου ελαίου στα διάφορα μέρη του φυτού μπορεί να εξηγηθεί εν μέρει και από την ετερογενή κατανομή των εκκριτικών οργάνων (τριχίδια, πόροι) στο φυτό. Συχνά από τα όργανα αυτά δεν εκκρίνονται τα ίδια συστατικά, ενώ μπορεί και ο μηχανισμός έκκρισης να είναι διαφορετικός ή ακόμα και να μην αναπτύσσονται ταυτόχρονα σε όλα τα μέρη του φυτού. Το είδος και η θέση των οργάνων αυτών είναι χαρακτηριστικά για κάθε οικογένεια.

#### **14.6 Εποχική διακύμανση**

Σε πολλά είδη η σύσταση του αιθερίου ελαίου τους μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους, γεγονός που καθορίζει και την εποχή συλλογής του φυτού. Έτσι, ανάλογα με την εποχή παρατηρούνται αλλαγές στην ταυτότητα του κύριου συστατικού (*Crithmum maritimum*) ή ακόμη και της κύριας ομάδας (*Achillea millefolium*, οικ. *Asteraceae*). Συχνά οι μεταβολές στη σύσταση όσο και στην απόδοση σε αιθέριο έλαιο συνδέονται με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν τους διάφορους μήνες του έτους (διάρκεια ηλιοφάνειας, θερμοκρασία, υγρασία) ή ακόμη και με επιμολύνσεις από παθογόνους μικροοργανισμούς (ιδιαίτερα κατά τους μήνες με υψηλή βροχόπτωση). Σε κάθε περίπτωση η εποχή συλλογής επιλέγεται βάσει του επιθυμητού συνδυασμού σύστασης και απόδοσης σε αιθέριο έλαιο.

#### **14.7 Μηχανικές και χημικές βλάβες**

Η συγκέντρωση των δευτερογενών μεταβολιτών στο φυτό επηρεάζεται από πληγές ή προσβολές που μπορεί να προκληθούν από αρπακτικά πτηνά ή ακόμη και από την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων. Στις περιπτώσεις αυτές νέα συστατικά μπορεί να παραχθούν ή ακόμη μπορεί να παρατηρείται αύξηση στη συγκέντρωση ή/και αλλαγή στις αναλογίες των ήδη υπάρχοντων συστατικών. Η αντίδραση ενός υγιούς φυτού σε οποιοδήποτε είδος μηχανικής ή χημικής βλάβης επιπλέον εξαρτάται και από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, τη διαθεσιμότητα του νερού, την ηλιοφάνεια κ.α.

#### **14.8 Περιβαλλοντικοί παράγοντες**

##### **14.8.1 Το κλίμα**

Η παραγωγή των αιθερίων ελαίων εξαρτάται άμεσα από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον ανάπτυξης του φυτού. Το κλίμα είναι ίσως ο μοναδικός παράγοντας που διαφεύγει του ανθρώπινου ελέγχου, γι' αυτό και θεωρείται καθοριστικός στην ποιότητα των αιθερίων ελαίων. Έτσι, εξαιτίας των άνυδρων και θερμών καλοκαιρινών μηνών των τελευταίων ετών παρατηρήθηκε μείωση στην απόδοση σε αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου (στην Τυνησία) από 60-70 tn στους 20 tn για τα έτη 2002 και 2003 αντίστοιχα (Ouahada, 2004). Οι Turtola *et al.* (2003) έδειξαν ότι υπό συνθήκες ξηρασίας η συγκέντρωση των τερπενίων αυξάνεται, ενώ μειώνεται η ανάπτυξη στα φυτά *Pinus sylvestris* και *Picea abies*. Στα είδη *Coriandrum sativum* και *Thymus vulgaris* η απόδοση σε αιθέριο έλαιο αυξάνει με την

αύξηση της άρδευσης. Σε συνθήκες ξηρασίας μειώνεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών και μεταβάλλεται η ικανότητα πρόσληψης θρεπτικών συστατικών. Κάτω από τέτοιες συνθήκες στρες, τα φυτά είναι περισσότερο επιρρεπή σε παθολογικούς οργανισμούς και φυτοφάγα ζώα.

#### **14.8.2 Γεωγραφική θέση**

Από πολλές βιβλιογραφικές αναφορές επιβεβαιώνεται ότι συχνά τόσο η απόδοση όσο και η σύσταση του αιθέριου ελαίου για το ίδιο είδος φυτού εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση της καλλιέργειας. Έτσι, στη βιβλιογραφία παρατηρείται μία αξιοσημείωτη ποικιλοπλοκότητα στην περιεκτικότητα των συστατικών αιθέριου ελαίου σε κάποια είδη φυτών (π.χ. *T. vulgaris*) που υποδηλώνει την ύπαρξη χημειοτύπων. Η ύπαρξη χημειοτύπων είναι το αποτέλεσμα διαφορών στις περιβαλλοντικές συνθήκες, στις συνθήκες καλλιέργειας (γεωγραφικό ύψος, ηλιοφάνεια, τύπος εδάφους), οι οποίες καταλήγουν και σε γενετικές διαφοροποιήσεις των ειδών.

#### **14.8.3 Γενετικοί παράγοντες**

Η παραγωγή και η χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων από τα φυτά είναι γενετικά καθορισμένη. Ωστόσο, μικρές διαφορές στο γονότυπο ατόμων του ίδιου είδους επηρεάζουν σημαντικά τη χημική σύσταση των δευτερογενών μεταβολιτών (δημιουργία χημειοτύπων), χωρίς να μεταβάλλουν την μορφολογία του (<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/chemotype>; Nemeth 2005).

### **15. Παραλαβή των αιθέριων ελαίων από τα φυτά**

Η μέθοδος η οποία ακολουθείται για την παραλαβή ενός αιθέριου ελαίου είναι από τους σπουδαιότερους παράγοντες διασφάλισης της ποιότητάς του. Σκοπός της επιλογής μεταξύ των μεθόδων είναι το τελικό προϊόν να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερο σε σύσταση με το αιθέριο έλαιο του φυτού. Κλειδί σε αυτή τη διαδικασία είναι οι ήπιες συνθήκες απομόνωσης, δηλαδή η χαμηλή πίεση και θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της μεθόδου. Υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες καθώς και η χρήση διαλυτών μπορούν να αλλάξουν τη μοριακή δομή των ενώσεων, να καταστρέψουν τις φαρμακευτικές ιδιότητες και το άρωμα του αιθέριου ελαίου. Για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου λαμβάνονται υπ' όψιν τα εξής:

1. Το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού
2. Η περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέρια έλαια
3. Η αξία του αιθέριου ελαίου
4. Η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου

## 15.1 Απόσταξη

Συνήθως, τα έλαια παραλαμβάνονται από το αντίστοιχο φυτικό υλικό (φύλλα, κορμός, κλαδιά, ρίζες, άνθη κλπ) με τις παρακάτω τεχνικές απόσταξης:

- Απόσταξημευδρατμούς (steam distillation-SD).
- Υδροαπόσταξη (Hydrodistillation-HD).
- Μικροαπόσταξη με υδρατμούς εκχύλισης με οργανικό διαλύτη (Microsteamdistillation-MSDE).
- Απόσταξημεκενό (vacuum head space distillation -VHSD).
- Μικροκύματα (microwave assisted extraction-MAE).

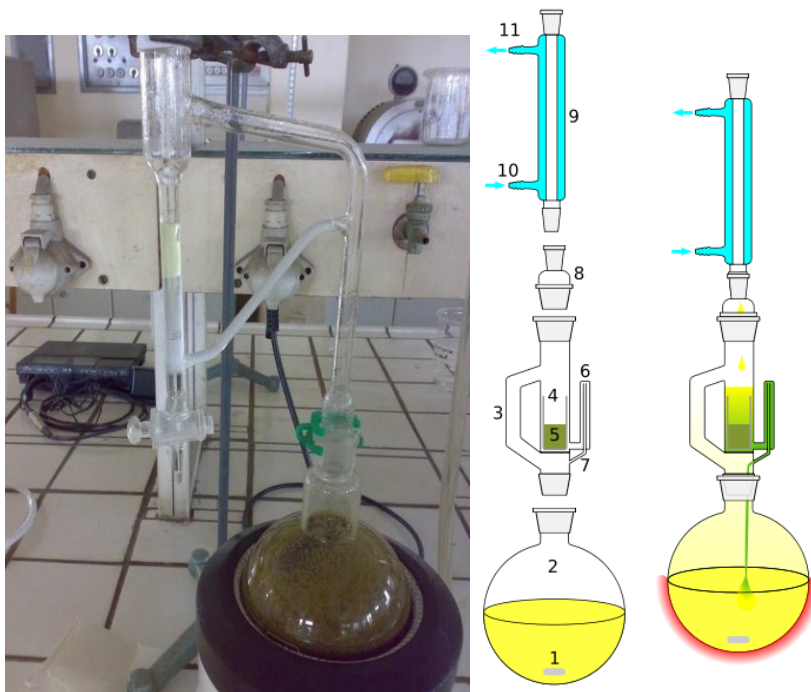
Η υδροαπόσταξη είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε εργαστηριακή κλίμακα (Εικόνα 20). Χαρακτηριστικό γνώρισμά της είναι ότι το φυτικό υλικό βρίσκεται σε νερό υπό βρασμό, οι ατμοί του οποίου τελικά εκχυλίζουν το αιθέριο έλαιο του φυτού. Το μείγμα τοποθετείται εντός σφαιρικής φιάλης θέρμανσης η οποία συνδέεται με μια ειδική συσκευή ψύξης Clevenger στην οποία οι ατμοί υγροποιούνται και διαχωρίζεται το έλαιο από το νερό λόγω της διαφορετικής τους πυκνότητας. Η ταχύτητα της απόσταξης ρυθμίζεται από την ένταση της θέρμανσης, η αύξηση της οποίας επιφέρει τη διάσπαση των διάφορων συστατικών του αιθέριου ελαίου και την υποβάθμιση της ποιότητάς του.

### Πλεονεκτήματα της μεθόδου:

1. απλή χρήση
2. μικρό κόστος της αποστακτικής συσκευής
3. εύκολη μεταφορά της συσκευής
4. είναι κατάλληλη και για υλικά όπως ρίζες, ξύλο και καρπούς

### Μειονεκτήματα:

1. δεν είναι κατάλληλη για μεγάλες ποσότητες φυτικού υλικού
2. περισσότερο χρονοβόρα από άλλες μεθόδους
3. η απόδοση σε αιθέριο έλαιο είναι σχετικά μικρή
4. η ποιότητα του αιθέριου ελαίου είναι κατώτερη λόγω διάσπασης ορισμένων ευαίσθητων συστατικών.



**Εικόνα 20.** Συσκευή απόσταξης με υδατμούς

## 15.2 Εκχύλιση

Η συνήθης περίπτωση διαχωρισμού με εκχύλιση, είναι η υγρό- υγρό εκχύλιση. Η εκχύλιση αυτή με υγρούς διαλύτες (συνήθως νερό – οργανικός διαλύτης) βασίζεται στην κατανομή της διαλυμένης ουσίας μεταξύ δύο υγρών, τα οποία είναι πρακτικώς μη αναμίξιμα ( υδατική – οργανική φάση). Στην υδατική φάση κατά κύριο λόγο συλλέγονται οι πολικές ουσίες και τα ανόργανα συστατικά, ενώ στην οργανική οι μη πολικές ουσίες. Η μέθοδος της εκχύλισης χρησιμοποιείται για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου από φυτικά υλικά , τα οποία είναι ευπαθή στην απόσταξη, όπως άνθη και φύλλα. Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο εκχυλιστικό υλικό, διακρίνεται σε εκχύλιση με ψυχρό λίπος, εκχύλιση με θερμό λίπος, με πτητικούς διαλύτες και σε υπερκρίσιμη εκχύλιση.

- Εκχύλιση με πτητικούς διαλύτες

Ως διαλύτες χρησιμοποιούνται κυρίως ο πετρελαιϊκός αιθέρας, το βενζόλιο, η αιθυλική αλκοόλη. Το προϊόν που λαμβάνεται κατά την εκχύλιση, μετά την απομάκρυνση του πτητικού διαλύτη, εκτός από το αιθέριο έλαιο περιέχει και άλλες ουσίες, όπως κύρους και χρωστικές. Μετά από επεξεργασία με αιθυλική αλκοόλη λαμβάνεται τελικά το αιθέριο έλαιο.

- Εκχύλιση με ψυχρό λίπος

Η εκχύλιση με ψυχρό λίπος αποτελεί βελτίωση του τρόπου παρασκευής αρωματικών αλοιφών. Το λίπος που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι καθαρό και ημίσκληρο. Το λίπος έχει την ικανότητα να απορροφά και να συγκρατεί τις πτητικές ουσίες με τις οποίες έρχεται σε επαφή. Η εκχύλιση διαρκεί 24-

30 h, ενώ το λαμβανόμενο λίπος μαζί με το αιθέριο έλαιο ή διατίθεται ως έχει ή επεξεργάζεται με αλκοόλη .

- Εκχύλιση με θερμό λίπος

Η εκχύλιση αυτή ομοιάζει με την εκχύλιση με ψυχρό λίπος, με τη διαφορά ότι τα άνθη και το λίπος τοποθετούνται σε δοχεία που θερμαίνονται στους 800C. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την παραλαβή των αιθερίων ελαίων από εσπεριδοειδή και τριαντάφυλλα.

- Εκχύλιση με υδρόφιλους διαλύτες

Τελευταία χρησιμοποιούνται υδατοδιαλυτοί διαλύτες ως εκχυλιστικά μέσα ή σε ανάμιξη με το νερό, για την παραλαβή των περισσοτέρων φυτικών συστατικών , που χρησιμοποιούνται στην κοσμετολογία. Τέτοιοι διαλύτες είναι η αιθυλενογλυκόλη, προπυλενογλυκόλη, η βουτεενογλυκόλη.

- Υπερκρίσιμη Εκχύλιση (SFE)

Κάθε συστατικό σε θερμοκρασία και πίεση πάνω από το κρίσιμο σημείο (το σημείο που αλλάζει φάση) βρίσκεται σε υπερκρίσιμη κατάσταση. Πάνω από την κρίσιμη θερμοκρασία ένα συστατικό που είναι αέριο δεν μπορεί να υγροποιηθεί παράλλη την εφαρμογή υψηλής πίεσης. Η κρίσιμη πίεση είναι των ατμών του αερίου σε κρίσιμη θερμοκρασία. Το ρευστό σε υπερκρίσιμο περιβάλλον διατηρεί τις ιδιότητες τόσο της υγρής όσο και της αέριας φάσης. Η υπερκρίσιμη εκχύλιση είναι μια ραγδαία αναπτυσσόμενη μέθοδος διαχωρισμού, χρησιμοποιώντας διαλύτες όπως το διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub> σε υπερκρίσιμες συνθήκες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πλήρη απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> από το εκχύλισμα, με μια απλή εκτόνωση σε ατμοσφαιρική πίεση. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι η μεγάλες πιέσεις λειτουργίας, που συνεπάγεται μεγάλο κόστος, καθώς επίσης και η πολυπλοκότητά της.

### **15.2.1 Εκχύλιση με τη χρήση υπερήχων (Ultrasound Assisted Extraction- USE)**

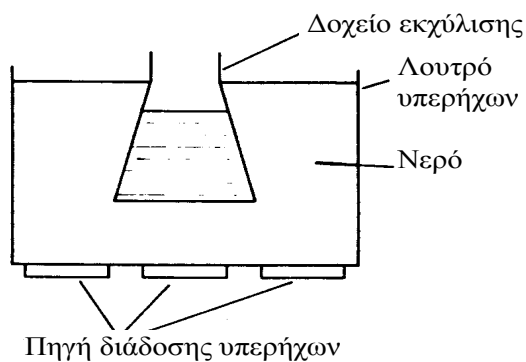
Η εκχύλιση με την χρήση υπερήχων είναι μια σύγχρονη τεχνική που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια βασισμένη στην προϋπάρχουσα τεχνολογία, που αναπτύχθηκε αρχικά για εφαρμογές σε εμπορική κλίμακα κυρίως για καθαρισμούς ιατρικών εργαλείων και σε πειραματικό επίπεδο για την επιτάχυνση ή εκτέλεση συνθετικών αντιδράσεων. Προκειμένου για την παραλαβή με την χρήση υπερήχων απαιτείται ειδικός εξοπλισμός, που ονομάζεται στο σύνολό του λουτρό υπερήχων. Η εικόνα 21 παρουσιάζει ένα λουτρό υπερήχων παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.



**Εικόνα 21.** Λουτρό υπερήχων

Το λουτρό υπερήχων αποτελείται από ένα κάδο ο οποίος είναι κατασκευασμένος από ανελαστικό υλικό (συνήθως ανοξείδωτο ατσάλι). Στη βάση του κάδου και σε επαφή με αυτόν βρίσκονται οι πηγές υπερήχων. Στο απλό λουτρό υπερήχων που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα που περιγράφονται παρακάτω οι πηγές ήταν τρεις (3) και η συχνότητά του 36 kHz (Εικόνα 22).

Ο κάδος πληρώνεται με υγρό που χρησιμεύει σαν μέσο διάδοσης των υπερήχων προς το υλικό που θέλουμε να δεχθεί την επίδρασή τους, στη δική μας περίπτωση το υλικό είναι ο φυτικός ιστός που θέλουμε να εκχυλίσουμε.



**Εικόνα 22.** Σχηματική διάταξη λουτρού υπερήχων

Το φυτικό υλικό πρέπει επίσης να βρίσκεται τοποθετημένο μέσα σε γυάλινο περιέκτη και μέσα σε υλικό που θα μεταδώσει τους υπερήχους στους ιστούς. Ενώ στην πλειοψηφία των περιπτώσεων το



λουτρό υπερήχων γεμίζεται με νερό, η γιάλη που περιέχει το φυτικό υλικό μπορεί να περιέχει σχεδόν κάθε γνωστό διαλύτη.

Η λειτουργία του λουτρού υπερήχων ελέγχεται από ηλεκτρικά εξαρτήματα, ενώ οι παράμετροι που μπορούν να ρυθμιστούν είναι ο χρόνος και η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας.

Οι υπέρηχοι που παράγονται από τις πηγές, μεταδίδονται μέσω του υγρού το οποίο τους μεταδίδει προς όλες τις κατευθύνσεις. Στα σημεία συμβολής διαφορετικών κυμάτων που είτε προέρχονται από τις πηγές είτε από την αντανάκλαση στα τοιχώματα του λουτρού, δημιουργούνται λόγω των αντίθετα κατευθυνόμενων κυμάτων φυσαλίδες υψηλού κενού οι οποίες καταρρέουν πολύ σύντομα μετά τη δημιουργία τους.

Η παρουσία των φυσαλίδων αυτών κοντά στους φυτικούς ιστούς προκαλούν ρήξη των ιστών καθώς τα κύτταρα έχουν στο εσωτερικό τους μεγαλύτερη πίεση κατά την στιγμή εκείνη από το περιβάλλον τους. Η ρήξη αυτή είναι το ζητούμενο καθώς με την διαρραγή των κυττάρων το περιεχόμενό τους έρχεται σε επαφή με το υγρό μέσο που τα περιβάλλει με αποτέλεσμα να διαλύεται μια ποσότητα εφόσον υπάρχει διαλυτότητα.

#### Πλεονεκτήματα και εφαρμογές των υπερήχων

Οι κλασσικές μέθοδοι εκχύλισης με διαλύτες βασίζονται στην κατάλληλη επιλογή διαλύτη σε συνδυασμό με τη χρησιμοποίηση θερμότητας ή/και ανάδευσης για ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Με τη χρήση των υπερήχων η διαδικασία της εκχύλισης βελτιώνεται σημαντικά γιατί επιτυγχάνεται καλύτερη διείσδυση του διαλύτη στα φυτικά κύτταρα και άρα αποτελεσματικότερη εκχύλιση ενώ σε πολλές περιπτώσεις λαμβάνονται και μεγαλύτερες αποδόσεις, καθώς και επιτάχυνση της διαδικασίας αφού διαρκεί μόλις λίγα λεπτά.

Οι υπέρηχοι χρησιμοποιούνται με επιτυχία σε πολλούς τομείς όπως στη βιολογία και βιοχημεία, στη συγκόλληση πλαστικών και μετάλλων, στη γεωγραφία και γεωλογία, στη βιομηχανία χρωστικών υλών, πλαστικών και πολυμερών, στην οργανική σύνθεση, αλλά και στην οδοντοϊατρική και ιατρική επιστήμη. Αξιόλογη έρευνα σημειώνεται και στη βιομηχανία τροφίμων από την εφαρμογή τους σε διεργασίες ανάμειξης, εκχύλισης, κρυστάλλωσης, φιλτραρίσματος, ξήρανσης, απαέρωσης, οξειδωσης, αποστείρωσης συσκευών κ.α.

Στον τομέα της εκχύλισης έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στην παραλαβή αλκαλοειδών ουσιών από διάφορους φυτικούς ιστούς, ολικών στερεών από το τσαΐ, ταννινών από παραπροϊόντα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως ζωοτροφές, κυτταρίνης από κενάφ και ευκάλυπτο, ζάχαρης από ζαχαρότευτλα, αλλά και λαδιού από ελαιόσπορους. Ειδικότερα, προκειμένου για πτητικά συστατικά, αναφέρεται η εφαρμογή τους στην παραλαβή αρώματος από κρασί.

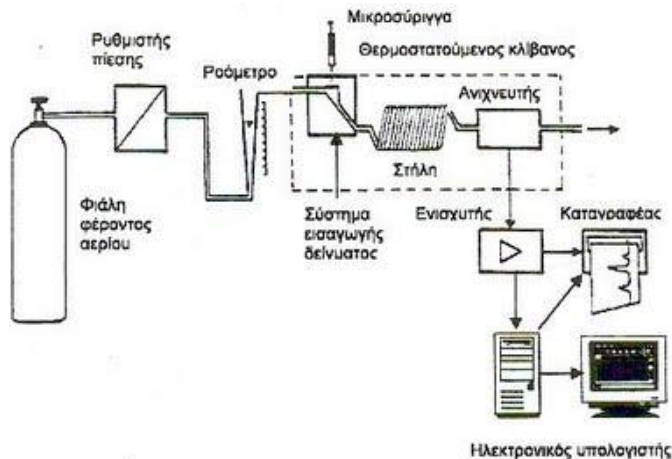
## 16. Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός της χημικής σύστασης των αιθέριων ελαίων.

Τα αιθέρια έλαια είναι μείγματα πολλών και διαφορετικών συστατικών, με αποτέλεσμα να είναι σημαντικός ο διαχωρισμός ή/και η ταυτοποίησή τους (Huie, 2002; Kaufmann & Christen, 2002).

Η χημική ανάλυση των αιθέριων ελαίων γίνεται συνήθως με την χρήση αέριας χρωματογραφίας (GC) (ποιοτική ανάλυση) και με την χρήση αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας (GC-MS) (ποσοτική ανάλυση) (Keravis, 1997). Οι Marston και Hostettmann (2009) αναφέρουν ότι η αέρια χρωματογραφία είναι κατάλληλη για πτητικά συστατικά και ιδανική για σύνθετα μείγματα όπως αυτά των αιθέριων ελαίων

Ο διαχωρισμός των συστατικών γίνεται μέσω της κατανομής των διαφορετικών συστατικών στο προσροφημένο υγρό της στήλης με διαφορετικές ταχύτητες, οι οποίες εξαρτώνται από τις διαφορετικές τάσεις ατμών και αλληλεπιδράσεις με τη στατική φάση (Πολυσίου & Ταραντίλης, 2007). Οι σημαντικότεροι παράμετροι στη αέρια χρωματογραφία είναι:

- Η θερμοκρασία του εισαγωγέα.
- Ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας στη στήλη. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης η λειτουργία του φούρνου του χρωματογράφου μπορεί να είναι ισόθερμη ή αυξομειούμενης θερμοκρασίας. Η δεύτερη περίπτωση εφαρμόζεται συνήθως όταν το προς διαχωρισμό μείγμα αποτελείται συγχρόνως από συστατικά υψηλού σημείου ζέσεως.
- Η ροή του φέροντος αερίου. Η ροή του φέροντος αερίου παίζει καθοριστικό ρόλο στο διαχωρισμό των συστατικών ενός μείγματος. Η ακριβής μέτρηση της ταχύτητας ροής του φέροντος αερίου είναι απαραίτητη, επειδή οι χρόνοι συγκράτησης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα.
- Το είδος της στήλης. Συνήθως χρησιμοποιούνται τριχοειδείς στήλες στις οποίες η υγρή στατική φάση μπορεί να είναι πολική, μετρίως πολική και μη πολική.
- Το είδος του ανιχνευτή που χρησιμοποιείται. Ο ποσοτικός προσδιορισμός γίνεται συνήθως με την χρήση ανιχνευτών ιονισμού φλόγας (FID) ή φασματομετρίας μαζών (MS).



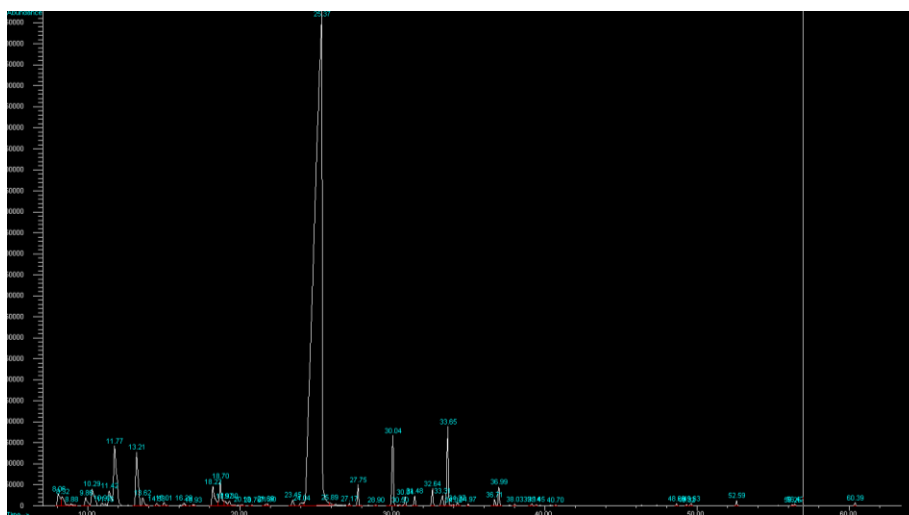
Εικόνα 23. Η διάταξη ενός αέριου χρωματογράφου



**Εικόνα 24.**GC-MS

Οι κύριες μεταβλητές στην αέρια χρωματογραφία είναι η στατική φάση της στήλης και η θερμοκρασία λειτουργίας. Οι μεταβλητές αυτές ποικίλουν ανάλογα με την πολικότητα και την πτητικότητα των υπό διαχωρισμό συστατικών.

Η ταυτοποίηση, των συστατικών γίνεται με τη χρησιμοποίηση του χρόνου συγκράτησης και τη σύγκριση των φασμάτων μάζας, με σύγκριση είτε με τα φάσματα των προτύπων μορίων η με τη σύγκριση με δεδομένα κάποιας αξιόπιστης βιβλιοθήκης. Πολλές φορές η ταυτοποίηση, των συστατικών πρέπει να επιβεβαιώνεται με τη χρησιμοποίηση του δείκτη συγκράτησης Kovats (σύγκριση του χρόνου συγκράτησης  $t_{Rx}$  της άγνωστης ουσίας με το  $t_{RA}$  προτύπων αλκανίων) σε δύο στήλες διαφορετικής πολικότητας (Lahlou, 2003) η στην ίδια στήλη με διαφορετικές θερμοκρασίες (Denayer & Tilquin, 1994).



**Εικόνα 25.**Φάσμα αέριας χρωματογραφίας

## 16.1 Οργανολογία

Ένα τυπικό σύστημα αέριας χρωματογραφίας αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

α) Φέρον αέριο. Το φέρον αέριο βρίσκεται σε υψηλή πίεση –από 100 έως 200 ατμόσφαιρες- σε οβίδες από ανοξείδωτο υλικό(Ευσταθίου Κ.Η., Χατζηϊωάννου). Το φέρον αέριο είναι χημικά αδρανές και καθαρό.

Τα πλέον συνήθη αέρια που χρησιμοποιούνται στη GC είναι το ήλιο, άζωτο, υδρογόνο και το αργό. Αυτά είναι σχετικά φθηνά, κυκλοφορούν στο εμπόριο και εκτός του υδρογόνου, το οποίο είναι εύφλεκτο και απαιτεί ειδικές προφυλάξεις, είναι ακίνδυνα στη χρήση τους. Επίσης επειδή είναι αδρανή, οι αλληλεπιδράσεις των μορίων του δείγματος με τα μόρια του φέροντος αερίου μπορούν να αγνοηθούν. Η επιλογή του φέροντος αερίου εξαρτάται από τις απαιτήσεις του ανιχνευτή και η ροή του στη στήλη οφείλεται στην διαφορά πίεσης μεταξύ της εισόδου και της εξόδου Pecsok R.L. (1980).

β) Ρυθμιστής πίεσης – Ροόμετρο. Το φέρον αέριο διαβιβάζεται από τις οβίδες στο ρυθμιστή πίεσης ο οποίος με σύστημα βαλβίδων και ενδιάμεσων θαλάμων μειώνει δραστικά την πίεση. Στην συνέχεια το φέρον αέριο διέρχεται μέσα από ένα ροόμετρο που μετρά με ακρίβεια την ταχύτητα του. Η ακριβής μέτρηση της ταχύτητας ροής του φέροντος αερίου είναι απαραίτητη, ιδίως για την ταυτοποίηση ενώσεων, επειδή οι χρόνοι κατακράτησης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ταχύτητα.

γ) Θερμοστατούμενο σύστημα εισαγωγής δείγματος. Αναλύεται σε ξεχωριστή ενότητα παρακάτω.

δ) Κλίβανος. ( Εικόνα 26) Η λειτουργία του κλιβάνου μπορεί να είναι ισόθερμη ή κυμαινόμενης θερμοκρασίας. Στην κυμαινόμενη, η θερμοκρασία της στήλης μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της χρωματογραφικής ανάλυσης με βάση ένα καθορισμένο πρόγραμμα. Με τον τρόπο αυτό εμφανίζονται διακριτές κορυφές για τις ενώσεις, των οποίων τα σημεία ζέσεως βρίσκονται σε ευρεία περιοχή θερμοκρασιών και σε πολύ μικρότερο χρόνο σε σύγκριση με την ισόθερμη λειτουργία της στήλης. Επιπλέον, οι κορυφές είναι οξύτερες και περισσότερο ομοιόμορφες (έτσι τα ύψη τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κατασκευή καμπύλης αναφοράς για ποσοτική ανάλυση)(Ευσταθίου Κ.Η., Χατζηϊωάννου).



Εικόνα26. Κλίβανος στήλης συστήματος αέριας χρωματογραφίας.

ε) Στήλη και προστήλη. Αναλύεται σε ξεχωριστή ενότητα παρακάτω.

στ) Ανιχνευτής. Αναλύεται σε ξεχωριστή ενότητα παρακάτω.

ζ) Ενισχυτής. Το σήμα που προέρχεται από τον ανιχνευτή είναι πολύ ασθενές και πρέπει να ενισχυθεί πριν την καταγραφή του. Ο μόνος περιορισμός κατά την επιλογή του βαθμού ενισχύσεως είναι ότι η τιμή του λόγου S/N πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 3 (Ευσταθίου Κ.Η., Χατζηϊωάννου).

η) Καταγραφέας ή ηλεκτρονικός υπολογιστής. Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή εκτός από εξοικονόμηση χρόνου συμβάλλει και στην καλύτερη - πλέον αξιόπιστη επεξεργασία των χρωματογραφημάτων. Η εξομάλυνση των δεδομένων, η διόρθωση της απόκλισης της γραμμής βάσης, ο υπολογισμός του εμβαδού των κορυφών και ο προσδιορισμός του χρόνου κατακράτησης κάθε κορυφής, απαιτούν σημαντικό αριθμό υπολογισμών, οι οποίοι απλοποιούνται με τη χρήση ενός μικρού υπολογιστή για την επεξεργασία μόνο των τελικών δεδομένων και τον εφοδιασμό κάθε χρωματογράφου με το δικό του ψηφιακό ολοκληρωτή Pecsok R.L. (1980). Τέλος, στο σύστημα περιλαμβάνονται και ροόμετρα.

## 16.2 Τεχνικές εισαγωγής δείγματος στην αέρια χρωματογραφία

Η εισαγωγή του δείγματος πραγματοποιείται σε πολύ μικρό χρόνο και στο μικρότερο δυνατό όγκο. Ο θάλαμος του δείγματος είναι προθερμασμένος σε υψηλή θερμοκρασία για γρήγορη εξαέρωση των υγρών δειγμάτων και έχει σχεδιαστεί ώστε το φέρον αέριο να μεταφέρει το δείγμα σχεδόν ακαριαία στην στήλη. Η μη τήρηση των παραπάνω προϋποθέσεων ενδέχεται να προκαλέσει την διασπορά του δείγματος προτού αρχίσει η διαδικασία του διαχωρισμού (το δείγμα απλώνεται). Το μέγεθος του δείγματος καθορίζεται από πολλούς παράγοντες όπως την ποσότητα που διαθέτουμε, τη χωρητικότητα της στήλης, του γυάλινου σωλήνα εισαγωγής δείγματος και την ευαισθησία του ανιχνευτή Pecsok R.L. (1980). Για τις αναλύσεις των ξενοβιοτικών ουσιών στα τρόφιμα τα δείγματα βρίσκονται σε υγρή μορφή και εισάγονται στη στήλη με γρήγορη και συνεχή κίνηση εμβόλου μιας μικροσύριγγας με κατάλληλη χωρητικότητα μέσα από ένα λεπτό ελαστικό δίσκο (Pecsok R.L., 1980) (Σχήμα 1).

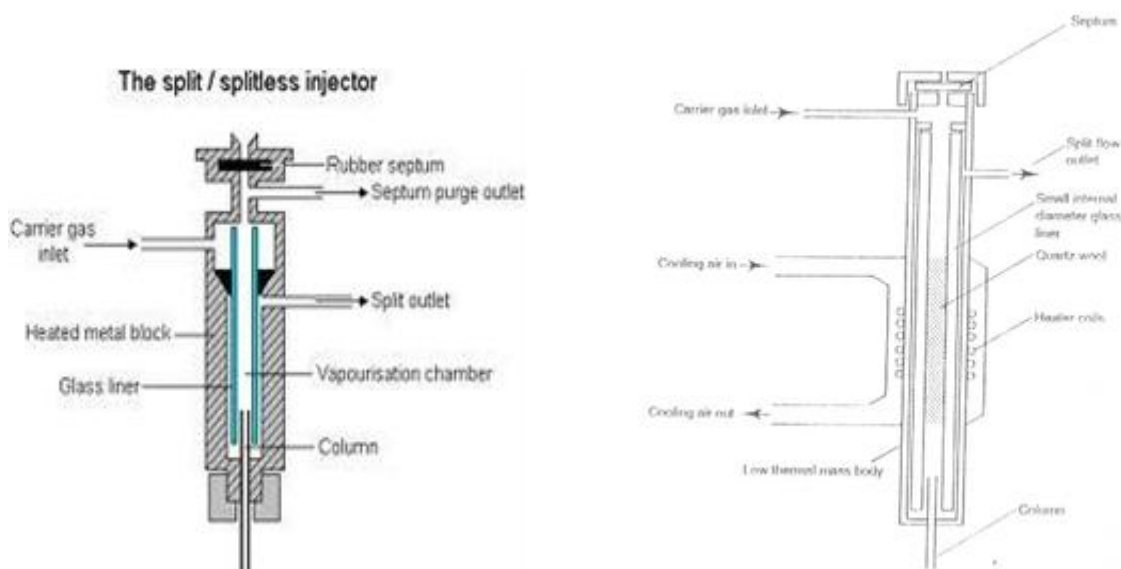


Σχήμα 1. Μικροσύριγγες για τον αέριο χρωματογράφο

### Σύστημα εισαγωγής δείγματος χωρίς διαμοιρασμό (splitless injection)

Ο εγχυτής αποτελείται από ένα θερμαινόμενο θάλαμο που περιέχει στο εσωτερικό του έναν υάλινο σωλήνα εντός του οποίου εγχύεται το δείγμα μέσω ενός διαφράγματος. Ο θάλαμος θερμαίνεται ανεξάρτητα από το χρωματογραφικό κλίβανο και η θερμοκρασία του είναι συνήθως ελαφρώς υψηλότερη από την τελική θερμοκρασία έκλουσης του χρωματογράφου. Το φέρον αέριο που εισέρχεται στο θάλαμο είναι δυνατόν να εξέλθει με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Το δείγμα που εγχύεται εξατμίζεται τάχιστα και σχηματίζει ένα μίγμα που περιέχει το φέρον αέριο, το διαλύτη και τις διαλυμένες σε αυτόν ουσίες Pecsok R.L. (1980).

Η βαλβίδα διαμερισμού παραμένει κλειστή κατά την διάρκεια της ένεσης με αποτέλεσμα όλη η ποσότητα του δείγματος να εισέρχεται στη στήλη, επιτυγχάνοντας υψηλότερη ευαισθησία Pecsok R.L. (1980). Στην πράξη η βαλβίδα διαμερισμού ανοίγει μετά από ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα για την έξοδο των υπολειμμάτων των ατμών, αφού στην αντίθετη περίπτωση οι ουσίες αυτές θα εξακολουθήσουν να διέρχονται από τη στήλη και να λαμβάνονται εσφαλμένα αποτελέσματα (Pecsok R.L., 1980) (Σχήμα 2).



**Σχήμα 2.** Σύστημα εισαγωγής δείγματος split/splitless (αριστερά: σχηματικό διάγραμμα, δεξιά: εγχυτής split/splitless Siltek)

### Σύστημα εισαγωγής δείγματος προγραμματιζόμενης θερμοκρασίας εξαέρωσης (PTV injection)

Μία παραλλαγή του split/splitless εγχυτή είναι ο εγχυτής προγραμματιζόμενης θερμοκρασίας εξαέρωσης (PTV). Σε αντίθεση με τον προηγούμενο, αυτός έχει μικρότερο μέγεθος οπότε εισέρχεται στη

στήλη μειωμένη μάζα από το θερμαινόμενο αέριο και δεν υπάρχει απώλεια της ευαισθησίας. Το σώμα του εγχυτή και η μικρότερη εσωτερική διάμετρος του δίνει την δυνατότητα ταχείας ψύξης και θέρμανσης με ομοιόμορφη θέρμανση του θαλάμου εξαέρωσης. Επειδή ο διαλύτης εξαερώνεται πριν από τις διαλυμένες σε αυτόν ουσίες, είναι εφικτή η απομάκρυνση των ατμών του κατά την διάρκεια του διαμερισμού, ενώ όταν αρχίσει η εξαέρωση των υπολοίπων ουσιών η βαλβίδα κλείνει (Pecsok R.L., 1980) (Σχήμα 3).



**Σχήμα 3.** Εγχυτής προγραμματιζόμενης θερμοκρασίας εξαέρωσης (αριστερά: σχηματικό διάγραμμα, δεξιά: εγχυτής PTV GERSTEL)

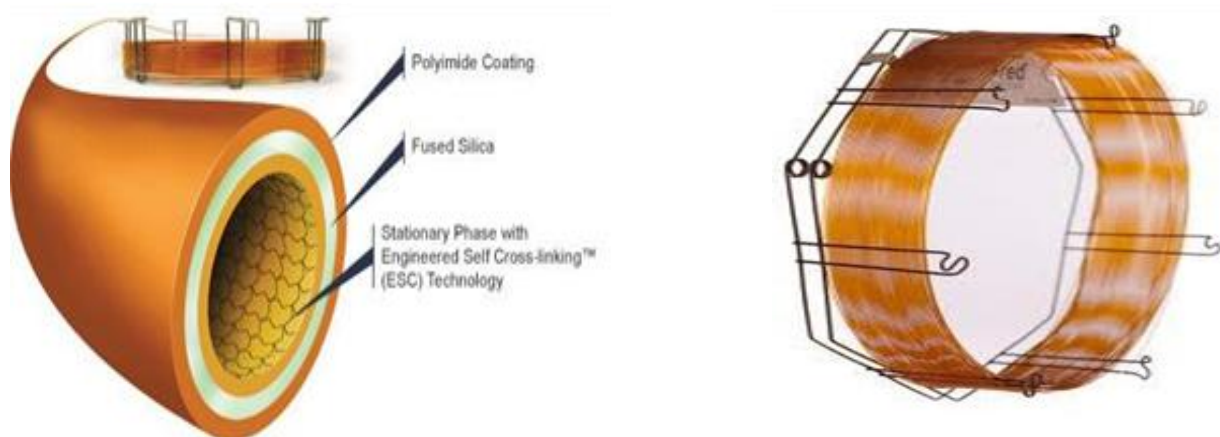
### 16.3 Στήλες

Η στήλη αποτελεί το σπουδαιότερο τμήμα του αεροχρωματογράφου αφού σε αυτή λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός των συστατικών του μίγματος. Τα κύρια χαρακτηριστικά ποιότητας μιας στήλης είναι :

- Η διαχωριστικότητα
- Ο αριθμός των θεωρητικών πλακών
- Η χωρητικότητα
- Ο απαιτούμενος χρόνος για την ανάλυση

Υπάρχουν δυο είδη στηλών, οι πληρωμένες ή πακεταρισμένες στήλες και οι τριχοειδείς στήλες. Η στήλη αποτελείται από έναν επιμήκη σωλήνα -συνήθως σε μορφή σπειράματος ή U- για να καταλαμβάνει το δυνατόν μικρότερο χώρο. Είναι από ανοξείδωτο χάλυβα, χαλκό, αργίλιο, ύαλο ή

πλαστικό, έχει μήκος από ένα έως δυο(για της πληρωμένες στήλες) έως αρκετές εκατοντάδες μέτρα (οι τριχοειδείς)(Pecsok R.L., 1980) (Σχήμα 4).



**Σχήμα 4.** Τριχοειδής στήλη αέρια χρωματογραφίας (αριστερά: σχηματική περιγραφή της εσωτερική κατανομής των διαφορετικών στρώσεων υλικών, δεξιά: στήλη GC τύπου DB5-MS (μήκους 30 m. Εσωτερικής διαμέτρου 0.32mm και με πάχος επίστρωσης 0.25 μm)

## 17. Φασματομέτρα μαζών

Η φασματομετρία μαζών είναι ίσως η τεχνική με τη μεγαλύτερη ποικιλία εφαρμογών, σε σχέση με όλες τις άλλες αναλυτικές τεχνικές, αφού παρέχει πληροφορίες σχετικά με την στοιχειακή κατάσταση του εξεταζόμενου δείγματος, τις δομές των ανόργανων, οργανικών και βιολογικών μορίων, την ποιοτική και ποσοτική σύσταση σύνθετων μιγμάτων, τη δομή και τη σύσταση στερεών επιφανειών και την αναλογία ισοτόπων ατόμων σε δείγματα (Skoog D., Holler J.F., Nieman. T.A., 2002). Σήμερα χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι οργάνων για το φασματομετρικό προσδιορισμό των μοριακών μαζών (Εικόνα 27).



**Εικόνα 27.** Σύστημα φασματομετρίας μαζών απλού τετραπόλου σε συνδυασμό με υγρή(Agilent) (κάτω) και με αέρια (Shimatzu) (πάνω) χρωματογραφία





Τα κύρια τμήματα των φασματομέτρων μαζών είναι:

1. Σύστημα εισαγωγής δείγματος
2. Χρωματογραφικό σύστημα
3. Πηγή ιόντων (αεριοχρωματογραφία) ή διασύνδεση (υγρή χρωματογραφία)
4. Αναλυτής μαζών
5. Ανιχνευτής
6. Επεξεργαστής σήματος και σύστημα καταγραφής και ανάγνωσης των πληροφοριών

## 18. Προσαρμοστικότητα

Τα τελευταία χρόνια, έχει αυξηθεί παγκοσμίως η ζήτηση για τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Σε αυτό έχει συμβάλει η συνειδητοποίηση του ρόλου που μπορούν να παίξουν τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά στην έρευνα για καινούργια ενεργά συστατικά που θα αξιοποιηθούν από τις βιομηχανίες φαρμάκων, τροφίμων και καλλυντικών, παράλληλα με το αίτημα των καιρών για «επιστροφή στη φύση». Οι ευεργετικές δράσεις των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών φαίνεται να αποδίδονται πρωτίστως στα φαινολικά συστατικά (Καρβακρόλη-Θυμόλη) των αιθέριων ελαίων (Bullerman *et al.*, 1977; Pellequer *et al.*, 1980; Sivropoulou *et al.*, 1996; Moure *et al.*, 2001).

### 18.1 Η Έννοια της προσαρμοστικότητας

Με τον όρο προσαρμοστικότητα εννοούμε την αντίδραση των φυτών στην τροποποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών που στηρίζεται είτε στις φαινοτυπικές μεταβολές ή στην φαινοτυπική σταθερότητα, τα οποία αποτελούν εναλλακτικά ενδεχόμενα της προσαρμοστικής ικανότητας των φυτών (Harper J.L., 1977).

Οι χαρακτήρες των φυτών δεν αντιδρούν ομοιόμορφα στις πιέσεις του περιβάλλοντος και έτσι η πλαστικότητα των φυσιολογικών χαρακτήρων ή του τρόπου ανάπτυξης αυτών, μπορεί να συνυπάρχει με

την σχετική σταθερότητα άλλων που αφορούν στην ανάπτυξη του φυτού ή στο μέγεθος ορισμένων χαρακτηριστικών του.

Η προσαρμογή ενός φυτού σε ένα οικοσύστημα είναι η στιγμιαία αλληλεπίδραση των γόνων και της «εμπειρίας» του φυτού για το συγκεκριμένο περιβάλλον (plant'seyevew) (Harper, 1977; Burdon, 1980). Πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι μεγάλη σημασία στην προσαρμογή των φυτών παίζουν οι γενετικοί παράγοντες, η πλευρική ετερογένεια του περιβάλλοντος (θρεπτικά στοιχεία, pH, θερμοκρασία, υγρασία κ.ά), η κάθετη ετερογένεια του περιβάλλοντος (διαθέσιμα στοιχεία, διαβάθμιση της ηλιακής ακτινοβολίας) και η αλληλεπίδραση των φυτών σε ένα οικοσύστημα (Harper, 1977).

## 18.2 Προσαρμοστικότητα Αρωματικών και Φαρμακευτικών φυτών

Η ποιότητα καλλιεργούμενων φυτών ρίγανης καθορίζεται κυρίως από την % περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και από την σύσταση αυτού ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται (Franz&Novak, 1997). Οι δύο αυτοί παράγοντες παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα ανάλογα με τους γονότυπους των φυτών, τις κλιματικές συνθήκες και την λίπανση με θρεπτικά στοιχεία κατά την καλλιέργεια (D'Antuono *et al.*, 2000; Novak *et al.*, 2003). Οι Novak *et al.* (2003) υποστηρίζουν ότι η σύσταση του αιθέριου ελαίου φυτών ρίγανης φαίνεται να εξαρτάται σε μεγαλύτερο βαθμό από τον γονότυπο, με τις κλιματικές συνθήκες να ευθύνονται για μικρότερο ποσοστό παραλλακτικότητας. Σύμφωνα με τους Karousou *et al.* (2003), η ποσοτική σύσταση των αιθέριων ελαίων σχετίζεται με το ενδιαίτημα του φυτού. Πιο συγκεκριμένα:

1. Φυτά ενός είδους που αναπτύσσονται στον ίδιο φυσικό χώρο παρουσιάζουν παρόμοια σύσταση ελαίων.
2. Φυτά ενός είδους που αναπτύσσονται σε διαφορετικούς φυσικούς χώρους παρουσιάζουν διαφορετική σύσταση ελαίων.
3. Φυτά διαφορετικών ειδών που αναπτύσσονται στον ίδιο φυσικό χώρο έχουν έλαια παρόμοιας σύστασης. Για παράδειγμα το *C. capitatus* και το *S. thymbra* όταν αναπτύχθηκαν σε πεδινή περιοχή ήταν πλούσια σε καρβακρόλη, ενώ τα ίδια φυτά όταν αναπτύχθηκαν σε ορεινή περιοχή ήταν πλούσια σε θυμόλη (Karousou *et al.*, 2005).

Σύμφωνα και με τα παραπάνω, ακόμα και φυτά του ίδιου είδους σε διαφορετικά περιβάλλοντα διαφοροποιούνται μορφολογικά αλλά και ως προς τα χημικά τους χαρακτηριστικά. Οι παράγοντες που μπορεί τα φυτά να οφείλουν τις αλλαγές στα χαρακτηριστικά τους και να προσαρμόζονται μπορεί να είναι η θερμοκρασία, φωτοπερίοδος και βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις.

### 18.2.1 Θερμοκρασία και Φωτοπερίοδος

Σε πειράματα των Fahlenetal. (1997) μελετήθηκαν οι επιδράσεις διαφορετικών συνθηκών φωτός και θερμοκρασίας στη φυλλική ανάπτυξη στην απόδοση και σύνθεση των αιθέριων ελαίων των φυτών *Menthapiperita*L, *Mspicata*L, *Mlongifolia*L, *M. rubra*L και *Chamomillarecutita* (L) Rausch. Στον πίνακα 3 αναφέρεται οι διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.

**Πίνακας 3:** Οι διαφορετικοί περιβαλλοντικοί χειρισμοί που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Περιέχει τη φωτοπερίοδο, τη θερμοπερίοδο, τη σχετική υγρασία νύχτας, την ακτινοβολία και το μέσο όρο της ημερήσιας θερμοκρασίας

Οι έξι διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες	Φωτοπερίοδος (ώρες ημέρας-νύχτα)	θερμοπερίοδος (μέρα-νύχτα, μεγ-ελαχ. °C)	Ακτινοβολία ( $\mu\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ )	Σχετική υγρασία (μέρα-νύχτα; %RH)	Μέση ημερήσια θερμοκρασία (°C)
A	14:10	25-18	200	70-90	22,1
B	21:10	20,8-17,7	200	70-90	16,3
C	17:7	23,8-12,8	200	70-90	17,7
D	21:3	25-18	200	70-90	24,1
E	17:7	25-18	200	70-90	23
F	8:16	25-18	200	70-90	20,3

Η πλειοψηφία των ειδών του γένους *Mentha*, τα οποία εκτέθηκαν σε μια φωτοπερίοδο 21 ώρες φως και 3 ώρες σκοτάδι, συνθήκες που προσομοιάζουν αυτές της βόρειας Σουηδίας το μήνα Ιούλιο, παρήγαγαν υψηλότερα ποσοστά μενθόλης σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες μικρότερης φωτοπεριόδου. Οι θερμοκρασίες νύχτας δεν είχαν μεγάλη επίδραση στα επίπεδα μενθόλης στο πείραμα με τις 21 ώρες φωτός. Σε όλους τους πειραματικούς χειρισμούς η απόδοση σε μενθόλη ήταν υψηλότερη σε σχέση με την απόδοση μενθόνης. Οι διαφορετικοί περιβαλλοντικοί χειρισμοί δεν είχαν σαφή επίδραση στη φυλλική ανάπτυξη. Όσον αφορά το *C. recutita* ο συνδυασμός φωτοπεριόδου 21-3 h και θερμοκρασίας 25-18°C είχε σαν αποτέλεσμα υψηλότερα επίπεδα παραγωγής της  $\alpha$ -βισαβολόλης, ενώ έγινε επαγωγή του σχηματισμού οφθαλμών και ανθέων στους χειρισμούς με φωτοπεριόδους  $\geq 17$  ωρών (Fahlenetal., 1997).

Σε εργασία των Faroogietal. (1999), 3 είδη μέντας, *M. arvensis*, *M. citrata* και *M. cardiaca* αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες μικρής, μεγάλης και κανονικής ημέρας. Όλα τα είδη άνθισαν καλύτερα υπό συνθήκες μεγάλης ημέρας ενώ ο φωτοπεριοδικός χειρισμός τροποποίησε και τη σύνθεση σε αιθέρια

έλαια. Τα φυτά μικρής ημέρας, μολονότι είχαν πιο μικρή φυτική βιομάζα περιείχαν υψηλότερη συγκέντρωση ελαίου ανά μονάδα βάρους ιστού. Τα φυτά μεγάλης ημέρας παρότι διέφεραν ως προς τη φυτομάζα, είχαν παρόμοια ποσότητα αιθέριου ελαίου. Η μεγαλύτερη πυκνότητα τριχιδίων ή η ελλειπής επίτευξη ωριμότητας στα φύλλα υπό συνθήκες μικρής ημέρας οδήγησε στην υπόθεση της αύξησης της συγκέντρωσης αιθέριου ελαίου στα φυτά αυτά

### 18.2.2 Υγρασία

Η υδατική καταπόνηση δεν επηρεάζει μόνο την αύξηση και την επιβίωση ενός φυτού, αλλά και διάφορες φυσιολογικές και μεταβολικές αποκρίσεις του (Hughes *et al.* 1989). Η παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών πιστεύεται ότι ευνοείται από περιβάλλοντα καταπόνησης. Οι Sangwan *et al.* (1993, 1994) έκαναν πειράματα πάνω στην επίδραση συνθηκών χωρίς υγρασία σε αρωματική χλόη (*Cymbopogons*). Βραχυπρόθεσμη υδατική καταπόνηση επηρέασε τη βιοσύνθεση αιθέριου ελαίου. Σε πειράματα μακροπρόθεσμης υδατικής καταπόνησης στα είδη *C. nardus var. confertiflorus* και *C. pendulus* οι ποσότητες των παραγόμενων αιθέριων ελαίων παρέμειναν σταθερές ή αυξήθηκαν ανάλογα με το είδος και την ένταση της καταπόνησης.

### 18.2.3 Βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες

Η υψηλή μορφολογική ποικιλότητα της *O. vulgaresp. hirtum* σχετίζεται με την υψηλή ποικιλότητα αιθέριων ελαίων και πιο ειδικά με τα ποσοτικά χαρακτηριστικά αυτών.

Οι υψηλότερες αποδόσεις ανταποκρίνονται σε φυτά που μεγαλώνουν σε οικοσυστήματα μεσογειακού τύπου με χαμηλό υψόμετρο, γεγονός κοινό για όλη την οικογένεια των *Lamiaceae* (Kokkini *et al.*, 1989).

Στην μελέτη των Kokkini και Vokou, (1989); Kokkini *et al.*, (1991) διαπιστώθηκε ότι το περιεχόμενο σε αιθέρια έλαια είναι διαγνωστικό χαρακτηριστικό για τη διάκριση του *O. vulgaresp. hirtum* από άλλα δύο υποείδη που αναπτύσσονται σε βορειότερα τμήματα της Ελλάδας. Τα υποείδη *ssp. vulgare* και *ssp. viridulum* παράγουν χαμηλότερα ποσοστά αιθέριου ελαίου (Kokkini & Vokou, 1989; Kokkini *et al.*, 1991).

Σύμφωνα με τους Gil *et al.* (2002), οι περιβαλλοντικές επιδράσεις της τοποθεσίας, της λίπανσης και των ζιζανίων, ήταν υπεύθυνες για την παραλλακτικότητα της σύνθεσης ελαίου στον κορίανδρο, καθώς άλλαζαν τη συγκέντρωση των βασικών συστατικών. Οι συνθήκες εδάφους μπορούν να επηρεάσουν την αφομοίωση των διαθέσιμων θρεπτικών συστατικών, γεγονός σημαντικό για το περιεχόμενο και τη σύσταση αιθέριων ελαίων. Η αλληλεπίδραση μεταξύ περιβαλλοντικών παραγόντων (αποσάθρωση εδάφους, λίπανση και ζιζάνια) καθώς και οι γονοτυπικές διαφορές μεταξύ των ειδών κολιάνδρου δημιούργησαν εξειδικευμένες φαινοτυπικές αντιδράσεις που επηρέασαν τη συγκέντρωση των πτητικών τερπενίων.

Σε άλλο πείραμα που έγινε από τους Tibaldi *et al.* (2011), στην *O. vulgare* *ssp. hirtum* οι δύο κύριοι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρέασαν τη συγκέντρωση αιθέριων ελαίων ήταν η ξηρότητα και το θερμικό δυναμικό των περιοχών δειγματοληψίας των πληθυσμών. Αυτοί οι περιβαλλοντικοί παράγοντες λειτουργούν ως επιλεκτικοί παράγοντες αυξημένης παραγωγής ελαίου. Επιβεβαίωση αυτού ήταν το γεγονός ότι οι πειραματικοί πληθυσμοί που μεγάλωσαν στον πιο ζεστό αγρό (Θέρμη) παρουσίασαν υψηλότερες συγκεντρώσεις αιθέριων ελαίων από αυτούς που μεγάλωσαν στον πιο κρύο αγρό (Ταξιάρχη). Μελέτες έχουν δείξει ότι η ξηρασία κατά την άνθηση ήταν διεγερτικός παράγοντας αυξημένης συγκέντρωσης αιθέριων ελαίων σε ποικιλίες ρίγανης (Azizi *et al.*, 2009) και θυμαριού (Sotomayor *et al.*, 2004).

Σε αυτή την εργασία έγινε συσχετισμός μεταξύ της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο και της πυκνότητας αδενώδους τριχώματος ο οποίος ήταν θετικός τόσο στα αυτοφυή όσο και στα καλλιεργούμενα. Οι πληθυσμοί με υψηλότερες συγκεντρώσεις αιθέριου ελαίου είχαν περισσότερες αδενώδεις τρίχες ανά φυτό, αν και είχαν χαμηλότερη παραγωγή φυτομάζας, λόγω του ενεργειακού κόστους που απαιτείται για την παραγωγή περισσότερου ελαίου.

Σε πείραμα που έγινε στο φυτό *Thymus vulgaris* L. το οποίο ξεκίνησε το 1986 και διήρκησε έως το 1989 στα Άδανα και το Ποζάντι, περιοχές της Τουρκίας παρατηρήθηκε ότι οι αποδόσεις αιθέριου ελαίου ήταν υψηλότερες στα Άδανα απ' ό,τι, στο Ποζάντι σε όλες τις περιόδους συγκομιδής και χρονιές. Οι αποδόσεις του αιθέριου ελαίου στα Άδανα δεν επηρεάστηκαν με τα χρόνια. Σύμφωνα με τους Özgüven & Tansi (1996), στο Ποζάντι το 1987 και το 1989 η τάση παραγωγής του αιθέριου ελαίου ήταν παραπλήσια αλλά το 1988 χαμηλότερη. Το Ποζάντι έχει ξηροθερμικό κλίμα και μεγαλύτερο υψόμετρο όποτε τα φυτά έγιναν νάνα, έχοντας μικρότερα φύλλα, τα οποία ήταν πιο παχιά και δερματώδη, σε σχέση με αυτά στα Άδανα. Σαν αποτέλεσμα αυτού τα φυτά του θυμαριού για να μπορέσουν να προσαρμοστούν σε συνθήκες του Ποζάντι έγιναν πιο νάνα, αλλά και με χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με αυτά στα Άδανα. Θα πρέπει να αναφερθεί πως η μέση θερμοκρασία στα Άδανα ήταν υψηλότερη από ότι στο Ποζάντι. Όσον αφορά στην σχετική υγρασία βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ Αδάνων και Ποζάντι. Η σχετική υγρασία στα Άδανα κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών ήταν υψηλότερη από ό,τι στο Ποζάντι, ενώ η σχετική υγρασία κατά τους χειμερινούς μήνες ήταν υψηλότερη στο Ποζάντι. Και στις δύο τοποθεσίες, οι βροχοπτώσεις ήταν πολύ χαμηλές, ιδίως τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Σύγκρισεις που έγιναν στην ανάλυση των αιθέριων ελαίων κάθε χρονιάς δείχνει μικρές διαφορές στην ποιοτική σύσταση αλλά σημαντικές διαφορές στην ποσοτική σύσταση ιδιαίτερα για το π-κυμένιο, λιναλοόλη, καρβακρόλη και θυμόλη (Özgüven & Tansi, 1996).

## 19. Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη των μορφολογικών και χημικών χαρακτηριστικών τεσσάρων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτικών ειδών (*Origanum hirtum* L., *Origanum onites* L., *Coridothymus capitatus* L. και *Satureja thymbra* L.) για χρονικό διάστημα 2011-2012). Γι' αυτό το λόγο μελετήθηκαν σε δύο επιλεγμένους βιοτύπους κάθε φυτικού είδους τα φυτικά χαρακτηριστικά του υπέργειου μέρους (μέσος αριθμός βλαστών, μέσος αριθμός ταξιανθιών, μέσος αριθμός φύλλων, μέσο μήκος ταξιανθίας, μέσο ξηρό βάρος βλαστού, μέσο ξηρό βάρος ταξιανθιών, μέσο ξηρό βάρος φύλλων, μέσο ύψος φυτού, μέσο μήκος βλαστού). Τα ξηρά βάρη όλων των φυτικών μερών των ΑΦΦ μετρήθηκαν με δύο τρόπους (ξηρανση στους 100°C για 24 ώρες και ξήρανση με φυσικό τρόπο για 15 ημέρες) έτσι ώστε να προσδιοριστεί το ποσοστό υγρασίας των φυτικών ιστών. Επίσης, μελετήθηκαν τα χημικά τους χαρακτηριστικά (ποιοτικά και ποσοτικά), όπως η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο και η σύσταση του αιθερίου ελαίου τους (εκατοστιαία περιεκτικότητα σε καρβακρόλη, π-κυμένιο, γ-τεπρινένιο και καρνοφυλλένιο) με δύο μεθόδους παραλαβής αιθερίου ελαίου (υδροαπόσταξη και υπέρηχοι) και με δύο μεταχειρίσεις του προς απόσταξη φυτικού υλικού (νωπό και ξηρό)

## Π ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 1. Περιοχή Μελέτης

#### Αθήνα

Η λεκάνη των Αθηνών έχει συντεταγμένες 37ο58' N, 23ο43' E και βρίσκεται στο νοτιο-ανατολικότερο τμήμα της κεντρικής Ελλάδας (Katsoulis, 1987). Η λεκάνη αυτή καλύπτει μια έκταση 383 km<sup>2</sup>. Στην νότια και νοτιοδυτική πλευρά της ανοίγεται στον Σαρωνικό κόλπο ενώ η υπόλοιπη περιβάλλεται από βουνά μερικά από τα οποία έχουν σημαντικό υψόμετρο. Η λεκάνη των Αθηνών περιβάλλεται από το όρος Πάρνηθα στο βόρειο τμήμα της, από το όρος Πεντελικό στο βόρειοδυτικό, από το όρος Υμηττός στο ανατολικό και νοτιοανατολικό και από το όρος Αιγάλεω στο δυτικό και νοτιοδυτικό τμήμα της. Επιπλέον η λεκάνη χωρίζεται σε ανατολικά και δυτικά τμήματα από μια σειρά λόφων όπως η Ακρόπολη, ο Λυκαβηττός, ο Φιλοπάππου και κάποιοι άλλοι μικρότεροι (Sarlis, 1994).

Το κλίμα των Αθηνών χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό με ζεστά ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες (Katsoulis, 1988). Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18 °C (Koutsoyiannis & Baloutsos, 2000). Η μέση ημερήσια θερμοκρασία κατά τους χειμερινούς μήνες είναι 9,4 °C ενώ η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία πέφτει κάτω από τους 0 °C σπάνια. Τους καλοκαιρινούς μήνες η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι 25,8 °C ενώ η μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 31 °C (Katsoulis, 1987). Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 400 mm και προκύπτει κυρίως από τον Οκτώβριο έως τον Φεβρουάριο (Katsoulis, 1988).

Από γεωλογική άποψη η λεκάνη αποτελείται από Μεσοζωικά (γκρίζο ασβεστόλιθο, αργιλικό σχιστίλιθο, ασβεστολιθικές μάργες) και Καινοζωικά (αργιλικά και μαργώδη καθιζήματα, μάργες) στρώματα (Lepsius, 1893).

Σύμφωνα με τον Sarlis (1994) η χλωρίδα της Αθήνας είναι εξαιρετικά ποικίλη και αποτελείται από 1084 είδη που ανήκουν σε 490 γένη και 102 οικογένειες. Ως στοιχείο μεγάλης σημασίας αξιολογείται από τον ίδιο τον συγγραφέα της παραπάνω μελέτης η παρουσία πολλών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Μερικά από αυτά όπως τα *Chamomilla recutita*, *Crocus* ssp., *Laurus nobilis*, *Lavandula stoechas*, *Salvia* ssp., *Styrax officinalis*, *Verbena officinalis*, *Satureja thymbra*, *Mentha pulegium*, *Tussilago farfara*, *Taraxacum officinale* και *Thymus capitatus* ήταν πολύ κοινά στις υπό μελέτη περιοχές. Συγκεκριμένα το *Satureja thymbra* εντοπίστηκε στις περιοχές Πάρνηθα, Φιλοπάππου, Ακρόπολη, Δάφνη, Τατόι, Υμηττός, Πεντελικό και Αιγάλεω, το *Thymus capitatus* εντοπίστηκε στις περιοχές Πάρνηθα, Δάφνη, Τατόι, Υμηττός, Πεντελικό και Αιγάλεω ενώ η *Origanum heracleoticum* L. = *O. hirtum* εντοπίστηκε στην Δάφνη, στο Τατόι, στον Υμηττός, στο Πεντελικό και στο Αιγάλεω.

### 2. Περιοχή Προέλευσης των φυτών

#### Ικαρία

Η Ικαρία είναι το δυτικότερο ελληνικό νησί του ανατολικού Αιγαίου. Βρίσκεται 19 χιλιόμετρα μακριά από την νήσο Σάμο και έχει συντεταγμένες 37ο30' - 37ο41' Ν, 25ο28' - 26ο22' Ε. Έχει έκταση 255 km<sup>2</sup> και ορθογώνιο σχήμα (40 km μήκος και 9 km μέγιστο πλάτος). Ολόκληρο το νησί καταλαμβάνεται από το βουνό Αθήρας το οποίο χαρακτηρίζεται από μια απότομη νότια πλευρά και μία πιο ομαλή Βόρεια (Christodoulakis, 1996).

Το κλίμα της Ικαρίας χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό με ήπιους χειμώνες και παρατεταμένα ξηρά και ζεστά καλοκαίρια. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18,9°C. Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται τον Φεβρουάριο (9°C) και η μέση μέγιστη τον Ιούλιο (29,3°C). Οι επικρατούντες άνεμοι το καλοκαίρι είναι κυρίως Βόρειοι και Βορειοανατολικοί ενώ το χειμώνα Νότιοι και Νοτιοανατολικοί. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 579,8 mm. Το μεγαλύτερο ύψος βροχόπτωσης παρατηρείται τον Ιανουάριο ενώ το μικρότερο τον Αύγουστο. Η ξηρή περίοδος διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο (Mavrokordopoulou et al., 2006).

Η νήσος Ικαρία ανήκει στο Κυκλαδίτικο τόξο της γεωτεκτονικής ζώνης. Το δυτικότερο μισό τμήμα του νησιού αποτελείται αποκλειστικά από γρανιτικά και γρανοδιορίτικα πετρώματα ενώ το ανατολικότερο τμήμα από γνευστικά. Το κεντρικό τμήμα, έως το ανατολικό άκρο, αποτελείται από πράσινους σχιστόλιθους και φυλλίτες που αποτελούν και τα παλαιότερα πετρώματα του νησιού. Κατά μέρη παρατηρούνται τμήματα μαρμάρου καθώς και τμήματα ιζηματογενών και αλουβιακών πετρώματων (Christodoulakis, 1996).

Η χλωρίδα της νήσου Ικαρίας συνίσταται από 829 taxa από 92 οικογένειες και 401 γένη. Περίπου το ένα τρίτο των taxa που υπάρχουν στην Ικαρία ανήκουν σε τρεις οικογένειες (Fabaceae, Asteraceae και Poaceae). Οι οικογένειες των Caryophyllaceae, Cruciferae, Lamiaceae και Umbelliferae εκπροσωπούνται ικανοποιητικά. Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά *C. capitatus*, *O. onites*, *O. vulgare* ssp. *hirtum* και *S. thymbra* απαντούνται στην νήσο Ικαρία (Christodoulakis, 1996).

### **3. Πειραματικοί Αγροί**

#### **3.1 Επιλογή Φυτικού υλικού για την δημιουργία των πειραματικών αγρών**

Σε 3 ερευνητικές αποστολές που διενεργήθηκαν στις 28-30 Απριλίου, στις 24-28 Μαΐου και στις 10-14 Ιουλίου του 2008 στην νήσο Ικαρία εντοπίστηκαν και συλλέχθηκαν κατά την άνθισή τους αυτοφυή φυτά από τα τέσσερα παραπάνω είδη. Τα φυτά αυτά αξιολογήθηκαν ως προς την περιεκτικότητά τους σε αιθέριο έλαιο και την περιεκτικότητά του σε καρβακρόλη. Οι δύο καλύτεροι βιότυποι από κάθε είδος όσον αφορά στην περιεκτικότητά σε αιθέριο έλαιο και την περιεκτικότητά του σε καρβακρόλη επιλέχθηκαν για να αξιολογηθούν υπό συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας σε δύο διαφορετικές περιοχές (Αθήνα-Ικαρία).



### 3.2 Εγκατάσταση πειραματικών αγρών

Τον Νοέμβριο του 2008 εγκαταστάθηκαν οι δύο καλύτεροι βιότυποι από κάθε είδος σε πειραματικό αγρό στο αγρόκτημα του ΓΠΑ στην Αθήνα (Εικόνα 7). Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από διαίρεση φυτών από τους επιλεγμένους αυτοφυείς βιότυπους και εγκαταστάθηκε στον πειραματικό αγρό με βάση το πειραματικό σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με τρεις επαναλήψεις για κάθε βιότυπο (Εικόνα 28). Οι αποστάσεις των φυτών ήταν 40 cm επάνω στην γραμμή και 60 cm μεταξύ των γραμμών. Για λόγους συντομίας στη συνέχεια της μελέτης οι πληθυσμοί κωδικοποιήθηκαν ως εξής species x x. Το κάθε είδος ακολουθείται από δύο αριθμούς. Ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στον βιότυπο και ο δεύτερος στην πειραματική χρονιά. Π.χ. *O. hirtum* 1.1 είναι ο βιότυπος 1 της *hirtum* κατά την πρώτη πειραματική χρονιά.

<i>S. thymbra</i> (Thymbra 1)	<i>O. hirtum</i> (hirtum1)	<i>O. onites</i> (Onites 1)
<i>C. capitatus</i> (Thymus 2)	<i>C. capitatus</i> (Thymus 2)	<i>O. hirtum</i> (Hirtum 2)
<i>O. onites</i> (Onites 2)	<i>S. thymbra</i> (Thymbra 1)	<i>S. thymbra</i> (Thymbra 2)
<i>S. thymbra</i> (Thymbra 2)	<i>O. hirtum</i> (Hirtum 2)	<i>O. onites</i> (Onites 2)
<i>O. onites</i> (Onites 1)	<i>C. capitatus</i> (Thymus 1)	<i>C. capitatus</i> (Thymus 1)
<i>O. hirtum</i> (Hirtum 1)	<i>O. onites</i> (Onites 1)	<i>C. capitatus</i> (Thymus 2)
<i>C. capitatus</i> (Thymus 1)	<i>S. thymbra</i> (Thymbra 2)	<i>O. hirtum</i> (Hirtum 1)
<i>O. hirtum</i> (Hirtum 2)	<i>O. onites</i> (Onites 2)	<i>S. thymbra</i> (Thymbra 1)

**Εικόνα 28:** το πειραματικό σχέδιο. Στις παρενθέσεις αναφέρονται οι κωδικοποιήσεις των ειδών.

### 3.3 Στοιχεία για τους πειραματικούς αγρούς

Ο αγρός στην Αθήνα ήταν ακαλλιέργητος για πολλά χρόνια ενώ ο αγρός στην Ικαρία δημιουργήθηκε μετά την διάνοιξη αναβαθμίδων τον Νοέμβριο του 2008. Από την ανάλυση δειγμάτων του εδάφους από κάθε αγρό προέκυψε ότι το έδαφος στον αγρό της Αθήνα είναι αργιλοπηλώδες (άργιλος 40,0 %, ιλύς 29,1%, άμμος 30,9 %) με pH 7,16, CaCO<sub>3</sub> 27,4 %, οργανική ουσία 2,35 % και ολικό N 0,20 % ενώ το έδαφος στην Αρέθουσα είναι αμμοπηλώδες (άργιλος 11,9 %, ιλύς 25,3 %, άμμος 62,8 %) με pH 6,66, CaCO<sub>3</sub> 0,0 %, οργανική ουσία 3,02 % και ολικό N 0,12 %.

## 4. Καλλιεργητικές φροντίδες του πειραματικού αγρού

Η καλλιέργεια των ειδών έγινε υπό ξηρικές συνθήκες, αφού έγιναν μόνο δύο ποτίσματα, ένα κατά την εγκατάσταση και ένα το καλοκαίρι του 2009. Η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε αποκλειστικά με καλλιεργητικά μέσα.(κατά κύριο λόγο σκάλισμα μια φορά το μήνα αλλά και με το στρώσιμο γεωφάσματος Εικόνα 29).



**Εικόνα 29.** Μαύρο γεωφάσμα στον πειραματικό αγρό.

Τα ζιζάνια που παρατηρήθηκαν στον πειραματικό αγρό ήταν: η μολόχα (*Malva sylvestris*) σε ποσοστό 50%, η μικρή αγριοβρώμη (*Avena barbata*) σε ποσοστό 30%, το καπνόχορτο (*Fumaria officinalis*) σε ποσοστό 10% και το λόλιο (*Lolium* spp.) σε ποσοστό περίπου 10%.

## **5. Μετρήσεις των μορφολογικών χαρακτηριστικών των αρωματικών φυτών κατά τη διάρκεια του έτους.**

Οι μορφολογικές μετρήσεις του υπέργειου μέρους των τεσσάρων αρωματικών φυτών έλαβαν μέρος από την 1/Φεβρουαρίου/2012 έως την ημερομηνία κοπής-συλλογής του υπέργειου μέρους κάθε είδους, η οποία ήταν διαφορετική σε κάθε φυτό. Έτσι για το *Saturejathymbra* η τελευταία μέτρηση έγινε στις 11/Μαΐου/2012, για την *Origanum onites* η τελευταία μέτρηση έγινε στις 25/Μαΐου/2012, ενώ για τις *Origanum hirtum* και *Coridothymus capitatus* η τελευταία μέτρηση έγινε στις 29/Ιουνίου/2012.

Για τη μελέτη των φυτικών χαρακτηριστικών του υπέργειου τμήματος των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών επιλέχθηκαν τρία φυτά ανα είδος, ένα σε κάθε επανάληψη. Τα φυτά αυτά

καλύφθησαν περιμετρικά με ένα είδος μαύρου πλαστικού έτσι ώστε να ξεχωρίζουν από τα υπόλοιπα φυτά αλλά και για να μην επιδέχονται τόσο πολύ την επίδραση των ζιζανίων (Εικόνες 30,31,32,33).



Εικόνες 30,31,32,33 ‘Μαρκάρισμα’ με μαύρο πλαστικό στα τέσσερα είδη των αρωματικών- φαρμακευτικών φυτών *Satureja thymbra*, *Origanum onites*, *Origanum hirtum* *Coridothymus capitatus*

Από το κάθε φυτό επιλέχθηκαν οι τρεις πιο αντιπροσωπευτικοί βλαστοί ως προς την ανάπτυξη του κάθε φυτού (δύο δεξιά και αριστερά του φυτού και ένας στο κέντρο) οι οποίοι σημαδεύτηκαν έτσι ώστε οι μετρήσεις να γίνονται συνεχώς στους ίδιους βλαστούς όπως στην Εικόνα 34 για παράδειγμα . Το διάστημα της μελέτης των φυτικών χαρακτηριστικών πάρθηκαν οι εξής μετρήσεις: το **ύψος του κάθε φυτού(cm)**, το **μήκος του κάθε βλαστού(cm)** και ο **αριθμός των φύλλων του κάθε φυτού**. Οι μετρήσεις αρχικά πραγματοποιούνταν ανα 10 ημέρες ενώ από το μήνα Απρίλιο και έπειτα οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν ανα 7 ημέρες.

Με αυτό τον τρόπο προέκυψαν οι ρυθμοί ανάπτυξης του ύψους του κάθε είδους ΑΦΦ καθ’όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και ο ρυθμός ανάπτυξης των βλαστών του κάθε είδους ΑΦΦ.

Η χρονική πορεία της επιμήκυνσης του ύψους των ΑΦΦ αλλά και των βλαστών παρουσίασε την καλύτερη προσαρμογή ( $r^2 > 0,9$ ) κατά την εφαρμογή της στην εξίσωση Richards (Richards, 1959; Tjϑrve and Tjϑrve, 2010). Η συγκεκριμένη εξίσωση παρουσιάζει την εξής μορφή:

$$Y = A(1 + (d + 1) \exp(-k (t - T_i)))^{1/(1-d)}$$

Y: το μήκος του φυτού ή του βλαστού κατά τη χρονική στιγμή  $t$ .

A: το μέγιστο μήκος του φυτού ή του βλαστού.

$T_i$ : ο χρόνος που απαιτείται για να προσεγγιστεί το σημείο αντιστάθμισης της σιγμοειδούς καμπύλης (Inflectionpoint).

$t$ : ο χρόνος.

$k, d$ : σταθερές.

Ο μέσος σταθμισμένος ρυθμός της επιμήκυνσης (WMGR) υπολογίστηκε σύμφωνα με τον Richards (1959), ως εξής:

$$WMGR = Ak/(2d+2)$$

Σύμφωνα με τους Tjϑrve και Tjϑrve (2010), υπολογίστηκε ο μέγιστος (απόλυτος) ρυθμός (AGR) επιμήκυνσης του φυτού ή των βλαστών:

$$AGR = Ad^{d/(1-d)}k$$



Εικόνα 34. Σημάδεμα βλαστών στο *Satureja thymbra*

## **6. Μετρήσεις των φυτικών χαρακτηριστικών του υπέργειου μέρους των αρωματικών φυτών, μετρήσεις νοπού και ξηρού βάρους των υπέργειων τμημάτων τους.**

Τα φυτικά χαρακτηριστικά του υπέργειου μέρους που μετρήθηκαν πριν και μετά την συλλογή ήταν τα εξής: ο **αριθμός των βλαστών**, το **ύψος του φυτού (cm)**, το **μήκος των βλαστών (cm)**, το **μήκος των ταξιανθιών (cm)**, ο **αριθμός των ταξιανθιών**, ο **αριθμός των φύλλων**, το **νωπό βάρος των βλαστών (g)**, το **νωπό βάρος των ταξιανθιών (g)**, το **νωπό βάρος των φύλλων (g)**. Πιο συγκεκριμένα:

Πριν από την κάθε συλλογή μετρήθηκε:

- Ο αριθμός των βλαστών σε κάθε είδος-βιότυπο και επανάληψη
- Το ύψος σε κάθε είδος και επανάληψη

Οι μετρήσεις έγιναν διαλέγοντας ένα από τα πιο αντιπροσωπευτικά φυτά κάθε βιότυπου σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, δηλαδή τα δείγματα λαμβάνονταν από κάθε είδος κάθε βιότυπο και κάθε επανάληψη. Από κάθε φυτό έγινε επιλογή τριών πιο αντιπροσωπευτικών βλαστών στους οποίους έγιναν οι μετρήσεις.

Μετά από την κάθε συλλογή μετρήθηκε:

- Το μήκος των βλαστών (3 βλαστούς ανα φυτό)
- Το μήκος των ταξιανθιών (3 ταξιανθίες ανα φυτό)
- Τον αριθμό των ταξιανθιών ανα βλαστό (από 3 βλαστούς)
- Τον αριθμό των φύλλων ανα βλαστό (από 3 βλαστούς)
- Το νωπό βάρος των βλαστών (3 βλαστοί ξεχωριστά)
- Το νωπό βάρος των ταξιανθιών (από 3 βλαστούς ξεχωριστά)
- Το νωπό βάρος των φύλλων (3 βλαστοί ξεχωριστά)

Στη συνέχεια, αφού έγιναν όλες αυτές οι μετρήσεις, για να υπολογιστεί το ξηρό βάρος των υπέργειων τμημάτων των φυτών (**ξηρό βάρος των βλαστών**, **ξηρό βάρος των ταξιανθιών**, **ξηρό βάρος των φύλλων**) οι συγκεκριμένοι βλαστοί, οι ταξιανθίες και τα φύλλα υπέστησαν ήπια ξήρανση υπό σκιά σε καλά αεριζόμενους χώρους και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία δωματίου στο σκοτάδι για 15 ημέρες. Ο τρόπος αυτός ξήρανσης είναι αυτός που ακολουθείται στις περιπτώσεις που στο φυτικό υλικό πρόκειται να γίνει υδροαπόσταξη.

Μετά το πέρας των 15 ημερών μετρήθηκε:

- Το ξηρό βάρος των βλαστών (ξεχωριστά από τους 3 βλαστούς είχαν ήδη συλλεχθεί)
- Το ξηρό βάρος των ταξιανθιών (ξεχωριστά από τους 3 βλαστούς είχαν ήδη συλλεχθεί)
- Το ξηρό βάρος των φύλλων (ξεχωριστά από τους 3 βλαστούς είχαν ήδη συλλεχθεί)

Οι βλαστοί, οι ταξιανθίες και τα φύλλα ξαναζυγίζονταν έτσι ώστε να βρεθεί το ξηρό βάρος των φυτικών μερών που προκύπτει με αυτή τη μέθοδο ξήρανσης. Η μέτρηση του νωπού και του ξηρού βάρους έγινε με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας εκατοστών του γραμμαρίου τύπου Mattler B502.

## 7. Μετρήσεις του ποσοστού υγρασίας του υπέργειου τμήματος των φυτών

Το ποσοστό υγρασίας στους φυτικούς ιστούς του υπέργειου μέρους των φυτών βρέθηκε κάνοντας ξήρανση στα προς μελέτη φυτικά μέρη στους 100 °C για 24 ώρες. Έτσι, για τη μέτρηση αυτή συλλέχθηκαν 3 δείγματα βλαστών, ταξιανθιών και φύλλων από κάθε είδος, κάθε βιότυπο αλλά και κάθε επανάληψη. Στη συνέχεια μετρήθηκαν το **μήκος των βλαστών** (cm), το **μήκος των ταξιανθιών** (cm), ο **αριθμός των ταξιανθιών**, ο **αριθμός των φύλλων**, το **νωπό βάρος των βλαστών** (g), το **νωπό βάρος των ταξιανθιών** (g), το **νωπό βάρος των φύλλων** (g).



**Εικόνα 35.** Ένα από τα ξηραντήρια του εργ. Γεωργίας που χρησιμοποιήθηκε για την ξήρανση του φυτικού υλικού.

Μετά από την καταγραφή των δεδομένων οι βλαστοί, οι ταξιανθίες και τα φύλλα εισάγονταν ξεχωριστά σε χάρτινα σακουλάκια και στη συνέχεια τοποθετούνταν στο ξηραντήριο του εργαστηρίου Γεωργίας για 24 h στους 100 °C (Εικόνα 35). Μετά το πέρας των 24 ωρών μετρούνταν το **ξηρό βάρος των βλαστών**, το **ξηρό βάρος των ταξιανθιών** και το **ξηρό βάρος των φύλλων** που προκύπτει με αυτό το τρόπο ξήρανσης. Μετά τη μέτρηση του ξηρού βάρους των υπέργειων μερών με αυτό το τρόπο τα φυτικά μέρη δεν χρησιμοποιούνταν για κάποιο άλλο σκοπό (π.χ. για υδροαπόσταξη). Η διαφορά μεταξύ του νωπού και του ξηρού βάρους των φυτικών ιστών είναι το ποσοστό της υγρασίας που εμπεριέχεται σε αυτούς. Η μέτρηση του νωπού και του ξηρού βάρους έγινε με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας εκατοστών του γραμμαρίου τύπου Mattler B502.

## 8. Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των αιθέριων ελαίων με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης και τη μέθοδο των υπερήχων.

### 8.1 Παραλαβή του αιθέριου ελαίου από νωπό φυτικό υλικό με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης

Φύλλα και άνθη από κάθε είδος φυτού το οποίο ήταν έτοιμο για κοπή (ήταν δηλαδή σε πλήρη άνθιση) κόβονταν και μεταφέρονταν στο υπόγειο του εργαστηρίου Γεωργίας. Στη συνέχεια, το φυτικό υλικό κονιορτοποιούταν και λαμβάνονταν **20g νωπού φυτικού υλικού** από το εκάστοτε φυτό. Το κονιορτοποιημένο φυτικό υλικό τοποθετούνταν σε σφαιρική φιάλη και προσθέτονταν απιονισμένο νερό τόσο ώστε να καλύπτεται το δείγμα (πάνω από 1000ml). Το φυτικό υλικό παρέμενε στη σφαιρική διάλυ για 20 λεπτά και στη συνέχεια ξεκινούσε η θέρμανσή του στο θερμομανδύα όπου ήταν τοποθετημένο. Η έναρξη της απόσταξης γινόταν τη χρονική στιγμή που άρχισαν να συμπυκνώνονται υδρατμοί στον ψυκτήρα. Ακολουθούσε η παραλαβή του αιθέριου ελαίου με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με συσκευή Clevenger (Εικόνα 36). Η παραλαβή του αιθέριου ελαίου γινόταν 4 ώρες αργότερα για το κάθε δείγμα χωριστά.



**Εικόνα 36.**Συσκευή Clevenger. Εξέλιξη υδροαπόσταξης στο φυτό *C. capitatus* στο Εργαστήριο Γεωργίας.

Τα πτητικά συστατικά του δείγματος συγκεντρώνονταν στο σωλήνα του κύριου μέρους της συσκευής, ενώ η υδατική φάση (υδατικό εκχύλισμα), μετά από ανακύκλωση επέστρεφε στη φιάλη με το φυτικό υλικό. Το αιθέριο έλαιο αποτελούσε την υπερκείμενη φάση στο σωλήνα του κυρίως σώματος της συσκευής λόγω της χαμηλότερης πυκνότητάς του σε σχέση με το νερό. Έτσι γινόταν ποσοτικός προσδιορισμός του παραγόμενου ελαίου στην βαθμονομημένη συσκευή Clevenger (Εικόνα 37) και το έλαιο αποθηκευόταν στους  $-18^{\circ}\text{C}$  το πολύ για 1 εβδομάδα (Εικόνες 38,39) μέχρι την ποιοτική ανάλυση του με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας. Η διαδικασία

αυτή επαναλήφθηκε 3 φορές για κάθε είδος φυτού (είχαμε δηλαδή 3 επαναλήψεις της διαδικασίας για κάθε είδος φυτού που αφορούσε την υδροαπόσταξη με νερό φυτικό υλικό).



**Εικόνα 37.** Ποσοτικός προσδιορισμός του παραγόμενου ελαίου στο φυτό *C. capitatus*



**Εικόνα 38.** Παραλαβή του αιθέριου ελαίου





**Εικόνα 39.** Αιθέριο έλαιο και υδροόλυμα του *C. capitatus*.

### **8.2 Παραλαβή του αιθέριου ελαίου από ξηρό φυτικό υλικό με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης**

Όλα τα φυτικά δείγματα υπέστησαν ήπια ξήρανση υπό σκιά σε καλά αεριζόμενους χώρους (Poludennij & Zhuravlev, 1989; Σαρλής, 1994) και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία δωματίου στο σκοτάδι το πολύ έως είκοσι ημέρες μέχρι την υδροαπόσταξη.

Φύλλα και άνθη από κάθε φυτικό δείγμα λειοτριβόνταν καλά και **10g ξηρού φυτικού υλικού** χρησιμοποιούνταν για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου με την μέθοδο της υδροαπόσταξης με συσκευή Clevenger (Εικόνα 36) για 4 ώρες. Η διαδικασία παραλαβής του αιθέριου ελαίου από ξηρό φυτικό υλικό ήταν ακριβώς η ίδια που περιγράφεται παραπάνω για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου από νωπό φυτικό υλικό (Εικόνες 37,38,39).

Στην συνέχεια γινόταν ποσοτικός προσδιορισμός του παραγόμενου ελαίου στην βαθμονομημένη συσκευή Clevenger και το έλαιο αποθηκευόταν στους  $-18^{\circ}\text{C}$  το πολύ για 1 εβδομάδα μέχρι την ποιοτική ανάλυση του με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε 3 φορές για κάθε είδος φυτού (είχαμε δηλαδή 3 επαναλήψεις της διαδικασίας για κάθε είδος φυτού που αφορούσε την υδροαπόσταξη με ξηρό φυτικό υλικό).

### **8.3 Παραλαβή του αιθέριου ελαίου από νωπό φυτικό υλικό με τη μέθοδο των υπερήχων.**

Φύλλα και άνθη από κάθε είδος φυτού το οποίο ήταν έτοιμο για κοπή (ήταν δηλαδή σε πλήρη άνθιση) συλλεγόταν και μεταφέρονταν στο υπόγειο του εργαστηρίου Γεωργίας όπου λειοτριβόταν. Στη συνέχεια στο νωπό αυτό δείγμα του κάθε είδους φυτού γινόταν παραλαβή του αιθέριου ελαίου με τη μέθοδο των υπερήχων. Η εκχύλιση υποβοηθούμενη από υπερήχους πραγματοποιήθηκε σε λουτρό υπερήχων τύπου Sonorex, Super RK 255H, με εσωτερικές διαστάσεις  $300 * 150 * 150$  mm με τη μέθοδο της έμμεσης δόνησης. Η συχνότητα των υπερήχων ήταν σταθερή και ήταν της τάξης των 35kHz (Εικόνα 40). Σε κωνική φιάλη των 250 mL μεταφέρονται **10 g καλά λειοτριβημένου νωπού δείγματος** του κάθε

είδους φυτού ξεχωριστά, και προσθέτονται 100 ml από τον εκχυλιστή διαλύτη .Ο εκχυλιστής διαλύτης ήταν απιονισμένο νερό/ διαιθυλαιθέρας 1:1, v/v. Η φιάλη τοποθετείται σε θερμοστατούμενο λουτρό υπερήχων, που περιέχει νερό σε θερμοκρασία περίπου 25°C, για χρονικό διάστημα 15 λεπτών (Εικόνα 41). Κάθε δείγμα από το κάθε είδος των προς μελέτη αρωματικών φυτών εκχυλίστηκε με τη βοήθεια των υπερήχων 3 φορές (3 φορές x 15 λεπτά). Μετά το πέρας των 15 λεπτών, η υγρή φάση μεταφέρεται σε εκχυλιστική χοάνη και μετά τον διαχωρισμό των δύο φάσεων, συλλέγεται η φάση του οργανικού διαλύτη. Η φάση του νερού εκχυλίζεται με 20 mL οργανικού διαλύτη (διαιθυλαιθέρα) για μια φορά, ενώ η συνολική φάση του οργανικού διαλύτη εκχυλίζεται με 20 mL κορεσμένου υδατικού διαλύματος NaCl. Παραλαμβάνεται η οργανική φάση η οποία συμπυκνώνεται με ρεύμα N<sub>2</sub> μέχρι όγκου 5 mL, ξηραίνεται με άνυδρο θειϊκό μαγνήσιο και στη συνέχεια φυλάσσεται στην κατάψυξη μέχρι να μελετηθεί με GC-MS. Έγιναν τρεις επαναλήψεις για κάθε είδος φυτού.

#### 8.4 Παραλαβή του αιθέριου ελαίου από ξηρό φυτικό υλικό με τη μέθοδο των υπερήχων.

Η ξήρανση των φυτικών δειγμάτων έγιναν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και στην περίπτωση της υδροαπόσταξης. Έπειτα από την πάροδο του απαιτούμενου χρονικού διαστήματος για την ξήρανση των φυτικών δειγμάτων το υλικό μεταφερόταν στο εργαστήριο Χημείας όπου λάμβανε μέρος η μέθοδος παραλαβής του αιθέριου ελαίου με τη μέθοδο των υπερήχων. Έτσι, σε κωνική φιάλη των 250 mL μεταφέρονται 5 g καλά λειοτιβημένου ξηρού δείγματος του κάθε είδους φυτού ξεχωριστά, και προσθέτονται 100 ml από τον εκχυλιστή διαλύτη . Ο εκχυλιστής διαλύτης ήταν απιονισμένο νερό/ διαιθυλαιθέρας 1:1, v/v. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ίδια ακριβώς όπως περιγράφεται παραπάνω (Εικόνες 40,41). Έγιναν τρεις επαναλήψεις για κάθε είδος φυτού.



Εικόνα 40. Λουτρό υπερήχων



Εικόνα 41. Διαδικασία παραλαβής αιθέριου ελαίου με τη μέθοδο των υπερήχων.

## 8.5 Χημική ανάλυση

Ο ποιοτική ανάλυση του ελαίου πραγματοποιήθηκε με την χρήση αέριου χρωματογράφου (GC) (HewlettPackard 5890 II) εξοπλισμένου με τριχοειδή στήλη (HP-5MS, crosslinked 5% PHMEsiloxane, 30 m, 0.25mm i.d., 0.25mm film thickness) και φασματογράφο μάζας (HP 5972) ως ανιχνευτή. Το φέρον αέριο ήταν το ήλιο με ρυθμό 1mL/min. Η αρχική θερμοκρασία της στήλης ήταν 60 °C και αύξανε σταδιακά έως τους 250 °C με ρυθμό 3 °C/min. Η συνολική διάρκεια της μεθόδου ήταν 63,33 min. Για την ανίχνευση με το GC-MS χρησιμοποιήθηκε σύστημα ιονισμού ηλεκτρονίων με ενέργεια ιονισμού τα 70 eV. Οι θερμοκρασίες του εγχυτήρα και του ανιχνευτή (γραμμική μεταφοράς φασματογράφου μάζας) ήταν 220 και 290 °C αντίστοιχα. Ποσότητα 0,1 mL αραιωμένων διαλυμάτων των ελαίων (1/100 v/v) εγχέονταν χειροκίνητα και αδιαίρετα. Ως διαλυτικό χρησιμοποιήθηκε ακετόνη καθαρότητας 99,8 %. Οι χρωματογραφικές κορυφές αναγνωρίζονταν από τον χρόνο έκλυσης, από τα φάσματα μάζας πρότυπων ουσιών όταν ήταν δυνατό, από τα φάσματα μάζας των ηλεκτρονικών βιβλιοθηκών Adams 2007, Nist 98 και Wiley 275 και με την χρήση δημοσιευμένων δεδομένων (Adams 2007, 4<sup>η</sup> Έκδοση). Στο παράρτημα παρουσιάζονται από ένα χαρακτηριστικό χρωματογράφημα για κάθε είδος (Παράρτημα, Εικόνες 1-16) καθώς και οι πίνακες που προκύπτουν από την ταυτοποίηση των συστατικών του αιθέριου ελαίου κάθε είδους (Παράρτημα, Πίνακες 1-16).

## 9. Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προήλθαν από τους σταθμούς της Ελληνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY) στην Αθήνα. Τα κλιματικά δεδομένα όπως παρουσιάζονται στα διαγράμματα (1 έως 3). Παρατίθενται η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία σχετική υγρασία και η μηνιαία βροχόπτωση στις περιοχές των πειραματικών αγρών (Αγρός ΓΠΑ στην Αθήνα). Έτσι, για τον προσδιορισμό της επίδρασης του κλίματος στην % περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο, στην % σύσταση αυτού, καθώς και στα φυσικά χαρακτηριστικά του υπέργειου τμήματος χρησιμοποιήθηκαν: η μέση θερμοκρασία, η μέση σχετική υγρασία και η μηνιαία βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους (*S. thymbra*, *O. onites*, *O. hirtum* και *C. capitatus*) για δύο διαδοχικά έτη.

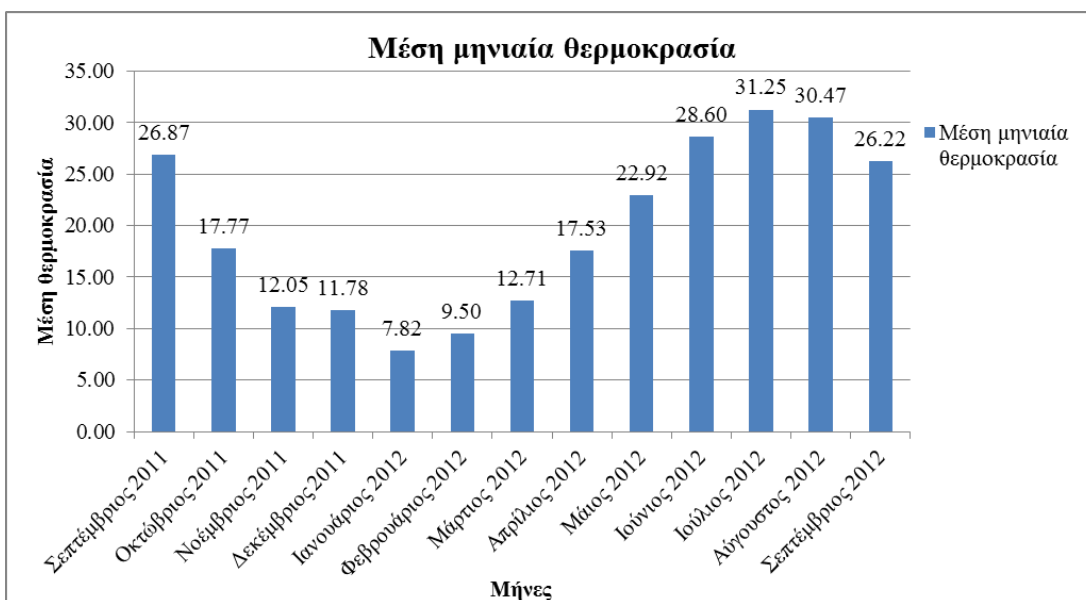
## 10. Μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης

Για τη στατιστική επεξεργασία και την παρουσίαση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικά προγράμματα «Statgraphics Centurion της Statpoint Technologies, INC». Οι δοκιμασίες σημαντικότητας έγιναν σύμφωνα με το κριτήριο του F, ενώ οι περαιτέρω συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν με βάση τη μέθοδο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD).

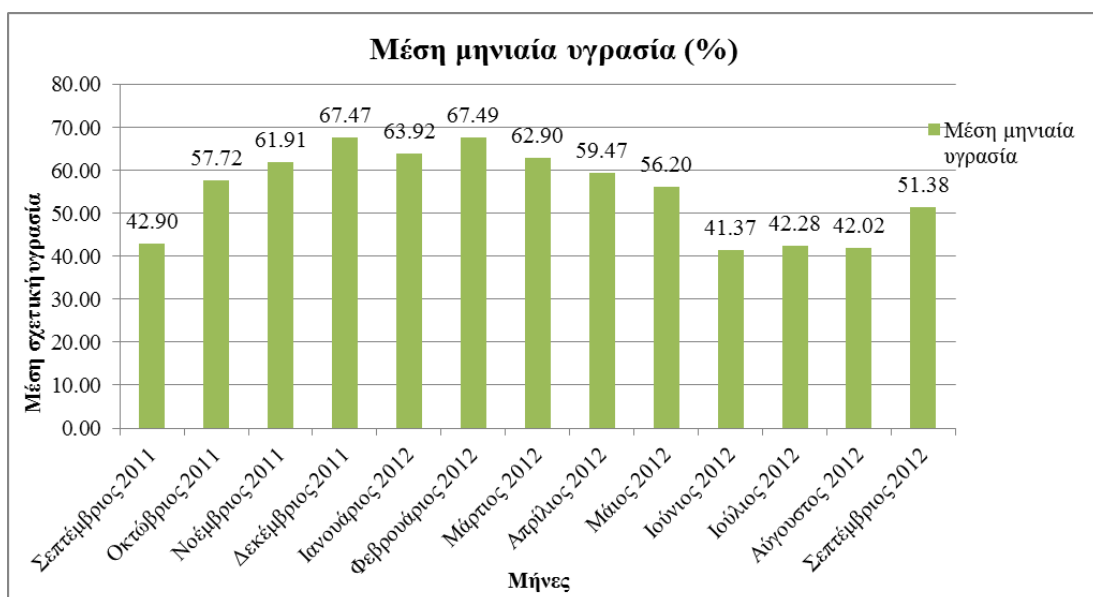
### III ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 1. Μετεωρολογικά δεδομένα

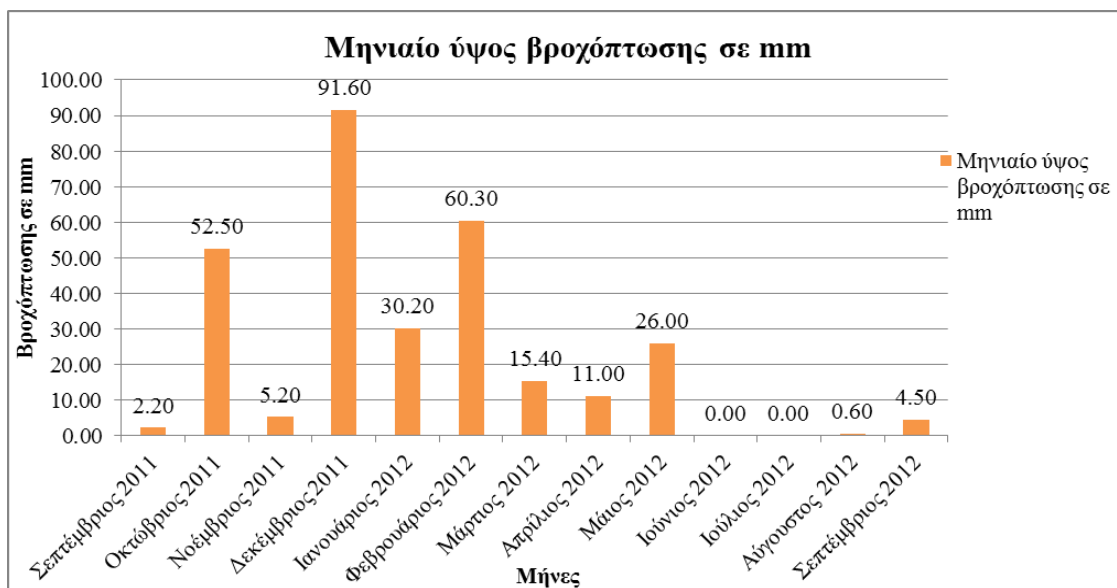
Στα διαγράμματα 1,2,3 παρουσιάζονται η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία σχετική υγρασία και η μηνιαία βροχόπτωση. Τα μετεωρολογικά δεδομένα που αξιολογήθηκαν στην παρούσα μελέτη πριν την συγκομιδή (Απρίλιο-Ιούλιο) για το *S. thymbra*, την *O. Onites*, την *O. hirtum* και το *C. capitatus* για την παραγωγή του 2012.



Διάγραμμα 1. Μετεωρολογικά δεδομένα της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στον πειραματικό αγρό του εργαστηρίου Γεωργίας 2011-2012.



Διάγραμμα 2. Μετεωρολογικά δεδομένα της μέσης μηνιαίας υγρασίας στον πειραματικό αγρό του εργαστηρίου Γεωργίας 2011-2012.



**Διάγραμμα 3.** Μετεωρολογικά δεδομένα του μέσου μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης στον πειραματικό αγρό του εργαστηρίου Γεωργίας 2011-2012

Παρατηρήθηκε ότι η μέση θερμοκρασία και η μηνιαία βροχόπτωση είχαν υψηλότερες τιμές το μήνα Μάιο πριν τη συγκομιδή του *S. thymbra* το στις 16/5/2012 (22.92 °C, 26 mm αντίστοιχα). Η μέση σχετική υγρασία εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή της για το *S. thymbra* τον Απρίλιο (59.47%)

Στην *O. onites*, η μέση θερμοκρασία είχε υψηλότερες τιμές το μήνα Ιούνιο, 28/5/2012, που συγκομίστηκε (28.60°C). Η μέση σχετική υγρασία παρουσίασε την χαμηλότερη τιμή για το χρονικό διάστημα του εξετάστηκε (41.37%). Ακόμα, δεν πραγματοποιήθηκε καμία βροχόπτωση τον Ιούνιο του 2012.

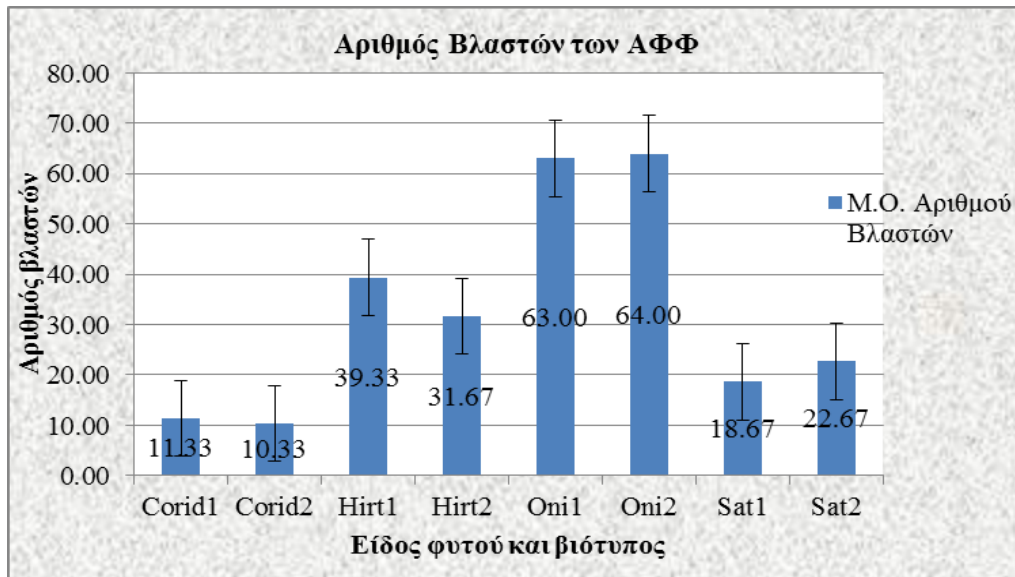
Τέλος, στην *O. hirtum* και στο *C. capitatus* η μέση θερμοκρασία για το μήνα Ιούλιο (μήνας συγκομιδής και για τα δύο είδη 2/7/2012 και 9/7/2012 αντίστοιχα) και στα δύο είδη ήταν ελαφρώς υψηλότερη από τον προηγούμενο μήνα (31.25°C). Η μέση σχετική υγρασία ήταν λίγο υψηλότερη τον Ιούλιο του 2012 (42.28 %) από τον Ιούνιο του 2012 (41.37 %). Δεν πραγματοποιήθηκε βροχόπτωση τον μήνα Ιούλιο το 2012.

## 2. Φυτικά χαρακτηριστικά

Για την μελέτη των μορφολογικών χαρακτηριστικών των βιοτύπων των ειδών *S.thymbra*, *O.hirtum*, *O.onites*, *C. capitatus* μελετήθηκαν τα φυτικά χαρακτηριστικά του υπέργειου μέρους. Αναλυτικότερα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακατω.

### 2.1 Αριθμός βλαστών

Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (ANOVA) ( $p < 0.05$ ) (πίνακας 1, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των βλαστών για κάθε βιότυπο δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *S. thymbra*, *O. hirtum* και *O. onites* και *C. capitatus*. Αντιθέτως, παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε αυτό το χαρακτηριστικό μεταξύ των ειδών όπως φάνηκε και στο διάγραμμα 3. Εξαιρέση αποτέλεσε η *O. hirtum* με βιότυπο 2 η οποία δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με το *S. thymbra* και των δύο βιοτύπων. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των *C. capitatus* και *S. thymbra* και στους δύο βιότυπους. Η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στην *O. onites* με βιότυπο 2 ενώ η μικρότερη στο *C. capitatus* στο βιότυπο 2.

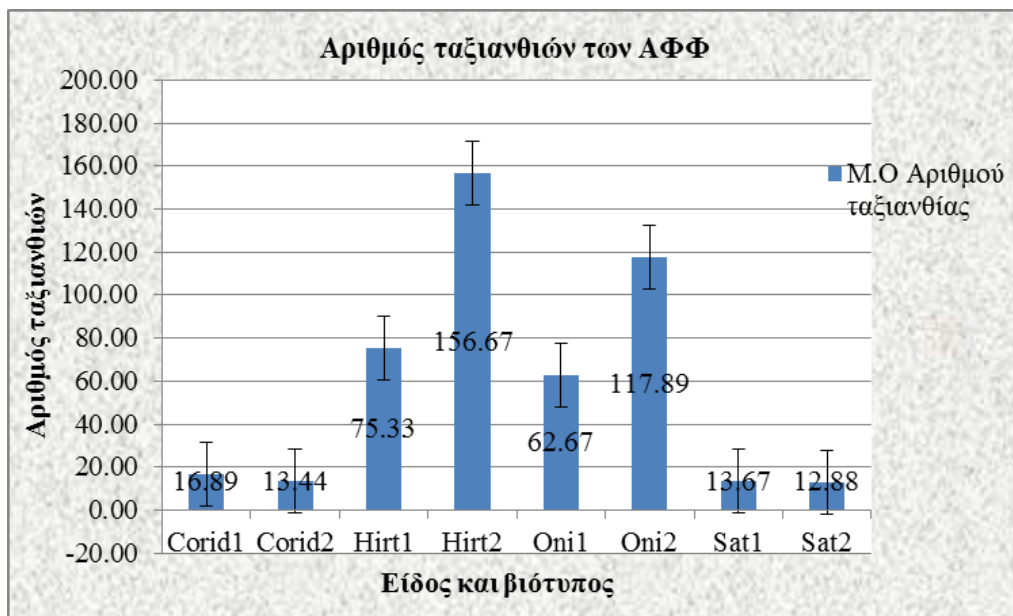


**Διάγραμμα 3.** Ο μέσος όρος του αριθμού των βλαστών των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha = 0.05$ .

### 2.2) Αριθμός ταξιανθιών

Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (ANOVA) ( $p < 0.05$ ) (πίνακας 2, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των ταξιανθιών για κάθε βιότυπο διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *O. hirtum* και *O. onites*. Αντιθέτως, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε αυτό το χαρακτηριστικό μεταξύ των βιοτύπων των ειδών *C. capitatus* και *S. thymbra* όπως φάνηκε και στο

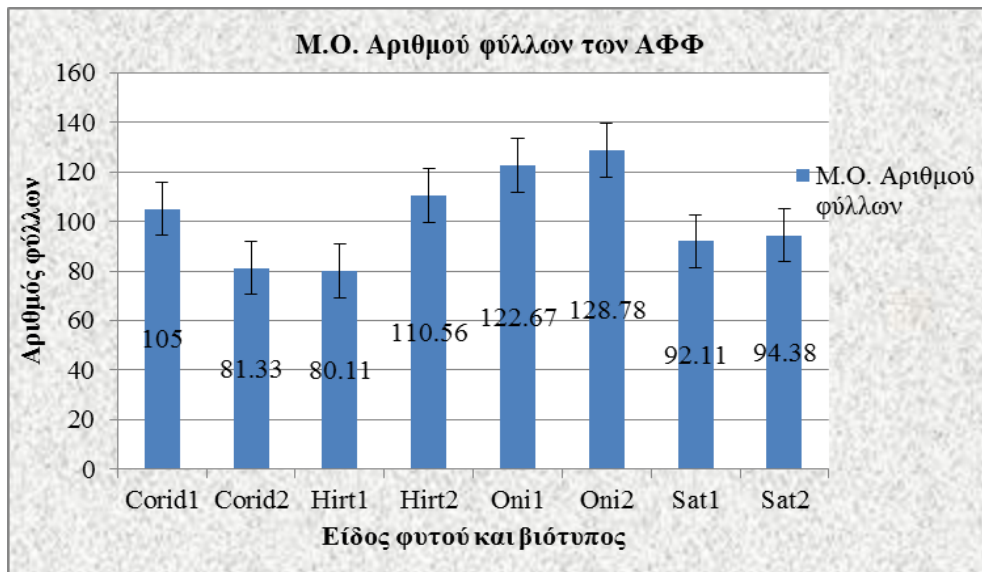
διάγραμμα 4. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των *C. capitatus* και *S. thymbra* και στους δύο βιότυπους. Η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στην *O. hirtum* με βιότυπο 2 ενώ η μικρότερη στο *S. thymbra* στο βιότυπο 2.



**Διάγραμμα 4.** Ο μέσος όρος του αριθμού των ταξιανθιών των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

### 2.3 Αριθμός φύλλων

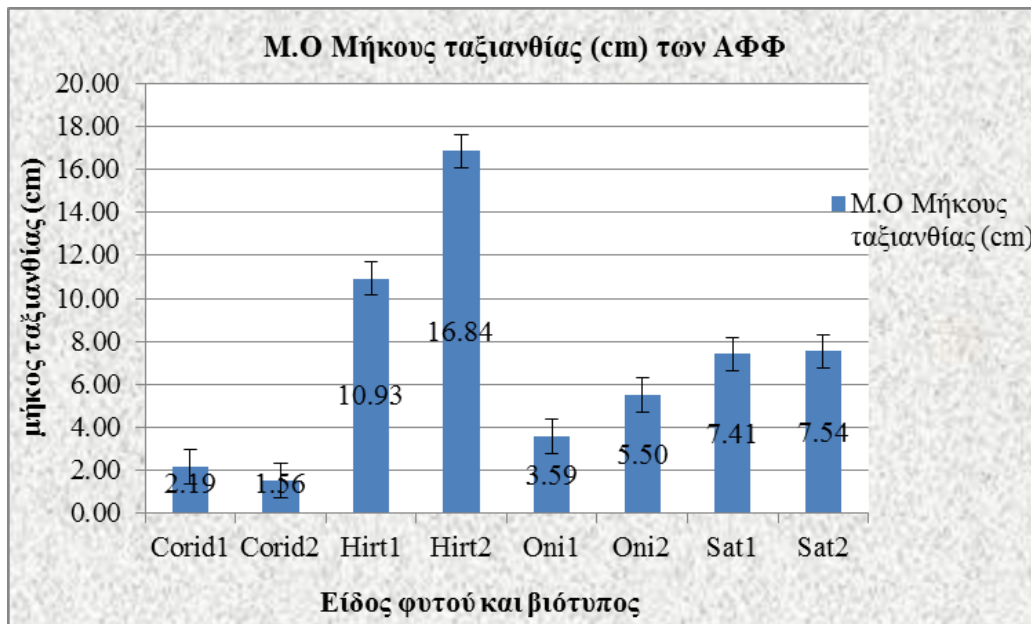
Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (ANOVA) ( $p < 0.05$ ) (πίνακας 3, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των φύλλων για κάθε βιότυπο διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *C. capitatus*, *O. hirtum*. Αντιθέτως, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε αυτό το χαρακτηριστικό μεταξύ των των βιοτύπων του είδους *S. thymbra* και *O. onites* όπως φάνηκε και στο διάγραμμα 5. Η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στην *O. onites* με βιότυπο 2 ενώ η μικρότερη στην *O. hirtum* στο βιότυπο 1.



**Διάγραμμα 5.** Ο μέσος όρος του αριθμού των φύλλων των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

#### 2.4 Αύξηση μήκους της ταξιανθίας των ΑΦΦ

Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (ANOVA) ( $p<0,05$ ) (πίνακας 4, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι το μήκος των ταξιανθιών για κάθε βιότυπο διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *O. hirtum* και *O. onites*. Αντιθέτως, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε αυτό το χαρακτηριστικό μεταξύ των των βιοτύπων των ειδών *C. capitatus*, και *S. thymbra* όπως φάνηκε και στο διάγραμμα 6. Η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στην *O. hirtum* με βιότυπο 2 ενώ η μικρότερη στο *C. capitatus* στο βιότυπο 1.



**Διάγραμμα 6.** Ο μέσος όρος του μήκους των ταξιανθιών των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



## 2.5 Αύξηση ύψους των ΑΦΦ

Στα διαγράμματα 7,8,9,10 παρουσιάζεται η γενική πορεία της αύξησης του ύψους των φυτών των τεσσάρων ΑΦΦ.

Η περιγραφή της αύξησης του ύψους των φυτών του πειραματικού υλικού έγινε με τη χρήση της εξίσωσης Richards. Τα δεδομένα του πειράματος προσαρμόστηκαν ικανοποιητικά στη συγκεκριμένη εξίσωση (τιμές  $r^2$  μεταξύ 0.93 και 0.99) και η μορφή της αύξησης, όπως προέκυψε, ήταν ασύμμετρη σιγμοειδής.

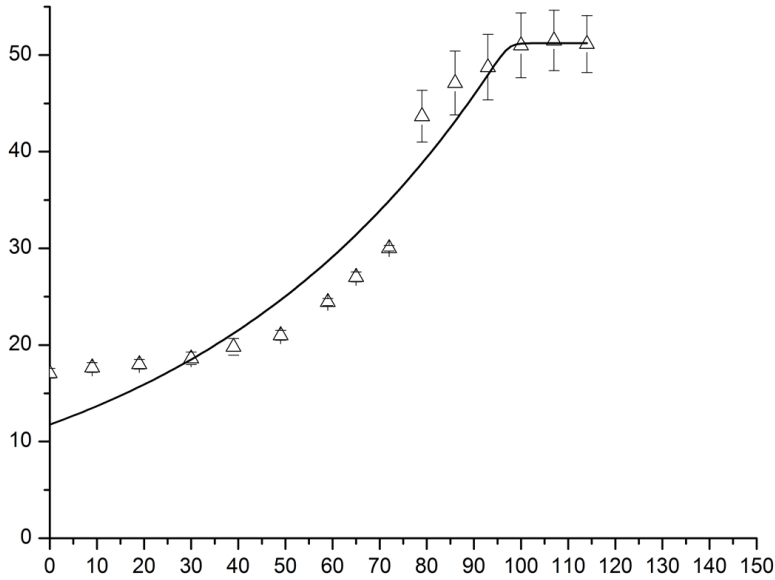
Στην αρχικές μετρήσεις στο ύψος των φυτών των ΑΦΦ η αύξηση συντελείται με πολύ αργό ρυθμό. Από το σημείο όμως αυτό και μετά ο ρυθμός αύξησης λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες τιμές (η καμπύλη της αύξησης γίνεται εκθετική), οι οποίες προσεγγίζουν μία μέγιστη τιμή στο σημείο αντιστάθμισης (inflection point). Στη συνέχεια, ο ρυθμός αύξησης του ύψους των φυτών μειώνεται και η ανάπτυξη διακόπτεται όσο πλησιάζει το ΑΦΦ στην περίοδο συγκομιδής του η οποία διαφέρει σε κάθε είδος.

Από τον πίνακα της ανάλυσης διασποράς (πίνακας 5, παράρτημα), προέκυψε ότι ο μέσος σταθμισμένος ρυθμός αύξησης του ύψους του κάθε είδους των ΑΦΦ δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μέγιστη τιμή του μέσου σταθμισμένου ρυθμού αύξησης του ύψους παρατηρήθηκε στην *Origanum onites* (0,39) ενώ αντίστοιχα η μικρότερη τιμή παρουσιάστηκε στο *Coridothymus capitatus*(0,11).

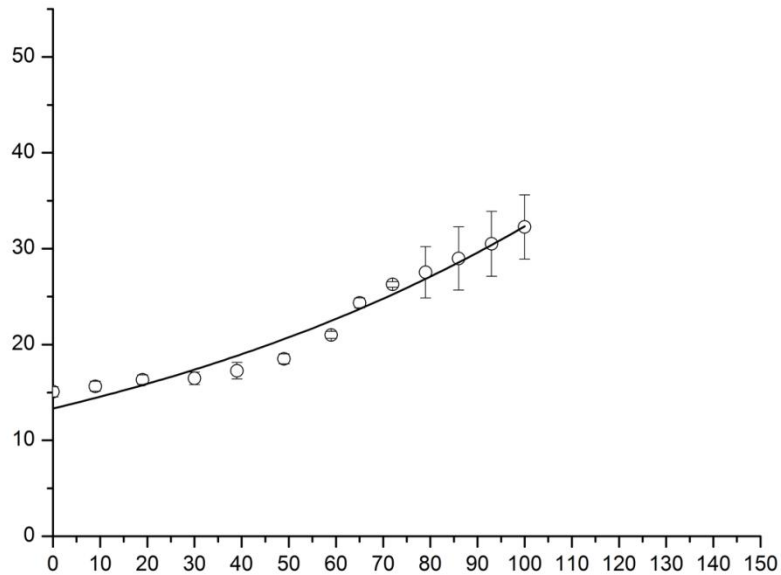
Επίσης, στον πίνακα της ανάλυσης διασποράς (πίνακας 6, παράρτημα), παρατηρήθηκε ότι τα ΑΦΦ δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά τον μέγιστο απόλυτο ρυθμό αύξησης του ύψους τους. Η μέγιστη τιμή του μέγιστου απόλυτου ρυθμού αύξησης του ύψους των φυτών παρατηρήθηκε στην *Origanum onites* (0,75) ενώ αντίστοιχα η μικρότερη τιμή παρουσιάστηκε στο *Coridothymus capitatus* (0,21). Παρόλα αυτά όπως διαπιστώθηκε στα διαγράμματα 11 και 12 τα τέσσερα είδη των ΑΦΦ εμφανίζουν διαφορές μεταξύ τους όσο αφορά το μέσο σταθμισμένο ρυθμό αύξησης και μέγιστο απόλυτο ρυθμό αύξησης του ύψους τους και μάλιστα η *Origanum onites* διέφερε με τα *Coridothymus capitatus* και *Satureja thymbra*. Επίσης, η *Origanum hirtum* φάνηκε ότι διέφερε και με το *Coridothymus capitatus* σχετικά με τις δύο αυτές παραμέτρους που εξετάστηκαν.

Το τελικό ύψος των φυτών, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα ανάλυσης της διασποράς (πίνακας 7, παράρτημα), επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά και στα τέσσερα είδη των ΑΦΦ. Στο διάγραμμα 13 παρατηρήθηκε ότι τα είδη των ΑΦΦ διέφεραν μεταξύ τους όσον αφορά το μέγιστο ύψος των φυτών. Συγκεκριμένα, η *Origanum onites* διέφερε με τα *Coridothymus capitatus* και *Satureja thymbra*. Το ίδιο και η *Origanum hirtum* με τα *Coridothymus capitatus* και *Satureja thymbra*. Όμως, οι *Origanum onites* και *Origanum hirtum* δεν διέφεραν μεταξύ τους όσον αφορά το μέγιστο τελικό ύψος όπως επίσης και τα *Coridothymus capitatus* και *Satureja thymbra* τα οποία με τη σειρά τους δεν εμφάνισαν μεταξύ τους

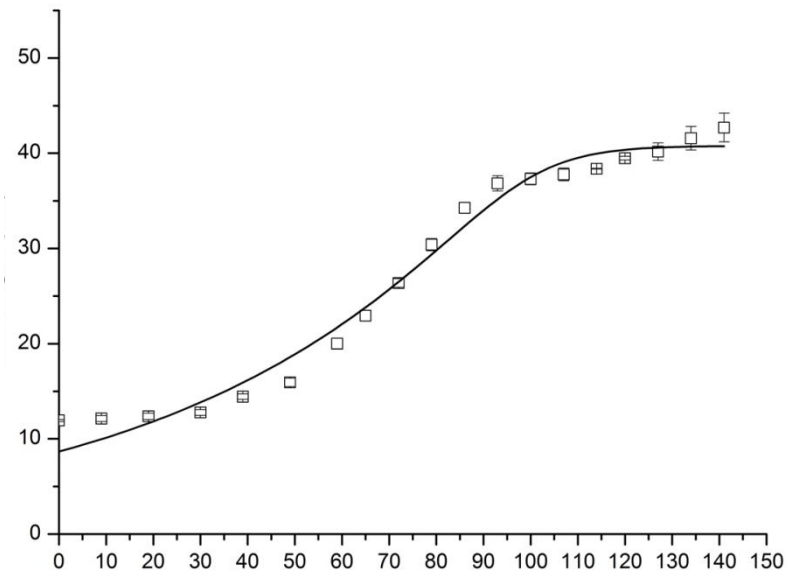
διαφορές. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο *Origanum onites* (51,49 cm) ενώ οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο *Coridothymus capitatus* (27,92 cm).



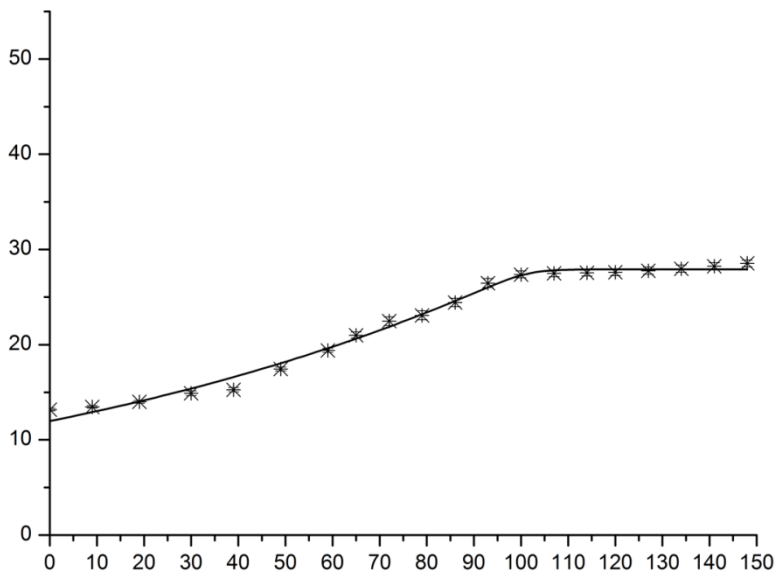
**Διάγραμμα 7.** Η γενική πορεία της αύξησης του ύψους της *Origanum onites*. Η σιγμοειδής καμπύλη προέκυψε από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



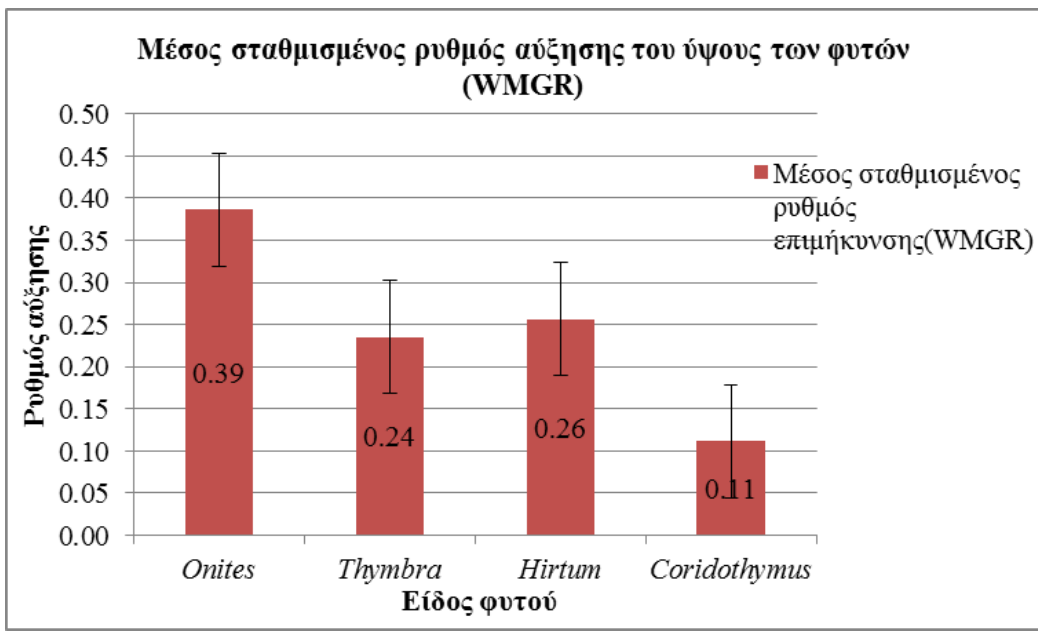
**Διάγραμμα 8.** Η γενική πορεία της αύξησης του ύψους του *Satureja thymbra*. Η σιγμοειδής καμπύλη προέκυψε από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



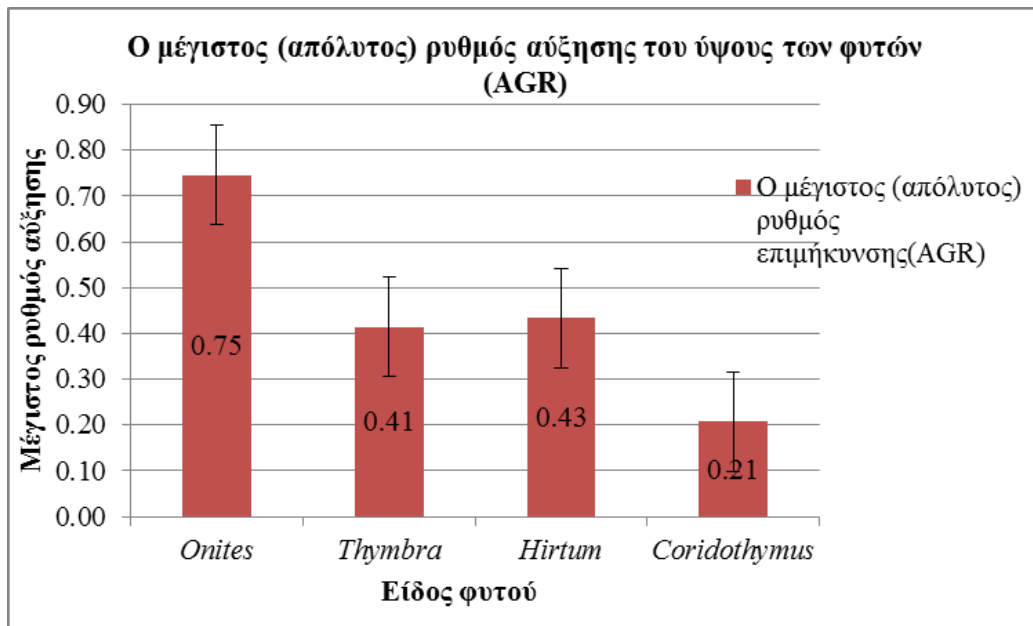
**Διάγραμμα 9.** Η γενική πορεία αύξησης του ύψους της *Origanumhirtum*. Η σιγμοειδής καμπύλη προέκυψε από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



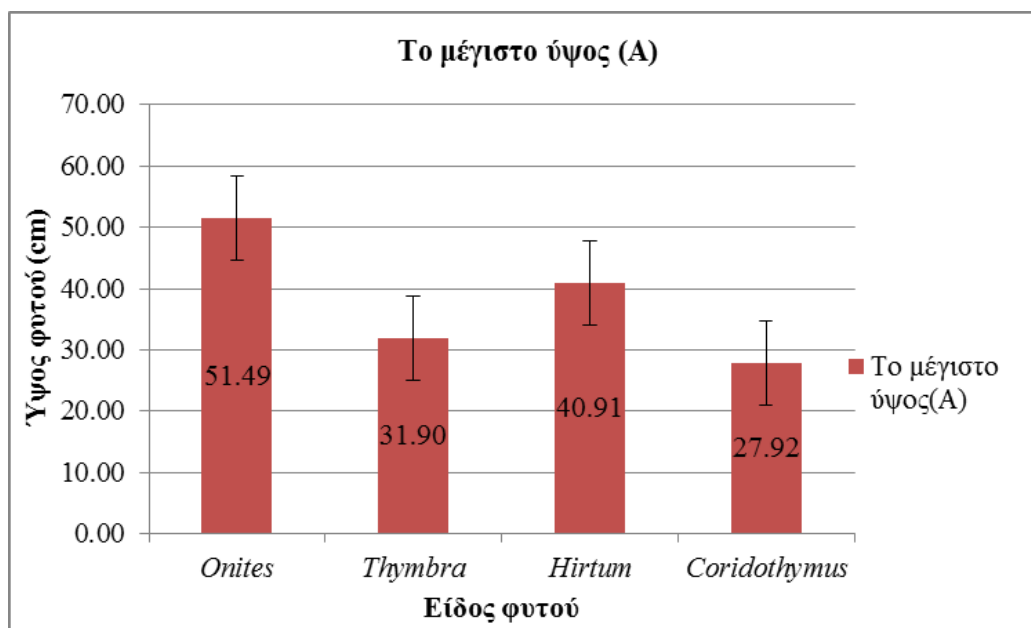
**Διάγραμμα 10.** Η γενική πορεία αύξησης του ύψους του *Corydothymuscapitatus*. Η σιγμοειδής καμπύλη προέκυψε από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



**Διάγραμμα 11.** Διαφοροποίηση του μέσου σταθμισμένου ρυθμού της αύξησης του ύψους των ΑΦΦ ανάλογα με το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



**Διάγραμμα 12.** Διαφοροποίηση του μέγιστου απόλυτου ρυθμού αύξησης του ύψους των ΑΦΦ ανάλογα με το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



**Διάγραμμα 13.** Διαφοροποίηση του μέγιστου ύψους των ΑΦΦ ανάλογα με το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

## 2.6 Αύξηση μήκους βλαστών των ΑΦΦ

Στα διαγράμματα 14,15,16,17 παρουσιάζεται η γενική πορεία της αύξησης του μήκους των βλαστών των τεσσάρων ΑΦΦ.

Η περιγραφή της αύξησης του μήκους των βλαστών του πειραματικού υλικού έγινε με τη χρήση της εξίσωσης Richards. Τα δεδομένα του πειράματος προσαρμόστηκαν ικανοποιητικά στη συγκεκριμένη εξίσωση (τιμές  $r^2$  μεταξύ 0.93 και 0.99) και η μορφή της αύξησης, όπως προέκυψε, ήταν ασύμμετρη σιγμοειδής.

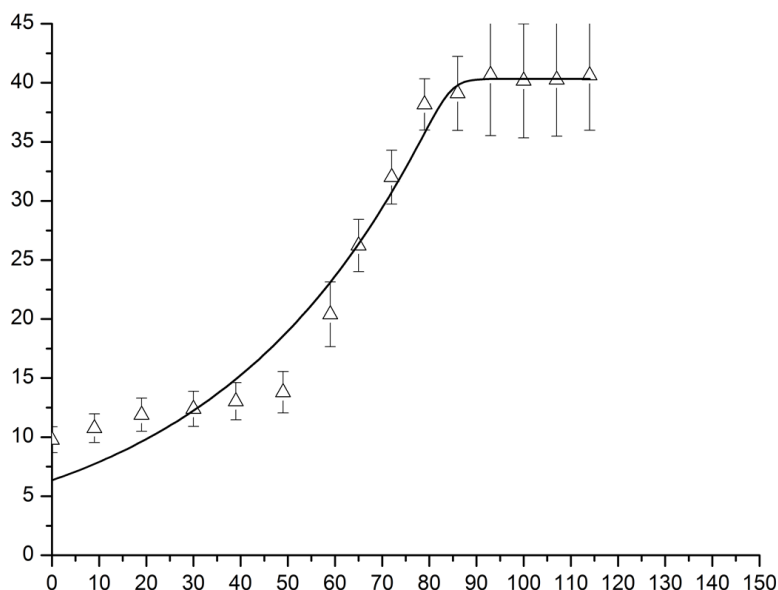
Στην αρχικές μετρήσεις στο μήκος των βλαστών των ΑΦΦ η αύξηση συντελείται με πολύ αργό ρυθμό. Από το σημείο όμως αυτό και μετά ο ρυθμός αύξησης λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες τιμές (η καμπύλη της αύξησης γίνεται εκθετική), οι οποίες προσεγγίζουν μία μέγιστη τιμή στο σημείο αντιστάθμισης (inflection point). Στη συνέχεια, ο ρυθμός αύξησης των βλαστών μειώνεται και η ανάπτυξη διακόπτεται όσο πλησιάζει το ΑΦΦ στην περίοδο συγκομιδής του η οποία διαφέρει σε κάθε είδος. Την τυπική αυτή μορφή αύξησης ακολούθησαν όλοι οι βλαστοί που μελετήθηκαν, σε όλα ανεξαιρέτως τα είδη των ΑΦΦ.

Από τον πίνακα της ανάλυσης διασποράς (πίνακας 8, παράρτημα), προέκυψε ότι ο μέσος σταθμισμένος ρυθμός επιμήκυνσης παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Συγκεκριμένα, όπως φάνηκε και στο διάγραμμα 18 όλα τα είδη των ΑΦΦ διέφεραν μεταξύ τους εκτός από την *Origanumhirtum* και το *Saturejathymbra* τα οποία δεν διέφεραν. Η μέγιστη τιμή του μέσου σταθμισμένου

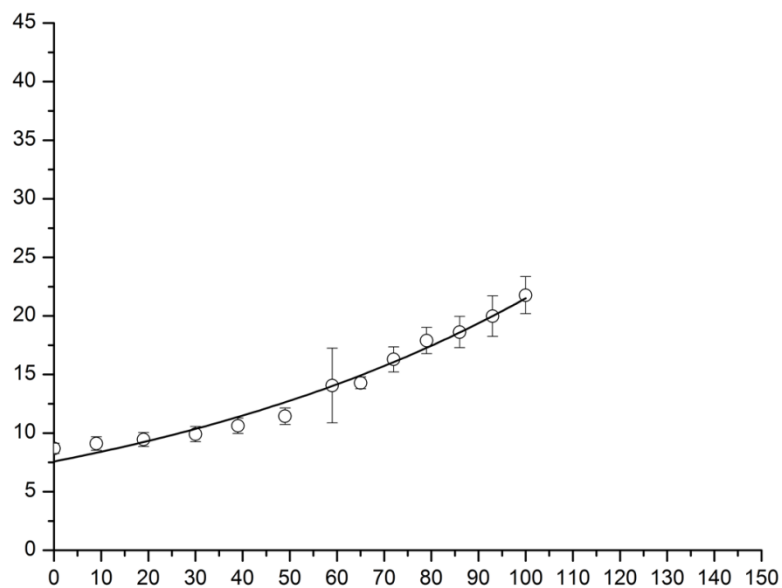
ρυθμού παρατηρήθηκε στην *Origanum monites* ενώ αντίστοιχα η μικρότερη τιμή παρουσιάστηκε στο *Coridothymus capitatus*.

Επίσης, στον πίνακα της ανάλυσης διασποράς (πίνακας 9, παράρτημα), παρατηρήθηκε ότι τα ΑΦΦ είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά τον μέγιστο απόλυτο ρυθμό επιμήκυνσης των βλαστών. Εξαιρέση αποτέλεσε και πάλι η *Origanum hirtum* και το *Satureja thymbra* τα οποία δεν διέφεραν (διάγραμμα 19). Η μέγιστη τιμή του μέγιστου απόλυτου ρυθμού επιμήκυνσης των βλαστών παρατηρήθηκε στην *Origanum monites* ενώ αντίστοιχα η μικρότερη τιμή παρουσιάστηκε στο *Coridothymus capitatus*.

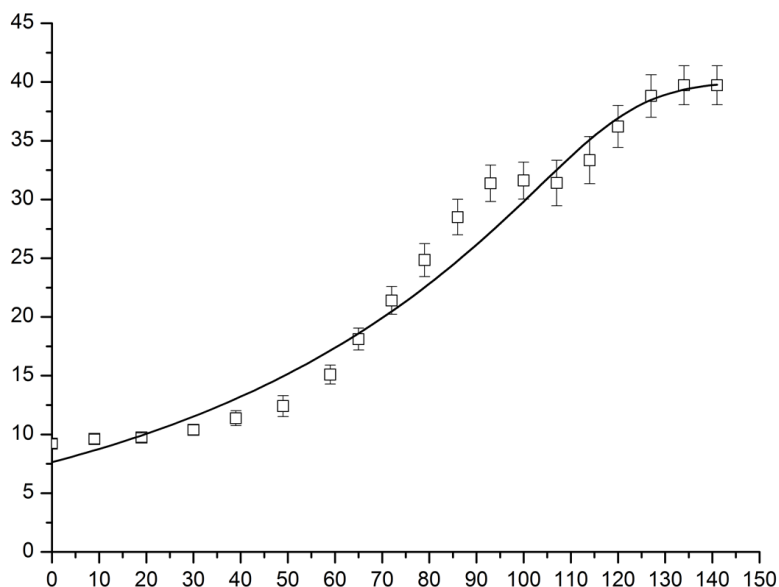
Το τελικό μήκος του μήκους των βλαστών των ΑΦΦ, όπως παρουσιάστηκε στον πίνακα ανάλυσης της διασποράς (πίνακας 10, παράρτημα), επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά και στα τέσσερα είδη των ΑΦΦ. Στο διάγραμμα 20 παρατηρήθηκε ότι όλα τα είδη των ΑΦΦ διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά το μέγιστο μήκος των βλαστών κατά ζεύγη. Συγκεκριμένα, η *Origanum monites* διέφερε με τα *Coridothymus capitatus* και *Satureja thymbra*. Το ίδιο και η *Origanum hirtum* με τα *Coridothymus capitatus* και *Satureja thymbra*. Όμως, οι *Origanum monites* και *Origanum hirtum* δεν διέφεραν μεταξύ τους όσον αφορά το μέγιστο τελικό μήκος των βλαστών όπως επίσης και τα *Coridothymus capitatus* και *Satureja thymbra* τα οποία με τη σειρά τους δεν εμφάνισαν μεταξύ τους διαφορές. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο *Origanum hirtum* (41,93 cm) ενώ οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο *Coridothymus capitatus* (22,78 cm).



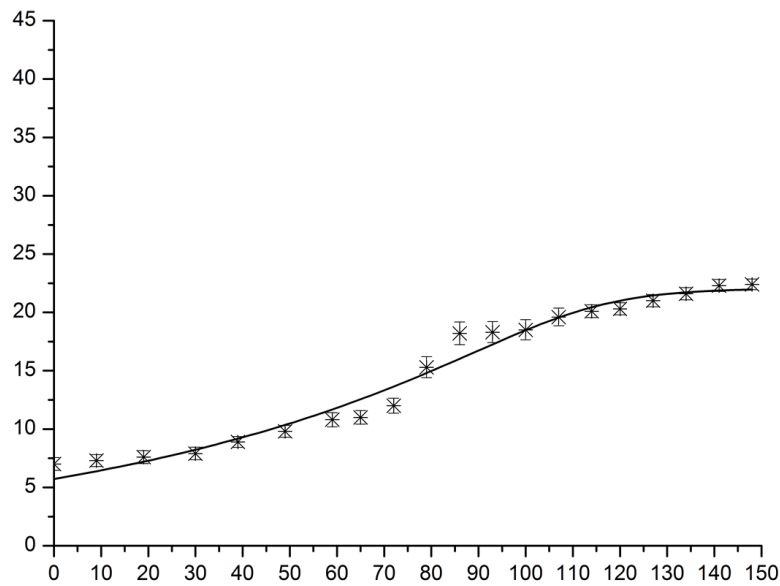
**Διάγραμμα 14.** Η γενική πορεία της αύξησης των βλαστών της *Origanum monites*. Η σιγμοειδής καμπύλη προέκυψε από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



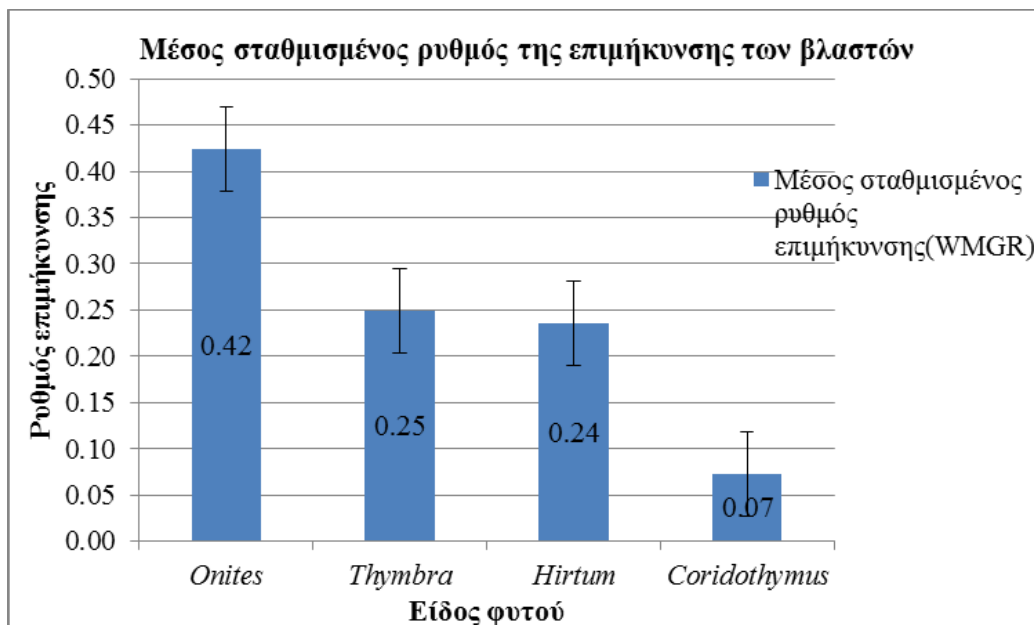
**Διάγραμμα 15.** Η γενική πορεία της αύξησης των βλαστών του *Satureja thymbra*. Η σιγμοειδής καμπύλη προέκυψε από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



**Διάγραμμα 16.** Η γενική πορεία αύξησης των βλαστών της *Origanum hirtum*. Η σιγμοειδής καμπύλη προέκυψε από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

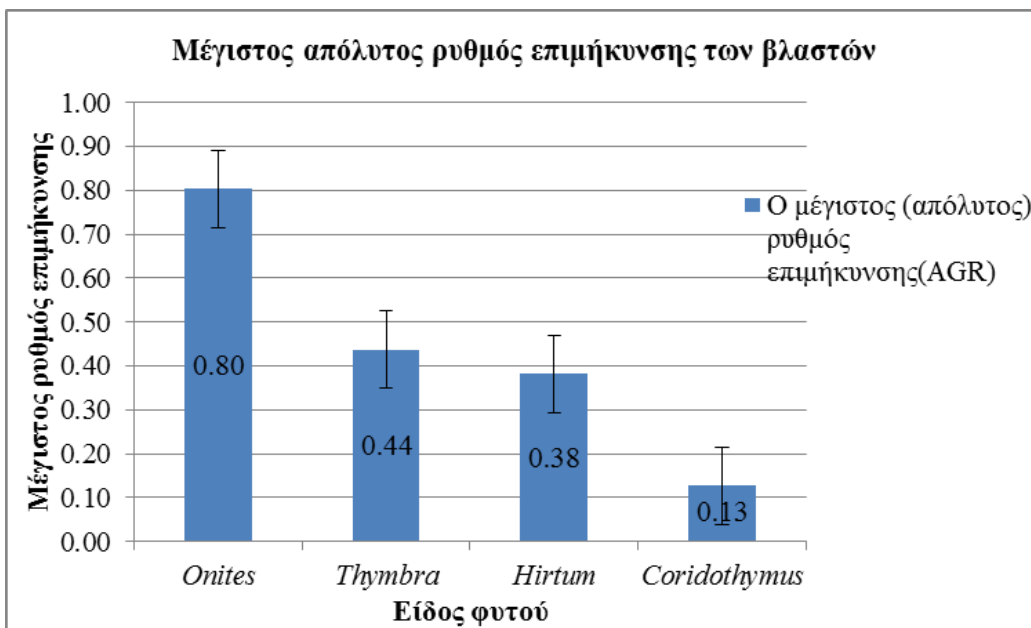


**Διάγραμμα 17.** Η γενική πορεία αύξησης των βλαστών του *Corydothymuscapitatus*. Η σιγμοειδής καμπύλη προέκυψε από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

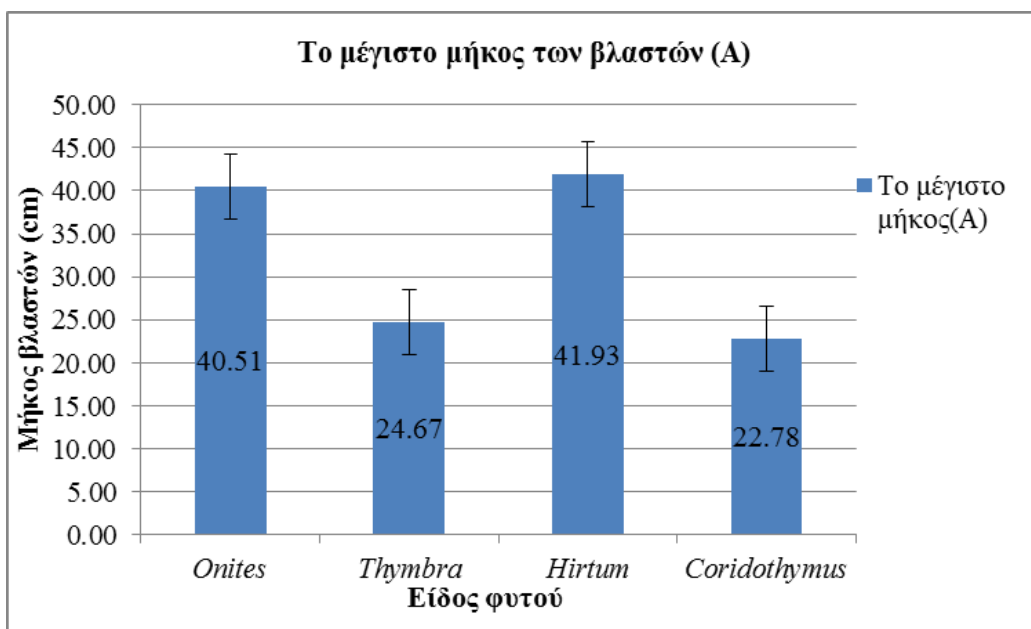


**Διάγραμμα 18.** Διαφοροποίηση του μέσου σταθμισμένου ρυθμού της επιμήκυνσης των βλαστών των ΑΦΦ ανάλογα με το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .





**Διάγραμμα 19.** Διαφοροποίηση του μέγιστου απόλυτου ρυθμού επιμήκυνσης των βλαστών των ΑΦΦ ανάλογα με το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



**Διάγραμμα 20.** Διαφοροποίηση του μέγιστου μήκους των βλαστών των ΑΦΦ ανάλογα με το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

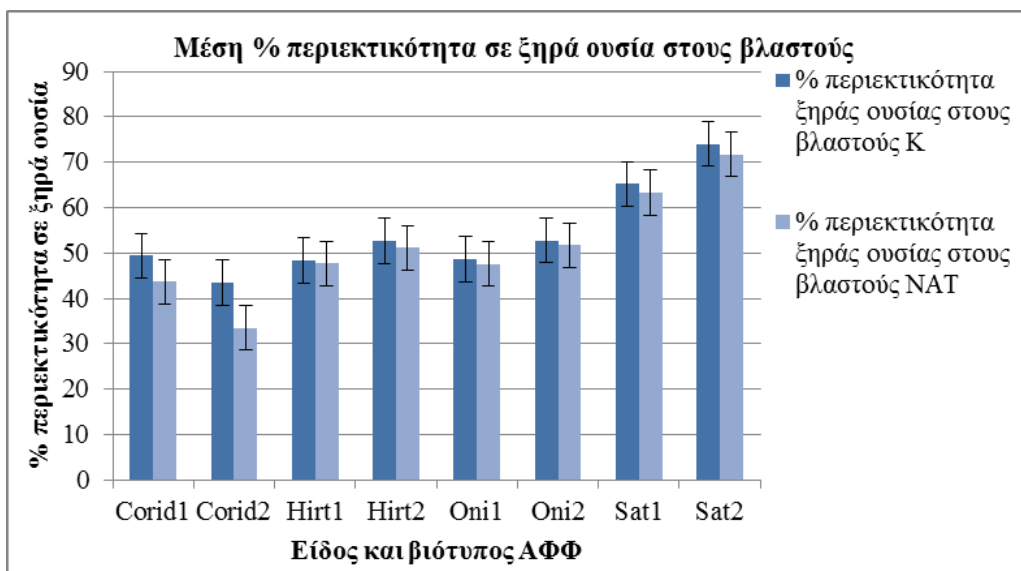
## 2.7 Ξηρό βάρος βλαστών

Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (πίνακας 11, παράρτημα), παρατηρήθηκε ότι η μέση % περιεκτικότητα σε ξηράουσία των βλαστών για κάθε είδος και βιότυπο δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* για τα δύο είδη μεταχείρισης που υπέστησαν για ξήρανση (διάγραμμα 21). Διαπιστώθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα της ξηράς ουσίας στους βλαστούς για την ξήρανση στους 100°C είχε υψηλότερες τιμές από ότι η αντίστοιχη επι τις % περιεκτικότητα με τον φυσικό τρόπο ξήρανσης. Η μέγιστη μέση ποσοστιαία τιμή για την ξηρά ουσία στους βλαστούς σημειώθηκε στο *S. thymbra* με βιότυπο 2 στην ξήρανση στους 100°C και ήταν 74.05% ενώ η ελάχιστη για το ίδιο είδος μεταχείρισης του φυτικού υλικού σημειώθηκε στο *C. capitatus* με βιότυπο 2 και ήταν 43.47%. Αντιστοίχως, στην περίπτωση της ξήρανσης με φυσικό τρόπο η μέγιστη μέση ποσοστιαία τιμή της ξηράς ουσίας των βλαστών ήταν και πάλι στο *S. thymbra* με βιότυπο 2 (71.67%) ενώ η ελάχιστη τιμή για το ίδιο είδος μεταχείρισης του φυτικού υλικού ήταν στο *C. capitatus* με βιότυπο 2 (33.5%).

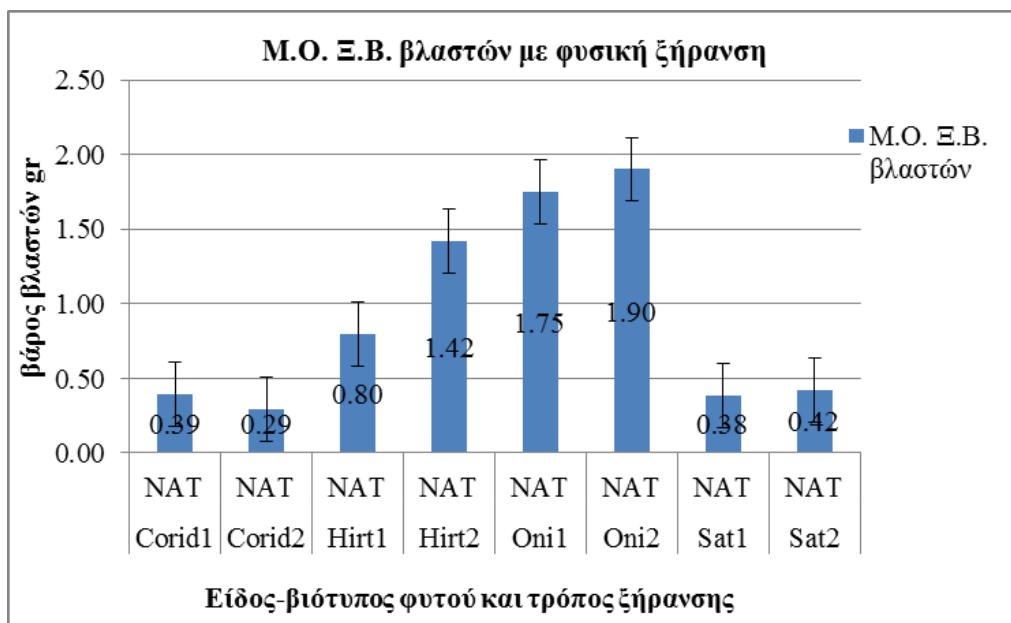
Παρόλα αυτά τα από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (πίνακας 12, παράρτημα), όταν συγκρίθηκαν ξεχωριστά οι τρόποι ξήρανσης προέκυψε ότι οι βιότυποι 1 και 2 της *O. hirtum* παρουσίασαν διαφορές στον φυσικό τρόπο ξήρανσης ενώ τα υπόλοιπα είδη δεν εμφάνισαν διαφορές ανάμεσα στους βιοτύπους σε αυτό το είδος μεταχείρισης (διάγραμμα 22). Αντίστοιχα, στην περίπτωση της ξήρανσης στους 100°C για 24 ώρες η *O. onites* και η *O. hirtum* παρουσίασαν διαφορές μεταξύ των 2 βιοτύπων τους (διάγραμμα 23).

Επίσης, από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (πίνακας 12, παράρτημα), για την φυσική ξήρανση διαπιστώθηκε ότι και οι δύο βιότυποι της *O. onites* είχαν διαφορές με τα *C. capitatus* και *S. thymbra* ενώ δεν παρουσίασαν διαφορές με την *O. hirtum* μόνο όμως ως προς τα φυτά *O. onites* με βιότυπο 1 και *O. hirtum* με βιότυπο 2. Την ίδια στιγμή μεταξύ των ειδών *C. capitatus*, *S. thymbra* δεν παρουσιάστηκαν διαφορές σε ότι αφορά το ξηρό βάρος των βλαστών που προέκυψε από την φυσική ξήρανση για κανέναν από τους βιοτύπους τους. Τέλος, η *O. hirtum* παρουσίασε διαφορές με τα *C. capitatus*, *S. thymbra* και για τους δύο βιοτύπους τους στην ξήρανση με φυσικό τρόπο.

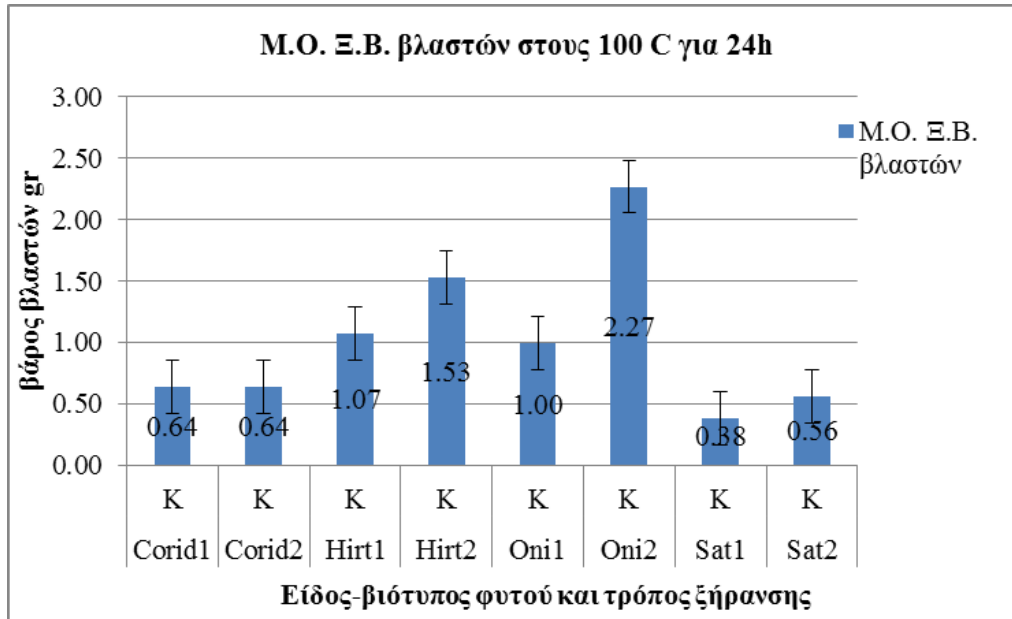
Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η *O. onites* με βιότυπο 2 εμφάνισε διαφορές με τα *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. hirtum* στην ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες. Όμως για τον ίδιο τρόπο ξήρανσης των βλαστών, η *O. onites* με βιότυπο 1 δεν εμφάνισε διαφορές με την *O. hirtum* με βιότυπο 1 αλλά ούτε και με τους δύο βιοτύπους του *C. capitatus*. Τέλος, μεταξύ και των δύο βιοτύπων των *C. capitatus* και *S. thymbra* δεν παρουσιάστηκαν διαφορές σε ότι αφορά το ξηρό βάρος των βλαστών που προέκυψε από την ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες.



**Διάγραμμα 21.** Διαφοροποίηση της μέσης ποσοστιαίας περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των βλαστών των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε είδος και βιότυπό τους που προέκυψε και με τους δύο τρόπους ξήρανσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . NAT: φυσικός τρόπος ξήρανσης του φυτικού υλικού. K: ξήρανση του φυτικού υλικού στους 100°C για 24 ώρες.



**Διάγραμμα 22.** Διαφοροποίηση του ξηρού βάρους των βλαστών των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε βιότυπό τους που προέκυψε με φυσικό τρόπο ξήρανσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . NAT: φυσικός τρόπος ξήρανσης του φυτικού υλικού.



**Διάγραμμα 23.** Διαφοροποίηση του ξηρού βάρους των βλαστών των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε βιότυπό τους που προέκυψε με την ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . Κ: ξήρανση του φυτικού υλικού στους 100°C για 24 ώρες.

## 2.8 Ξηρό βάρος ταξιανθιών

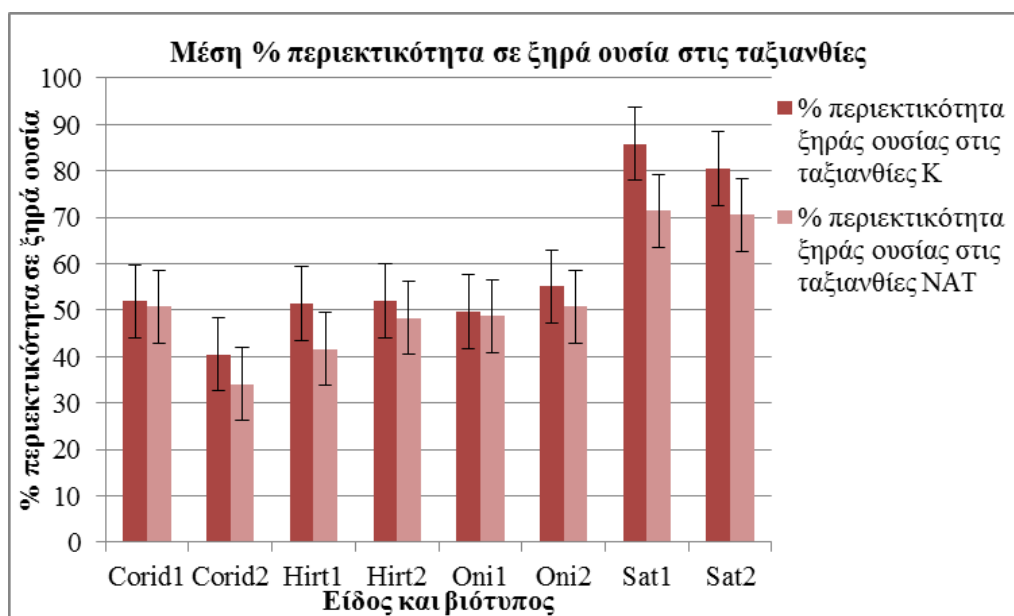
Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (πίνακας 13, παράρτημα), παρατηρήθηκε ότι η μέση % περιεκτικότητα σε ξηράουσία των ταξιανθιών για κάθε είδος και βιότυπο δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* για τους δύο τρόπους μεταχείρισης που υπέστησαν για ξήρανση (διάγραμμα 24). Διαπιστώθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα της ξηράουσίας στις ταξιανθίες για την ξήρανση στους 100°C είχε υψηλότερες τιμές από ότι η αντίστοιχη για τον φυσικό τρόπο ξήρανσης. Η μέγιστη μέση ποσοστιαία τιμή για την ξηράουσία στις ταξιανθίες σημειώθηκε στο *S. thymbra* με βιότυπο 1 στην ξήρανση στους 100°C και ήταν 80.86% ενώ η ελάχιστη για το ίδιο είδος μεταχείρισης του φυτικού υλικού σημειώθηκε στο *C. capitatus* με βιότυπο 2 και ήταν 40.47%. Αντιστοίχως, στην περίπτωση της ξήρανσης με φυσικό τρόπο η μέγιστη μέση ποσοστιαία τιμή της ξηράουσίας των βλαστών ήταν και πάλι στο *S. thymbra* με βιότυπο 1 (71.37%) ενώ η ελάχιστη τιμή για το ίδιο είδος μεταχείρισης του φυτικού υλικού ήταν στο *C. capitatus* με βιότυπο 2 (34.04%).

Παρόλα αυτά τα από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (πίνακας 14, παράρτημα), όταν συγκρίθηκαν ξεχωριστά οι τρόποι ξήρανσης προέκυψε ότι μεταξύ των βιοτύπων 1 και 2 των ΑΦΦ δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στο ξηρό βάρος των ταξιανθιών για τον φυσικό τρόπο ξήρανσης εκτός από την περίπτωση της *O. hirtum* (διάγραμμα 25). Αντίστοιχα, στην περίπτωση της ξήρανσης στους 100°C για

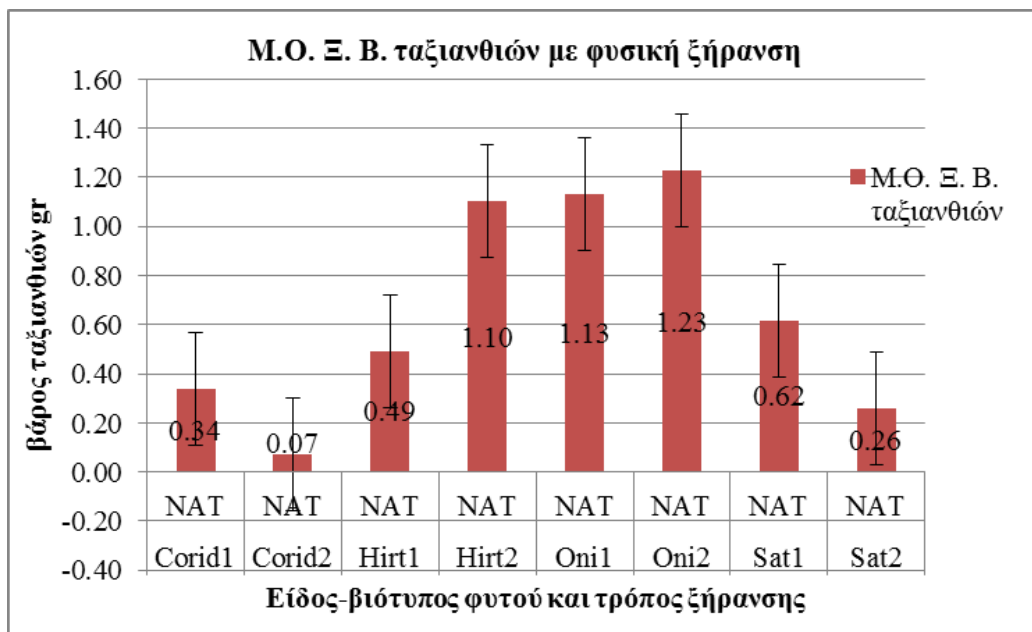
24 ώρες η *O. onites* και η *O. hirtum* παρουσίασαν διαφορές μεταξύ των δύο βιοτύπων τους, ενώ τα *C. capitatus* και *S. thymbra* όχι. (διάγραμμα 26).

Επίσης, το ξηρό βάρος των ταξιανθιών από την φυσική ξήρανση διαπιστώθηκε ότι για την *O. hirtum* με βιότυπο 2 δεν διέφερε σημαντικά και από τους δύο βιοτύπους της *O. onites* αλλά διέφερε από τα υπόλοιπα είδη και βιοτύπους. Ακόμα, για τη περίπτωση της φυσικής ξήρανσης η *O. hirtum* με βιότυπο 1 δεν διαφέρει από τα υπόλοιπα είδη και βιοτύπους των *C. capitatus* και *S. thymbra* καθώς και αυτά με τη σειρά τους δεν διαφέρουν μεταξύ τους.

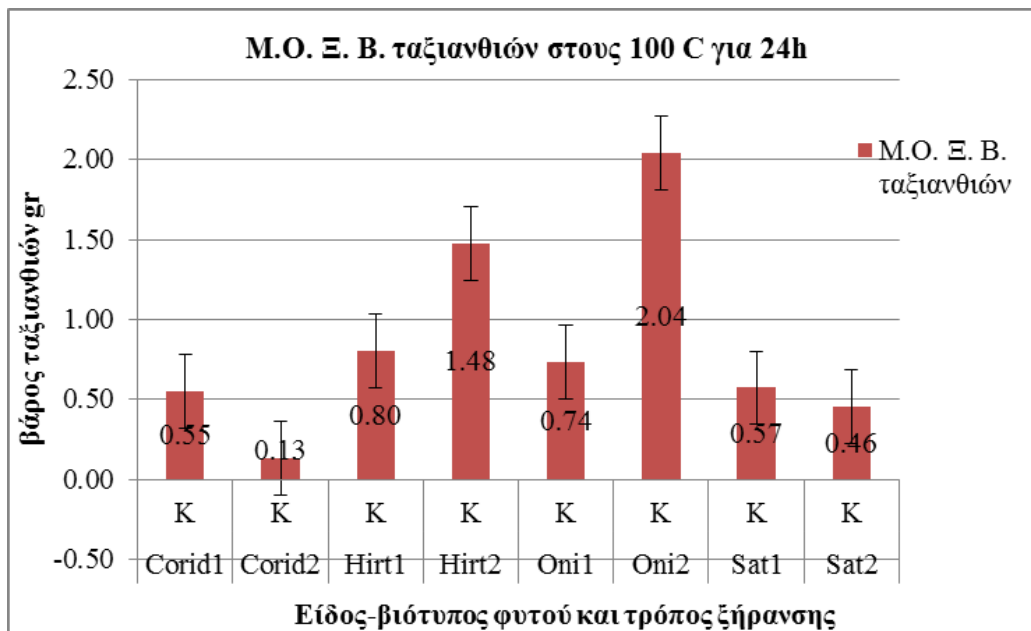
Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι το ξηρό βάρος των ταξιανθιών για την *O. onites* με βιότυπο 2 και την *O. hirtum* με βιότυπο 2 εμφάνισε διαφορές με τα *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. hirtum* στην ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες. Όλα τα άλλα είδη και βιοτύποι των ΑΦΦ δεν παρουσίασαν διαφορές μεταξύ τους με εξαίρεση το *C. capitatus* με βιότυπο 2 με την *O. onites* με βιότυπο 1 όσον αφορά το ξηρό βάρος των ταξιανθιών που προέκυψε από την ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες.



**Διάγραμμα 24.** Διαφοροποίηση της μέσης ποσοστιαίας περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των ταξιανθιών των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε είδος και βιότυπό τους που προέκυψε και με τους δύο τρόπους ξήρανσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . NAT: φυσικός τρόπος ξήρανσης του φυτικού υλικού. K: ξήρανση του φυτικού υλικού στους 100°C για 24 ώρες.



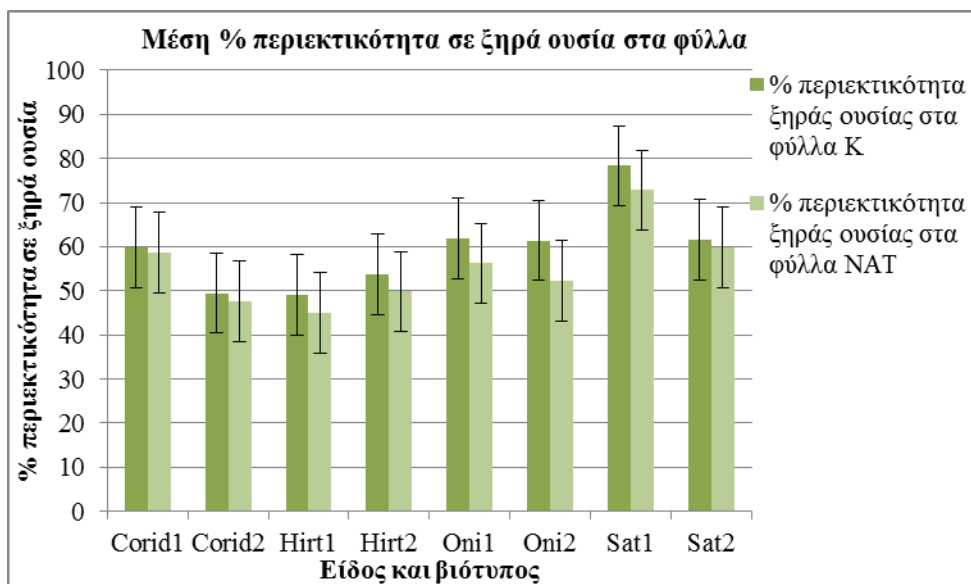
**Διάγραμμα 25.** Διαφοροποίηση του ξηρού βάρους των ταξιανθιών των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε βιότυπό τους που προέκυψε με φυσικό τρόπο ξήρανσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . NAT: φυσικός τρόπος ξήρανσης του φυτικού υλικού.



**Διάγραμμα 26.** Διαφοροποίηση του ξηρού βάρους των ταξιανθιών των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε βιότυπό τους που προέκυψε με την ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . K: ξήρανση του φυτικού υλικού στους 100°C για 24 ώρες.

## 2.9 Ξηρό βάρος φύλλων

Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (πίνακας 15, παράρτημα), παρατηρήθηκε ότι η μέση % περιεκτικότητα σε ξηράουσία των φύλλων για κάθε είδος και βιότυπο δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* και για τα δύο είδη μεταχείρισης που υπέστησαν (διάγραμμα 27). Διαπιστώθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα της ξηράς ουσίας στα φύλλα για την ξήρανση στους 100°C είχε υψηλότερες τιμές από ότι η αντίστοιχη επι τις % περιεκτικότητα με τον φυσικό τρόπο ξήρανσης. Η μέγιστη μέση ποσοστιαία τιμή για την ξηρά ουσία στα φύλλα σημειώθηκε στο *S. thymbra* με βιότυπο 1 στην ξήρανση στους 100°C και ήταν 78.32% ενώ η ελάχιστη για το ίδιο είδος μεταχείρισης του φυτικού υλικού σημειώθηκε στην *O. hirtum* με βιότυπο 1 και ήταν 49.09%. Αντιστοίχως, στην περίπτωση της ξήρανσης με φυσικό τρόπο η μέγιστη μέση ποσοστιαία τιμή της ξηράς ουσίας των βλαστών ήταν και πάλι στο *S. thymbra* με βιότυπο 2 (71.82%) ενώ η ελάχιστη τιμή για το ίδιο είδος μεταχείρισης του φυτικού υλικού ήταν στην *O. hirtum* με βιότυπο 1 (44.96%).

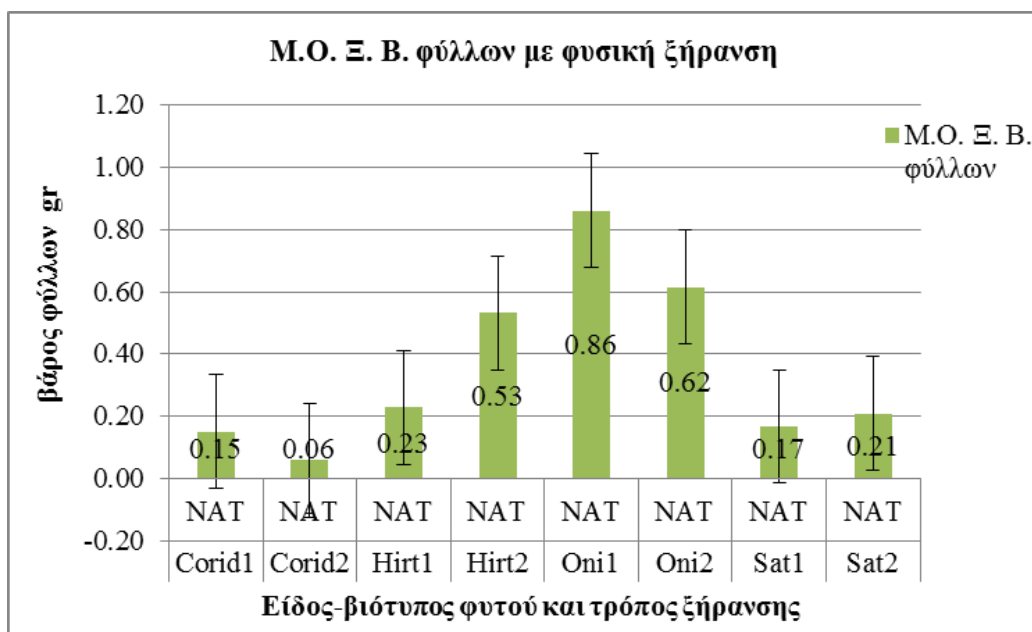


**Διάγραμμα 27.** Διαφοροποίηση της μέσης ποσοστιαίας περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των φύλλων των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε είδος και βιότυπό τους που προέκυψε και με τους δύο τρόπους ξήρανσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . NAT: φυσικός τρόπος ξήρανσης του φυτικού υλικού. K: ξήρανση του φυτικού υλικού στους 100°C για 24 ώρες.

Ακόμα και όταν συγκρίθηκαν (πίνακας 16, παράρτημα) ξεχωριστά οι τρόποι ξήρανσης δεν προέκυψαν διαφορές μεταξύ των βιοτύπων 1 και 2 των ΑΦΦ όσον αφορά το φυσικό τρόπο ξήρανσης των φύλλων (διάγραμμα 28). Αντίστοιχα, στην περίπτωση της ξήρανσης στους 100°C για 24 ώρες και πάλι δεν προέκυψαν διαφορές μεταξύ των βιοτύπων 1 και 2 των ΑΦΦ (διάγραμμα 29).

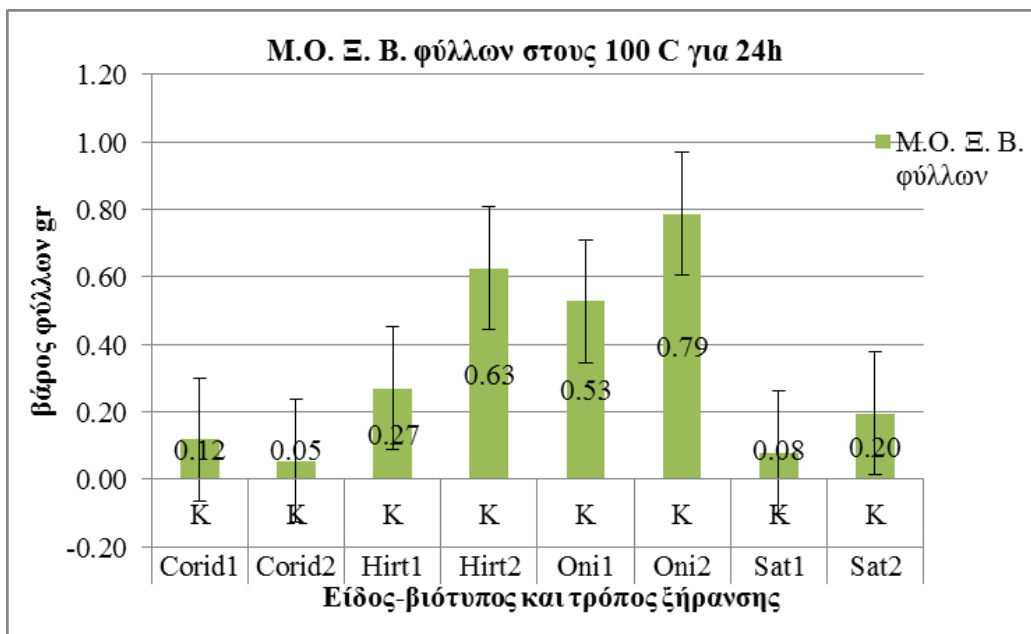
Επίσης, το ξηρό βάρος των φύλλων από την φυσική ξήρανση διαπιστώθηκε ότι για την *O. hirtum* με βιότυπο 2 δεν διέφερε σημαντικά και από τους δύο βιοτύπους της *O. onites* αλλά διέφερε από τα υπόλοιπα είδη και βιοτύπους. Ακόμα, για τη περίπτωση της φυσικής ξήρανσης η *O. hirtum* με βιότυπο 1 δεν διαφέρει από τα υπόλοιπα είδη και βιοτύπους των *C. capitatus* και *S. thymbra* καθώς και αυτά με τη σειρά τους δεν διαφέρουν μεταξύ τους.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι το ξηρό βάρος των φύλλων για την *O. onites* με βιότυπο 2 εμφάνισε διαφορές με τα *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. hirtum* με βιότυπο 2 στην ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες. Όσον αφορά το ξηρό βάρος των φύλλων που προέκυψε από την ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες όλα τα άλλα είδη και βιότυποι των ΑΦΦ δεν παρουσίασαν διαφορές μεταξύ τους με εξαίρεση την *O. onites* με βιότυπο 1 με το *C. capitatus* και το *S. thymbra* με βιότυπο 2.



**Διάγραμμα 28.** Διαφοροποίηση του ξηρού βάρους των φύλλων των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε βιότυπό τους που προέκυψε με φυσικό τρόπο ξήρανσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . NAT: φυσικός τρόπος ξήρανσης του φυτικού υλικού.





**Διάγραμμα 29.** Διαφοροποίηση του ξηρού βάρους των φύλλων των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε βιότυπό τους που προέκυψε με την ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . Κ: ξήρανση του φυτικού υλικού στους 100°C για 24 ώρες.

## 2.10 Ποσοστό υγρασίας στους προς απόσταξη φυτικούς ιστούς

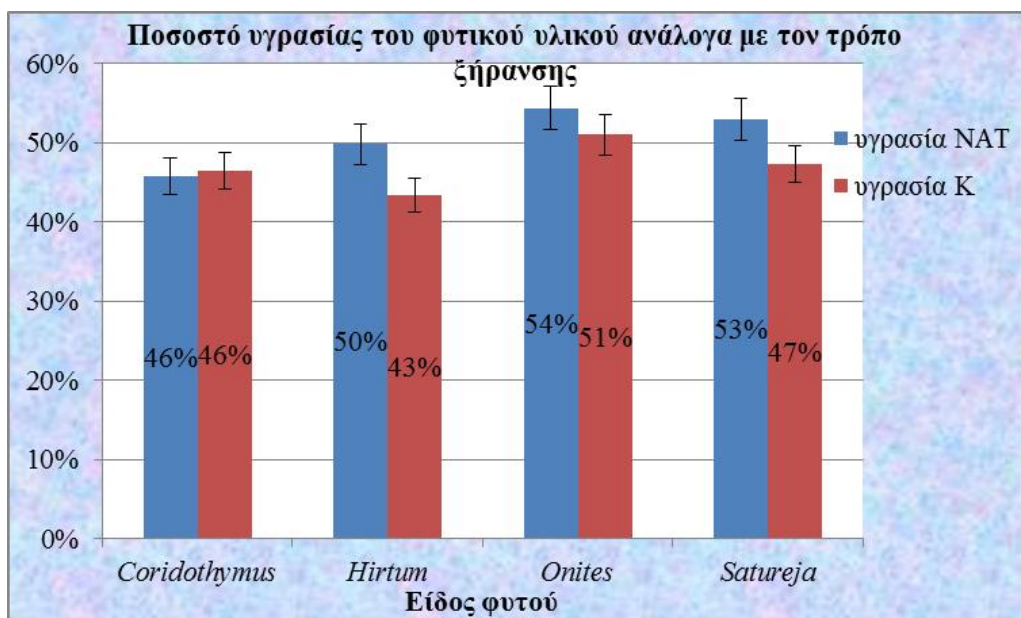
Τα μέρη του φυτού που χρησιμοποιήθηκαν για την απόσταξη είναι τα φύλλα και οι ταξιανθίες των ΑΦΦ. Μετρήθηκε με δύο τρόπους το ποσοστό της υγρασίας σε αυτά τα είδη των φυτικών ιστών. Ο ένας τρόπος ήταν με την φυσική ξήρανση του φυτικού υλικού για 15 μέρες στους πάγκους του εργαστηρίου Γεωργίας και ο δεύτερος τρόπος ήταν με την ξήρανση του φυτικού υλικού στους 100°C για 24 ώρες.

Όπως προέκυψε από τον πίνακα 17 του παραρτήματος όταν έγιναν συγκρίσεις στο κάθε είδος του ΑΦΦ παρατηρήθηκε ότι τα είδη των ΑΦΦ δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανα είδος όσον αφορά το ποσοστό υγρασίας που προέκυψε από τους δύο τρόπους ξήρανσης. Έτσι, παρατηρήθηκε ότι τα είδη *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο τρόπων ξήρανσης των προς απόσταξη φυτικών ιστών. Εξαίρεση αποτέλεσε η *O. hirtum*.

Ακόμα, σε σύγκριση της ξήρανσης με φυσικό τρόπο η *O. onites* παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με το *C. capitatus* στο ποσοστό υγρασίας που περιέχεται στους προς απόσταξη φυτικούς ιστούς ενώ όλα τα υπόλοιπα είδη των ΑΦΦ σεν εμφάνισαν διαφορές. Σε σύγκριση της ξήρανσης στους 100°C για 24 ώρες οι *O. onites* και *O. hirtum* παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά με το *C. capitatus* και το *S. thymbra* στο ποσοστό υγρασίας που περιέχεται στους προς απόσταξη

φυτικών. Παρόλα αυτά, οι *O. onites* και *O. hirtum* δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους σε αυτόν τον τρόπο ξήρανσης όπως επίσης και τα *C. capitatus* και το *S. thymbra*.

Τέλος, παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό της υγρασίας στην περίπτωση της ξήρανσης με φυσικό τρόπο ήταν μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ποσοστό στην περίπτωση της ξήρανσης στους 100°C για 24 ώρες εκτός από την περίπτωση του *C. capitatus* όπου τα δύο αυτά ποσοστά ήταν ίσα (διάγραμμα 31).



**Διάγραμμα 31.** Διαφοροποίηση του ποσοστού υγρασίας των προς απόσταξη φυτικών ιστών των *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* σε κάθε είδοςέτσι όπως προέκυψε με τους δύο διαφορετικούς τρόπους ξήρανσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ . NAT: φυσικός τρόπος ξήρανσης του φυτικού υλικού και K: ξήρανση του φυτικού υλικού στους 100°C για 24 ώρες.

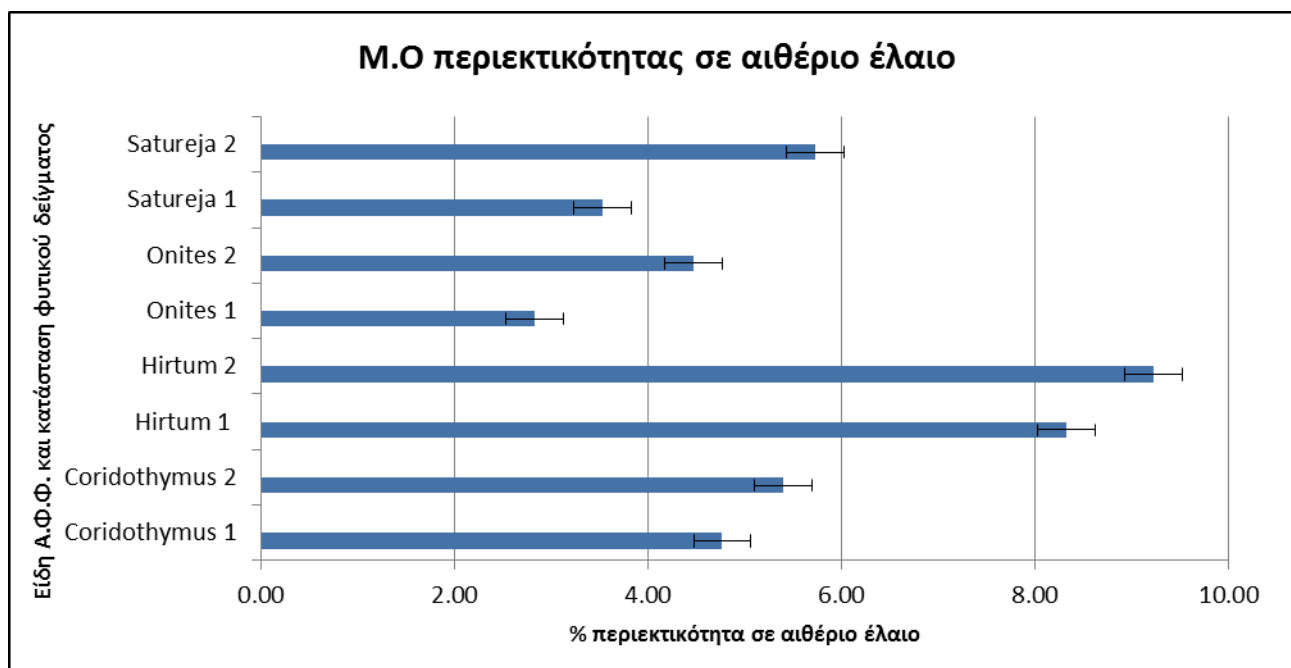
### 3. Χημικά χαρακτηριστικά

#### 3.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Από την ανάλυση της διασποράς (ANOVA) (πίνακας 18, παράρτημα) παρατηρήθηκε ότι η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο για κάθε είδος φυτού διαφοροποιήθηκε σημαντικά σε κάθε ένα από τα εξεταζόμενα είδη μεταξύ νωπού και ξηρού φυτικού δείγματος. Τα τέσσερα είδη των ΑΦΦ εμφάνισαν διαφορές μεταξύ τους σε ότι αφορά την % περιεκτικότητα τους σε αιθέριο έλαιο. Επίσης, η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων (είδος φυτού και μεταχείριση φυτικού υλικού) είναι στατιστικά σημαντική. Στο διάγραμμα 32 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των αποδόσεων ανά φυτό αλλά και ανά μεταχείριση. Η κωδικοποίηση που έχει γίνει είναι η εξής:

<i>Coridothymus</i> Νωπό	<i>Coridothymus</i> 1
<i>Coridothymus</i> Ξηρό	<i>Coridothymus</i> 2
<i>Hirtum</i> Νωπό	<i>Hirtum</i> 1
<i>Hirtum</i> Ξηρό	<i>Hirtum</i> 2
<i>Onites</i> Νωπό	<i>Onites</i> 1
<i>Onites</i> Ξηρό	<i>Onites</i> 2
<i>Satureja</i> Νωπό	<i>Satureja</i> 1
<i>Satureja</i> Ξηρό	<i>Satureja</i> 2

Τα τέσσερα φυτικά είδη παρουσίασαν διαφορές μεταξύ τους όσον αφορά την % περιεκτικότητά τους σε αιθέριο έλαιο. Επιπλέον, παρατηρείται διαφορά στο κάθε είδος ανάμεσα στο νωπό και στο ξηρό φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου. Εξαιρέση αποτέλεσε το *Coridothymuscapitatus* στο οποίο δεν εμφανίστηκαν διαφορές στις % περιεκτικότητες του αιθέριου ελαίου μεταξύ του νωπού και του ξηρού φυτικού δείγματος. Επίσης, η μέγιστη % περιεκτικότητα εμφανίστηκε στο αιθέριο έλαιο της *Origanumhirtum* που προέκυψε από το ξηρό φυτικό υλικό και ήταν 9.23% v/w ενώ η μικρότερη % περιεκτικότητα εμφανίστηκε στο αιθέριο έλαιο της *Origanumonites* που προέκυψε από το νωπό φυτικό υλικό η οποία ήταν 2.83% v/w. Την μεγαλύτερη διαφορά στην % περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο μεταξύ νωπού και ξηρού φυτικού δείγματος την εμφάνισε το *Saturejathymbra* η οποία ήταν 2.20 ενώ αντιστοίχως τη μικρότερη διαφορά την εμφάνισε το *Coridothymuscapitatus* η οποία ήταν 0.63.



**Διάγραμμα 32.** Η εκατοστιαία περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου για όλα τα είδη των ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

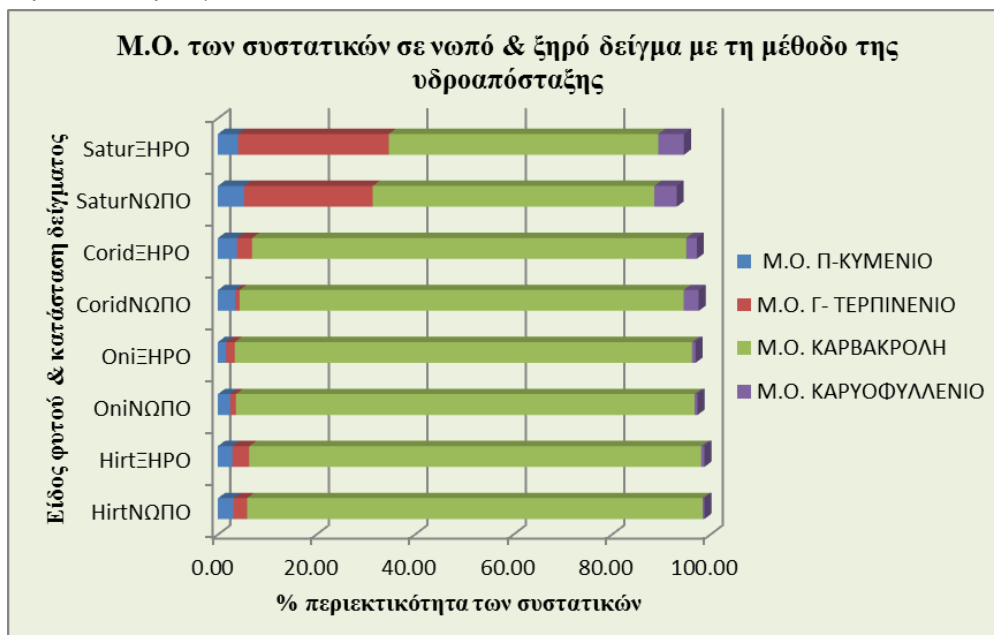
Το εύρος των τιμών για κάθε είδος ΑΦΦ σύμφωνα με τον πίνακα 4 ήταν:

**Πίνακας 4.** Εύρος τιμών επί τις % για την περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο για κάθε είδος φυτού και για τα δύο είδη των μεταχειρίσεων του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου

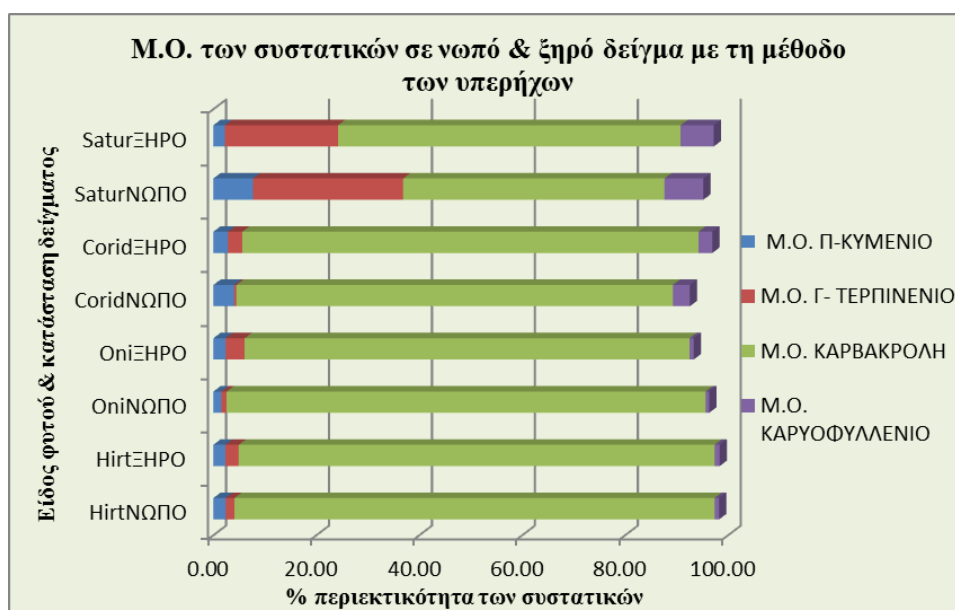
Είδος φυτού και μεταχείριση φυτικού υλικού	Ελάχιστη % περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο	Μέγιστη % απόδοση σε αιθέριο έλαιο
<i>Coridothymus 1</i>	4.4%	5.0%
<i>Coridothymus 2</i>	5.0%	5.9%
<i>Hirtum 1</i>	8.0%	8.7%
<i>Hirtum 2</i>	9.1%	9.4%
<i>Onites 1</i>	2.6%	3.1%
<i>Onites 2</i>	3.8%	4.9%
<i>Satureja 1</i>	3.4%	3.7%
<i>Satureja 2</i>	5.6%	5.9%

### 3.2 Συστατικά του αιθέριου ελαίου

Μετά την χημική ανάλυση των αιθέριων ελαίων με την χρήση αέριας χρωματογραφίας σε συνδιασμό με τον φασματογράφο μάζας τα κυριότερα συστατικά που ανιχνεύτηκαν κατά σειρά έκλουσης και στις δύο περιπτώσεις των φυτικών δειγμάτων (νωπό και ξηρό δείγμα) αλλά και στις δύο μεθόδους παραλαβής των αιθέριων ελαίων (υδροαπόσταξη και υπέρηχοι) ήταν το π-κυμένιο, το γ-τερπινένιο, η καρβακρόλη και το καρυοφυλλένιο.



**Διάγραμμα 33.** Διάγραμμα της εκατοστιαίας περιεκτικότητας των συστατικών του αιθέριου ελαίου για όλα τα είδη των ΑΦΦ νωπού και ξηρού δείγματος με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης.

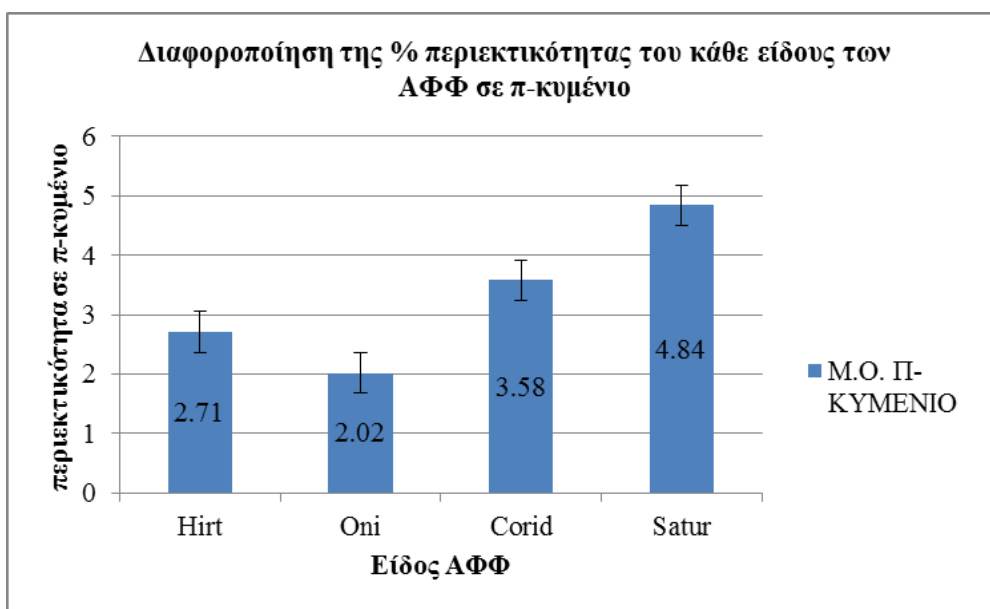


**Διάγραμμα 34.** Διάγραμμα της εκατοστιαίας περιεκτικότητας των συστατικών του αιθέριου ελαίου για όλα τα είδη των ΑΦΦ νωπού και ξηρού δείγματος με τη μέθοδο των υπερήχων.

Στα παραπάνω διαγράμματα (διάγραμμα 33,34) απεικονίζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα και των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ με τις δύο μεθόδους παραλαβής του αιθέριου ελαίου (υδροαπόσταξη και υπερήχους) αλλά και με τα δύο είδη μεταχειρίσεων του φυτικού υλικού (νωπό και ξηρό φυτικό υλικό) για τη χρονιά 2012. Αξίζει να σημειωθεί πως την μεγαλύτερη εκατοστιαία περιεκτικότητα των συστατικών είχε η καρβακρόλη. Αναλυτικότερα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.

### 3.3 Περιεκτικότητα σε π- κυμένιο

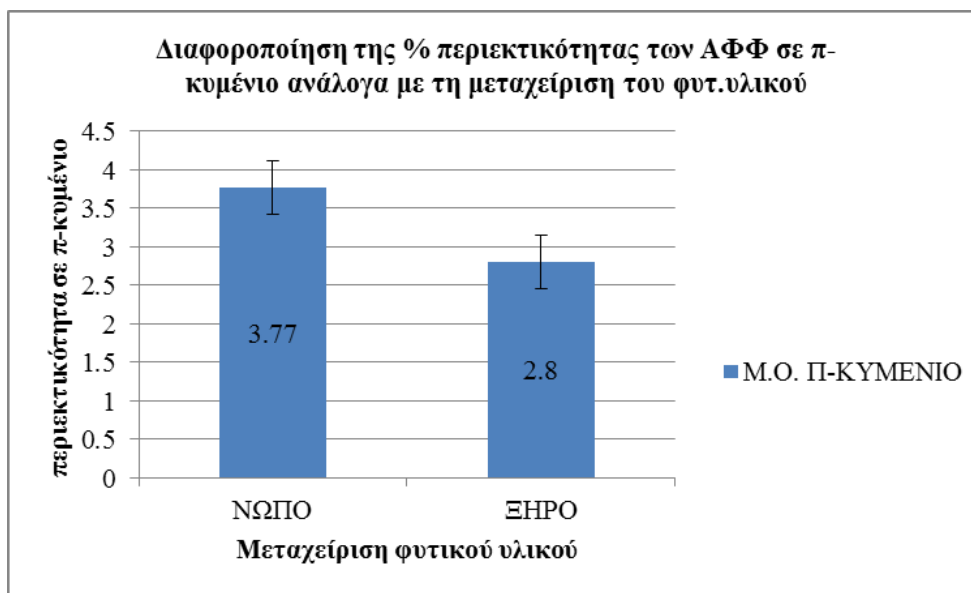
Από την ανάλυση της διασποράς (ANOVA) του πίνακα 19στο παράρτημα παρατηρήθηκε ότι τα τέσσερα είδη ΑΦΦ εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους σε ότι αφορά την περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου τους σε π- κυμένιο. Επίσης, η μεταχείριση του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Παρατηρήθηκε η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε π- κυμένιο ανάλογα με το είδος του κάθε ΑΦΦ και με τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μέθοδος παραλαβής του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ με τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού αλλά και το είδος του ΑΦΦ με τη μεταχείριση του φυτικού υλικού παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τέλος, η περιεκτικότητα των ΑΦΦ σε π-κυμένιο εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά το είδος του ΑΦΦ, τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα.



**Διάγραμμα 35.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο του κάθε είδους ΑΦΦ με βάση το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Στο διάγραμμα 35 παρατηρήθηκε ότι όλα τα είδη των ΑΦΦ διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Την μικρότερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε π-κυμένιο παρουσίασε η *Origanum onites* με τιμή 2.02% v/w ενώ αντίστοιχα τη μεγαλύτερη ποσοστιαία περιεκτικότητα παρουσίασε το *Satureja thymbra* με τιμή 4.84% v/w. Η σειρά κατάταξης από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη % περιεκτικότητας σε π-κυμένιο με βάση το είδος του ΑΦΦ ήταν: *Satureja thymbra*, *Coridothymus capitatus*, *Origanum hirtum* και τέλος *Origanum onites*.

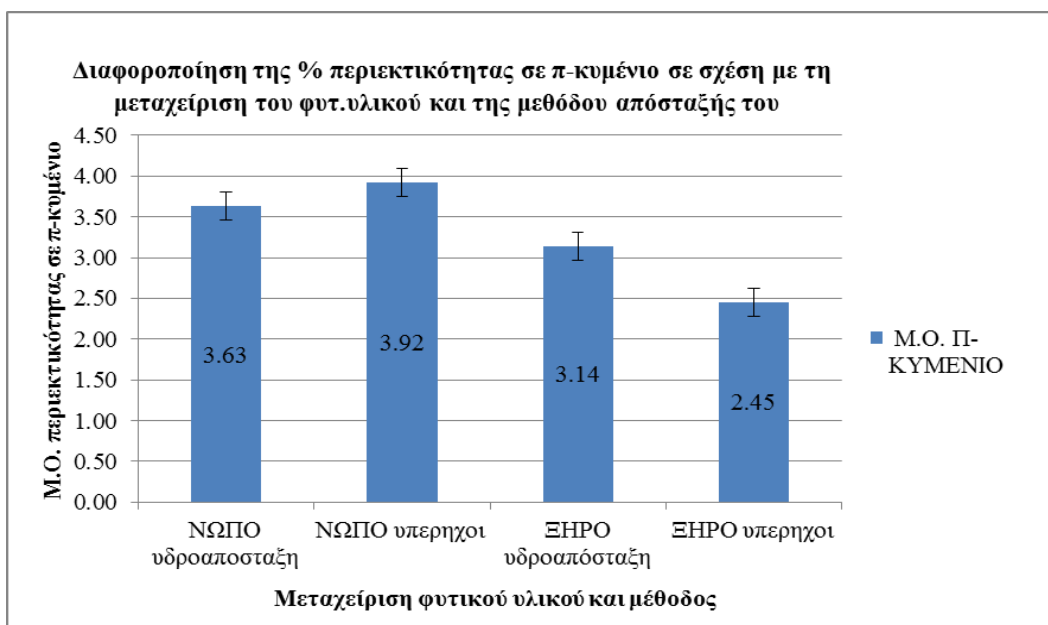
Στο διάγραμμα 36 παρατηρήθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου στα ΑΦΦ σε π-κυμένιο διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά ανάλογα με την μεταχείριση του φυτικού υλικού που χρησιμοποιείται στην παραλαβή του αιθέριου ελαίου (νωπό ή ξηρό φυτικό υλικό). Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η % περιεκτικότητα σε π-κυμένιο (3.77% v/w) όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό φυτικό υλικό για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη % περιεκτικότητα όταν χρησιμοποιήθηκε ξηρό φυτικό υλικό (2.80% v/w).



**Διάγραμμα 36.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Στο διάγραμμα 37 παρατηρήθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων των ΑΦΦ σε π-κυμένιο με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού (νωπό-ξηρό φυτικό υλικό) και την μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου (υδροαπόσταξη- υπέρηχοι) εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Εξαιρέση αποτέλεσε η υδροαπόσταξη με νωπό φυτικό υλικό σε σχέση με την μέθοδο των υπερήχων και πάλι με νωπό φυτικό υλικό όπου δεν εμφανίστηκαν διαφορές με βάση αυτά τα

δύο χαρακτηριστικά. Η μεγαλύτερη τιμή της % περιεκτικότητας σε π-κυμένιο παρουσιάστηκε κατά την παραλαβή του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ με τη μέθοδο των υπερήχων με τη χρήση νωπού φυτικού υλικού και η τιμή ήταν 3.92% v/w. Αντίθετα, η μικρότερη τιμή της % περιεκτικότητας σε π-κυμένιο παρουσιάστηκε κατά την παραλαβή του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ με τη μέθοδο των υπερήχων με τη χρήση ξηρού φυτικού υλικού με τιμή 2.45% v/w. Τέλος, όταν εφαρμόστηκε η υδροαπόσταξη παρατηρήθηκε ότι η % περιεκτικότητα του π-κυμενίου όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό φυτικό υλικό (3.63% v/w) ήταν μεγαλύτερη από την αντίστοιχη όταν χρησιμοποιήθηκε ξηρό φυτικό υλικό (3.14% v/w) και ότι διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά.

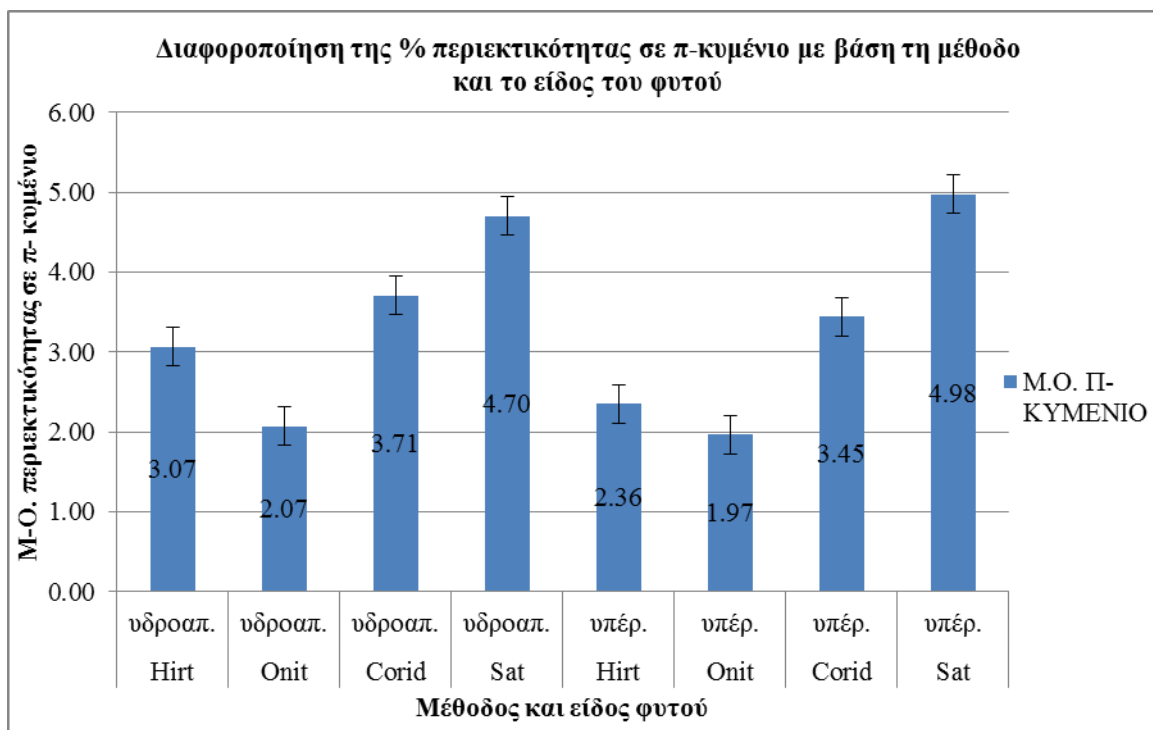


**Διάγραμμα 37.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού και τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Σύμφωνα με το διάγραμμα 38 μεταξύ κάποιων ειδών των ΑΦΦ και της μεθόδου παραλαβής του αιθέριου ελαίου παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην % περιεκτικότητα του π-κυμενίου. Έτσι, η *Origanumhirtum* παρουσίασε διαφορές όταν έγινε η υδροαπόσταξη από όταν εφαρμόστηκε η μέθοδος των υπερήχων. Παρόλα αυτά στα υπόλοιπα φυτικά είδη δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στο κάθε είδος όσον αφορά την μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Έτσι, η *Origanumonites* δεν εμφάνισε διαφορές στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε π-κυμένιο ανάμεσα στην υδροαπόσταξη και στους υπερήχους. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στα *Saturejathymbra* και *Coridothymuscapitatus*. Αντίθετα, όταν η σύγκριση έγινε στη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου τότε όλα τα είδη των ΑΦΦ εμφάνισαν διαφορές μεταξύ τους με εξαίρεση μόνο την περίπτωση της



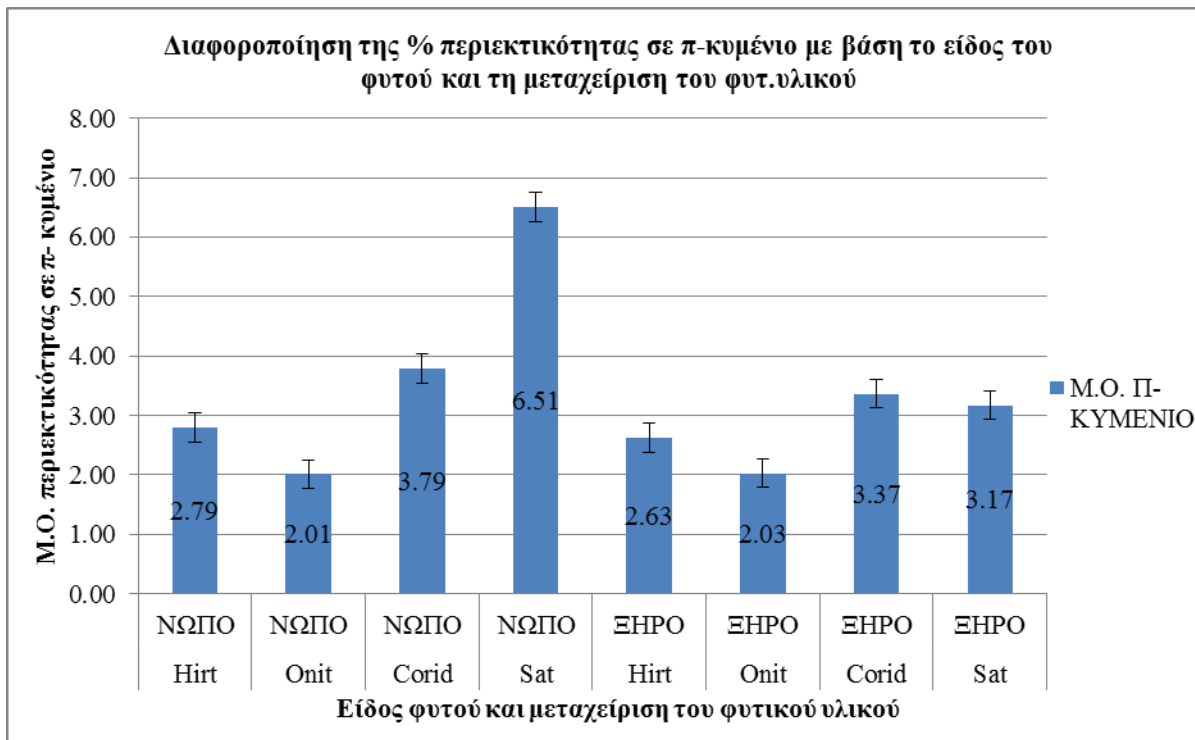
μεθόδου των υπερήχων μεταξύ των *Origanumhirtum* και *Origanumonites*. Η μέγιστη τιμή της % περιεκτικότητας σε π-κυμένιο παρουσιάζεται στο *Saturejathymbra* όταν η παραλαβή του αιθέριου ελαίου έγινε με τη μέθοδο των υπερήχων (4.98% v/w). Επίσης το είδος *Saturejathymbra* παρουσίασε την υψηλότερη τιμή και στην υδροαπόσταξη (4.70% v/w). Αντίθετα η χαμηλότερη τιμή της % περιεκτικότητας του π-κυμενίου εμφανίστηκε στην *Origanumonites* ανεξάρτητα με τη μέθοδο της παραλαβής του αιθέριου ελαίου, αν και η τιμή ήταν υψηλότερη στην περίπτωση της υδροαπόσταξης (2,07% v/w) από ότι στην περίπτωση των υπερήχων (1.97 v/w).



**Διάγραμμα 38.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο με το είδος του φυτού και τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Σύμφωνα με το διάγραμμα 39, παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην % περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων σε π-κυμένιο όταν συγκρίθηκαν με βάση το είδος του φυτού και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Έτσι, στην περίπτωση του νωπού αλλά και το ξηρού φυτικού υλικού όλα τα είδη των ΑΦΦ διέφεραν μεταξύ τους όσον αφορά την % περιεκτικότητά τους σε π-κυμένιο. Όμως, ανάμεσα στα είδη των ΑΦΦ και στο είδος της μεταχείρισης του φυτικού υλικού δεν υπήρχαν διαφορές με εξαίρεση το *Saturejathymbra* το οποίο εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ νωπού και ξηρού φυτικού υλικού και μάλιστα σε αυτό το είδος προέκυψε και η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ της νωπής και της ξηράς μεταχείρισης. Από την άλλη η μικρότερη διαφορά μεταξύ

νωπού και ξηρού φυτικού υλικού σε ένα είδος διαπιστώθηκε στην *Origaumonites*. Γενικότερα μεταξύ νωπής και ξηράς μεταχείρισης σημειώθηκαν μικρές διαφορές στην % περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων σε π-κυμένιο εκτός από την περίπτωση του *Saturejathymbra*. Η μεγαλύτερη τιμή, 6.51% v/w, εμφανίστηκε στο νωπό *Saturejathymbra* ενώ η μικρότερη στο νωπό *Origaumonites* με τιμή 2.01% v/w.

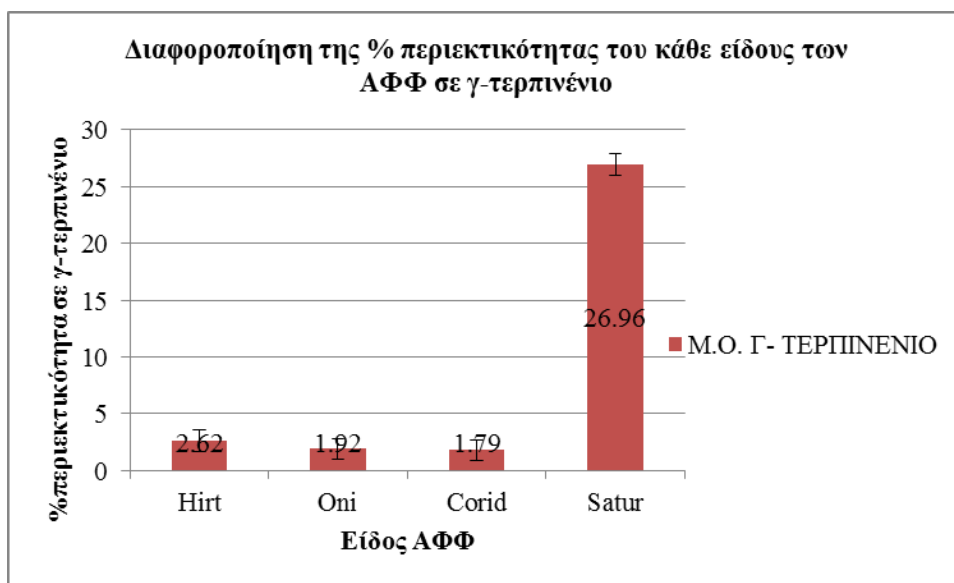


**Διάγραμμα 39.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο με βάση το είδος του ΑΦΦ και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

### 3.4 Περιεκτικότητα σε γ-τερπινένιο

Από την ανάλυση της διασποράς (ANOVA) του πίνακα 20 στο παράρτημα παρατηρήθηκε ότι τα τέσσερα είδη ΑΦΦ εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους σε ότι αφορά την περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου τους σε γ-τερπινένιο. Το ίδιο συνέβη και στην περίπτωση της μεθόδου παραλαβής του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ. Επίσης, η μεταχείριση του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Παρατηρήθηκε η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο ανάλογα με το είδος του κάθε ΑΦΦ και με τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μέθοδος παραλαβής του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ με τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού αλλά και το είδος του ΑΦΦ με τη μεταχείριση του φυτικού υλικού παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τέλος, η περιεκτικότητα των ΑΦΦ σε γ-τερπινένιο εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά το είδος του ΑΦΦ, τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου και τη

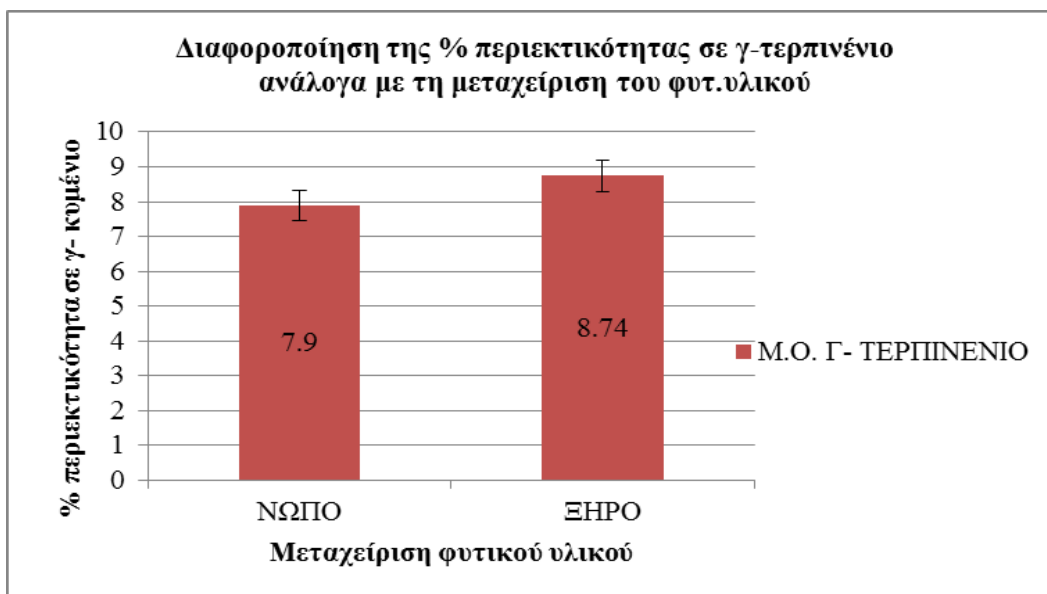
μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα.



**Διάγραμμα 40.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο του κάθε είδους ΑΦΦ με βάση το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

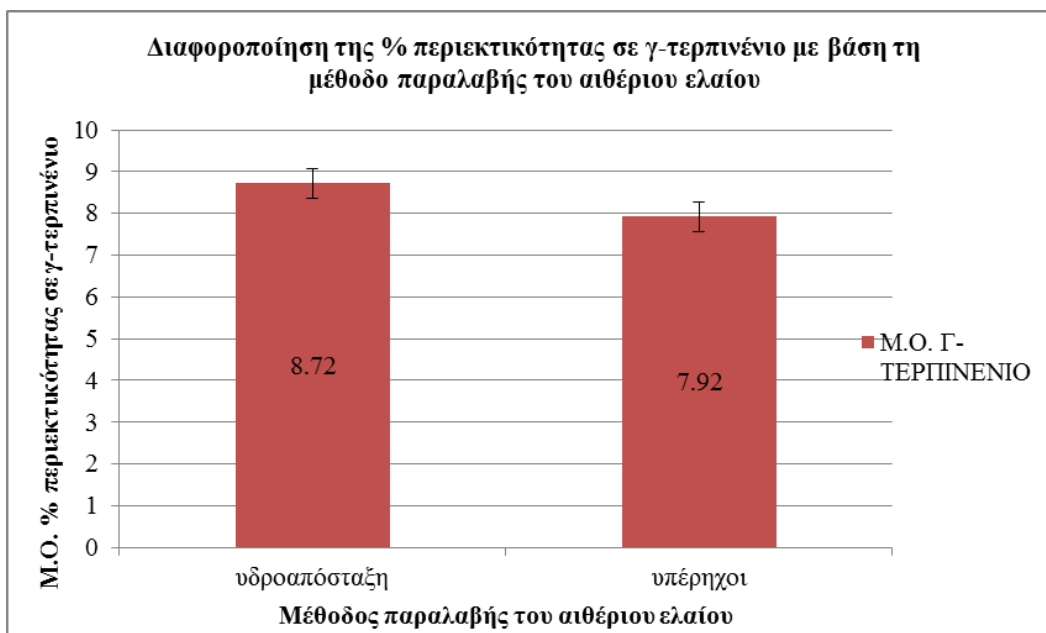
Σύμφωνα με το διάγραμμα 40 παρατηρήθηκε ότι τα είδη των ΑΦΦ *Origanum onites*, *Coridothymus capitatus*, *Origanum hirtum* δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Εξαιρεση αποτέλεσε το *Satureja thymbra* το οποίο εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά με όλα τα υπόλοιπα είδη των ΑΦΦ. Την μικρότερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε γ-τερπινένιο σημείωσε το *Coridothymus capitatus* με τιμή 1.79% v/w ενώ αντίστοιχα τη μεγαλύτερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σημείωσε το *Satureja thymbra* με τιμή 26.96% v/w. Η σειρά κατάταξης από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε γ-τερπινένιο με βάση το είδος του ΑΦΦ ήταν: *Satureja thymbra*, *Origanum hirtum*, *Origanum onites* και τέλος *Coridothymus capitatus*.

Από τα αποτελέσματα του διαγράμματος 41 παρατηρήθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου στα ΑΦΦ σε γ-τερπινένιο διαφοροποιήθηκε στατιστικά σημαντικά ανάλογα με την μεταχείριση του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην παραλαβή του αιθέριου ελαίου (νωπό ή ξηρό φυτικό υλικό). Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η % περιεκτικότητα σε γ-τερπινένιο (8.74% v/w) όταν χρησιμοποιήθηκε ξηρό φυτικό υλικό για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη % περιεκτικότητα όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό φυτικό υλικό (7.90% v/w).

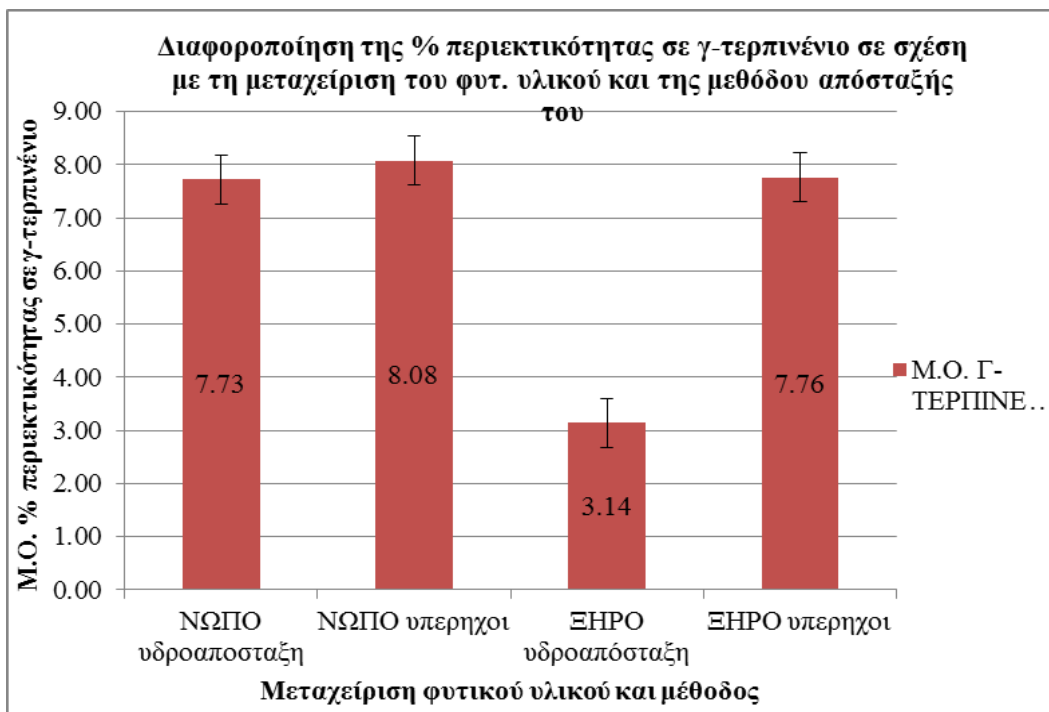


**Διάγραμμα 41.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταση φυτικού υλικού. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Στα αποτελέσματα του διαγράμματος 42 παρατηρήθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ σε γ-τερπινένιο διαφοροποιήθηκε σχετικά με τη μέθοδο παραλαβής του (υδροαπόσταξη ή υπέρηχοι). Ακολούθως η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στην υδροαπόσταξη (8.72% v/w) σε σχέση με την αντίστοιχη των υπέρηχων (7.92% v/w)

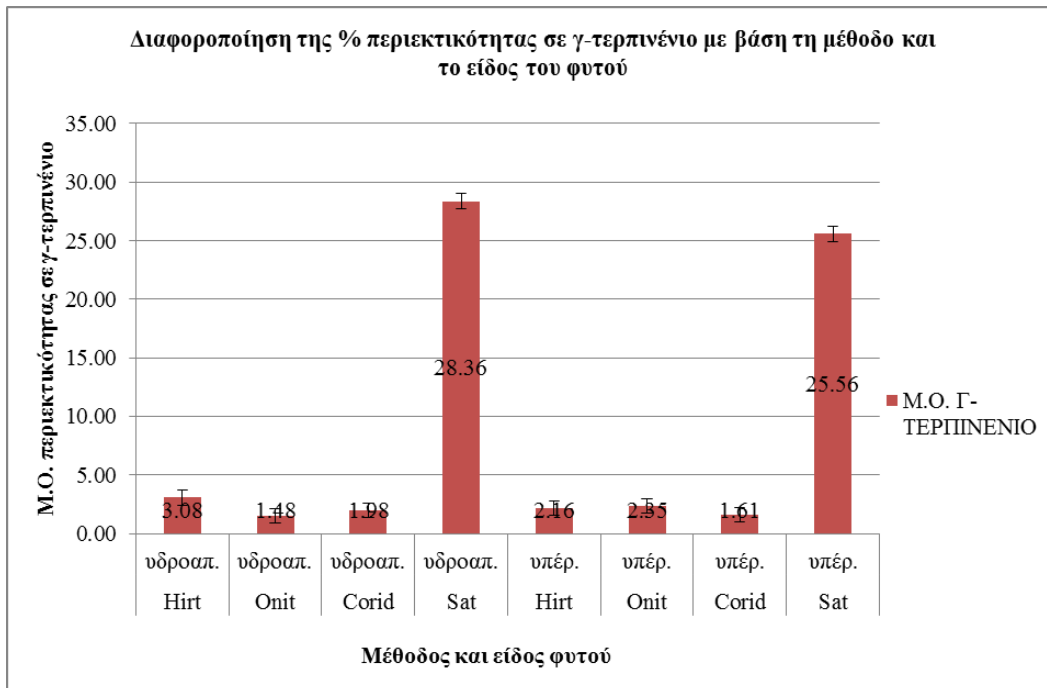


**Διάγραμμα 42.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο με βάση μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



**Διάγραμμα 43.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού και τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Σύμφωνα με το διάγραμμα 43 παρατηρήθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων των ΑΦΦ σε γ-τερπινένιο με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού (νωπό-ξηρό φυτικό υλικό) και την μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου (υδροαπόσταξη- υπερήχοι) δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Εξάιρεση αποτέλεσε η υδροαπόσταξη με ξηρό φυτικό υλικό σε σχέση με την μέθοδο των υπερήχων και πάλι με ξηρό φυτικό υλικό όπου εμφανίστηκαν διαφορές με βάση αυτά τα δύο χαρακτηριστικά. Γενικά, στην περίπτωση αυτή της υδροαπόσταξης με ξηρό φυτικό υλικό σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και με τις άλλες δύο περιπτώσεις σύγκρισης, δηλαδή όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό φυτικό υλικό και με τις δύο μεθόδους (υδροαπόσταξη-υπερήχοι). Η μεγαλύτερη τιμή της % περιεκτικότητας σε γ-τερπινένιο παρουσιάστηκε κατά την παραλαβή του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ με τη μέθοδο των υπερήχων με τη χρήση νωπού φυτικού υλικού και η τιμή ήταν 8.08% v/w. Αντίθετα, η μικρότερη τιμή της % περιεκτικότητας σε γ-τερπινένιο παρουσιάστηκε κατά την παραλαβή του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ με υδροαπόσταξη με τη χρήση ξηρού φυτικού υλικού με τιμή 3.14% v/w. Τέλος, όταν εφαρμόστηκε η μέθοδος των υπερήχων παρατηρήθηκε ότι η % περιεκτικότητα του γ-τερπινένιου όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό φυτικό υλικό (8.08% v/w) ήταν μεγαλύτερη από την αντίστοιχη όταν χρησιμοποιήθηκε ξηρό φυτικό υλικό (7.76% v/w) αλλά δεν διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά.

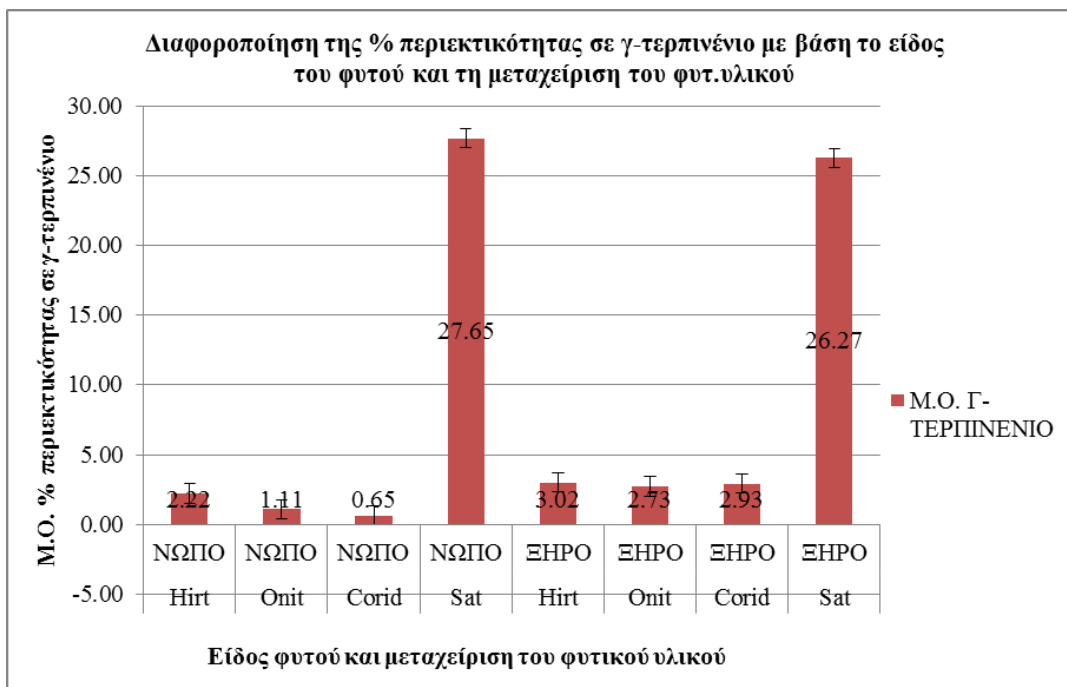


**Διάγραμμα 44.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο με το είδος του φυτού και τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Από το διάγραμμα 44 μεταξύ των ειδών των ΑΦΦ και της μεθόδου παραλαβής του αιθέριου ελαίου δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην % περιεκτικότητα του γ-τερπινενίου. Εξάιρεση αποτέλεσε το *Saturejathymbrato* οποίο παρουσίασε διαφορές όταν έγινε η υδροαπόσταξη από όταν εφαρμόστηκε η μέθοδος των υπερήχων. Ακόμα και όταν η σύγκριση έγινε στη κάθε μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου τα είδη των ΑΦΦ εμφάνισαν διαφορές μόνο με το *Saturejathymbra* και στις δύο μεθόδους παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Η μέγιστη τιμή της % περιεκτικότητας σε γ-τερπινένιο σημειώθηκε στο *Saturejathymbra* όταν η παραλαβή του αιθέριου ελαίου έγινε με τη μέθοδο υδροαπόσταξη (28.36% v/w). Επίσης το είδος *Saturejathymbra* παρουσίασε την υψηλότερη τιμή και μέθοδο των υπερήχων (25.56% v/w). Αντίθετα, τη χαμηλότερη τιμή σε γ-τερπινένιο όταν εφαρμόστηκε η μέθοδος των υπερήχων σημείωσε το *Coridothymuscapitatus* (1.61 v/w). Τέλος, η ελάχιστη τιμή της % περιεκτικότητας του γ-τερπινενίου εμφανίστηκε στην *Origanumonites* όταν έγινε υδροαπόσταξη (1.48% v/w).

Σύμφωνα με το διάγραμμα 45, παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην % περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων σε γ-τερπινένιο όταν συγκρίθηκαν με βάση το είδος του φυτού και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Σε αυτή την περίπτωση εξάιρεση αποτέλεσε η *Origanumhirtum* η οποία δεν εμφάνισε διαφορά μεταξύ του νεπού και του ξηρού φυτικού υλικού. Έτσι,

μέσα στο ίδιο είδος ΑΦΦ τα *Origanummonites*, *Coridothymuscapitatus*, *Saturejathymbra* και διαφέρουν όσον αφορά τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού.



**Διάγραμμα 45.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο με βάση το είδος του ΑΦΦ και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

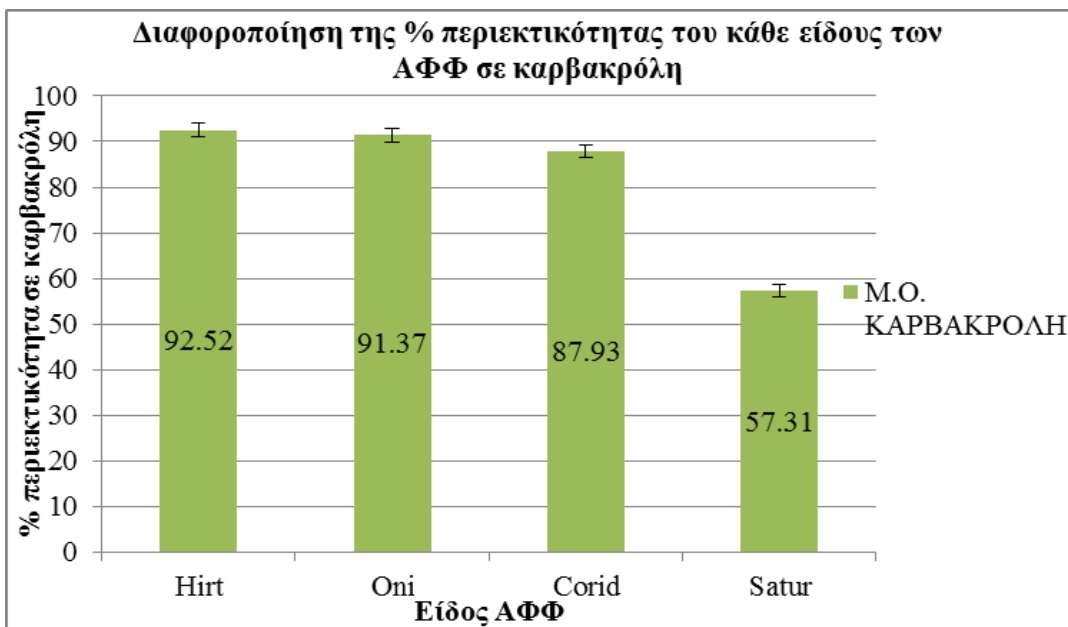
Επίσης, σε σύγκριση ανά ομάδες με βάση την μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού προέκυψε ότι και στην περίπτωση του νωπού αλλά και του ξηρού φυτικού υλικού τα *Origanumhirtum*, *Origanummonites*, *Coridothymuscapitatus* δεν εμφάνισαν διαφορές μεταξύ τους ενώ σημείωσαν διαφορές με το *Saturejathymbra*. Η μέγιστη τιμή της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του γ-τερπινενίου σημειώθηκε στο *Saturejathymbra* στο νωπό φυτικό υλικό με τιμή 27.65% v/w. Η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στο *Coridothymuscapitatus* στο νωπό φυτικό υλικό με τιμή 0.65% v/w. Γενικότερα παρατηρήθηκε ότι οι τιμές της % περιεκτικότητας σε γ-τερπινένιο ήταν υψηλότερες στην περίπτωση του ξηρού φυτικού υλικού από τις αντίστοιχες του νωπού σε όλα τα είδη ΑΦΦ εκτός από το *Saturejathymbra*.

### 3.5 Περιεκτικότητα σε καρβακρόλη

Από την ανάλυση της διασποράς (ANOVA) του πίνακα 21 του παραρτήματος παρατηρήθηκε ότι τα τέσσερα είδη ΑΦΦ εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους σε ό,τι αφορά την περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου τους σε καρβακρόλη. Επίσης, η μεταχείριση του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Παρατηρήθηκε η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη ανάλογα με το είδος του κάθε ΑΦΦ και με τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μέθοδος παραλαβής του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ με τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού αλλά και το είδος του ΑΦΦ με τη μεταχείριση του φυτικού υλικού παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τέλος, η περιεκτικότητα των ΑΦΦ σε καρβακρόλη εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά το είδος του ΑΦΦ, τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα.

Παρατηρήθηκε από το διάγραμμα 46 ότι τα είδη των ΑΦΦ *Origanum onites* και *Origanum hirtum* δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Όμως, *Origanum hirtum* διαφέρει με το *Coridothymus capitatus* και το *Satureja thymbra* όπως επίσης και η *Origanum onites* διαφέρει με το *Coridothymus capitatus* και το *Satureja thymbra*. Την μικρότερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε καρβακρόλη σημείωσε το *Satureja thymbra* με τιμή 57.31% v/w ενώ αντίστοιχα τη μεγαλύτερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σημείωσε η *Origanum hirtum* με τιμή 92.52% v/w. Η σειρά κατάταξης από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε καρβακρόλη με βάση το είδος του ΑΦΦ ήταν: *Origanum hirtum*, *Origanum onites*, *Coridothymus capitatus* και τέλος *Satureja thymbra*.



**Διάγραμμα 46.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη του κάθε είδους ΑΦΦ με βάση το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

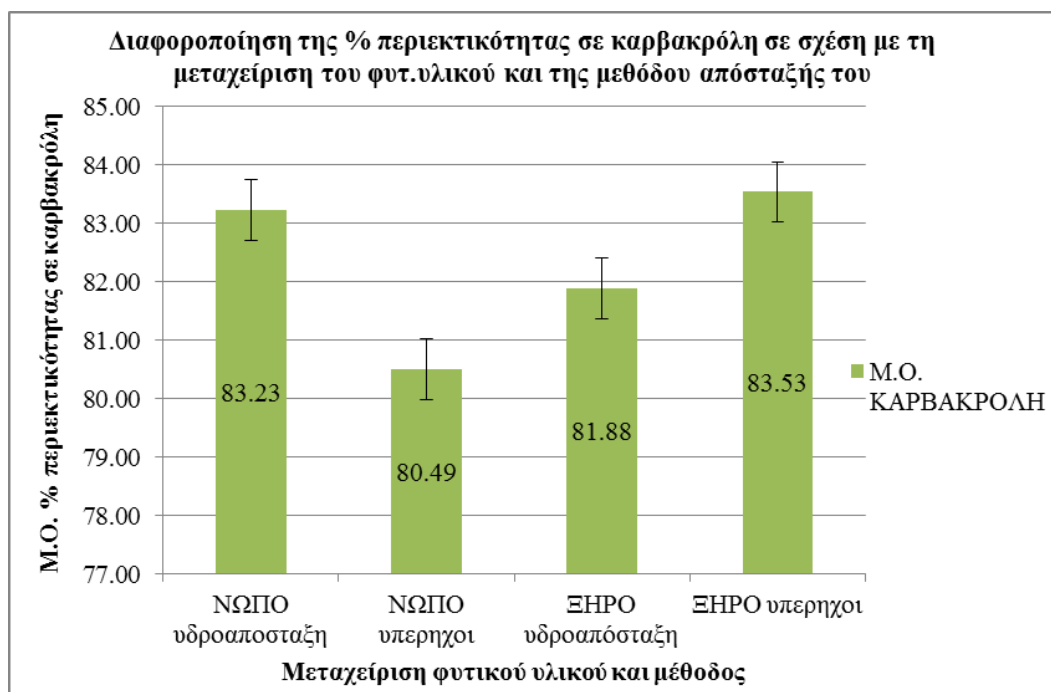




**Διάγραμμα 47.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

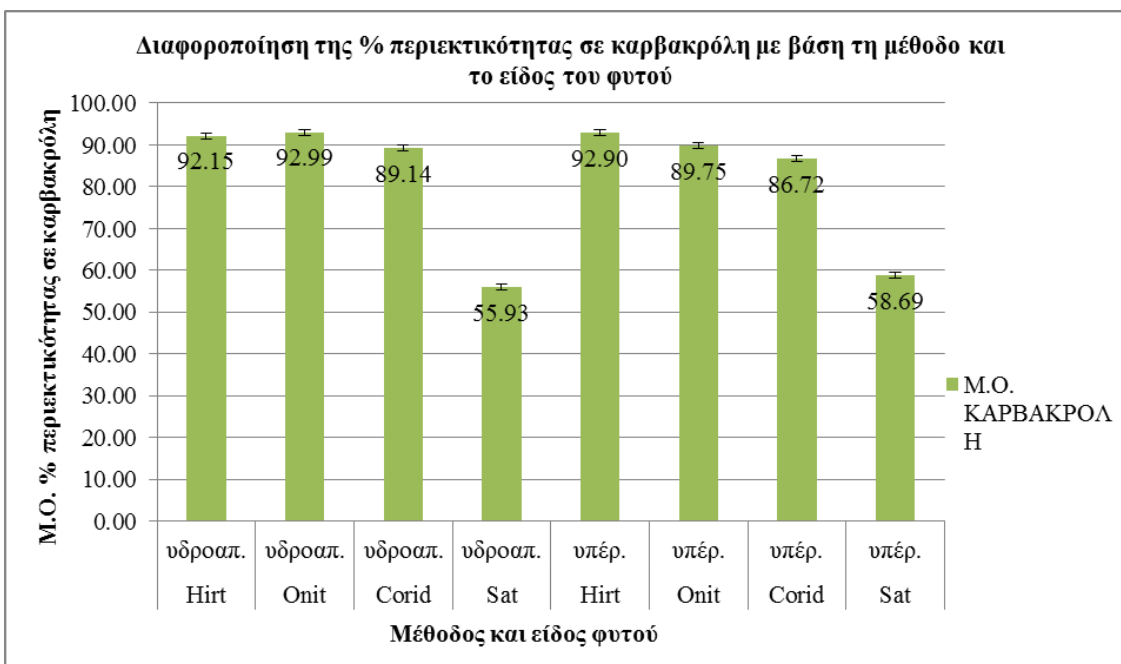
Στο διάγραμμα 47 παρατηρήθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου στα ΑΦΦ σε καρβακρόλη διαφοροποιήθηκε οριακά στατιστικά σημαντικά ανάλογα με την μεταχείριση του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην παραλαβή του αιθέριου ελαίου (νωπό ή ξηρό φυτικό υλικό). Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η % περιεκτικότητα σε καρβακρόλη (82.71%v/w) όταν χρησιμοποιήθηκε ξηρό φυτικό υλικό για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη % περιεκτικότητα όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό φυτικό υλικό (81.86% v/w).

Σύμφωνα με το διάγραμμα 48 παρατηρήθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα των αιθέρων ελαίων των ΑΦΦ σε καρβακρόλη με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού (νωπό-ξηρό φυτικό υλικό) και την μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου (υδροαπόσταξη- υπέρηχοι) εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Εξαιρέση αποτέλεσε η υδροαπόσταξη με νωπό φυτικό υλικό σε σχέση με την μέθοδο των υπερήχων με ξηρό φυτικό υλικό όπου εμφανίστηκαν διαφορές στην % περιεκτικότητα σε καρβακρόλη. Η μεγαλύτερη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρβακρόλη παρουσιάστηκε κατά την παραλαβή του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ με τη μέθοδο των υπερήχων με τη χρήση ξηρού φυτικού υλικού και η τιμή ήταν 83.53% v/w. Αντίθετα, η μικρότερη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρβακρόλη παρουσιάστηκε κατά την παραλαβή του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ με τη μέθοδο των υπερήχων με τη χρήση νωπού φυτικού υλικού με τιμή 80.49% v/w. Τέλος, όταν εφαρμόστηκε η μέθοδος των υπερήχων παρατηρήθηκε ότι η διαφορά της ποσοστιαίας περιεκτικότητας της καρβακρόλης όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό και ξηρό φυτικό υλικό ήταν μεγαλύτερη (3.04% v/w) από την αντίστοιχη της υδροαπόσταξης όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό και ξηρό φυτικό υλικό (1.35% v/w)

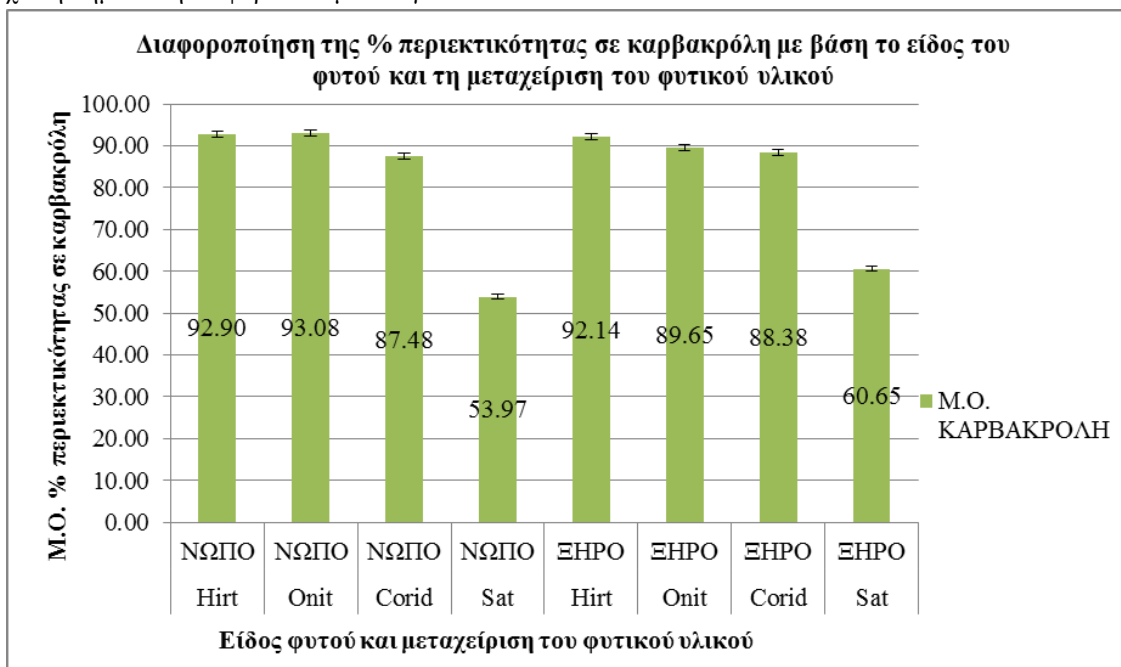


**Διάγραμμα 48.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού και τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Σύμφωνα με το διάγραμμα 49 μεταξύ των ειδών των ΑΦΦ και της μεθόδου παραλαβής του αιθέριου ελαίου παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην % περιεκτικότητα της καρβακρόλης. Εξαιρεση αποτέλεσε η *Origanumhirtum* η οποία δεν παρουσίασε διαφορές όταν έγινε η υδροαπόσταξη από όταν εφαρμόστηκε η μέθοδος των υπερήχων. Στην περίπτωση της υδροαπόσταξης των *Origanumhirtum* και *Origanummonites* δεν διαπιστώθηκε διαφορά στη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε καρβακρόλη ενώ διαπιστώθηκε διαφορά μεταξύ των *Origanumhirtum*, *Coridothymuscapitatus*, *Saturejathymbra*. αλλά και μεταξύ των *Origanummonites*, *Coridothymuscapitatus*, *Saturejathymbra*. Αντίστοιχα στην περίπτωση των υπερήχων σημειώθηκαν διαφορές στην ποσοστιαία περιεκτικότητα της καρβακρόλης μεταξύ και των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ. Η μέγιστη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρβακρόλη σημειώθηκε στην *Origanumhirtum* όταν η παραλαβή του αιθέριου ελαίου έγινε με τη μέθοδο των υπερήχων (92.90% v/w). Επίσης, το είδος *Origanummonites* παρουσίασε την υψηλότερη τιμή στην περίπτωση της υδροαπόσταξης (92.99% v/w). Αντίθετα, η ελάχιστη τιμή σε καρβακρόλη αντιστοιχούσε στο *Saturejathymbra* στην περίπτωση της υδροαπόσταξης (55.93 v/w). Τέλος, η μικρότερη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρβακρόλη στην μέθοδο των υπερήχων παρουσιάστηκε και πάλι στο *Saturejathymbra* (58.69% v/w).



**Διάγραμμα 49.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη με το είδος του φυτού και τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

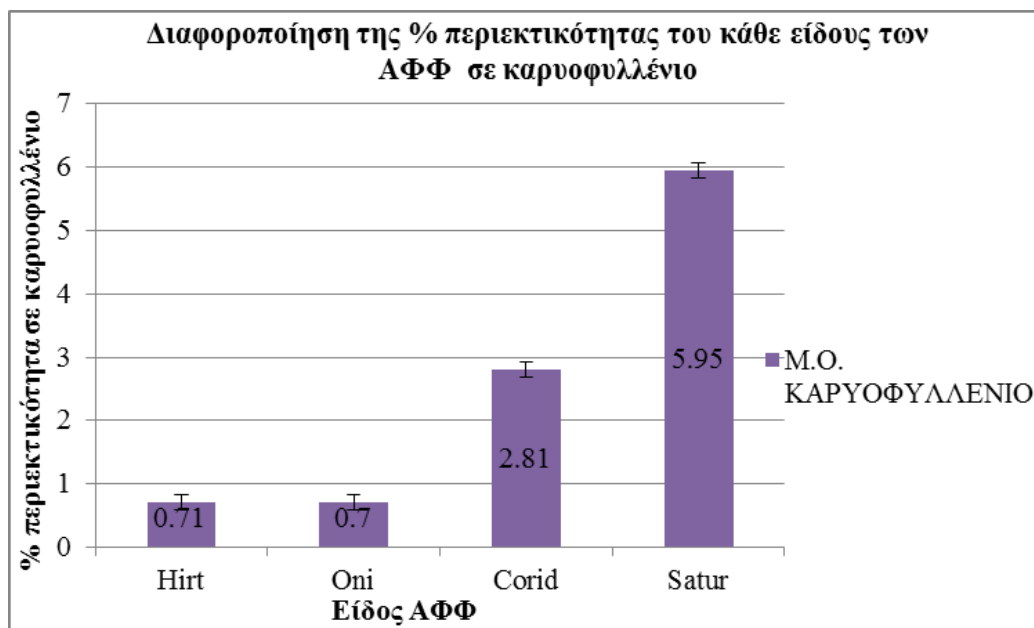


**Διάγραμμα 50.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη με βάση το είδος του ΑΦΦ και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Σύμφωνα με το διάγραμμα 50, παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην % περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων σε καρβακρόλη όταν συγκρίθηκαν με βάση το είδος του φυτού και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Συγκεκριμένα, το *Origanum monites* στη νωπή και ξηρή μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού διέφεραν. Το ίδιο και το *Saturejathymbra* διέφερε ως προς την νωπή και ξηρή μεταχείριση του φυτικού υλικού. Τα *Origanum hirtum* και *Coridothymus capitatus* δεν φάνηκε να διαφέρουν στην % περιεκτικότητά τους σε καρβακρόλη με βάση τη μεταχείριση του φυτικού υλικού. Επιπλέον, στην ξηρή μεταχείριση του φυτικού υλικού για την % περιεκτικότητα σε καρβακρόλη δεν διέφερε η *Origanum monites* με το *Coridothymus capitatus*. Όλα τα άλλα είδη σε αυτό το είδος μεταχείρισης διέφεραν. Αντιστοίχως, στην περίπτωση του νωπού φυτικού υλικού δεν εμφανίστηκαν διαφορές μεταξύ της *Origanum monites* και της *Origanum hirtum*. Η μέγιστη τιμή της ποσοστιαίας περιεκτικότητας της καρβακρόλης σημειώθηκε στην *Origanum monites* στο νωπό φυτικό υλικό με τιμή 93.08% v/w. Η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στο *Saturejathymbra* στο νωπό φυτικό υλικό με τιμή 53.97% v/w. Στο ξηρό φυτικό υλικό η μεγαλύτερη τιμή σημειώθηκε στην *Origanum hirtum* με τιμή 92.14% v/w και ήταν μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή στο νωπό φυτικό υλικό (92.90% v/w). Η αντίστοιχη χαμηλότερη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρβακρόλη (60.65% v/w) στο ξηρό φυτικό υλικό σημειώθηκε στο *Saturejathymbra* η οποία όμως ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη του νωπού. Τέλος, το *Coridothymus capitatus* εμφάνισε μεγαλύτερα ποσοστά καρβακρόλης στο ξηρό φυτικό υλικό (88.38% v/w) από ότι στο νωπό φυτικό υλικό (87.48% v/w).

### 3.6 Περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο

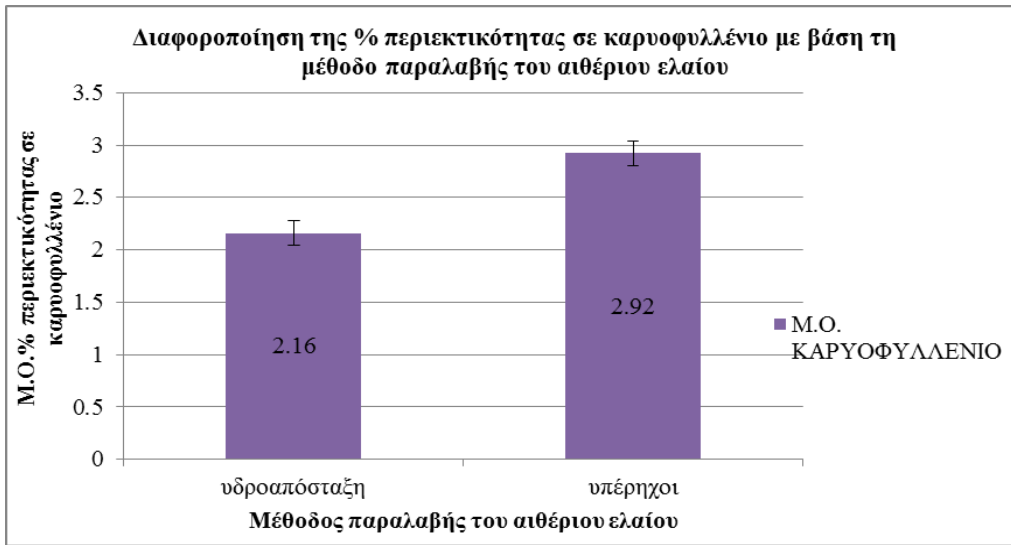
Από την ανάλυση της διασποράς (ANOVA) του πίνακα 22του παραρτήματος παρατηρήθηκε ότι τα τέσσερα είδη ΑΦΦ εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους σε ότι αφορά την περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου τους σε καρνοφυλλένιο. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ εμφάνισε επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές στην % περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρνοφυλλένιο. Επιπλέον, η μεταχείριση του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Παρατηρήθηκε η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρνοφυλλένιο ανάλογα με το είδος του κάθε ΑΦΦ και με τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου σημείωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μέθοδος παραλαβής του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ με τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού αλλά και το είδος του ΑΦΦ με τη μεταχείριση του φυτικού υλικού παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τέλος, η περιεκτικότητα των ΑΦΦ σε καρβακρόλη εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά το είδος του ΑΦΦ, τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα.



**Διάγραμμα 51.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρυοφυλλένιο του κάθε είδους ΑΦΦ με βάση το είδος του ΑΦΦ. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Στο διάγραμμα 51 παρατηρήθηκε ότι τα είδη των ΑΦΦ *Origanum onites* και *Origanum hirtum* δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Όμως, *Origanum hirtum* διαφέρει με το *Coridothymus capitatus* και το *Satureja thymbra* όπως επίσης και η *Origanum onites* διαφέρει με το *Coridothymus capitatus* και το *Satureja thymbra*. Την μικρότερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε καρυοφυλλένιο σημείωσε η *Origanum onites* με τιμή 0.71% v/w ενώ αντίστοιχα τη μεγαλύτερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σημείωσε το *Satureja thymbra* με τιμή 5.95% v/w. Η σειρά κατάταξης από τη μεγαλύτερη στη μικρότερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε καρβακρόλη με βάση το είδος του ΑΦΦ ήταν: *Satureja thymbra*, *Coridothymus capitatus*, *Origanum hirtum* και τέλος *Origanum onites*.

Στο διάγραμμα 52 παρατηρήθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ σε καρυοφυλλένιο διαφοροποιήθηκε σχετικά με τη μέθοδο παραλαβής του (υδροαπόσταξη ή υπέρηχοι). Ακολούθως η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στη μέθοδο των υπερήχων (2.92% v/w) σε σχέση με την αντίστοιχη της υδροαπόσταξης (2.16% v/w).



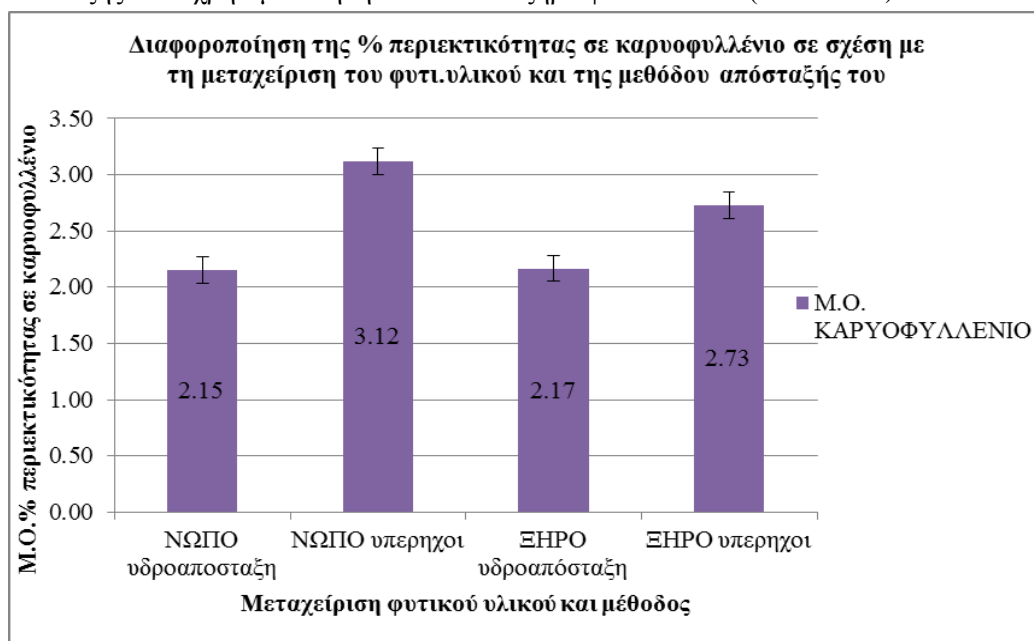
**Διάγραμμα 52.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρνοφυλλένιο με βάση μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Από τα αποτελέσματα του διαγράμματος 53 παρατηρήθηκε ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου στα ΑΦΦ σε καρνοφυλλένιο διαφοροποιήθηκε οριακά στατιστικά σημαντικά ανάλογα με την μεταχείριση του φυτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην παραλαβή του αιθέριου ελαίου (νωπό ή ξηρό φυτικό υλικό). Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η % περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο (2.64% v/w) όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό φυτικό υλικό για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου από τα ΑΦΦ ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη % περιεκτικότητα όταν χρησιμοποιήθηκε ξηρό φυτικό υλικό (2.45% v/w).

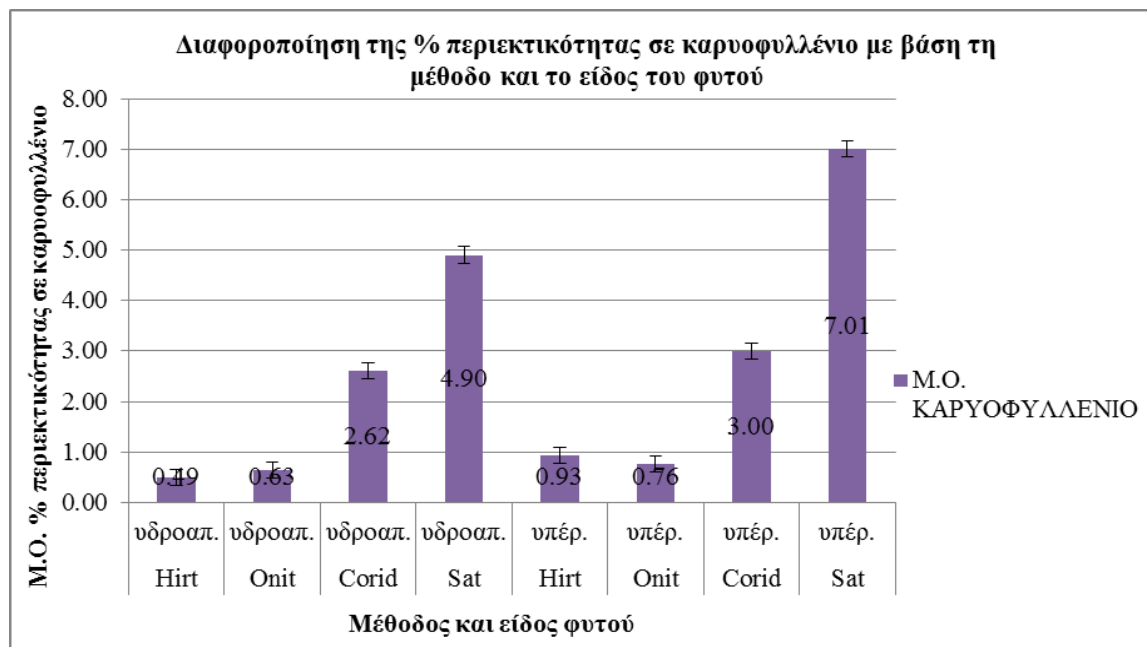


**Διάγραμμα 53.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρνοφυλλένιο με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Τα αποτελέσματα που αποτυπώθηκαν στοδιάγραμμα 54δειξαν ότι η ποσοστιαία περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων των ΑΦΦ σε καρνοφυλλένιο με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού (νωπό-ξηρό φυτικό υλικό) και την μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου (υδροαπόσταξη-υπερήχοι) εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Έτσι, παρατηρήθηκε διαφορά στη μέθοδο των υπερήχων μεταξύ νωπού και ξηρού φυτικού υλικού, αλλά στην περίπτωση της υδροαπόσταξη δεν παρατηρήθηκε διαφορά σε αυτή την μεταχείριση του φυτικού υλικού. Επιπλέον, στο νωπό φυτικό υλικό οι μέθοδοι των υπερήχων και της υδροαπόσταξης διέφεραν στατιστικά σημαντικά στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο. Παρόμοια και στην περίπτωση του ξηρού φυτικού υλικού οι μέθοδοι των υπερήχων και της υδροαπόσταξης διέφεραν στατιστικά σημαντικά στην ποσοστιαία περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο. Η μεγαλύτερη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρνοφυλλένιο παρουσιάστηκε κατά την παραλαβή του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ με τη μέθοδο των υπερήχων με τη χρήση νωπού φυτικού υλικού και η τιμή ήταν 3.12% v/w. Αντίθετα, η μικρότερη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρνοφυλλένιο παρουσιάστηκε κατά την παραλαβή του αιθέριου ελαίου των ΑΦΦ με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με τη χρήση νωπού φυτικού υλικού με τιμή 2.15% v/w. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι ανεξάρτητα από τη μεταχείριση του φυτικού υλικού (νωπό ή ξηρό) η μέθοδος των υπερήχων απέφερε υψηλότερα αποτελέσματα στην % περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο. Τέλος, όταν εφαρμόστηκε η μέθοδος των υπερήχων παρατηρήθηκε ότι η διαφορά της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του καρνοφυλλενίου όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό και ξηρό φυτικό υλικό ήταν μεγαλύτερη (0.39% v/w) από την αντίστοιχη της υδροαπόσταξης όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό και ξηρό φυτικό υλικό (0.02% v/w)



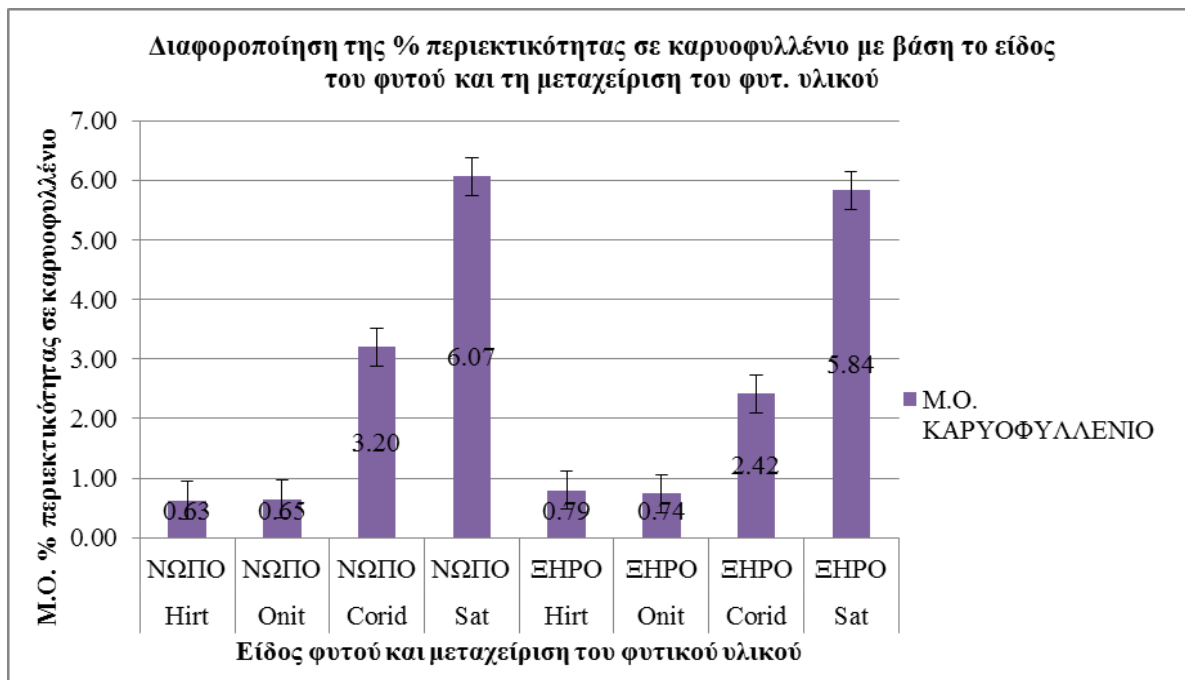
**Διάγραμμα 54.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρνοφυλλένιο με βάση τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού και τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .



**Διάγραμμα 55** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρνοφυλλένιο με το είδος του φυτού και τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του διαγράμματος 55 μεταξύ των ειδών των ΑΦΦ και της μεθόδου παραλαβής του αιθέριου ελαίου παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην % περιεκτικότητα του καρνοφυλλενίου. Εξαιρέση αποτέλεσε η *Origanum onites* η οποία δεν παρουσίασε διαφορές όταν έγινε η υδροαπόσταξη από όταν εφαρμόστηκε η μέθοδος των υπερήχων. Στην περίπτωση της υδροαπόσταξης των *Origanum hirtum* και *Origanum onites* δεν διαπιστώθηκε διαφορά στη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο ενώ διαπιστώθηκε διαφορά μεταξύ των *Origanum hirtum*, *Coridothymus capitatus*, *Satureja thymbra*. αλλά και μεταξύ των *Origanum onites*, *Coridothymus capitatus*, *Satureja thymbra*. Αντίστοιχα και στην περίπτωση των υπερήχων δεν σημειώθηκαν διαφορές στην ποσοστιαία περιεκτικότητα του καρνοφυλλενίου μεταξύ των *Origanum hirtum* και *Origanum onites* αλλά διαπιστώθηκε διαφορά μεταξύ των *Origanum hirtum*, *Coridothymus capitatus*, *Satureja thymbra*. αλλά και μεταξύ των *Origanum onites*, *Coridothymus capitatus*, *Satureja thymbra*. Η μέγιστη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρνοφυλλένιο σημειώθηκε στο *Satureja thymbra* όταν η παραλαβή του αιθέριου ελαίου έγινε με τη μέθοδο των υπερήχων (7.01% v/w). Επίσης, το είδος *Satureja thymbra* παρουσίασε την υψηλότερη τιμή στην περίπτωση της υδροαπόσταξης (4.90% v/w). Αντίθετα, η ελάχιστη τιμή σε καρνοφυλλένιο αντιστοιχούσε στην *Origanum hirtum* στην περίπτωση της υδροαπόσταξης (0.49 v/w). Τέλος, η μικρότερη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρνοφυλλένιο στην μέθοδο των υπερήχων παρουσιάστηκε στην *Origanum onites* (0.76% v/w).





**Διάγραμμα 56.** Διαφοροποίηση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο με βάση το είδος του ΑΦΦ και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά των μέσων για  $\alpha=0.05$ .

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του διαγράμματος 56, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην % περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων σε καρυφυλλένιο όταν συγκρίθηκαν με βάση το είδος του φυτού και τη μεταχείριση του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Εξαίρεση αποτέλεσε το *Coridothymus capitatus* το οποίο εμφάνισε διαφορές μεταξύ νωπού και ξηρού φυτικού υλικού. Αντιστοίχως, στην περίπτωση του νωπού αλλά και του ξηρού φυτικού υλικού δεν εμφανίστηκαν διαφορές μεταξύ της *Origanum onites* και της *Origanum hirtum* ενώ τα δύο αυτά είδη παρουσίασαν διαφορές με το νωπό αλλά και με το ξηρό φυτικό υλικό των *Coridothymus capitatus* και *Satureja thymbra*. Η μέγιστη τιμή της ποσοστιαίας περιεκτικότητας του καρυφυλλενίου σημειώθηκε στο *Satureja thymbra* στο νωπό φυτικό υλικό με τιμή 6.07% v/w. Η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στην *Origanum hirtum* στο νωπό φυτικό υλικό με τιμή 0.63% v/w.

Στο ξηρό φυτικό υλικό η μεγαλύτερη τιμή σημειώθηκε στο *Satureja thymbra* με τιμή 5,84% v/w και ήταν μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή στο νωπό φυτικό υλικό. Η αντίστοιχη χαμηλότερη τιμή της % περιεκτικότητας σε καρυφυλλένιο (0.74% v/w) στο ξηρό φυτικό υλικό σημειώθηκε στην *Origanum hirtum* η οποία όμως ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη του νωπού. Τέλος, το *Coridothymus capitatus* εμφάνισε μεγαλύτερα ποσοστά καρυφυλλενίου στο νωπό φυτικό υλικό (3.20% v/w) από ότι στο ξηρό φυτικό υλικό (2.42% v/w).

## IV ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΦΦ

Σχετικά με τον αριθμό των βλαστών δεν διαπιστώθηκαν διαφορές μεταξύ των βιοτύπων στο κάθε είδους. Συγκεκριμένα, η *O. onites* είχε τον μεγαλύτερο αριθμό βλαστών από όλα τα είδη των ΑΦΦ στο βιότυπο 2 με μικρή όμως διαφορά από το βιότυπο 1. Αντιθέτως, το *C. capitatus* είχε το μικρότερο αριθμό βλαστών από όλα τα είδη των ΑΦΦ στο βιότυπο 2 χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές από το βιότυπο 1. Το ίδιο συνέβη και στα είδη *S. thymbra* και *Origanum hirtum* στα οποία παρατηρήθηκαν μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των βιοτύπων τους ως προς τον αριθμό των βλαστών τους. Όπου παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού των βλαστών των φυτών οφείλεται στο ότι οι βιότυποι διανύουν την τρίτη χρονιά ανάπτυξής τους, μία καθοριστική περίοδος για την ανάπτυξη των ΑΦΦ καθώς σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τα συγκεκριμένα είδη κατά τον τρίτο χρόνο εισέρχονται σε πλήρη ανάπτυξη (Κουτσός, 2006). Επιπλέον, η αύξηση του αριθμού των βλαστών κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο ενισχύει την υπόθεση ότι τα τα συγκεκριμένα είδη προσαρμόστηκαν ικανοποιητικά στο περιβάλλον του ΓΠΑ κατά την μεταφορά τους από την περιοχή προέλευσής τους (Ικαρία). Όπου δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση ως προς τον αριθμό των βλαστών μπορεί να οφείλεται σε αβιοτικούς παράγοντες

Στην περίπτωση του αριθμού των ταξιανθιών κάθε είδους ΑΦΦ τα *Origanum hirtum* και *O. onites* διαπιστώθηκε ότι είχαν διαφορές μεταξύ των δύο βιοτύπων ενώ στα είδη *C. capitatus* και *S. thymbra* δεν εμφάνιστηκαν διαφορές. Συγκεκριμένα, το *Origanum hirtum* στο βιότυπο 2 είχε τις περισσότερες ταξιανθίες ενώ το *S. thymbra* στο βιότυπο 2 είχε τις λιγότερες. Επίσης, ως προς τον αριθμό των φύλλων εμφάνιστηκαν διαφορές μεταξύ των βιοτύπων στα είδη *Origanum hirtum* και *Coridothymus capitatus* ενώ στα *Satureja thymbra* και *Origanum onites* όχι. Σε αυτήν την περίπτωση ο μέγιστος αριθμός των φύλλων παρουσιάστηκε στην *O. onites* στο βιότυπο 2 ενώ ο μικρότερος στην *O. hirtum* στο βιότυπο 1.

Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με αυτά που προέκυψαν από αντίστοιχη έρευνα στο πλαίσιο της πτυχιακής μελέτης της Β Χατζή (Χατζή, 2012) που εκπονήθηκε στο Εργ. Γεωργίας με το ίδιο πειραματικό υλικό κατά την προηγούμενη χρονιά. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα φαίνεται ότι ο αριθμός των ταξιανθιών στα είδη *Origanum hirtum*, *Origanum onites* και *Satureja thymbra* ήταν κατά πολύ μικρότερος από τον αριθμό των ταξιανθιών που παρατηρήθηκε στα είδη κατά τη φετινή καλλιεργητική περίοδο. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη προσαρμοστικότητα των συγκεκριμένων ΑΦΦ στις συνθήκες του ΓΠΑ και στο ότι τα είδη διανύουν τον τρίτο έτος της ανάπτυξής τους. Επίσης, το *Coridothymus capitatus* την φετινή καλλιεργητική περίοδο παρουσίασε σχετικά μικρότερο αριθμό ταξιανθιών. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα και στην περίπτωση του αριθμού των φύλλων για τα είδη *Origanum hirtum*, *Origanum onites*. Αντίθετα ήταν τα αποτελέσματα, για τα είδη *Coridothymus capitatus* και *Satureja thymbra* ως προς τον αριθμό των φύλλων όπου παρατηρήθηκε ότι σε αυτά τα δύο είδη των ΑΦΦ ήταν μεγαλύτερος την προηγούμενη περίοδο σε σχέση με τη φετινή (Χατζή, 2012). Αυτό θα

μπορούσε να αποδοθεί στην προσβολή του *Coridothymuscapitatus* από τα δύο είδη μυκήτων (*Pythium*spp.&*Rhizoctoniaspp.*) οι οποίοι εμφανίστηκαν κατά την τρέχουσα καλλιεργητική περίοδο ανάπτυξης .

Όσον αφορά το μήκος της ταξιανθίας στα είδη *Origanumhirtum*, και *Origanumonites* διαπιστώθηκαν διαφορές μεταξύ των βιότυπων ενώ στα είδη *Coridothymuscapitatus* και *Saturejathymbra* παρέμεινε σταθερόσε όλους τους βιότυπους. Πιο συγκεκριμένα, το *O. hirtum*στο βιότυπο 2 είχε το μεγαλύτερο μήκος ταξιανθίας, ενώ στο *C. capitatus*με βιότυπο 1 είχε το μικρότερο. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν πλήρως με προηγούμενες μελέτες του εργαστηρίου Γεωργίας (αδημοσίευτα αποτελέσματα).

Η χρονική πορεία της αύξησης του ύψους των ειδών των ΑΦΦ ήταν σε όλες τις περιπτώσεις ασύμμετρη σιγμοειδής. Η αύξηση του ύψους των ΑΦΦ χαρακτηρίζεται από μία πρώτη φάση υστερήσεως όπου η αύξηση συντελείται με πολύ αργό ρυθμό (MacDowell, 1973). Από τοσημείο όμως αυτό και μετά ο ρυθμός αύξησης λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες τιμές (ηκαμπύλη της αύξησης γίνεται εκθετική), οι οποίες προσεγγίζουν μία μέγιστη τιμή στοσημείο αντιστάθμισης (inflexion point). Στη συνέχεια, ο ρυθμός αύξησης του ύψους μειώνεται και ηανάπτυξη διακόπτεται όσο πλησιάζει η ημερομηνία κοπή-συλλογής του προς απόσταξη φυτικού υλικού. Η μέθοδος Richards έχει χρησιμοποιηθεί και παλιότερα στο εργαστήριο Γεωργίας για την μέτρηση της αύξησης της βλάστησης των σπόρων της *Medicago sativa* L. (Karamanosetal., 2009) και για την μέτρηση της αύξησης των ταξιανθιών διαφόρων ποικιλιών σιταριού (Βαχαμίδης, 2013),

Οι επιδράσεις των αβιοτικών παραγόντων σύμφωνα με τα αποτελέσματατης παρούσας μελέτης μπορούν να διαχωριστούν ως εξής:

- Η διάρκεια της πρώτης φάσης (φάση υστερήσεως) μειώνεται καθώς αυξάνει η έλλειψη νερού.
- Η εκθετική φάση της αύξησης του ύψους των ΑΦΦ περιορίζεται με την έλλειψη νερού κάτι που φαίνεται κυρίως στο *Saturejathymbra* καθώς η ανάπτυξή του συμπίπτει με την άνοδο της θερμοκρασίας και την μείωση των βροχοπτώσεων.
- Το τελικό ύψος των ΑΦΦ περιορίζεται σημαντικά όπως φαίνεται στην περίπτωση του *Coridothymuscapitatus*.

Ειδικότερα, το τελικό ύψος των ΑΦΦ μπορεί να επηρεάστηκε από την ποσότητα της διαθέσιμης δεσφινικής ζυγγρασίας (Oosterhuis and Cartwright, 1983; Duggan and Fowler, 2006; Elhani et al., 2007; Mirbahar et al., 2009; Chen et al., 2012).

Οι ρυθμοί αύξησης του ύψους του κάθε είδους φυτού παρόλο που δεν διέφεραν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά τελικά φάνηκε ότι το *Origanumonites* διέφερε με τα είδη *Coridothymuscapitatus* και *Saturejathymbra*. Επίσης, το *Origanumhirtum* φάνηκε ότι διέφερε και με το

*Coridothymuscapitatus* ως προς το ρυθμό αύξησης του ύψους τους. Η κατάταξη με βάση τους ρυθμούς αύξησης του ύψους κάθε είδους των υπό εξέταση ΑΦΦ από τον υψηλότερο στον χαμηλότερο ήταν: *Origanummonites*, *Origanumhirtum*, *Saturejathymbra* και *Coridothymuscapitatus*.

Διαπιστώθηκαν διαφορές ως προς το τελικό ύψος των φυτών και στα τέσσερα είδη των ΑΦΦ. Συγκεκριμένα, το *Origanummonites* διέφερε με τα είδη *Coridothymuscapitatus* και *Saturejathymbra*. Παρομοίως, το *Origanumhirtum* διέφερε με τα είδη *Coridothymuscapitatus* και *Saturejathymbra*. Όσον αφορά στα είδη *Origanummonites* και *Origanumhirtum* δεν διαπιστώθηκαν διαφορές μεταξύ τους όσον αφορά το μέγιστο τελικό ύψος τους όπως επίσης και στα είδη *Coridothymuscapitatus* και *Saturejathymbra*. Οι υψηλότερες τιμές του ύψους παρατηρήθηκαν στο *Origanummonites* ενώ οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο *Coridothymuscapitatus*. Η αύξηση του τελικού ύψους των ΑΦΦ οφείλεται στην αυξημένη θερμοκρασία που παρουσιάστηκε κατά την ανάπτυξή τους (άνοιξη) συνθήκες που ευνόησαν την απορρόφηση για περισσότερο χρόνο των θρεπτικών συστατικών και του νερού από το έδαφος (Kao *et al.*, 1998).

Η χρονική πορεία της αύξησης του μήκους των βλαστών των ειδών των ΑΦΦ ήταν σε όλες τις περιπτώσεις ασύμμετρη σιγμοειδής. Η αύξηση του μήκους των βλαστών των ΑΦΦ χαρακτηρίζεται από μία πρώτη φάση υστέρησης όπου η αύξηση συντελείται με πολύ αργό ρυθμό (MacDowell, 1973). Από το σημείο όμως αυτό και μετά ο ρυθμός αύξησης λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες τιμές (ηκαμπύλη της αύξησης γίνεται εκθετική), οι οποίες προσεγγίζουν μία μέγιστη τιμή στο σημείο αντιστάθμισης (inflection point). Στη συνέχεια, ο ρυθμός αύξησης του μήκους των βλαστών μειώνεται και η ανάπτυξη διακόπτεται όσο πλησιάζει η ημερομηνία κοπής-συλλογής του προς απόσταξη φυτικού υλικού.

Όπως και στην περίπτωση της αύξησης του ύψους των ΑΦΦ έτσι και στην περίπτωση της επιμήκυνσης των βλαστών τους οι περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης των φυτών φάνηκε ότι έπαιξαν καθοριστικό ρόλο και αυτό φάνηκε στην περίπτωση του *Saturejathymbra* καθώς ήταν το μόνο από τα ΑΦΦ που εξετάστηκαν και υστέρησε στο μήκος των βλαστών σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά (Χατζή, 2012). Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι τους δύο μήνες που προηγήθηκαν της συγκομιδής του *Saturejathymbra* η βροχόπτωση φαίνεται να μειώνεται γεγονός που ίσως επηρέασε την ανάπτυξη των βλαστών του συγκεκριμένου είδους.

Οι ρυθμοί αύξησης του μήκους των βλαστών και σε αυτή την περίπτωση διαπιστώθηκε ότι εμφάνισαν διαφορές εκτός από την *Origanumhirtum* και το *Saturejathymbra* στα οποία οι ρυθμοί δεν διέφεραν. Η μέγιστη τιμή του μέσου σταθμισμένου ρυθμού αλλά και του μέγιστου απόλυτου ρυθμού παρατηρήθηκε στην *Origanummonites* ενώ αντίστοιχα η μικρότερη τιμή παρουσιάστηκε στο *Coridothymuscapitatus*.

Σχετικά με το τελικό μήκος των βλαστών των ΑΦΦ διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και στα τέσσερα είδη των ΑΦΦ. Συγκεκριμένα, το *Origanummonites* διέφερε με τα είδη

*Coridothymuscapitatus* και *Saturejathymbra*. Το ίδιο και το *Origanumhirtum* διέφερε με τα είδη *Coridothymuscapitatus* και *Saturejathymbra*. Τα είδη *Origanumonites* και *Origanumhirtum* δεν διέφεραν μεταξύ τους όσον αφορά το μέγιστο τελικό μήκος των βλαστών όπως επίσης και τα είδη *Coridothymuscapitatus* και *Saturejathymbra* τα οποία δεν εμφάνισαν μεταξύ τους διαφορές. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο *Origanumhirtum* ενώ οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο *Coridothymuscapitatus*, αποτελέσματα τα οποία βρίσκονται σε συμφωνία με τα αντίστοιχα που προέκυψαν από την έρευνα της Χατζή (2012).

Από τον υπολογισμό της μέσης ποσοστιαίας περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία για τους βλαστούς κάθε είδους αλλά βιοτύπους βρέθηκε ότι δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* για τους δύο τρόπους ξήρανσης. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι ακόμα και όταν οι βλαστοί υποστούν ήπια ξήρανση (φυσική ξήρανση) για 15 ημέρες το ξηρό βάρος που προκύπτει συμπίπτει σχεδόν με το ξηρό βάρος των βλαστών που έχουν υποστεί ξήρανση στους 100°C για 24h από όπου έχει αφαιρεθεί όλη η υγρασία τους. Από την έως τώρα αναζήτηση στη διεθνή βιβλιογραφία για τα συγκεκριμένα είδη δεν υπάρχουν σχετικά δεδομένα

Παρόλα αυτά, όταν συγκρίθηκαν ξεχωριστά οι τρόποι ξήρανσης ως προς το ξηρό βάρος των βλαστών σε κάθε είδος προέκυψε ότι στον φυσικό τρόπο ξήρανσης ότι οι βιότυποι 1 και 2 της *O. hirtum* παρουσίασαν διαφορές ενώ στα υπόλοιπα είδη δεν εμφάνιστηκαν διαφορές ανάμεσα στους βιοτύπους τους ως προς αυτό το είδος ξήρανσης. Αντίστοιχα, στην περίπτωση της ξήρανσης στους 100°C για 24 ώρες τα είδη *O. onites* και η *O. hirtum* παρουσίασαν διαφορές μεταξύ των 2 βιοτύπων τους.

Όσον αφορά την ποσοστιαία περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία για τις ταξιανθίες παρατηρήθηκε ότι η μέση % περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία των ταξιανθιών για κάθε είδος και βιότυπο δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* για τους δύο τρόπους μεταχείρισης που υπέστησαν για ξήρανση.

Παρόλα αυτά τα, όταν συγκρίθηκαν ξεχωριστά οι τρόποι ξήρανσης ως προς το ξηρό βάρος των ταξιανθιών προέκυψε ότι μεταξύ των βιοτύπων 1 και 2 των ΑΦΦ δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στο μέσο ξηρό βάρος των ταξιανθιών για τον φυσικό τρόπο ξήρανσης εκτός από την περίπτωση της *O. hirtum*. Αντίστοιχα, στην περίπτωση της ξήρανσης στους 100°C για 24 ώρες η *O. onites* και η *O. hirtum* παρουσίασαν διαφορές μεταξύ των δύο βιοτύπων τους, ενώ τα *C. capitatus* και *S. thymbra* όχι.

Διαπιστώθηκε ότι οι τιμές του ξηρού βάρους των ταξιανθιών των ΑΦΦ ήταν κατά πολύ υψηλότερες από τις αντίστοιχες που προέκυψαν από τη μελέτη της Β. Χατζή (2012), με εξαίρεση μόνο το *Coridothymuscapitatus* στο οποίο το μέσο ξηρό βάρος των ταξιανθιών του ήταν σχεδόν μειωμένο στο μισό. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στη προσβολή των δύο ειδών μυκήτων (*Pythium* sp. & *Rhizoctonia* sp.) υπόθεση που έχει σχολιαστεί και προηγουμένως.

Στην περίπτωση της ποσοστιαίας περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία για τα φύλλα, παρατηρήθηκε ότι η μέση % περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία των φύλλων για κάθε είδος και βιότυπο δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* και για τους δύο τρόπους ξήρανσης που υπέστησαν.

Επίσης, όταν συγκρίθηκαν ξεχωριστά οι τρόποι ξήρανσης ως προς το ξηρό βάρος των φύλλων δεν προέκυψαν διαφορές μεταξύ των βιοτύπων 1 και 2 των ΑΦΦ όσον αφορά το φυσικό τρόπο ξήρανσης αλλά και της ξήρανσης στους 100°C για 24 ώρες στο μέσο ξηρό βάρος των φύλλων. Αλλά και σε αυτή την περίπτωση διαπιστώθηκε ότι οι τιμές του ξηρού βάρους των φύλλων των ΑΦΦ ήταν υψηλότερες από τις αντίστοιχες περασμένης χρονιάς με εξαίρεση τα *Coridothymuscapitatus* και *Saturejathymbra* στα οποία οι τιμές των ξηρών βαρών των φύλλων ήταν μικρότερες (Χατζή, 2012).

Απο τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι τα περισσότερα είδη με την αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε κατά τους μήνες πριν την συγκομιδή το έτος 2012 σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του έτους 2011 παρουσίασαν αύξηση ως προς το ξηρό βάρος των φύλλων και το ξηρό βάρος των ταξιανθιών. Αντίθετα αποτελέσματα αναφέρονται από τους Saleh (1973) και Putievsky *etal.* (1997) σε πειράματα που έγιναν σε αρωματικά φυτά της οικογένειας *Lamiaceae*, όπου παρατηρήθηκε ότι το ξηρό βάρος των ανθέων και φύλλων ήταν μεγαλύτερο σε χαμηλές από ότι σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τέλος αυτή η αύξηση στα ξηρά βάρη θα μπορούσε να αποδοθεί στην ηλικία των βιοτύπων και στο ότι η καλλιέργεια βρίσκεται στην τρίτη χρονιά παραγωγής της (Pluhá *etal.* 1997, Κουτσός 2006), ενώ η σταθερότητα στους διάφορους αβιοτικούς παράγοντες.

Στην περίπτωση του ποσοστού υγρασίας των προς απόσταξη φυτικών ιστών παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό αυτό για τους δύο τρόπους ξήρανσης δεν διαφοροποιήθηκε στατιστικά στα είδη *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites*. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι όταν το προς απόσταξη φυτικό υλικό υποβάλλεται σε ήπια ξήρανση με φυσικό τρόπο για 15 ημέρες το ποσό της υγρασίας που έχει εξατμιστεί είναι σχεδόν ίσο με την περίπτωση της ξήρανσης στους 100°C για 24h όπου αφαιρείται όλο το ποσό της υγρασίας στους ιστούς. Εξαίρεση αποτέλεσε η *O. hirtum* η οποία εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο τρόπων ξήρανσης.

Τέλος, παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό της υγρασίας στην περίπτωση της ξήρανσης με φυσικό τρόπο ήταν μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ποσοστό στην περίπτωση της ξήρανσης στους 100°C για 24 ώρες, γεγονός που ήταν αναμενόμενο.

## ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Από την μελέτη των αποτελεσμάτων της απόσταξης συμπεραίνεται ότι η εκατοστιαία περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου παρέμεινε εντός των ορίων και στα τέσσερα είδη (Kokkini & Vokou, 1989; Kirimer *et al.*, 1995; Belhatta *etal.*, 2005; Sari *etal.*, 2006; Esen *etal.*, 2007).

Σε διάφορες μελέτες που έχουν γίνει (Giletal., 2002;RajeswaraRaoetal., 1996; Pluháretal., 2002; Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010) έχει παρατηρηθεί πως η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο επηρεάζεται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της βροχόπτωσης. Η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο όμως στην συγκεκριμένη περίπτωση φάνηκε να μην επηρεάζεται παρόλο που η μέση θερμοκρασία αυξήθηκε. Επίσης, σύμφωνα με τους Azizietal.(2009)η βέλτιστη παροχή νερού κατά τη διάρκεια της βλαστητικής ανάπτυξης και της επιμήκυνσης των στελεχών των ΑΦΦ και ο περιορισμός της παροχής νερού μετά την έναρξη της ανθοφορίας μπορεί να αυξήσει την περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου και έτσι να βελτιώσει την ποιότητα του αιθέριου ελαίου της ρίγανης. Αυτό φαίνεται ότι συμβαίνει και στην παρούσα μελέτη καθώς κατά τη βλαστητική ανάπτυξη των ΑΦΦ παρατηρήθηκε αυξημένο ποσοστό υγρασίας αλλά και βροχόπτωσης ενώ κατά την περίοδο της άνθισης τα αντίστοιχα ποσοστά μειωθήκαν.

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι τα τέσσερα είδη ΑΦΦ είχαν διαφορές μεταξύ τους σε ότι αφορά το νωπό ή το ξηρό φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε με εξαίρεση μόνο το *Coridothymuscapitatus*. Συγκεκριμένα το αιθέριο έλαιο που προήλθε από το ξηρό φυτικό υλικό ήταν μεγαλύτερης περιεκτικότητας από το αντίστοιχο που προήλθε από το νωπό φυτικό υλικό. Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αναφέρονται στα είδη του *Origanum*, η φυσική ξήρανση οδήγησε σε υψηλότερες ποσότητες σε αιθέριο έλαιο σε σύγκριση όταν χρησιμοποιήθηκε νωπό φυτικό υλικό (Dambrauskienė & Viskelis, 2003; Novaketal., 2011). Υψηλότερη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο παρατηρήθηκε και στο νωπό φυτικό υλικό από το οποίο έγινε απόσταξη στο *Thymusvulgaris* σε σχέση με αυτή του ξηρού φυτικού υλικού (Sarosietal., 2013). Αυτό όμως έρχεται σε αντίθεση με άλλα αποτελέσματα για το *Satureja hortensis* στο οποίο ο φυσικός τρόπος της ξήρανσης εμφάνισε χαμηλότερη ποσότητα αιθέριου ελαίου (Sefidkon et al., 2006).

Τα κύρια συστατικά των αιθερίων ελαίων στα τέσσερα είδη των ΑΦΦ είναι τα ίδια ανεξάρτητα από το είδος του φυτικού υλικού με το οποίο έγινε η παραλαβή του αιθέριου ελαίου (νωπό- ξηρό φυτικό υλικό). Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Jerkovicetal.(2001), Calvo-Írabienetal. (2009) και Tibaldietal. (2011) και επιπλέον όταν χρησιμοποιήθηκε διαφορετική μέθοδος παραλαβής τους με υδροαπόσταξη-ή υπέρηχους (Roldan-Gutierrez et al., 2008). Μικρή διαφοροποίηση παρουσιάστηκε στα συστατικά που παραλήφθησαν σε πολύ μικρές ποσότητες και σε αυτό το σημείο φάνηκε ότι με τη μέθοδο των υπερήχων υπήρξε καλύτερος ποιοτικός προσδιορισμός (Πίνακες Π11-Π16, παράρτημα).

Κυρίαρχο συστατικό του αιθέριου ελαίου των τεσσάρων ειδών και στις δύο μεθόδους παραλαβής αλλά και με τα δύο είδη φυτικού υλικού ήταν η καρβακρόλη, ακολουθούμενη από το γ-τερπινένιο, το π-κυμένιο και το καρνοφυλλένιο. Σύμφωνα με τους Kokkini & Vokou (1989) και Kirimer et al. (1995) η καρβακρόλη αναφέρεται ως το κύριο συστατικό του ελαίου της *O. hirtum* και του *C. capitatus* και της *O. onites*. (Kokkini & Vokou, 1989; Kirimer et al., 1995; Kokkini et al., 1997; D'antuonoetal., 2000; Skoula & Harborne, 2002). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται για καλλιεργούμενα φυτά *O. hirtum*

όπου η καρβακρόλη αποτελεί κύριο συστατικό και η θυμόλη ανιχνεύεται σε ίχνη (Goliaris et al., 2002). Από την άλλη πλευρά ο Pasquier, 1997 αναφέρει σύνθετους χημειότυπους σε καλλιεργούμενα φυτά *O. hirtum* ενώ οι Leto και Salamone (1997) χημειότυπους θυμόλης. Επιπλέον, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έρχονται σε πλήρη συμφωνία με αυτά για τα αυτοφυή φυτά της νήσου Ικαρίας (Economou et al., 2011) και σε αντίθεση με αυτά των Vokou et al. (1993) και Daferera et al. (2003) που αναφέρουν ότι η θυμόλη αποτελούσε το πιο κοινό χαρακτηριστικό του αιθέριου ελαίου της *O. hirtum* σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Οι Kokkini & Vokou (1989) αναφέρουν την καρβακρόλη ως το κύριο συστατικό του ελαίου της *O. hirtum*. Η καρβακρόλη αναφέρεται επίσης ως το κύριο συστατικό του αιθέριου ελαίου του *C. capitatus* τόσο στην Ελλάδα (Kokkini & Vokou, 1989) όσο και σε άλλες μεσογειακές χώρες (Sendra & Cunat, 1980; Falchi-Delitala et al., 1983). Σε μελέτη σε διάφορες περιοχές της Κρήτης η καρβακρόλη εναλλασσόταν με την θυμόλη ως κύριο συστατικό του αιθέριου ελαίου του *S. thymbra* (Karousou et al., 2005) ενώ σε διάφορες περιοχές της Σαρδηνίας κύριο συστατικό ήταν το γ-τερπινένιο (Carone et al., 1988). Ως κύριο συστατικό και του αιθέριου ελαίου της *O. onites* τόσο στην Ελλάδα (Kokkini & Vokou, 1989) όσο και στην Τουρκία (Kirimer et al., 1995) αναφέρεται η καρβακρόλη.

Γενικά, παρατηρήθηκε ότι υπήρξαν διαφορές μεταξύ νωπού και ξηρού φυτικού υλικού σε ότι αφορά την ποσοστιαία περιεκτικότητα στα βασικά συστατικά των αιθερίων ελαίων. Έτσι, προέκυψε ότι το νωπό φυτικό υλικό αποδίδει υψηλότερες περιεκτικότητες σε π-κυμένιο και καρυοφυλλένιο ενώ αντίστοιχα το ξηρό φυτικό υλικό αποδίδει υψηλότερες περιεκτικότητες σε γ-τερπινένιο και καρβακρόλη. Ειδικότερα, το *Saturejathymbra* παρουσίασε διαφορές στην περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου του σε π-κυμένιο ανάλογα με τη μεταχείριση που υπέστη το προς απόσταξη φυτικό υλικό. Στην περίπτωση του γ-τερπινενίου όλα τα είδη των ΑΦΦ είχαν διαφοροποιήσεις εκτός από την *Origanumhirtum*. Αντίθετα, η καρβακρόλη στη νωπή και ξηρή μεταχείριση του φυτικού υλικού εμφάνισε διαφορές στα *Origanumonites* και *Coridothymus capitatus* ενώ στα άλλα δύο είδη των ΑΦΦ δεν εμφάνισε διαφορές. Τέλος, στην περίπτωση του καρυοφυλλενίου δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ νωπού και ξηρού φυτικού υλικού εκτός από το *Coridothymus capitatus*. Κάτι παρόμοιο παρατηρήσαν και οι Tibaldi et al. (2011) όπου σε φυτά του γένους *Origanum* παρατήρησαν ότι υπήρχαν κάποιες διαφοροποιήσεις στην περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου στα παραπάνω συστατικά. Τα π-κυμένιο, γ-τερπινένιο και καρυοφυλλένιο εμφάνισαν τη μεγαλύτερη τιμή τους στο νωπό φυτικό υλικό στο *Saturejathymbra* ενώ αντίστοιχα η μέγιστη τιμή της καρβακρόλης όσον αφορά την μεταχείριση του φυτικού υλικού εμφάνισε η *Origanumonites* στο νωπό. Από την άλλη, οι μικρότερες τιμές για το π-κυμένιο εμφάνισε η *Origanumonites* με τη νωπή μεταχείριση, για το γ-τερπινένιο το *Coridothymus capitatus* με τη νωπή μεταχείριση, για την καρβακρόλη το *Saturejathymbra* με τη νωπή μεταχείριση και για το καρυοφυλλένιο η *Origanumhirtum* και πάλι με το νωπό φυτικό υλικό.



Επίσης, διαφορές παρατηρήθηκαν και μεταξύ των δύο μεθόδων παραλαβής των αιθέριων ελαίων από τα ΑΦΦ. Έτσι, στην περίπτωση της περιεκτικότητας των αιθέριων ελαίων σε π-κυμένιο παρατηρήθηκαν διαφορές μόνο στην *Origanumhirtum* όταν έγινε σύγκριση των δύο μεθόδων παραλαβής του αιθέριου ελαίου. Κάτι παρόμοιο παρατηρήθηκε και στην περίπτωση του γ-τερπινενίου όπου μόνο το *Saturejathymbra* διέφερε ως προς τις δύο μεθόδους απόσταξης. Αντίθετα, η περιεκτικότητα σε καρβακρόλη διαφέρει μεταξύ της υδροαπόσταξης και της μεθόδου των υπερήχων σε όλα τα είδη των ΑΦΦ εκτός από την *Origanumhirtum*. Τέλος, στην περίπτωση του καρνοφυλλενίου δεν παρουσιάστηκαν διαφορές στις δύο μεθόδους εκτός από την *Origanumonites*.

Ειδικότερα, διαπιστώθηκε ότι στην περίπτωση του π-κυμένιου οι μεγαλύτερες περιεκτικότητες στα *Origanumhirtum*, *Origanumonites* και *Coridothymus capitatus* εμφανίστηκαν στην υδροαπόσταξη ενώ για το *Saturejathymbra* στη μέθοδο των υπερήχων. Πάραλληλα, το γ-τερπινένιο εμφάνισε μεγαλύτερη περιεκτικότητα στην υδροαπόσταξη στα είδη: *Origanumhirtum*, *Coridothymus capitatus* ενώ αντίστοιχα τα *Origanumonites* και *Saturejathymbra* είχαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα στην μέθοδο των υπερήχων. Ακόμα, η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε καρβακρόλη παρατηρήθηκε στην μέθοδο των υπερήχων για τα είδη: *Origanumhirtum*, *Coridothymus capitatus* και *Coridothymus capitatus* ενώ η *Origanumonites* είχε μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε καρβακρόλη όταν η παραλαβή του αιθέριου ελαίου έγινε με υδροαπόσταξη. Τέλος, στην περίπτωση του καρνοφυλλενίου διαπιστώθηκε ότι όλα τα είδη των ΑΦΦ παρουσίασαν την μεγαλύτερη τιμή για αυτό το συστατικό όταν εφαρμόστηκε η μέθοδος των υπερήχων.

Από τη μελέτη των πινάκων Π11-Π16 προκύπτει πως η ποιότητα του λαμβανόμενου αιθέριου ελαίου, στην περίπτωση της μεθόδου που βασίζεται στους υπερήχους, εξαρτάται από το σύστημα διαλυτών που χρησιμοποιείται για εκχύλιση. Όταν χρησιμοποιηθεί το σύστημα νερού/διαιθυλαιθέρα το αιθέριο έλαιο που παραλαμβάνεται είναι παρόμοιας χημικής σύστασης με αυτό της μεθόδου της υδροαπόσταξης. Τα περισσότερα συστατικά που ανιχνεύονται και στις δύο περιπτώσεις είναι κοινά και επιπλέον η εκατοστιαία περιεκτικότητά τους στα μίγματα είναι παραπλήσια.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αύξηση των φυτικών χαρακτηριστικών του υπέργειου μέρους που παρατηρήθηκε στον αριθμό βλαστών, στον αριθμό των ταξιανθιών, στον αριθμό των φύλλων και στο μήκος της ταξιανθίας οφείλεται στην ηλικία τους καθώς οι βιότυποι διανύουν την τρίτη χρονιά ανάπτυξής τους.
- Οι ασθένειες των ΑΦΦ φαίνεται ότι επηρεάζουν σημαντικά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους.

- Όλα τα είδη φαίνεται να ότι προσαρμόστηκαν ικανοποιητικά στο περιβάλλον της Αττικής, λόγω της αύξησης ή της σταθερότητας που παρουσίασαν τα αποτελέσματα τόσο στα φυτικά όσο και στα χημικά χαρακτηριστικά.
- Η χρονική πορεία της αύξησης του ύψους των ειδών των ΑΦΦαλλά και του μήκους των βλαστών τους ήταν σε όλες τις περιπτώσεις ασύμμετρη σιγμοειδής.
- Οι ρυθμοί αύξησης του ύψους των φυτών αλλά και του μήκους των βλαστών διέφεραν ανάμεσα στα είδη των ΑΦΦ με την *Origanum onites* να εμφανίζει τις μεγαλύτερες τιμές και στις δύο περιπτώσεις και το *Coridothymus capitatus* τις μικρότερες.
- Το τελικό ύψος των φυτών επηρεάστηκε από αβιοτικούς παράγοντες κατά την περίοδο ανάπτυξης, όπως είναι η θερμοκρασία και η βροχόπτωση.
- Η μέση ποσοστιαία περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία για τους βλαστούς, τις ταξιανθίες και τα φύλλα κάθε είδους αλλά βιοτύπους βρέθηκε ότι δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά στα είδη *O. hirtum*, *C. capitatus*, *S. thymbra* και *O. onites* για τους δύο τρόπους ξήρανσης.
- Η αύξηση στα ξηρά βάρη (βλαστών, ταξιανθιών, φύλλων) θα μπορούσε να αποδοθεί στην ηλικία των βιότυπων και στο ότι η καλλιέργεια βρίσκεται στην τρίτη χρονιά παραγωγής της ενώ η σταθερότητα στους διάφορους αβιοτικούς παράγοντες.
- Όταν το προς απόσταξη φυτικό υλικό υποβάλλεται σε ήπια ξήρανση με φυσικό τρόπο για 15 ημέρες το ποσοστό του νερού που έχει εξατμιστεί είναι σχεδόν ίσο με την περίπτωση της ξήρανσης στους 100°C για 24h όπου αφαιρείται όλο το ποσοστό του νερού από τους ιστούς.
- Η εκατοστιαία περιεκτικότητα του αιθέριου έλαιου παρέμεινε εντός των ορίων και στα τέσσερα είδη.
- Όλα τα υπό μελέτη είδη διατηρούν το χημειότυπο τους, καθώς η καρβακρόλη ήταν το κυρίαρχο συστατικό και τα τις δύο μεθόδους παραλαβής του αιθέριου ελαίου.
- Μπορεί να γίνει χρήση του νωπού φυτικού υλικού χωρίς να επηρεαστεί η ποιοτική σύσταση των αιθέριων ελαίων που παράγονται.
- Η παραλαβή αιθέριων ελαίων από αρωματικά φυτά με τη χρήση των υπερήχων είναι εφικτή.
- Ο χρόνος εκχύλισης με τη μέθοδο των υπερήχων περιορίζεται σε λίγα λεπτά, για το λόγο αυτό πλεονεκτεί έναντι κλασσικών μεθόδων.
- Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα σε οποιοδήποτε εργαστήριο που διαθέτει στο βασικό εξοπλισμό του λουτρό υπερήχων (για διάφορες χρήσεις) χωρίς να απαιτείται η εξειδικευμένη συσκευή απόσταξης.
- Η μέθοδος των υπερήχων είναι μια καλή εναλλακτική λύση στις συμβατικές τεχνικές παραλαβής πτητικών συστατικών του αιθέριου ελαίου δεδομένου ότι πλεονεκτεί έναντι σε αυτές στο ότι

είναι χαμηλότερου ενεργειακού κόστους τεχνική και παρουσιάζει υψηλότερες περιεκτικότητες σε συγκεκριμένα βιοδραστικά συστατικά.

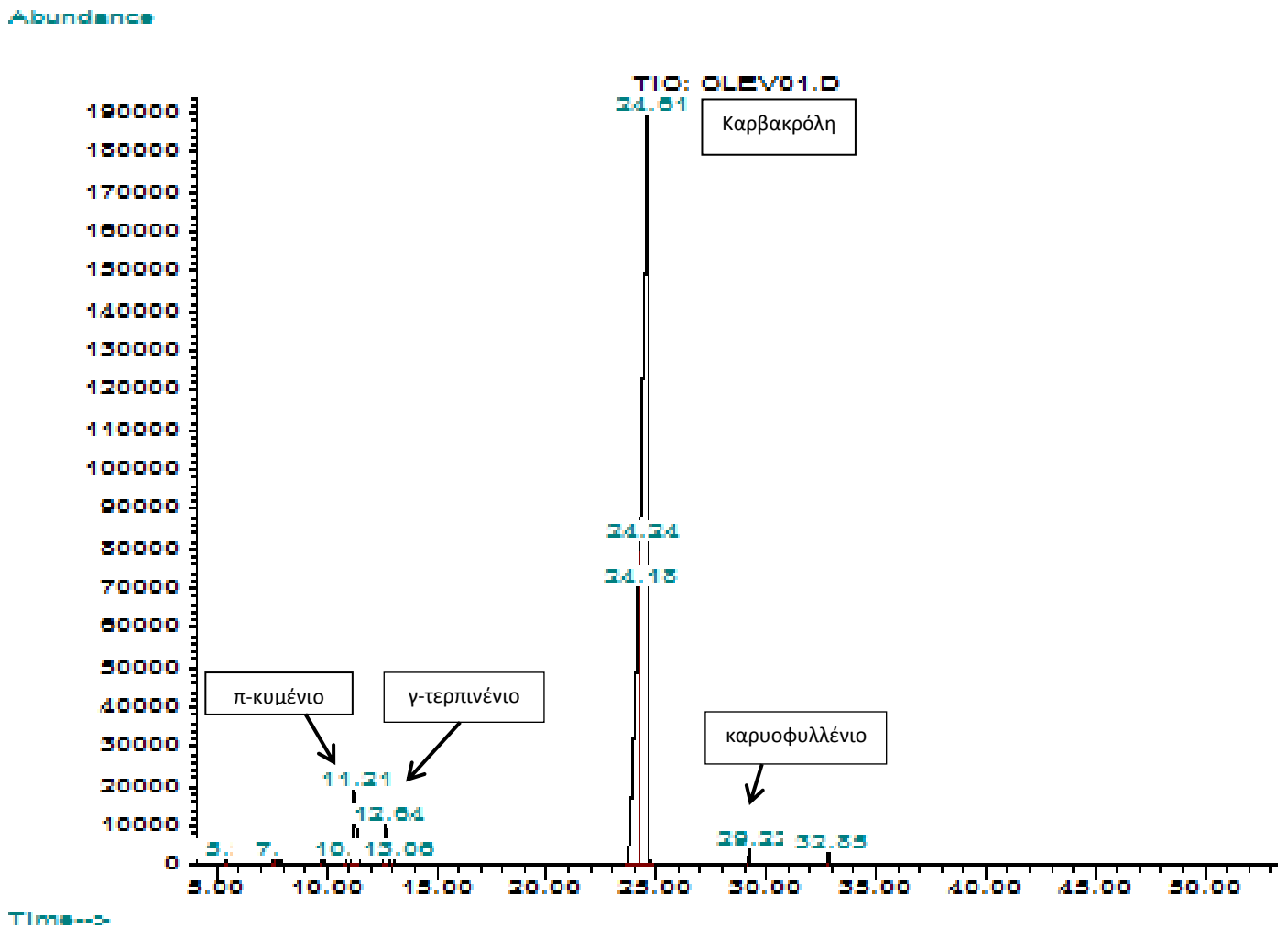
- Η μέθοδος παραλαβής του αιθέριου ελαίου ή συστατικών του, μπορεί να επιλεγεί βάση του συστατικού που θέλουμε να συλλέξουμε σε αφθονία.
- Για την μεγαλύτερη περιεκτικότητα στο συστατικό που επιδιώκουμε μπορούμε να επιλέξουμε το είδος του φυτικού υλικού που θα χρησιμοποιήσουμε καθώς και την καταλληλότερη μέθοδο ή διαλύτη, για να το παραλάβουμε.

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

## ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΕΙΔΩΝ

### 1) Μέθοδος της υδροαπόσταξης- Clevenger

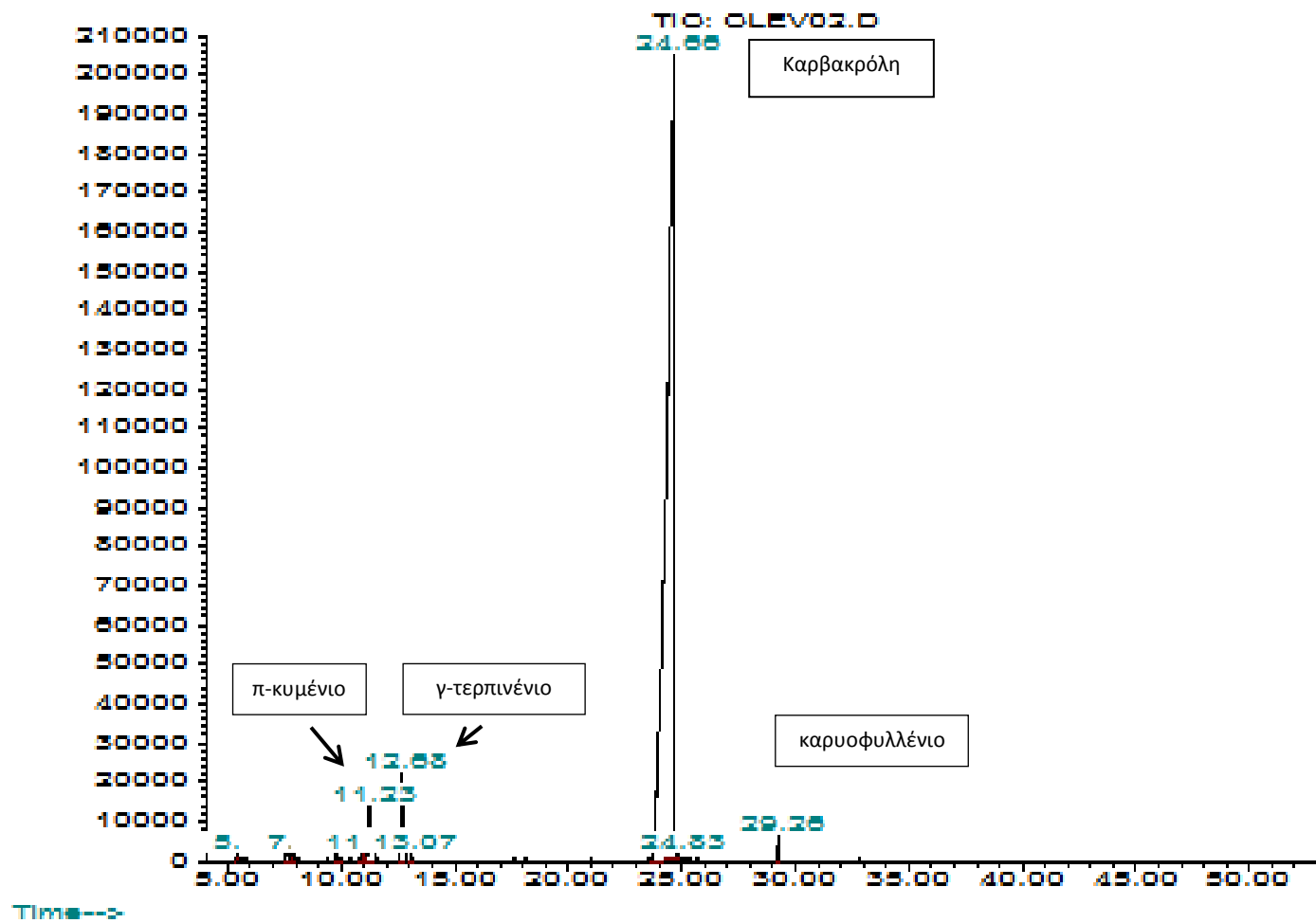
#### Origanumhirtum –ΝΩΠΙΟ φυτικό υλικό



Εικόνα 1. Χρωματογράφημα του αιθέριου ελαίου της *Origanumhirtum* με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης- Clevenger με νερό φυτικό υλικό.

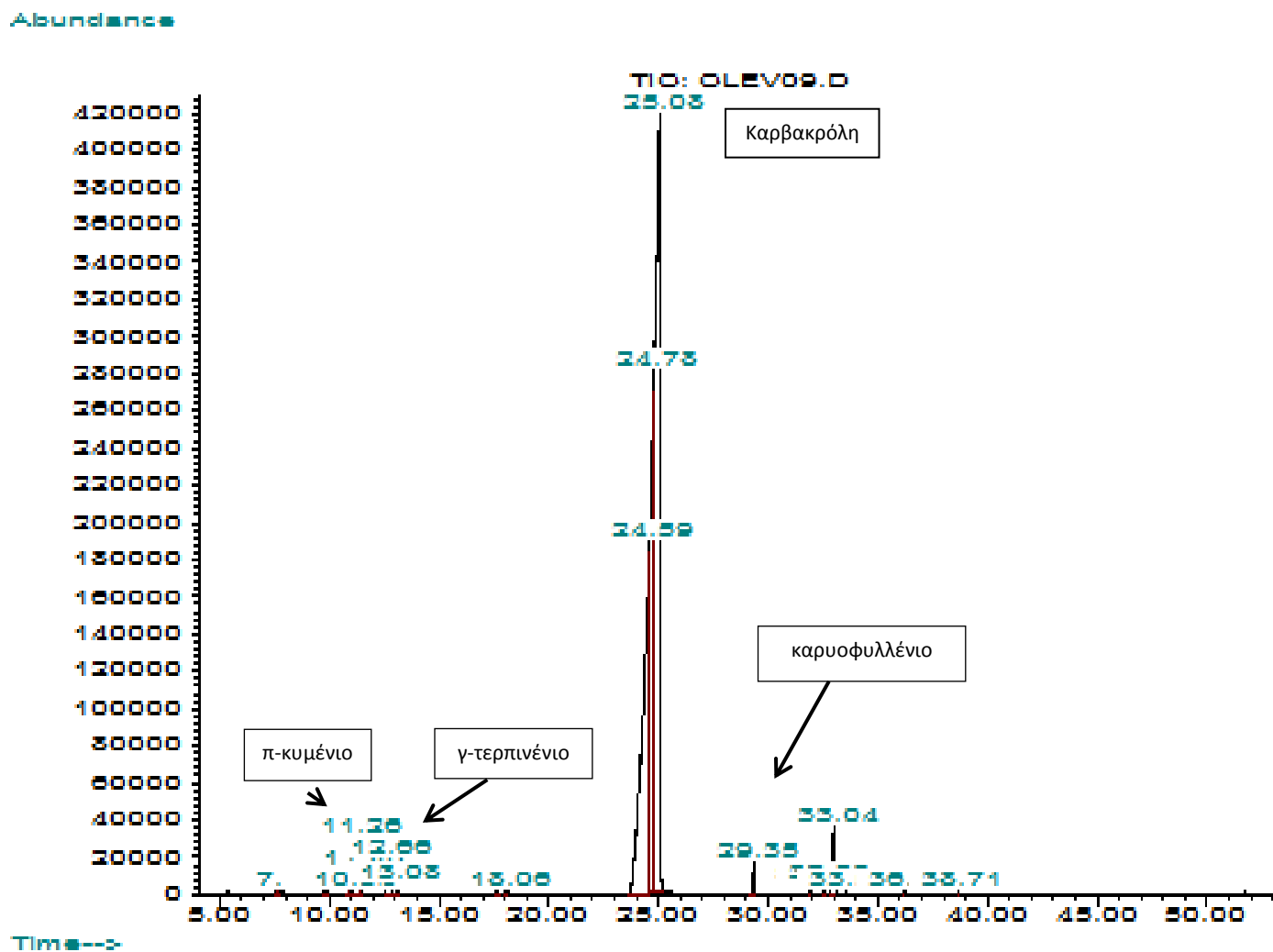
Origanumhirtum –ΞΗΡΟ φυτικό υλικό

Abundance



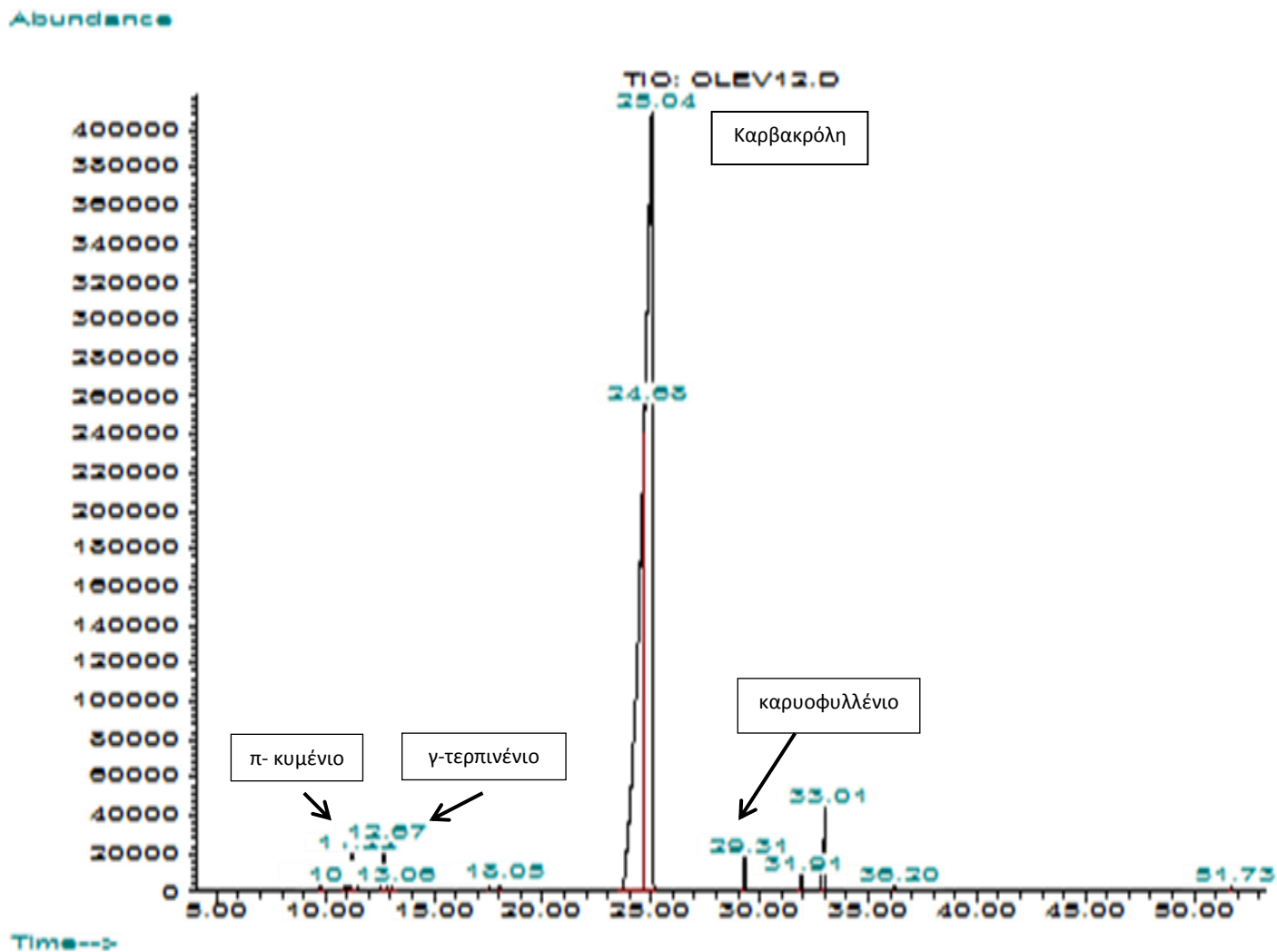
Εικόνα 2. Χρωματογράφημα του αιθέριου ελαίου της *Origanumhirtum* με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με ξηρό φυτικό υλικό.

Origanum onites–ΝΩΠΙΟ φυτικό υλικό



Εικόνα3. Χρωματογράφημα του αιθέριου ελαίου της *Origanum onites* με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με νερό φυτικό υλικό.

Origanum onites–ΞΗΡΟ φυτικό υλικό

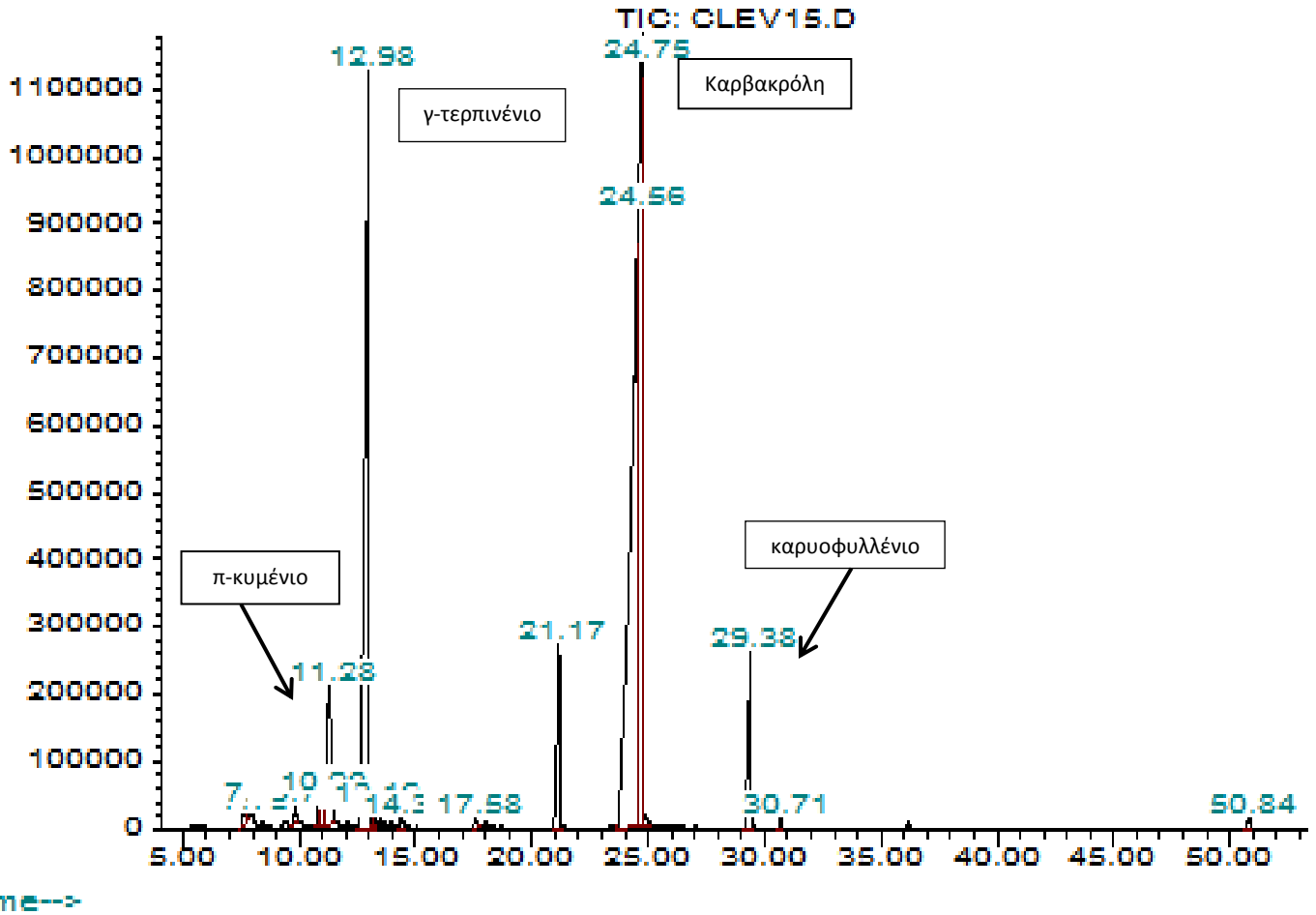


Εικόνα 4.. Χρωματογράφημα του αιθέριου ελαίου της *Origanum onites* με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με ξηρό φυτικό υλικό.



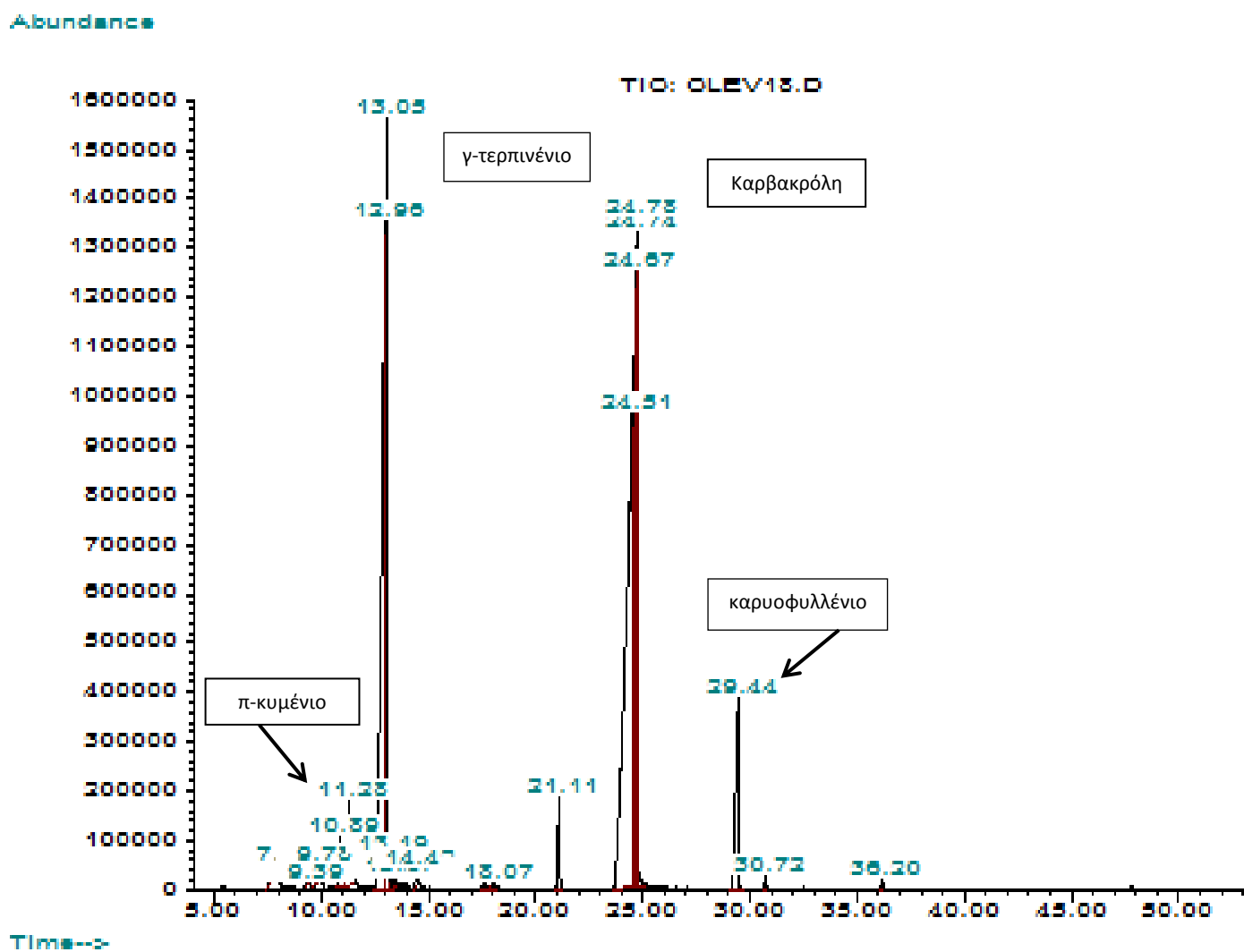
*Satureja thymbra*- ΝΩΠΟ φυτικό υλικό

Abundance



Εικόνα 5. Χρωματογράφημα του αιθέριου ελαίου του *Satureja thymbra* με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με νερό φυτικό υλικό.

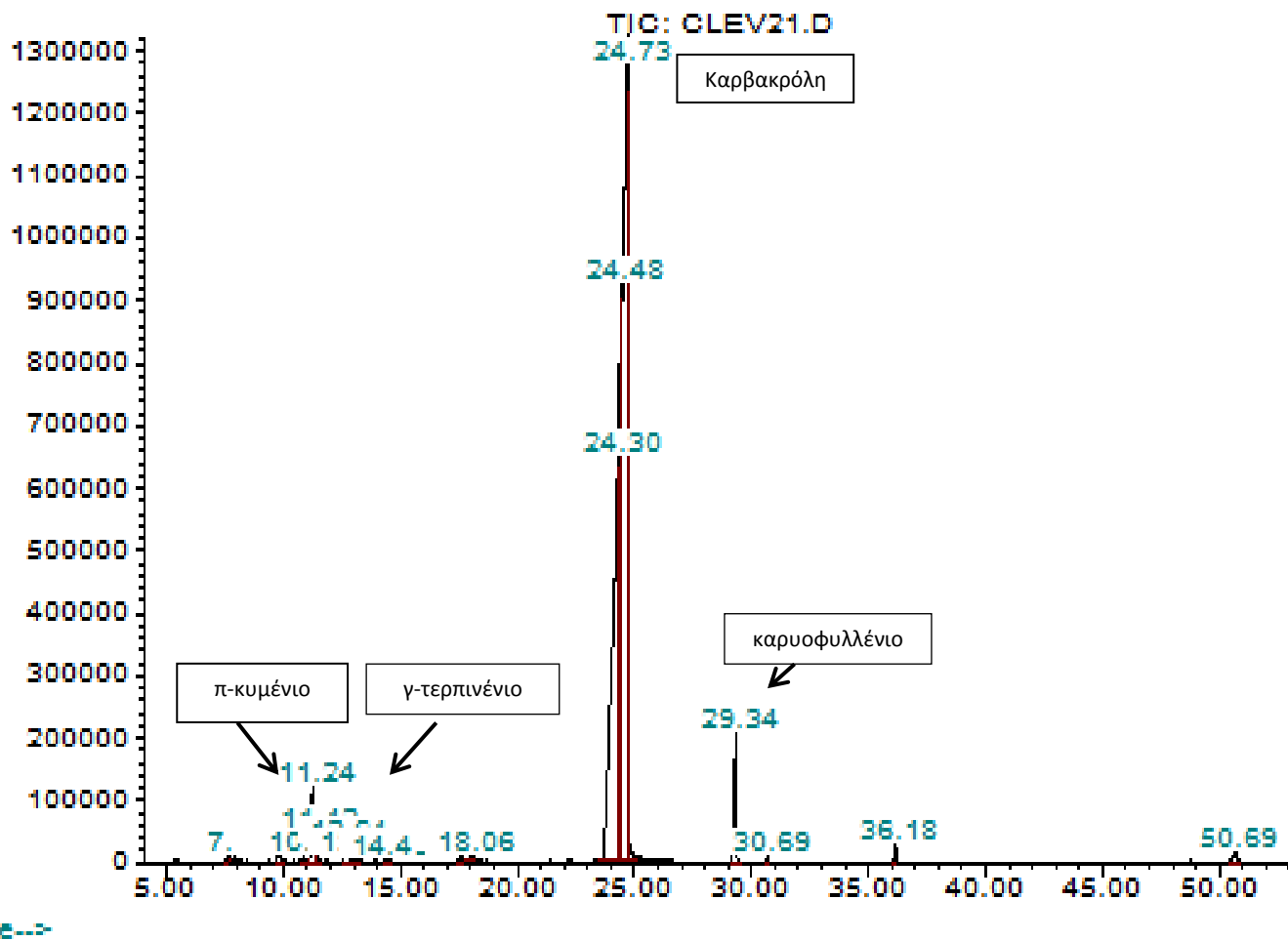
*Satureja thymbra*- ΞΗΡΟ φυτικό υλικό



Εικόνα 6. Χρωματογράφημα του αιθέριου ελαίου του *Satureja thymbra* με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με ξηρό φυτικό υλικό.

Coridothymuscapitatus- ΝΩΠΟ φυτικό υλικό

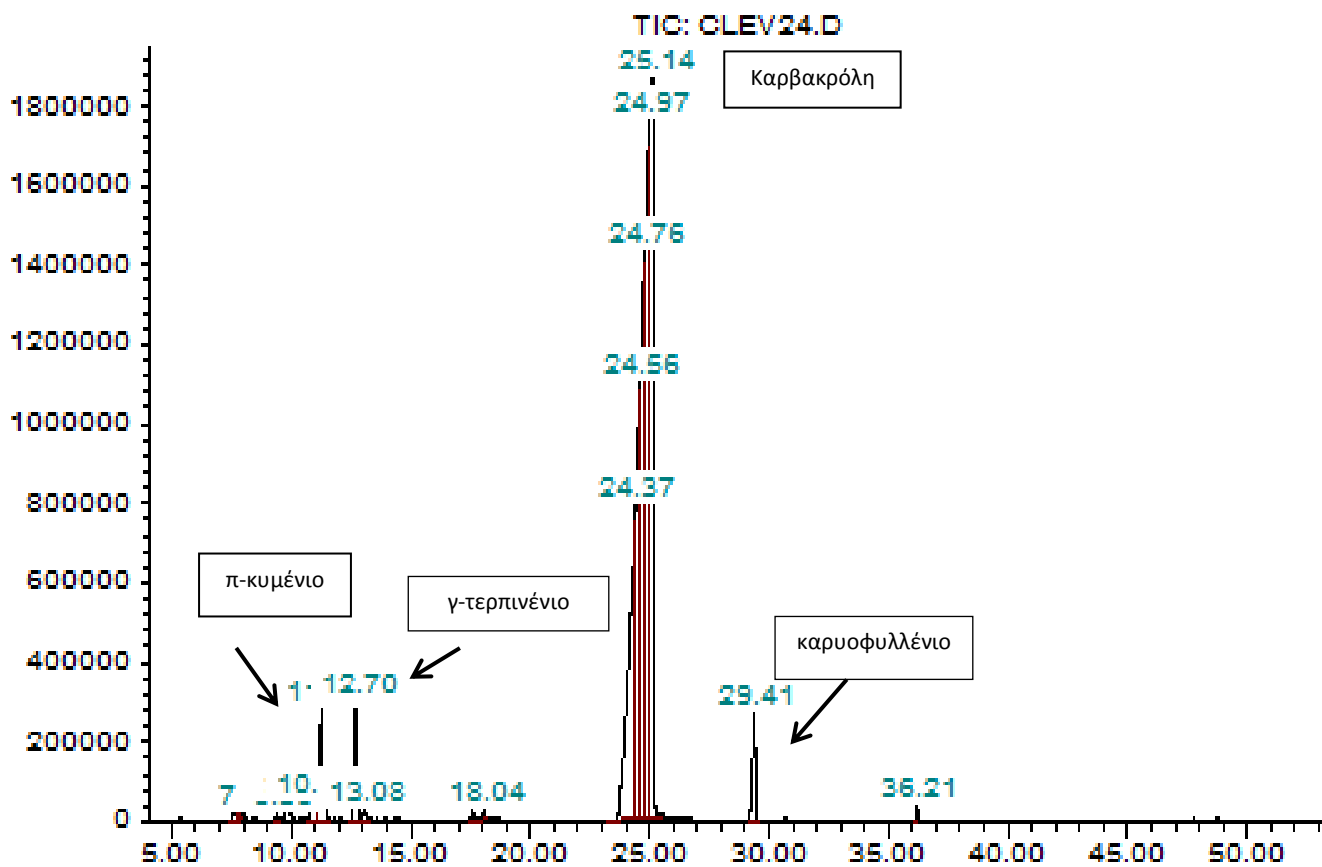
Abundance



**Εικόνα 7.** Χρωματογράφημα του αιθέριου ελαίου του *Coridothymus capitatus* με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με νοπό φυτικό υλικό.

Coridothymuscapitatus- ΞΗΡΟ φυτικό υλικό

Abundance

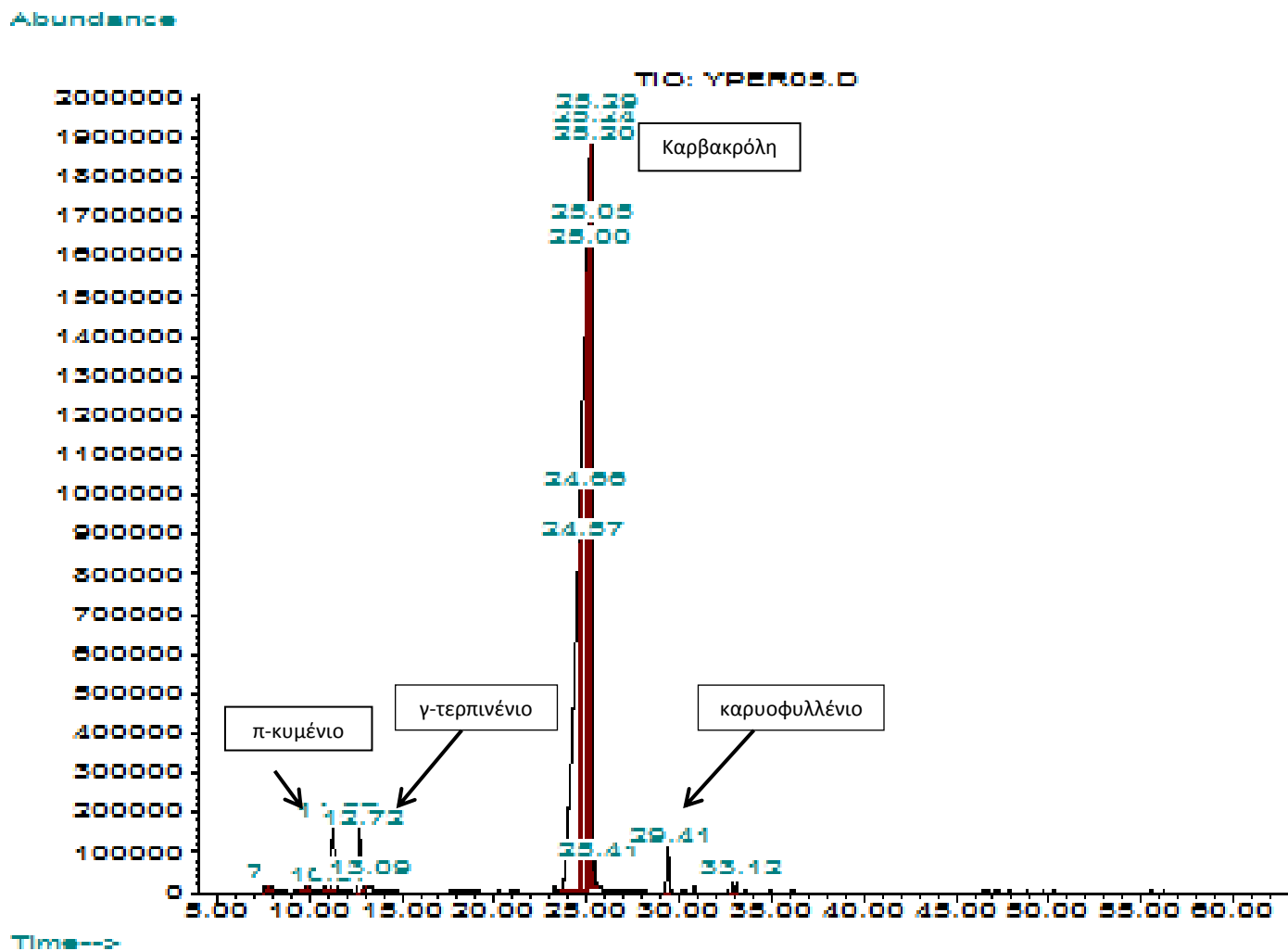


Time-->

Εικόνα 8. Χρωματογράφημα του αιθέριου ελαίου του *Coridothymus capitatus* με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με ξηρό φυτικό υλικό.

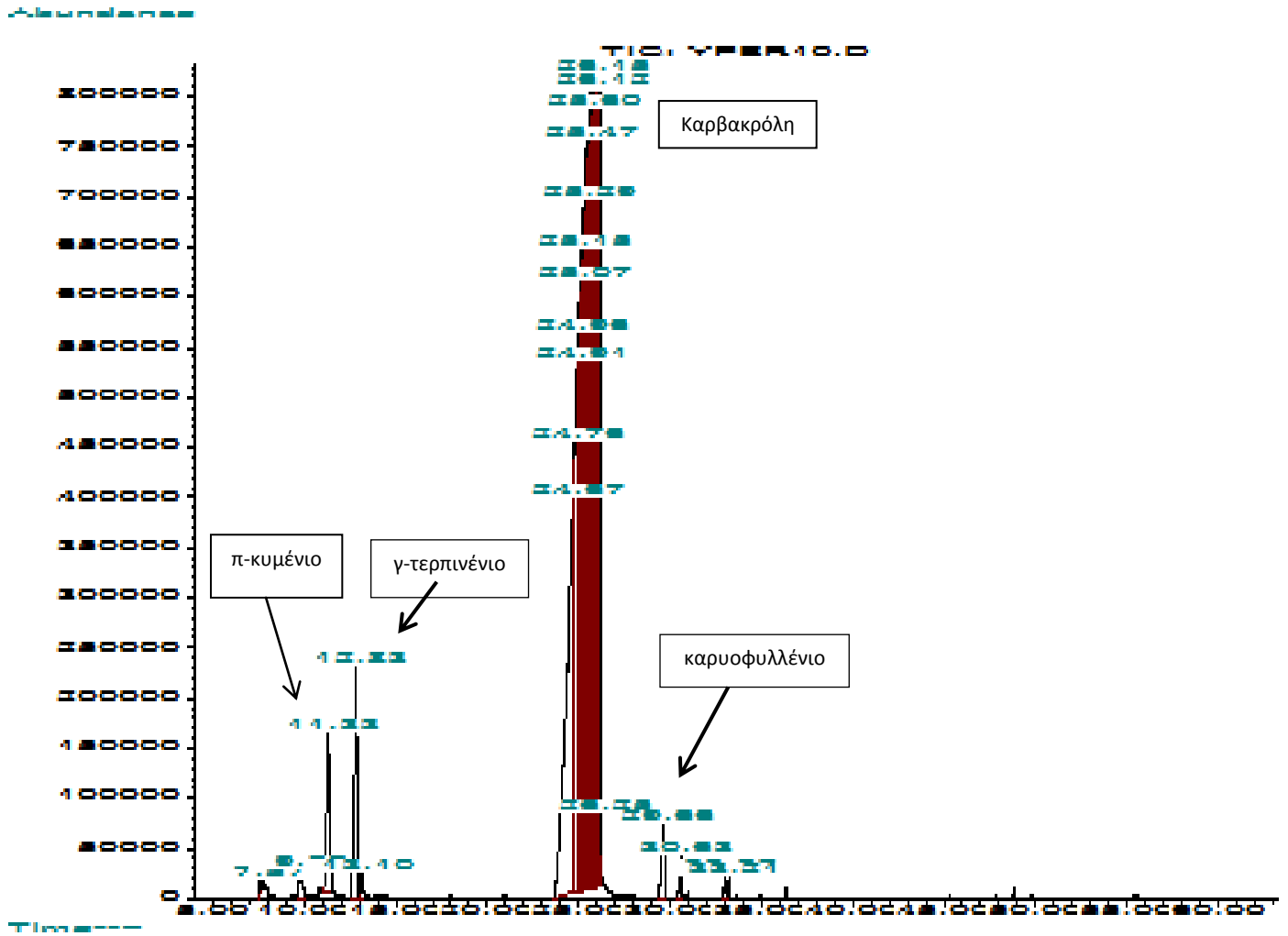
## 2) Μέθοδος των υπερήχων

### *Origanumhirtum* –ΝΩΠΟ φυτικό υλικό



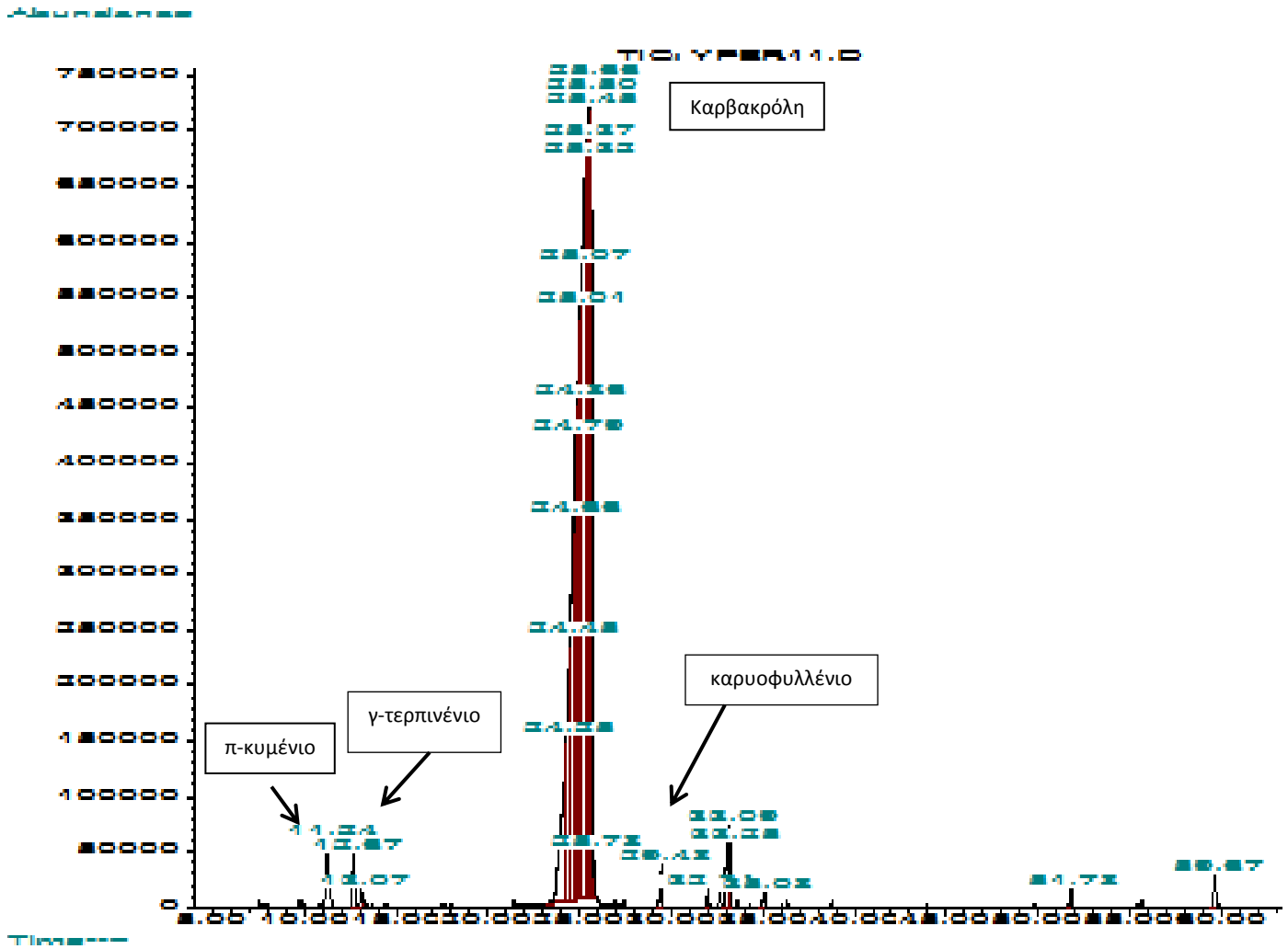
Εικόνα 9. Χρωματογραφία του αιθέριου ελαίου της *Origanumhirtum* με τη μέθοδο των υπερήχων με νερό φυτικό υλικό.

*Origanumhirtum* –ΞΗΡΟ φυτικό υλικό



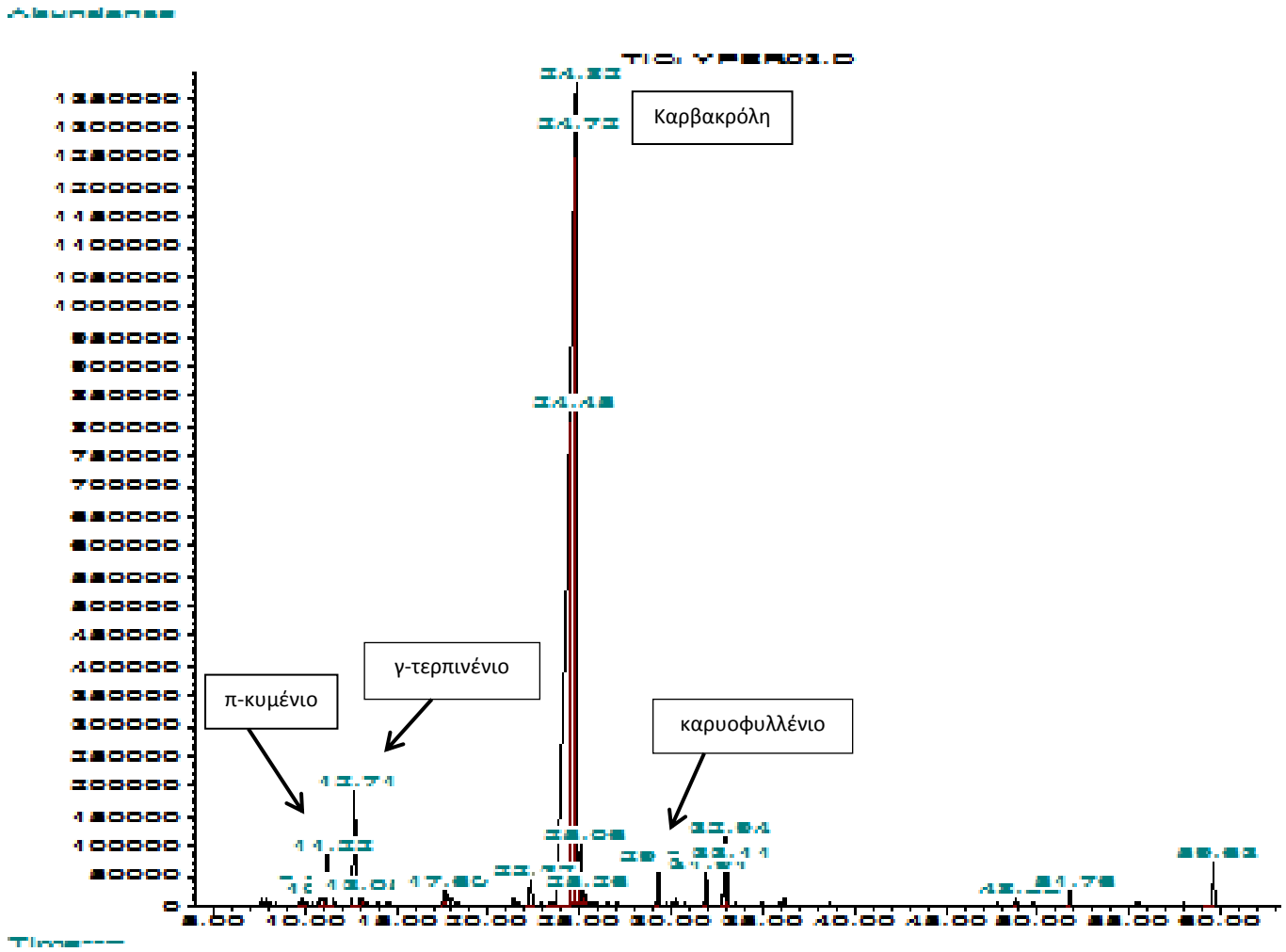
Εικόνα 10. Χρωματογραφία του αιθέριου ελαίου της *Origanumhirtum* με τη μέθοδο των υπερήχων με ξηρό φυτικό υλικό.

Origanumites–ΝΩΠΟ φυτικό υλικό



Εικόνα 11. Χρωματογραφία του αιθέριου ελαίου της *Origanumites* με τη μέθοδο των υπερήχων με νερό φυτικό υλικό.

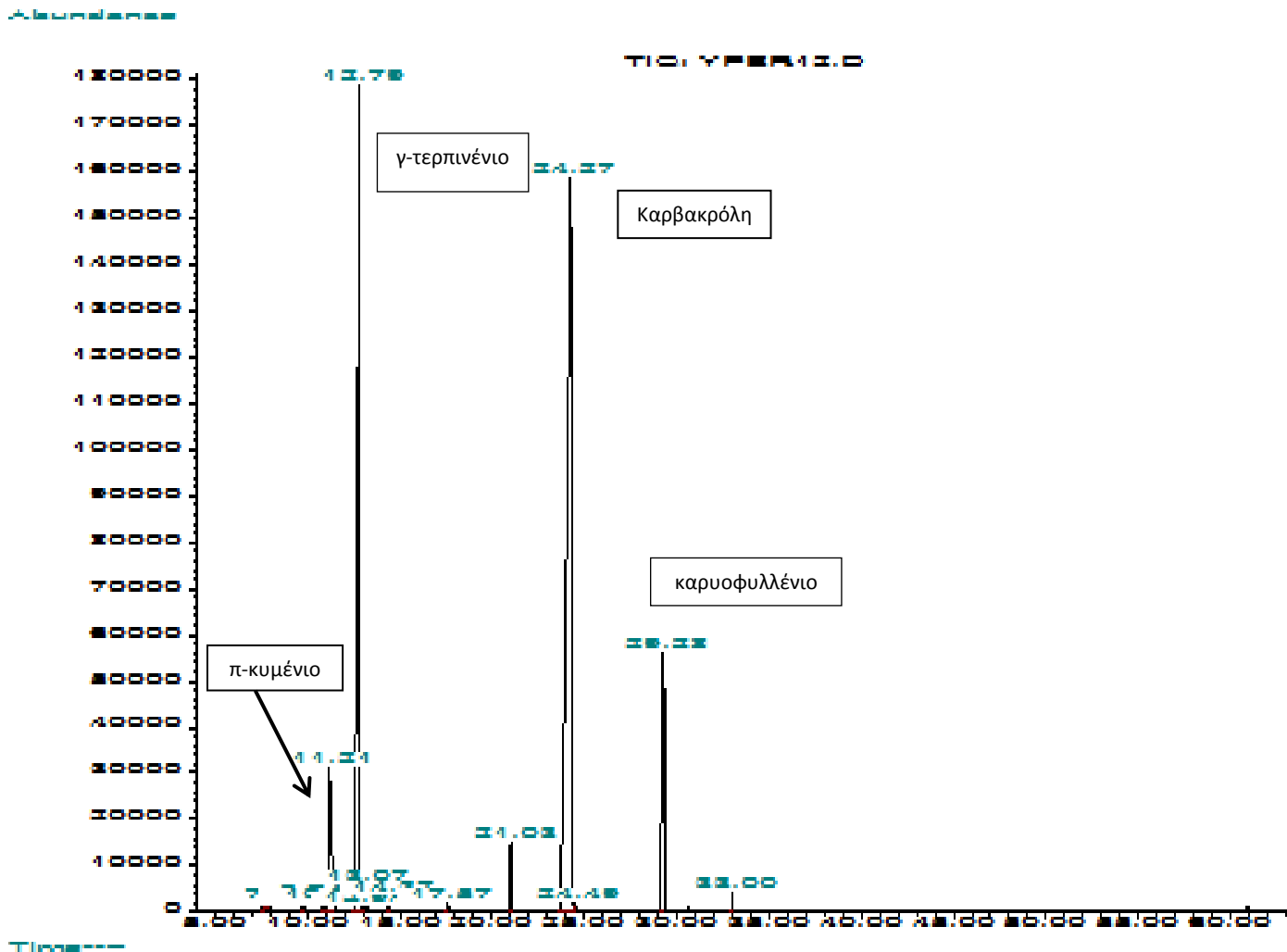
*Origanum onites*—ΞΗΡΟ φυτικό υλικό



Εικόνα 12. Χρωματογραφία του αιθέριου ελαίου της *Origanum onites* με τη μέθοδο των υπερήχων με ξηρό φυτικό υλικό.

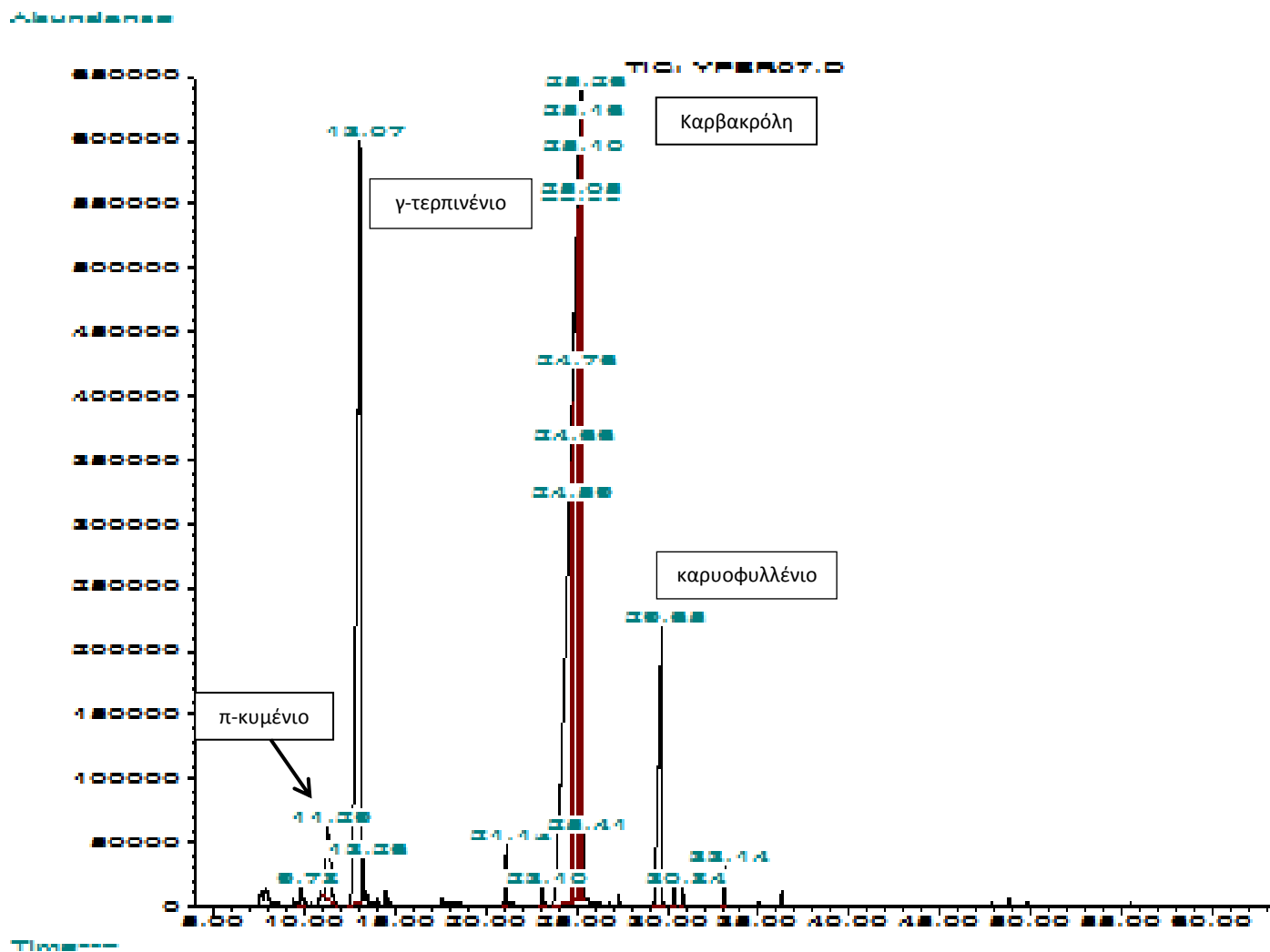


*Saturejathymbra*- ΝΩΠΟ φυτικό υλικό



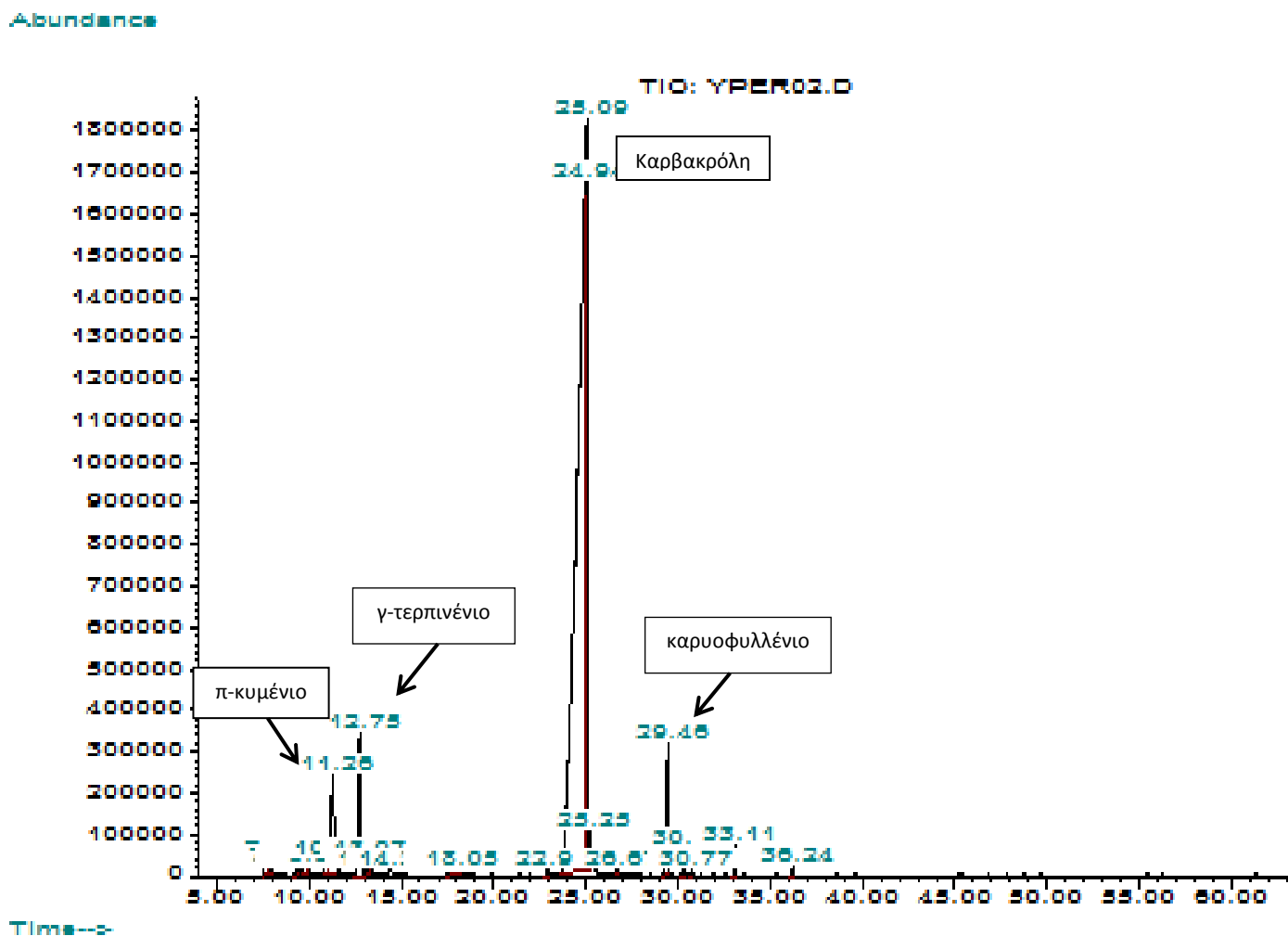
Εικόνα 13. Χρωματογραφία του αιθέριου ελαίου της *Saturejathymbra* με τη μέθοδο των υπερήχων με νωπό φυτικό υλικό.

*Saturejathymbra*- ΞΗΡΟ φυτικό υλικό



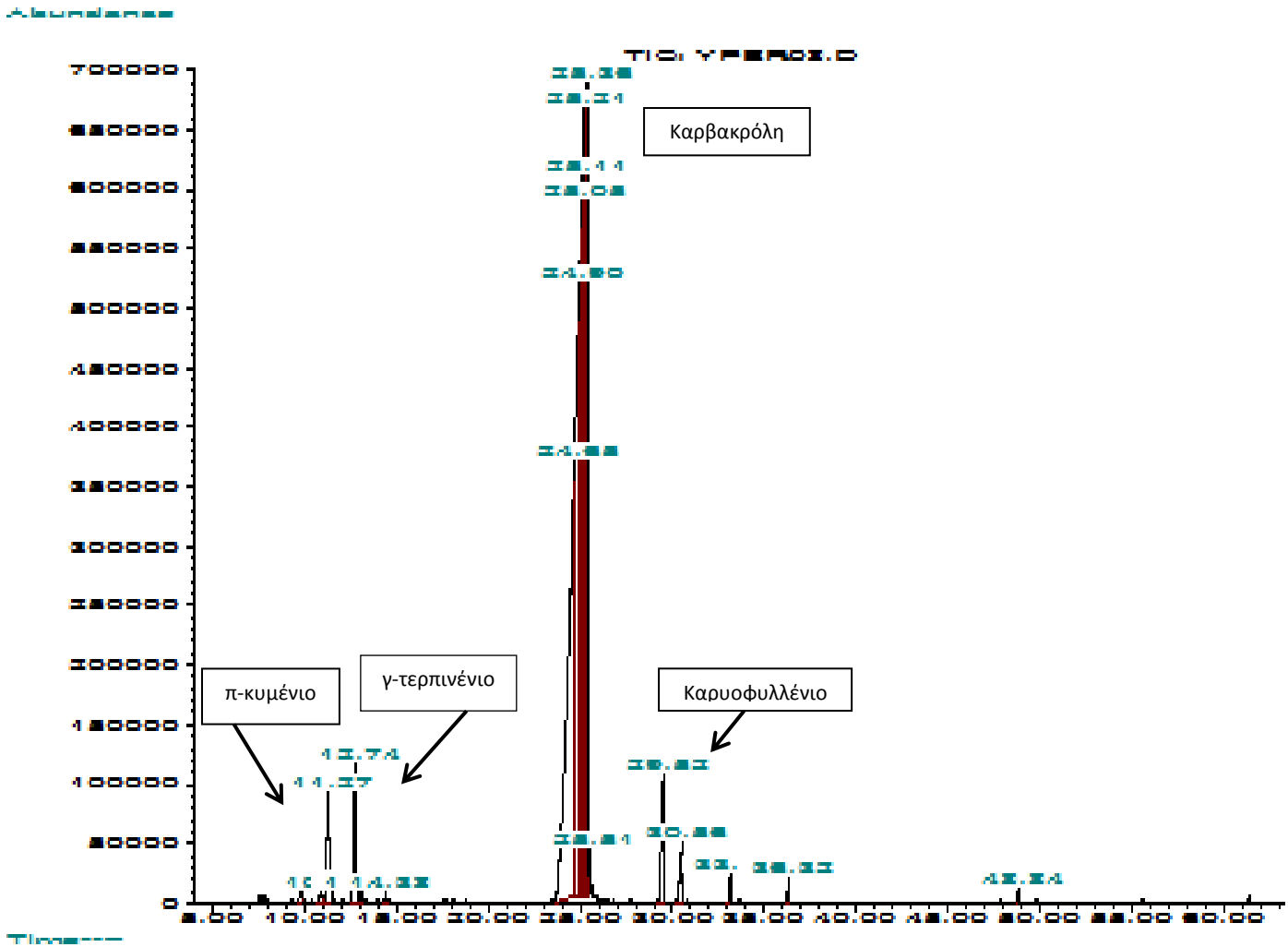
Εικόνα 14. Χρωματογραφία του αιθέριου ελαίου της *Saturejathymbra* με τη μέθοδο των υπερήχων με ξηρό φυτικό υλικό.

Coridothymuscapitatus- ΝΩΠΟ φυτικό υλικό



Εικόνα 15. Χρωματογραφία του αιθέριου ελαίου της *Coridothymuscapitatus* με τη μέθοδο των υπερήχων με νοπό φυτικό υλικό.

*Coridothymuscapitatus*- ΞΗΡΟ φυτικό υλικό



Εικόνα 16. Χρωματογραφία του αιθέριου ελαίου της *Coridothymuscapitatus* με τη μέθοδο των υπερήχων με ξηρό φυτικό υλικό.

**Πίνακας Π1.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου της *Origanumhirtum* νεπού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο.

*Origanum hirtum*ΝΩΠΟ υδροαπόσταξη

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	7.73	0.45	Θουγιένιο
2	9.82	0.29	β- μυρκένιο
3	10.87	0.28	α- Τερπινένιο
4	11.24	3.21	π-κυμένιο
5	12.70	2.72	γ-Τερπινένιο
6	13.08	0.18	Τερπινολένιο
7	24.82	92.49	καρβακρόλη
8	29.31	0.38	Καρυοφυλλένιο
9	32.90	0.34	α-Καρυοφυλλένιο

**Πίνακας Π2.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου της *Origanumhirtum* ξηρού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο.

*Origanum hirtum*ΞΗΡΟ υδροαπόσταξη

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	7.68	0.41	Θουγιένιο
2	9.80	0.39	β- μυρκένιο
3	10.90	0.41	α-Τερπινένιο
4	11.25	2.93	π-κυμένιο
5	12.69	3.43	γ- τερπινένιο
6	13.07	0.11	Τερπινολένιο
7	24.72	91.81	καρβακρόλη
8	29.29	0.61	Καρυοφυλλένιο
9	32.85	0.08	α-Καρυοφυλλένιο

**Πίνακας Π3.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου της *Origanumhirtum* νεπού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο των υπερήχων. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο.

*Origanum hirtum*ΝΩΠΟυπέρηχοι.

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	7.75	0.58	Θουγιένιο
2	9.84	0.50	β- μυρκένιο
3	10.87	0.15	α-Τερπινένιο
4	11.27	2.38	π-κυμένιο
5	12.72	1.71	γ- τερπινένιο
6	13.09	0.18	Τερπινολένιο
7	25.05	93.32	καρβακρόλη
8	29.41	0.88	καρυοφυλλένιο
9	32.91	0.15	β-Μπισαμπολένιο
10	33.12	0.16	ΒΗΤ

**Πίνακας Π4.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου της *Origanumhirtum* ξηρού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο των υπερήχων. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο.

*Origanum hirtum*ΞΗΡΟυπέρηχοι.

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	9.80	0.47	β- μυρκένιο
2	11.33	2.33	π-κυμένιο
3	12.84	2.60	γ- τερπινένιο
4	13.10	0.26	Τερπινολένιο
5	25.54	92.47	καρβακρόλη
6	29.66	0.98	καρυοφυλλένιο
7	30.63	0.49	α-καρυοφυλλένιο
8	33.02	0.19	β-Μπισαμπολένιο
9	33.20	0.13	ΒΗΤ

**Πίνακας Π5.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου της *Origanum onites* νεπού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Origanum onites* ΝΩΠΟ υδροαπόσταξη

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	9.80	0.18	β- μυρκένιο
2	11.30	2.47	π- κυμένιο
3	12.66	1.20	γ- τερπινένιο
4	13.07	0.22	Τερπινολένιο
5	18.06	0.10	Τερπινεν-4-όλη
6	24.86	93.12	καρβακρόλη
7	29.32	0.58	καρυοφυλλένιο
8	31.92	0.18	α-καρυοφυλλένιο
9	32.93	1.96	α- μπισαμπολένιο(Z)
10	36.24	0.06	Οξείδιο καρυοφυλλενίου

**Πίνακας Π6.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου της *Origanum onites* ξηρού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Origanum onites* ΞΗΡΟ υδροαπόσταξη

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	9.76	0.16	β- μυρκένιο
2	10.87	0.21	α-Τερπινένιο
3	11.23	1.67	π- κυμένιο
4	12.67	1.76	γ- τερπινένιο
5	13.07	0.15	Τερπινολένιο
6	17.59	0.11	Βορνεόλη
7	18.06	0.15	Τερπινεν-4-όλη
8	24.79	92.86	καρβακρόλη
9	29.32	0.68	καρυοφυλλένιο
10	31.92	0.30	α-καρυοφυλλένιο
11	33.01	1.86	α- μπισαμπολένιο(Z)
12	36.21	0.09	Οξείδιο καρυοφυλλενίου

**Πίνακας Π7.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου της *Origanum onites* νωπού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο των υπερήχων. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Origanum onites* ΝΩΠΟ υπέρηχοι

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	11.24	1.56	π- κυμένιο
2	12.67	1.01	γ- τερπινένιο
3	13.07	0.29	Τερπινολένιο
4	25.13	93.05	καρβακρόλη
5	29.48	0.71	καρνοφυλλένιο
6	32.01	0.25	α-καρνοφυλλένιο
7	33.09	1.57	β- μπισαμπολένιο
8	33.25	0.62	BHT
9	36.20	0.22	Οξείδιο καρνοφυλλενίου

**Πίνακας Π8.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου της *Origanum onites* ξηρού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο των υπερήχων. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Origanum onites* ΞΗΡΟ υπέρηχοι

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	9.78	0.59	β- μυρκένιο
2	10.87	0.27	α-Τερπινένιο
3	11.22	2.38	π- κυμένιο
4	12.71	3.69	γ- τερπινένιο
5	13.04	0.25	Τερπινολένιο
6	17.60	0.39	Βορνεόλη
7	22.33	0.82	Θυμοκινόνη
8	24.86	86.45	καρβακρόλη
9	29.29	0.81	καρνοφυλλένιο
10	31.91	0.65	α-καρνοφυλλένιο
11	32.94	1.51	β- μπισαμπολένιο
12	33.11	0.69	BHT



**Πίνακας Π9.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου του *Saturejathymbranωπού* φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Satureja thymbra* ΝΩΠΟ υδροαπόσταξη

κορυφή	χρόνος έκλυσης	% του συνόλου	ένωση
1	7.75	1.02	Θουγιένιο
2	9.80	0.46	β-Μυρκένιο
3	10.90	1.28	α-Τερπινένιο
4	11.28	5.31	π-Κυμένιο
5	13.01	26.12	γ-Τερπινένιο
6	13.25	0.31	Τερπινολένιο
7	14.39	0.24	Λιναλοόλη
8	17.58	0.24	Βορνεόλη
9	21.13	2.93	καρβακρόλη methyl ether
10	24.64	57.15	καρβακρόλη
11	29.40	4.58	Καρυοφυλλένιο
12	30.71	0.19	α-Καρυοφυλλένιο
13	36.19	0.16	Οξείδιο καρυοφυλλενίου

**Πίνακας Π10.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου του *Saturejathymbra* ξηρού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Saturejathymbra* ΞΗΡΟ υδροαπόσταξη

κορυφή	χρόνος έκλυσης	% του συνόλου	ένωση
1	7.73	0.95	Θουγιένιο
2	9.64	0.51	β-Μυρκένιο
3	10.89	1.70	α-Τερπινένιο
4	11.27	4.09	π-Κυμένιο
5	13.12	30.60	γ-Τερπινένιο
6	13.47	0.24	Τερπινολένιο
7	14.42	0.35	Λιναλοόλη
8	17.58	0.17	Βορνεόλη
9	18.06	0.15	Τερπινεν-4-όλη
10	21.07	1.02	καρβακρόλη methyl ether
11	24.62	54.72	καρβακρόλη
12	29.44	5.23	Καρυοφυλλένιο

13	30.72	0.20	α-Καρυοφυλλένιο
14	36.20	0.25	Οξείδιο καρυοφυλλενίου

**Πίνακας Π11.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου του *Saturejathymbran*ωπού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο των υπερήχων. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Satureja thymbra* ΝΩΠΟ υπέρηχοι

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	7.68	0.52	Θουγιένιο
2	9.80	0.39	β-Μυρκένιο
3	10.83	0.41	α-Τερπινένιο
4	11.21	7.70	π-Κυμένιο
5	12.87	29.17	γ-Τερπινένιο
6	13.07	0.74	Τερπινολένιο
7	14.37	0.41	Λιναλοόλη
8	17.57	0.26	Βορνεόλη
9	21.03	1.68	καρβακρόλη methyl ether
10	24.38	50.79	καρβακρόλη
11	29.28	7.56	Καρυοφυλλένιο
12	32.99	0.36	BHT

**Πίνακας Π12.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου του *Saturejathymbra*ξηρού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο των υπερήχων. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Saturejathymbra* ΞΗΡΟ υπέρηχοι

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	9.78	0.43	β-Μυρκένιο
2	11.29	2.25	π-Κυμένιο
3	13.07	21.95	γ-Τερπινένιο
4	13.25	0.25	Τερπινολένιο
5	21.13	0.94	καρβακρόλη methyl ether
6	23.10	0.33	Προπ. εστέρας λιναλοόλης
7	25.02	66.58	καρβακρόλη
8	29.66	6.45	Καρυοφυλλένιο
9	30.37	0.23	α-καρυοφυλλένιο
10	30.84	0.18	α- μπισαμπολένιο(Z)

11

33.15

0.41

BHT

**Πίνακας Π13.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου του *Coridothymus capitatus* νεοπού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Coridothymus capitatus* ΝΩΠΟ υδροαπόσταξη

κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	7.72	0.20	Θουγιένιο
2	9.37	0.21	1-Οκτεν-3-όλη
3	9.81	0.45	β-Μυρκένιο
4	10.88	0.18	α-Τερπινένιο
5	11.29	3.53	π-Κυμένιο
6	12.64	0.88	γ-Τερπινένιο
7	13.06	0.20	Τερπινολένιο
8	14.40	0.17	Λιναλοόλη
9	17.57	0.29	Βορνεόλη
10	18.06	0.26	Τερπινεν-4-όλη
11	24.76	90.15	καρβακρόλη
12	29.38	3.08	Καρυοφυλλένιο
13	30.71	0.11	α-Καρυοφυλλένιο
14	36.21	0.34	Οξείδιο καρυοφυλλενίου

**Πίνακας Π14.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου του *Coridothymuscapitatus*ξηρού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Coridothymuscapitatus* ΞΗΡΟ υδροαπόσταξη

κορυφή	χρόνος έκλυσης	% του συνόλου	ένωση
1	7.75	0.51	Θουγιένιο
2	9.38	0.16	1-Οκτεν-3-όλη
3	9.77	0.55	β-Μυρκενίο
4	10.85	0.61	α-Τερπινένιο
5	11.27	3.88	π-Κυμένιο
6	12.71	3.07	γ-Τερπινένιο
7	13.06	0.20	Τερπινολένιο
8	14.38	0.15	Λιναλοόλη
9	17.57	0.22	Βορνεόλη
10	18.04	0.19	Τερπινεν-4-όλη
11	24.80	88.14	καρβακρόλη
12	29.39	2.16	Καρυοφυλλένιο
13	36.22	0.26	Οξειδίο καρυοφυλλενίου

**Πίνακας Π15.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου του *Coridothymuscapitatus*νωπού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο των υπερήχων. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

*Coridothymus capitatus*ΝΩΠΙΟ υπέρηχοι

κορυφή	χρόνος έκλυσης	% του συνόλου	ένωση
1	7.73	0.75	Θουγιένιο
2	9.65	0.56	β-Μυρκενίο
3	10.90	0.50	α-Τερπινένιο
4	11.27	3.79	π-Κυμένιο
5	12.75	4.04	γ-Τερπινένιο
6	13.19	0.42	Τερπινολένιο
7	14.39	0.15	Λιναλοόλη
8	17.57	0.06	Βορνεόλη
9	18.04	0.09	Τερπινεν-4-όλη

10	22.90	0.16	Θυμοκινόνη
11	25.09	84.81	καρβακρόλη
12	26.67	0.08	Ευγενόλη
13	29.46	3.32	Καρυοφυλλένιο
14	30.35	0.58	2-(2 methoxyphenyl) propan-2-ol
15	30.77	0.09	α-Καρυοφυλλένιο
16	33.11	0.48	BHT
17	36.24	0.13	Οξείδιο καρυοφυλλενίου

**Πίνακας Π16.** Χημική σύσταση αιθερίου ελαίου του *Coridothymuscapitatus* ξηρού φυτικού υλικού όπως παραλήφθηκε με τη μέθοδο των υπερήχων. Οι τιμές εκφράζουν το % ποσοστό των συστατικών στο αιθέριο έλαιο

<i>Coridothymuscapitatus</i> ΞΗΡΟ υπέρηχοι			
κορυφή	χρόνος έκλουσης	% του συνόλου	ένωση
1	9.76	0.27	β-Μυρκένιο
2	10.86	0.21	α-Τερπινένιο
3	11.27	2.85	π-Κυμένιο
4	12.74	2.79	γ-Τερπινένιο
5	13.07	0.15	Τερπινολένιο
6	14.38	0.16	Λιναλοόλη
7	25.14	88.62	καρβακρόλη
8	29.52	2.68	Καρυοφυλλένιο
9	30.56	1.46	α-Καρυοφυλλένιο
10	33.15	0.33	BHT
11	36.32	0.32	Οξείδιο καρυοφυλλενίου
12	48.84	0.16	απροσδιόριστη χημ. Ένωση

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΟΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΒΙΟΤΥΠΩΝ

### ΦΥΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ

Πίνακας 1.Αποτελέσματα της ΑΝΟΝΑ, για τον αριθμό των βλαστών των βιοτύπων και των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Β.Ε.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
Μεταξύ των ομάδων	9591.63	7	1370.23	2.67**	0.0490
Μέσα στις ομάδες	8204.0	16	512.75		
Σύνολο (Διορθ.)	17795.6	23			

Πίνακας 2.Αποτελέσματα της ΑΝΟΝΑ, για τον αριθμό των ταξιανθιών των βιοτύπων και των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Β.Ε.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
Μεταξύ των ομάδων	63978.8	7	9139.83	31.23***	0.0000
Μέσα στις ομάδες	4682.98	16	292.686		
Σύνολο (Διορθ.)	68661.8	23			

Πίνακας 3.Αποτελέσματα της ΑΝΟΝΑ, για τον αριθμό των φύλλων των βιοτύπων και των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Β.Ε.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
Μεταξύ των ομάδων	6851.66	7	978.808	6.40***	0.0011
Μέσα στις ομάδες	2447.44	16	152.965		
Σύνολο (Διορθ.)	9299.1	23			

**Πίνακας 4.** Αποτελέσματα της ANOVA, για το μήκος των ταξιανθιών των βιοτύπων και των τεσσάρων ειδών των ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
Μεταξύ των ομάδων	537.938	7	76.8482	86.27***	0.0000
Μέσα στις ομάδες	14.2529	16	0.890804		
Σύνολο (Διορθ.)	552.19	23			

**Πίνακας 5.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το μέσο σταθμισμένο ρυθμό αύξησης του ύψους (WMGR) των ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	0.115425	3	0.038475	2.33ns	0.1741
Επανάληψη	0.06245	2	0.031225	1.89ns	0.2310
Υπόλοιπο	0.09915	6	0.016525		
Σύνολο (διορθωμένο)	0.277025	11			

**Πίνακας 6.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το μέγιστο απόλυτο ρυθμό αύξησης του ύψους (AGR) των ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	0.436158	3	0.145386	2.53ns	0.1536
Επανάληψη	0.225617	2	0.112808	1.96ns	0.2208
Υπόλοιπο	0.344717	6	0.0574528		
Σύνολο (διορθωμένο)	1.00649	11			

**Πίνακας 7.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το μέγιστο ύψους (A) των ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	988.106	3	329.369	7.00*	0.0219
Επανάληψη	259.806	2	129.903	2.76ns	0.1411

Υπόλοιπο	582.178	6	47.0297		
Σύνολο (διορθωμένο)	1530.09	11			

**Πίνακας 8.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το μέσο σταθμισμένο ρυθμό επιμήκυνσης των βλαστών (WMGR) των ΑΦΦ για κάθε είδος ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	0.186413	3	0.0621376	39.00***	0.0002
Επανάληψη	0.009312	2	0.00465593	2.92ns	0.1300
Υπόλοιπο	0.00956	6	0.0015932		
Σύνολο (διορθωμένο)	0.205284	11			

**Πίνακας 9.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το μέγιστο απόλυτο ρυθμό (AGR) επιμήκυνσης των βλαστών των ΑΦΦ για κάθε είδος ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	0.699	3	0.2330	39.29***	0.0002
Επανάληψη	0.0347	2	0.01738	2.93ns	0.1294
Υπόλοιπο	0.0355	6	0.05931		
Σύνολο (διορθωμένο)	0.769	11			

**Πίνακας 10.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το μέγιστο μήκος των βλαστών (A) των ΑΦΦ για κάθε είδος ΑΦΦ.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	1509.03	3	503.01	12.96**	0.0050
Επανάληψη	24.9649	2	12.4825	0.32ns	0.7368
Υπόλοιπο	232.887	6	38.8145		
Σύνολο (διορθωμένο)	1766.88	11			



**Πίνακας 11.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για την ποσοστιαία περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία στους βλαστούς των ΑΦΦ ανάλογα με τη μεταχείριση της ξήρανσης που υπέστη το φυτικό υλικό.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	18.4227	2	9.21134	0.27ns	0.7684
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ	5152.23	7	736.033	21.24***	0.0000
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	48.0966	1	48.0966	1.39ns	0.2481
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	159.461	7	22.7801	0.66ns	0.7057
Υπόλοιπο	1039.78	30	34.6592		
Σύνολο (διορθωμένο)	6417.99	47			

**Πίνακας 12.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το ξηρό βάρος των βλαστών των ΑΦΦ για την φυσική ξήρανση και για τη ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες που υπέστη το φυτικό υλικό.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	0.868379	2	0.43419	1.65ns	0.2082
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ	16.2038	7	2.31483	8.82***	0.0000
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	0.104533	1	0.104533	0.40ns	0.5328
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	1.3892	7	0.198457	0.76ns	0.6276
Υπόλοιπο	7.87409	30	0.26247		
Σύνολο (διορθωμένο)	26.44	47			

**Πίνακας 13.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για την ποσοστιαία περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία στις ταξιανθίες των ΑΦΦ ανάλογα με τη μεταχείριση της ξήρανσης που υπέστη το φυτικό υλικό.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	500.007	2	250.004	2.78ns	0.0783
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ	9620.78	7	1374.4	15.26***	0.0000

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	332.804	1	332.804	3.70ns	0.0641
ΕΙΔΟΣ- ΒΙΟΤΥΠΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	439.001	7	62.7145	0.70ns	0.6746
Υπόλοιπο	2701.49	30	90.0497		
Σύνολο (διορθωμένο)	13594.1	47			

**Πίνακας 14.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το ξηρό βάρος των ταξιανθιών των ΑΦΦ για την φυσική ξήρανση και για για τη ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες που υπέστη το φυτικό υλικό.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	5.072	2	2.536	8.37**	0.0013
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ	10.8329	7	1.54756	5.11***	0.0007
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	0.437008	1	0.437008	1.44ns	0.2392
ΕΙΔΟΣ- ΒΙΟΤΥΠΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	1.27833	7	0.182618	0.60ns	0.7488
Υπόλοιπο	9.09033	30	0.303011		
Σύνολο (διορθωμένο)	26.7106	47			

**Πίνακας 15.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για για την ποσοστιαία περιεκτικότητα σε ξηρά ουσιασταφύλλα των ΑΦΦ ανάλογα με τη μεταχείριση της ξήρανσης που υπέστη το φυτικό υλικό.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	136.122	2	68.0611	0.58ns	0.5671
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ	1458.14	7	208.306	1.77ns	0.1306
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	2.38076	1	2.38076	0.02ns	0.8879
ΕΙΔΟΣ- ΒΙΟΤΥΠΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	1596.91	7	228.13	1.94ns	0.0981
Υπόλοιπο	3531.6	30	117.72		
Σύνολο (διορθωμένο)	6725.16	47			

**Πίνακας 16.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το ξηρό βάρος των φύλλων των ΑΦΦ για την φυσική ξήρανση και για τη ξήρανση στους 100°C για 24 ώρες που υπέστη το φυτικό υλικό.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	0.431717	2	0.215858	4.43*	0.0206
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ	3.05803	7	0.436862	8.97***	0.0000
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	0.00385208	1	0.00385208	0.08ns	0.7804
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	0.238731	7	0.0341045	0.70ns	0.6714
Υπόλοιπο	1.46082	30	0.0486939		
Σύνολο (διορθωμένο)	5.19315	47			

**Πίνακας 17.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για το ποσό υγρασίας των προς απόσταξη φυτικών ιστών των ειδών ΑΦΦ ανάλογα με τη μεταχείριση της ξήρανσης που υπέστη το φυτικό υλικό.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	3.06763	2	1.53382	4.39*	0.0330
ΕΙΔΟΣ-ΒΙΟΤΥΠΟΣ	11.1219	3	3.7073	10.62***	0.0007
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	0.20535	1	0.20535	0.59ns	0.4558
ΕΙΔΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	0.106617	3	0.0355389	0.10ns	0.9576
Υπόλοιπο	4.88603	14	0.349002		
Σύνολο (διορθωμένο)	19.3875	23			

## ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

**Πίνακας 18.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για την μέση εκατοστιαία απόδοση σε αιθέριο έλαιο των τεσσάρων ειδών ΑΦΦ ανάλογα με τη μεταχείριση του φυτικού υλικού (νωπό-ξηρό φυτικό υλικό).

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	90.7312	3	30.2437	264.77***	0.0000
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	0.2275	2	0.11375	1.00 ns	0.3941
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	10.8004	1	10.8004	94.55***	0.0000
ΦΥΤΟ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	2.27792	3	0.759306	6.65**	0.0051
Υπόλοιπο	1.59917	14	0.114226		
Σύνολο (διορθωμένο)	105.636	23			

**Πίνακας 19.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για την μέση εκατοστιαία απόδοση σε π- κυμένο των τεσσάρων ειδών ΑΦΦ ανάλογα με τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου (υδροαπόσταξη- υπέρηχοι) αλλά και με τη μεταχείριση του φυτικού υλικού (νωπό-ξηρό φυτικό υλικό).

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E.	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	53.0795	3	17.6932	106.91***	0.0000
ΜΕΘΟΔΟΣ	0.478002	1	0.478002	2.89ns	0.0996
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	0.572079	2	0.28604	1.73ns	0.1948
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	11.4368	1	11.4368	69.11***	0.0000
ΦΥΤΟ*ΜΕΘΟΔΟΣ	1.50821	3	0.502735	3.04*	0.0443
ΜΕΘΟΔΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	2.89592	1	2.89592	17.50***	0.0002
ΦΥΤΟ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	22.5397	3	7.51322	45.40***	0.0000
ΦΥΤΟ*ΜΕΘΟΔΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	14.2931	3	4.76437	28.79***	0.0000
Υπόλοιπο	4.96472	30	0.165491		
Σύνολο (διορθωμένο)	111.768	47			

**Πίνακας 20.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για την μέση εκατοστιαία απόδοση σε γ-τερπινένιο των τεσσάρων ειδών ΑΦΦ ανάλογα με τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου (υδροαπόσταξη- υπέρηχοι) αλλά και με τη μεταχείριση του φυτικού υλικού (νωπό-ξηρό φυτικό υλικό).

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	5563.31	3	1854.44	1527.19***	0.0000
ΜΕΘΟΔΟΣ	7.78435	1	7.78435	6.41*	0.0168
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	1.28362	2	0.641808	0.53ns	0.5948
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	8.325	1	8.325	6.86*	0.0137
ΦΥΤΟ*ΜΕΘΟΔΟΣ	20.9109	3	6.9703	5.74**	0.0032
ΜΕΘΟΔΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	15.9506	1	15.9506	13.14**	0.0011
ΦΥΤΟ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	22.7534	3	7.58448	6.25**	0.0020
ΦΥΤΟ*ΜΕΘΟΔΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	90.076	3	30.0253	24.73***	0.0000
Υπόλοιπο	36.4285	30	1.21428		
Σύνολο (διορθωμένο)	5766.82	47			

**Πίνακας 21.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για την μέση εκατοστιαία απόδοση σε καρβακρόλη των τεσσάρων ειδών ΑΦΦ ανάλογα με τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου (υδροαπόσταξη- υπέρηχοι) αλλά και με τη μεταχείριση του φυτικού υλικού (νωπό-ξηρό φυτικό υλικό).

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	B.E	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	10115.1	3	3371.71	2151.58***	0.0000
ΜΕΘΟΔΟΣ	3.51542	1	3.51542	2.24ns	0.1446
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	0.5094	2	0.2547	0.16ns	0.8507
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	8.59367	1	8.59367	5.48*	0.0260
ΦΥΤΟ*ΜΕΘΟΔΟΣ	69.998	3	23.3327	14.89***	0.0000

ΜΕΘΟΔΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	57.6189	1	57.6189	36.77***	0.0000
ΦΥΤΟ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	164.696	3	54.8987	35.03***	0.0000
ΦΥΤΟ*ΜΕΘΟΔΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	246.992	3	82.3307	52.54***	0.0000
Υπόλοιπο	47.0126	30	1.56709		
Σύνολο (διορθωμένο)	10714.1	47			

**Πίνακας 22.** Πίνακας ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), για την μέση εκατοστιαία απόδοση σε καρυοφυλλένιο των τεσσάρων ειδών ΑΦΦ ανάλογα με τη μέθοδο παραλαβής του αιθέριου ελαίου (υδροαπόσταξη- υπέρηχοι) αλλά και με τη μεταχείριση του φυτικού υλικού (νωπό-ξηρό φυτικό υλικό).

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα τετραγώνων	Β.Ε	Μέσο τετράγωνο	F-Ratio	P-Value
ΦΥΤΟ	221.704	3	73.9014	960.80***	0.0000
ΜΕΘΟΔΟΣ	6.9845	1	6.9845	90.81***	0.0000
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	0.177704	2	0.0888521	1.16ns	0.3286
ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	0.420002	1	0.420002	5.46*	0.0263
ΦΥΤΟ*ΜΕΘΟΔΟΣ	7.33007	3	2.44336	31.77***	0.0000
ΜΕΘΟΔΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	0.482002	1	0.482002	6.27*	0.0180
ΦΥΤΟ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	1.66967	3	0.556558	7.24***	0.0009
ΦΥΤΟ*ΜΕΘΟΔΟΣ*ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	1.92087	3	0.640291	8.32***	0.0004
Υπόλοιπο	2.3075	30	0.0769165		
Σύνολο (διορθωμένο)	242.996	47			

## Ελληνική Βιβλιογραφία

- Ανάσης, Ε. 1978. *Τα φαρμακευτικά βότανα της Ελλάδας*. Εκδόσεις: Μακρή, Αθήνα. 190 σελ.
- Βαρδακάκης, Μ. 1993. *ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΒΟΤΑΝΙΚΗ (ΚΡΥΠΤΟΓΑΜΑ – ΣΠΕΡΜΑΤΟΦΥΤΑ)*. Τόμος 1, 4<sup>η</sup> Έκδοση. Εκδόσεις: Δ.Κ. Σαλονικίδη, Θεσσαλονίκη. 811 σελ.
- Γαλάτης, Β., Δ. Γανωτάκης, Κ. Γκανή-Σπυροπούλου, Γ. Καραμπουρνιώτης, Κ. Κοτζαμπάσης, Ε.Ι. Κωνσταντινίδου, Ι. Μανέτας και Κ. Ρουμπελάκη- Αγγελάκη 2003. *Φυσιολογία φυτών. Από το μόριο στο περιβάλλον*. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο. 708 σελ.
- Γκόλιαρης, Α. 1992. Η καλλιέργεια της ρίγανης. *Γεωργία και ανάπτυξη*2: 39-42.
- Καλύβας, Δ. και Ν. Παπαευσταθίου 1995. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, *Πυρφόρος*20: 26-31.
- Κανέλης, Α. 2005. Ρύθμιση βιοσύνθεσης δευτερογενών μεταβολιτών – Εφαρμογές της μεταβολικής μηχανικής και λειτουργικής γονιδιοματικής στη φαρμακογνωσία. *Εφαρμοσμένη Φαρμακογνωσία II*. Εκδόσεις ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Καραμπουρνιώτης, Γ. 2003. *Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών*. Εκδόσεις: Έμβρυο, Αθήνα. 275 σελ.
- Καράταγλης, Σ. 1994. *Φυσιολογία φυτών*. Εκδόσεις: Art of Text, Θεσσαλονίκη. 472 σελ.
- Καρλής, Δ. 2005, *Πολυμεταβλητή Στατιστική Ανάλυση*, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα. 496 σελ.
- Κατσιώτης, Σ. και Π. Χατζοπούλου 2010. *Αρωματικά φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια*. Εκδόσεις: Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη. 973 σελ.
- Κόλλια-Κουσούρη, Β. 2003. *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Σημειώσεις διδασκαλίας*. Εκδόσεις ΓΠΑ, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Αθήνα.
- Κουτσός, Θ.Β. 2006. *Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη. σελ. 349
- Παπαναγιώτου, Ε., Κ. Παπανικολάου και Σ. Ζαμανίδης 2001. Η καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα, *Γεωργία-Κτηνοτροφία*1: 36-42.
- Πετρόπουλος, Γ., Ι. Ανδρεδάκος και Χ. Φωτόπουλος 1994. Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά ως εναλλακτική προσπάθεια αναδιάρθρωσης των αροτραίων καλλιεργειών. Εις: Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Συνεδρίου «Βελτίωση Φυτών: Συμβολή στην αντιμετώπιση της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και του φάσματος της πείνας». σ: 243-247.
- Πολυσιού, Μ. (επιμέλεια) 2002. *Επενδυτικές δυνατότητες στον τομέα αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα*, Υ.Ε.Ο., Γ.Π.Α., Αθήνα. 218 σελ.
- Πολυσιού, Μ. Γ. και Π.Α. Ταραντίλης 2007. *Συμπληρωματικές σημειώσεις για το μάθημα Ενόργανη Ανάλυση*. Εκδόσεις Γ.Π.Α, Αθήνα. 72 σελ.
- Σαρλής, Γ. 1994. *Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά*. Εκδόσεις: Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.

- Σκρουμπής, Β. Γ. 1985. *Αρωματικά Φυτά και Αιθέρια Έλαια*. Εκδόσεις: OFFSET. Γιαχούδη Ο.Ε., Θεσσαλονίκη. 349 σελ.
- Σκρουμπής, Β. 1998. *Αρωματικά, φαρμακευτικά και μελισσοτροφικά φυτά της Ελλάδας*. Εκδόσεις: Αγροτύπος, Αθήνα. 256 σελ.
- Τσόγκας, Μ. 2005. Προοπτικές προώθησης του κλάδου των Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών στην Ελλάδα. Πρόταση ενός ολοκληρωμένου μοντέλου εφαρμογής. *Γεωργία –Κτηνοτροφία*. **8**: 24-28.
- Υπ.Α.Α.Τ., 2007. Προοπτικές ανάπτυξης τομέα Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (Με βάση προτάσεις & συμπεράσματα Περιφερειακών μελετών νέας ΚΑΠ).
- Χατζή Βάια, 2012. Μελέτη της παραλλακτικότητας αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (*Origanum hirtum*, *Origanum onites*, *Satureja thymbra*, *Coridothymus capitatus*) της νήσου Ικαρίας.

### Ξένη Βιβλιογραφία

- Adams, R.P. 1995. *Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*. Allured Pub. Corp., Illinois.
- Adam, K., Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M., 1998. Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *J. Agr. Food Chem.* **46**, 1739–1745.
- Akhila, A., B.R. Tyagi and A. Naqvi 1987. Variation of essential oil constituents in *C. martinii* Wats var. *motia* at different stages of plant growth. *Ind. Perfumer.* **28**: 126–128.
- Alizadeh, A., M. Kjoskhui, K. Javidnia, O. Firuzi, E. Tafazoli and A. Khalighi 2010. Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (*Lamiaceae*) cultivated in Iran. *J. Med. Plants Res.* **4(1)**: 33-40.
- Aminzadeh, M., F. Amiri, A.E. Abadi, K. Mahdevi and Sh. Fadai 2010. Factors Affecting on Essential Chemical Composition of *Thymus kotschyianus* in Iran. *World Appl. Sci. J.* **8(7)**: 847-856.
- Andersson, I. A., Carlstrom, A., Franzen, R., Karlen, T. and Nybom, H. (1983) A revision of the *Aethionema saxatile* complex (*Brassicaceae*). *Willdenowia* **13**, 3-42.
- AOSA (1981) Rules for testing seeds. *Journal of Seed Technology* **6**, 1-125.
- Arnold, N., B. Bellomaria, G. Valentini and H.J. Arnold 1993. Comparative study of the essential oils from three species of *Origanum* growing wild in the eastern Mediterranean region. *J. Essent. Oil Res.* **5(1)**: 71-77.
- Arrebola, M. L. 1992. PH.D. Thesis, University of Granada, Spain.
- Arrebola, M.L. 1997. Principal Components Analysis of Essential Oils. In: H.F. Linskens and J.F. Jackson, eds, *Plant Volatile Analysis*, pp.159-174, Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin.



- Aydin, S., Y. Ozturk, R. Beis and K. H. C.Baser (1998). Investigation of *Origanum onites*, *Sideritis congesta* and *Satureja cuneifolia* essential oils for analgesic activity. *Phytotherapy Research*. 10(4):342-344.
- Azizi, A., F. Yan and B. Honermeier 2009. Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. *Ind. Crops Prod.* 29: 554–561.
- Bagamboula, C.F.; Uyttendaele, M.; Candan, F.; Daferera, D.; Unli, G. V.; Polissiou, M.; Sokmen, A. (2004). Antimicrobial and antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *S. cryptantha* (Montbret et Aucher ex Benth.) and *S. multicaulis* (Vahl.). *Food Chem.*, 84, 519-525.
- Baher, Z.F., M. Mirza, M. Ghorbanli and M.B. Rezaii 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour Frag. J.* 17: 275-277.
- Banthorpe, D.V., Charlwood, B.V., Francis, M.J.O., 1972. The biosynthesis of monoterpenes. *Chem. Rev.* 72, 115–155.
- Baranauskienė, R., R.P. Venskutonis, P. Viskelis and E. Dambrauskienė, 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). *J. Agric. Food Chem.* 41:7751-7758.
- Baratta, M.T.; Dorman, H.J.D.; Deans, S.G.; Figueiredo, C.; Barroso, J.G.; Ruberto, G. (1998). Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils. *Flavour and Fragrance J.*, 13, 235-244.
- Baratta, M.T.; Dorman, H.J.D.; Deans, S.G.; Biondi, D.M.; Ruberto, G. (1998). Chemical composition, antimicrobial and antioxidative activity of laurel, sage, rosemary, oregano and coriander essential oils. *J. Essent. Oil Res.*, 10, 618-627.
- Baricevic, D., 1997. Experiences with oregano (*Origanum* ssp.) in Slovenia. In: S. Padulosi, ed., *Oregano. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano*, pp. 110–120, 8–12 May 1996, Valenzano (Bari), Italy. IPGRI, Rome.
- Baricevic, D., L. Milevoj and J. Borstnic 2001. Insecticidal effect of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* Ietswaart) on the dry bean weevil (*Acanthoscellides obtectus* Say). *Int. J. Horticultural Sci.* 7(2): 84-88.
- Baricevic, D. and T. Bartol 2002. The biological/pharmacological activity of the *Origanum* Genus. In: S.E. Kintzios, ed., *Oregano, the genera Origanum and Lippia*, pp. 177-213, Taylor and Francis, London and New York.
- Barreyro, R, J. Ringuélet and S. Agrícola (2005). Nitrogen fertilization and yield in oregano (*Origanum x applii*) *Cien. Inv. Agr.* 32(1):34-38.
- Baser, K. H. C., T. Ozek, G. Tumen and E. Sezik (1993). Composition of the essential oils of Turkish *Origanum* species with commercial importance. *Journal of Essential Oil Research*. 5(6):619-623.

- Baser, K.H.C. and G. Tumen 1992. Composition of the Essential Oil of *Origanum sipileum* of Turkish origin. *J. Essent. Oil Res.* 4: 139-142
- Croteau, R. 1992. Biochemistry of Monoterpenes and Sesquiterpenes of the Essential Oils. In: L. Craker and J. Simon, eds, *Herbs Spices and Medicinal Plants*, Vol. 1, pp. 81-133, Food Products Press, N.Y.
- Baskin, J.M. and Baskin, C.C. (1979) Promotion of germination of *Stellaria media* seeds by light from a green safe lamp. *New Phytologist* 82, 381-383.
- Baydar, H. (2002). Researches on the yield and essential oil quality of oregano (*Origanum onites* L.) under the condition of Isparta Province. *Journal of Basic and Applied Sciences of Suleyman Demirel University*. 6(2):17-24.
- Belhassen, E., Pomente, D., Trabaud, L. and Goyon, P.H. (1987) Recolonisation apres incendie chez *Thymus vulgaris* (L.): resistance des graines aux temperatures elevees. *Acta Oecologica, Oecologia Plantarum* 8, 135-141.
- Belhattab, R., L. Larous, A.C. Figueiredo, P.A.G. Santos, J.G. Barroso, and L.G. Pedro 2005. *Origanum glandulosum* Desf. grown wild in Algeria: essential oil composition and glycosidic bound volatiles. *Flavour Frag. J.* 20: 209–212.
- Bendahou, M., A. Muselli, M. Grignon-Dubois, M. Benyoucef, J.M. Desjobert, A.F. Bernardini and J. Costa 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Origanum glandulosum* Desf. *Food Chem.* 106: 132–139
- Benigni, R. and A. Giuliani 1991. Multivariate Analysis in Genetic Toxicology. In: J. Devillers and W. Karcher, eds, *Applied multivariate analysis in SAR and environmental studies*, Kluwer, Dordrecht.
- Bernath, J. 1997. Some scientific and practical aspects of production and utilisation of oregano in central Europe. In: S. Padulosi, ed., *Oregano. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano*, pp. 78–93, 8–12 May 1996, Valenzano (Bari), Italy. IPGRI, Rome.
- Bettaieb, I., N. Zakhama, W.A. Wannes, M.E. Kchouk and B. Marzouk 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Sci. Hortic.* 120: 271-275.
- Biondi, D., P. Cianci, C. Geraci, G. Ruberto and M. Piattelli 1993. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils from Sicilian aromatic plants. *Flav. Frag. J.* 8(6): 331-337.
- Boira, H., Blanquer, A., 1998. Environmental factors affecting chemical variability of essential oils in *Thymus piperella* L. *Biochem. Syst. Ecol.* 26, 811–822.
- Boissier, E. (1879) *Flora Orientalis*, Vol. 4, pp. 551-552. Genevae et Basileae.
- Bonner, J. and A.J. Varner 1975. *Plant Biochemistry*, Academic Press, New York, London.
- Bosabalidis, A. M. and Tsekos, I. (1984) Glandular hair formation in *Origanum* species. *Ann. Bot.* 53, 559--563.
- Bosabalidis, A.M. and S. Kokkini 1997. Intraspecific variation of leaf anatomy in *Origanum vulgare* grown wild in Greece. *Bot. J. Linn. Soc.* 123: 353-362.

- Bosabalidis, A.M. 2002. Structural features of *Origanum* sp. In: S.E. Kintzios, ed., *Oregano, the genera Origanum and Lippia*, pp. 11-64, Taylor and Francis, London and New York.
- Bourett, T.M., R.J. Howard, D.P. O'Keefe and D.L. Hallahan 1994. Gland development on leaf surface of *Nepeta racemosa*. *Int. J. Plant Sci.* **155**: 623-632.
- Boyle, T.H., L.E. Craker and J.E. Simon 1991. Growing medium and fertilization regime influence growth and essential oil content of rosemary. *HortScience* **26**(1): 33-34.
- Bouyoukos, G.J. 1936. Directions for making mechanical analysis of soil by the hydrometer method. *Soil Sci.* **42**: 225-228
- Bremer, J. M. 1960. Determination of nitrogen in soil by kjedahl method. *J. Agr. Sci.* **55**: 1-23.
- Buchanan, B.B., W. Gruissem and R.L. Jones 2000. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. MD: American Society of Plant Physiologists, Rockville.
- Bullerman, B., F.Y. Lieu and S.A. Seier 1977. Inhibition of growth and aflatoxin production in cinnamon and clove oils. Cinnamic aldehyde and eugenol. *J. Food Sci.* **42**: 1107-1109.
- Burbott, A.J. and W.D. Loomis 1967. Effects of Light and Temperature on the Monoterpenes of Peppermint. *Plant. Physiol.* **42**: 20-28.
- Burkart, R.M. and D.D. Buhler 1997. A regional framework for analyzing weed species and assemblage distributions using a geographic information system. *Weed Sci.* **45**: 455-462.
- Burrough, P.A. 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford University Press, New York. 193 p.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. *Int. J. Food Microbiol.*, 94, 223-253.
- Ceylan, A. (1976). Yield and ontogenetic variability in *Origanum smyrnaeum* L.. *Journal of Agricultural Faculty of Ege University*. 13:139-143.
- Ceylan, A., E. Bayram, N. Sahbaz, H. Otan and S. Karaman (2003). Yield Performance and Essential Oil Composition of Individual Plants and Improved Clones of *Origanum onites* L. Grown in The Aegean Region of Turkey. *Israel Journal of Plant Sciences*. 51(4):285-290.
- Charai, M., M. Mosaddak and M. Faid 1996. Chemical composition and antimicrobial activity of two aromatic plants: *Origanum majorana* L. and *Origanum compactum* Benth. *J. Essent. Oil Res.* 8(6): 657-664.
- Christodoulakis, D. 1996. The flora of Ikaria (Greece, E. Aegean Islands). *Phyton* (Horn, Austria) 36: 63-91.
- Clark R.J. and R.C. Menary 1980. Environmental effects on peppermint (*M. piperita* L) Effect of day length, photon flux density, night and day temperature on yield and composition of peppermint oil. *Aust. J. Plant. Physiol.* **7**: 685-692.

- Cole, M.D. 1992. The significance of the terpenoids in the Labiateae. In: R.M. Harley and T. Reynolds, eds, *Advances in Labiateae Science*, pp. 315-324, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Conner, D.E., L.R. Beuchat, R.E. Worthington and H.L. Hitchcock 1984. Effects of essential oils and oleoresins of plants on ethanol production, respiration and sporulation of yeasts. *Int. J. Food Microbiol.* **1(2)**: 63-74.
- Copolovici, L.O., Filella, I., Llusia, J., Niinemets, U., Penuelas, J., 2005. The capacity for thermal protection of photosynthetic electron transport varies for different monoterpenes in *Quercus ilex*. *Plant Physiol.* **139**, 485–496.
- Cox, S.D.; Mann, J.L.; Bell, H.C.; Gustafson, J.E.; Warmingtn, J.R.; Wyllic, S.G. (2000). The mode of antimicrobial action of the essential oils of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *J. Appl. Microbiol.*, **88**, 170-175.
- Daferera, D.J., B.N. Ziogas and M.G. Polissiou 2000. GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *J. Agric. Food Chem.* **48(6)**: 2576-2581.
- Daferera, D.J., B.N. Ziogas and M.G. Polissiou 2003. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis*. *Crop Prot.* **22**: 39–44.
- Danilova, M.F. and T.K. Kashina 1989. Ultrastructure of glandular hairs in *Perilla ocymoides* (*Lamiaceae*) in connection with their possible involvement in photoperiodic induction of flowering. *Phytomorphology* **39**: 265-275.
- Dapkevicius, A.; Venskutonis, R.; van Beek, T.A.; Linssen, J.P.H. (1998). Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *J. Sci. Food Agric.*, **77**, 140-146.
- Davis, P. H. 1982. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 7, p. 382, Edinburgh University Press, Edinburgh,.
- Daw, Z.Y., G.E. El-Baroty and A.M. Ebtessam 1994. Inhibition of *Aspergillus parasiticus* growth and aflatoxin production by some essential oils. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* **16(5/6)**: 129-135.
- D'Antuono, L.F., G.C. Galleti and P. Bocchini 2000. Variability of essential oil content and composition of *Origanum vulgare* L. Populations from a North Mediterranean Area (Liguria Region, Northern Italy). *Ann. Bot.-Lond.* **86**: 471–478.
- Deans, S.G. and K.P. Svoboda 1990. The antimicrobial properties of marjoram (*Origanum majorana* L.) volatile oil. *Flav. Frag. J.* **5(3)**: 187-190.
- Demirci, F., D. H. Paper, G. Franz and K. H. C. Baser (2004). Investigation of the *Origanum onites* L. essential oil using the chorioallantoic membrane (CAM) assay. *J. Agric. Food Chem.* **52(2)**: 251–254.

- Demos, A., C. Petrakis, P. Kefalas and D. Boskou 1998. Nutrient antioxidants in some herbs and Mediterranean plant leaves. *Food Res. Int.* 31(5): 351-354.
- Denayer R. and B. Tilquin 1994. Détermination des indices de rétention de composants d'huiles essentielles. *Rivista Italiana*: **13**: 7-12.
- Dixon, W.J., M.B. Brown, L. Engelman and R.I. Jennrich 1990. *BMDP statistical software manual*, University of California, California.
- Dordas, Ch. 2009. Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). *Ind. Crops Prod.* **29**: 599-608.
- Dorman, H.J.D. and S.G. Deans 2000. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oil. *J. Appl. Microbiol.* **88**(2): 308-316.
- Dudai, N., 2008. Optimization and improvement of phenolic monoterpenes production in oregano (*Origanum* spp.). *ISHS Acta Horticulturae* 778, 15-27.
- Dudai, N., A. Poljakoff-Mayber, A.M. Mayer, E. Putievsky and H.R. Lerner 1999. Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. *J. Chem. Ecol.* 25(5): 1079-1089.
- Dundar, E., E. G. Olgun, S. Isiksoy, M. Kurkcuoglu, K. H. C. Baser and C. Bal (2008). The effects of intra-rectal and intra-peritoneal application of *Origanum onites* L. essential oil on 2,4,6-trinitrobenzenesulfonic acid-induced colitis in the rat. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 59:399-408.
- Dunford, N.T. and R.S. Vasquez 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. *J. Appl. Hortic.* 7(1): 20-22.
- Duriyaprapan, S., E.J. Britten and K.E. Brasford 1986. The effect of temperature on growth, oil yield and oil quality on Japanese mint. *Ann. Bot.* **58**: 729-736.
- Economou, G., G. Panagopoulos, P. Tarantilis, D. Kalivas, V. Kotoulas, I.S. Travlos, M. Polysiou and A. Karamanos 2011. Variability in essential oil content and composition of *Origanum hirtum* L., *Origanum onites* L., *Coridothymus capitatus* (L.) and *Satureja thymbra* L. populations from the Greek island Ikaria. *Ind. Crops Prod.* **33**: 236-241.
- Ehleringer, J. (1984) Ecology and ecophysiology of leaf pubescence in North American desert plants. In *Biology and Chemistry of Plant Trichomes* (Rodriguez, E., Healey, P. L. and Mehta, I., eds), pp. 113-132. Plenum Press, New York.
- Ehleringer, J. R. and Clark, C. (1988) Evolution and adaptation in *Encelia* (Asteraceae). In *Plant Evolutionary Biology* (Gottlieb, L. D. and Subodh, K. J., eds), pp. 221-248. Chapman and Hall, London.
- Elakovich, S.D. 1988. Terpenoids as models for new agrochemicals. In: H.G. Cutler, ed., *Biologically Active Natural Products—Potential Use in Agriculture*, pp. 250-261, American Chemical Society, Washington, D.C.

- Ellenberg, H., H. E. Weber, R. Dull, V. Wirth, W. Werner and D. Paulifen 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa Scripta Geobotanica, Vol. 18, Gottingen.
- Ellis, R.H., Hong, T.D. and Roberts, E.H. (1985) Handbook of seed technology for genebanks. Volume II. Compendium of specific germination information and test recommendations. Rome, International Board for Plant Genetic Resources.
- Erickson, R.E. 1976. The industrial importance of monoterpenes and essential oils. *Lloydia* 39: 8-19.
- Esen, G., A.D. Azaz, M. Kurkcuoglu, K.H.C. Baser and A. Tinmaz 2007. Essential oil and antimicrobial activity of wild and cultivated *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Letswaart from the Marmara region, Turkey. *Flavour Frag. J.* **22**: 371–376.
- E. Stahl-Biskup, The chemical composition of Thymus oils: A review of the literature 1960-1989. *J. Essent. Oil Res.*, 3, 61-82 (1991).
- Ezzeddine, N.B.; Abdelkefi, M.M.; Ben-Aissa, R.; Chaabouni, M.M. (2001). Antibacterial screening of *Origanum majorana* L. oil from Tunisia. *J. Essent. Oil Res.*, 13, 295-297.
- Ezz El-Din, A.A., E.E. Aziz, S.F. Hendawy and E.A. Omer 2009. Response of *Thymus vulgaris* L. to salt stress and alar (B<sub>9</sub>) in newly reclaimed soil. *J. Appl. Sci. Res.* **5(12)**: 2165-2170.
- Falchi-Delitala, L., V. Solinas and C. Geesa 1983. Seasonal quantitative and qualitative variations of essential oil and its phenols in *Thymus capitatus* Hoffm. and Link and *Thymus herba-barona* Liosel. *Fitoterapia* **54 (2)**: 87–96.
- Faria, E.V.; Yotsuyanagi, K. (2002). Técnicas de Análise Sensorial. Campinas: ITAL/LAFISE, p. 116.
- Farooqi, A. H. A., N. S. Sangwan and R. S. Sangwan (1999). Effect of different photoperiodic regimes on growth, flowering and essential oil in *Mentha* species *Plant Growth Regulation*. 29:181–187.
- Fatima S.F., A.H.A. Farooqi and S. Srikant 2000. Effect of drought stress and plant density on growth and essential oil metabolism in citronella java (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). *J. Med. Aromatic Plant Sci.* 22(IB): 563-567.
- Fernandes, R. and Heywood, V. H. (1972) *Origanum* L. In *Flora Europaea* 3 (Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M. and Webb, D. A., eds), pp. 171-172. University Press, Cambridge.
- Figueiredo, M.R., M.A.C. Kaplan and O.R. Gottlieb 1995. Diterpenes, Taxonomic markers? *Pl. Syst. Evol.* 195: 149-158.
- Figueiredo, A.C., J.G. Barroso, L.G. Pedro and J.J.C. Scheffer 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flav. Fragr. J.* **23**: 213-226.

- Fischer, N. H. 1986. The function of mono and sesquiterpenes as plant germination and growth regulators. In: A.R. Putnam and C.S. Tang, eds, *The Science of Allelopathy*, pp. 203-218, Wiley-Interscience, New York.
- Flake, R.M. and B.L. Turner 1973. Volatile constituents, especially terpenes, and their utility and potential as taxonomic characters in populational studies. In: G. Bendz and J. Santesson, eds, Nobel symposium 25, *Chemistry in Botanical Classification*, pp. 123-128, Academic press, New York.
- Fleisher, A. and Z. Fleisher 1988. Identification of Biblical Hyssop and origin of the traditional use of oregano-group herbs in the Mediterranean region. *Econ. Bot.* **42(2)**: 232-241.
- Fraga, B.M., M.G. Hernandez, J.M.H. Santana, D. Terrero and M.F. Galvan 1995. A chemotaxonomical study of *Sideritis massoriana* taxa. *Biochem. Syst. Ecol.* **23(7/8)**: 835-842.
- Franz, C. and J. Novak 1997. Breeding of *Origanum* species. In: S. Padulosi, ed., *Oregano. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano*, pp. 49-56, 8-12 May 1996, Valenzano (Bari), Italy. IPGRI, Rome.
- Friedman, J. (1995) Allelopathy, autotoxicity, and germination. pp 629-644 in Kigel, J. and Galili, G. (Eds) *Seed development and germination*. New York, Marcel Dekker Inc.
- F. Tateo, G. Salvatore and M. Nicoletti, Problematrice sugli aspetti qualitativi, sanitari e di mercato di oli essenziali. Nota I: Dittopropilcresoli in campioni commerciali di limo sofisticati. *Industrie alimentari*, 31 (gennaio), 28-35 (1992).
- F. Tateo, G. Salvatore and M. Nicoletti, Presenza di dittopropilcresoli in oli essenziali di timo. *Proceedings of 6th Convegno Nazionale della Società Italiana di Fitochimica*, Fiuggi, 21-23 maggio 1992. Ed. Università degli Studi di Roma "La Sapienza" - Università Cattolica del Sacro Cuore di Roma (1992).
- García, M.A.; Sanz, J. (2001). Analysis of *Origanum vulgare* volatiles by direct thermal desorption coupled to gas chromatography-mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, 918, 189-194.
- Gavalas, N., A.M. Bosabalidis and S. Kokkini 1998. Comparative study of leaf anatomy and essential oils of the hybrid *Mentha X villosa-nervata* and its parental species *M. longifolia* and *M. spicata*. *Isr. J. Plant Sci.* **46**: 27-33.
- Gergis, V., V. Spiliotis and C. Poulos 1990. Antibacterial activity of essential oils from Greek *Sideritis* species. *Pharmazie* **45**: 70
- Gonuz, A. and B. Ozorgucu 1998. An investigation on the morphology, anatomy and ecology of *Origanum onites* L. *Tr. J. of botany*. **23**: 19-32.
- Gershenzon, J., M. Maffei and R. Croteau 1989. Biochemical and historical localization of monoterpene biosynthesis in the glandular trichomes of spearmint (*Mentha spicata*). *Plant Physiol.* **89**: 1351-1357.
- Gibbs, D.R. 1974. *Chemotaxonomy of Flowering Plants*, Vol. 1, McGill-Queen's University Press, Montreal and London.

- Goliaris, A. 1997. Research and production of medicinal and aromatic plants in Greece. *Med. Plant Rep.* **4(4)**: 1-10.
- Goliaris, A.H., P.S. Chatzopoulou and S.T. Katatsiotis 2002. Production of New Greek Oregano Clones and Analysis of Their Essential Oils. *J. Herbs, Spices Med. Plants* **10(1)**: 19-35.
- Gonuz, A. and B. Ozorgucu 1998. An investigation on the morphology, anatomy and ecology of *Origanum onites* L. *Tr. J. of botany*. **23**: 19-32.
- Gotsiou P., Naxakis G., Skoula M., (2002), Diversity in the composition of monoterpenoids of *Origanum microphyllum* (Labiatae), *Biochem. Syst. Ecol.* **30**: 865–879
- Gounaris Y., Skoula M., Fournaraki C., Drakakaki G., Makris A., (2002), Comparison of essential oils and genetic relationship of *Origanum intercedens* to its parental taxa in the island of Crete. *Biochem. System. Ecol.* **30(3)**: 249-258
- Gouyon, P. H., P.H. Vernet, J.L. Guillermin and G. Valdeyron 1986. Polymorphisms and environment: the adaptive value of the oil polymorphisms in *Thymus vulgaris* L. *Heredity* **57**: 59-66.
- Greuter, W., Burdet, H.M. and Long, G. (Eds) (1986) *Med Checklist*, Vol. 3. Ceneve, Editions des Conservatoire et Jardin Botanique de la ville de Geneve,
- Grime, J.P., Hodgson, J.G. and Hunt, R. (1988) *Comparative plant ecology: a functional approach to common British species*. London, Unwin Hyman.
- Gumuscu, A., A. Ipek, E. O. Sarihan, B. Gurbuz., M. D. Kaya and N. Arslan (2008). Effects of diurnal and ontogenetic variability on essential oil composition of oregano (*Origanum vulgare* var. *hirtum*). *Asian Journal of Chemistry*. **20(2)**: 1290-1294.
- Halacsy, E., de (1902) *Conspectus Florae Graecae*, Vol. 2, pp. 554-555. Lipsiae.
- Hammer, K.A.; Carson, C.F.; Riley, T.V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J. Appl. Microbiol.*, **86**, 985-990.
- Harborne, J.B. 1998. *Phytochemical methods: a guide of modern techniques of plant analysis*. Chapman & Hall, London. p. 302.
- Hashim, E.F., K.A.A. Seham and A.A. Kheir 1999. Nematicidal activity of some labiateous plant extracts on *Meloidogyne incognita*. *Ann. Agric. Sci. Cairo* **44(1)**: 447-457.
- Hausknecht, C. (1897) *Symbolae ad floram graecam. Aufzählung der im Sommer 1885 in Griechenland gesammelten Pflanzen*. Mitth. Thuring. Bot. Vereins Neue Folge **11**, 3D-65.
- Hegnauer, R. 1962. *Chemotaxonomie der Pflanzen*. Basel, Vol. 1. p. 114, Birkhauser Verlag, Stuttgart.
- Helander, I.M.; Alakomi, H.L.; Latva-Kala, K.; Mattila-Sandholm, T.; Pol, I.; Smid, E.J.; Gorris, L.G.M.; Wright, A. V. (1998). Characterization of the action of selected essential oil components on gram-negative bacteria. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 3590-3595.



- Hitokoto, H., S. Morozumi, T. Wauke, S. Sakai and H. Kurata 1980. Inhibitory effects of spices on growth and toxin production of toxigenic fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 39: 818-822.
- Holley, R.A.; Patel, D. (2005). Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiol.*, 22, 273-292.
- Holmgren, P. K., Keuken, W, Schofield, E. K. (1981) *Index Herbariorum*, Vol. 1, ed. 7. *Regnum Veg.* 106.
- Holopainen, K.J. 2004. Multiple functions of inducible plant volatiles. *Trends in Plant Sci.* **9(11)**: 529-533.
- Holzinger, K.J. and H.H. Harman 1941. *Factor analysis*. University of Chicago Press, Chicago
- Horwath, A.B., R.G. Geayer, D.M. Keith-Lukas and M.S.J. Simmonds 2008. Chemical characterisation of wild populations of *Thymus* from different climatic regions in southeast Spain. *Biochem. Syst. Ecol.* **36**: 117-133.
- Horwath, A.B., R.G. Geayer, D.M. Keith-Lukas and M.S.J. Simmonds 2008. Chemical characterisation of wild populations of *Thymus* from different climatic regions in southeast Spain. *Biochem. Syst. Ecol.* **36**: 117-133.
- Hughes, S.G., J.A. Bryant and N. Smirnov 1989. Molecular biological application to studies of stress tolerance. In: G.J. Hamlyn, T.J. Flowers and M.B. Jones, eds, *Plants under stress*, pp. 131-135, Cambridge Univ. Press, New York.
- Huie C.W. 2002. A review of modern sample-preparation techniques for the extraction and analysis of medical plants. *Anal. Bioanal. Chem.* **373**: 23-30.
- Hulsemann, J. 1966. An inventory of marine carbonate materials. *J. Sedimentary Petrology ASCE* **36 (2)**: 622 - 625.
- Hussein, A.S.M. 1990. Antibacterial and antifungal activities of some Libyan aromatic plants. *Planta medica* **56**: 644-645.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.
- Janssen, A.M.; Scheffer, J.J.; Baerheim, S.A. (1987). Antimicrobial activities of essential oils. *Pharmaceutics Week lad* (Scientific Edition) **9**, 193-197.
- J. J. C. Scheffer, A. Looman, A. Baerheim Svendsen and E. Sarer, in *Progress in Essential Oil Research*, ed. E.-J. Brunke, p. 151-156, Walter de Gruyter, Berlin-New York (1986).
- J. M. Sendra and P. Cunat, Volatile constituents of Spanish origanum (*Cortdotbymus capitatus*) essential oil. *Phytochemistry*, 19, 89-92 (1980).
- Johnson, H. B. (1975) Plant pubescence: an ecological perspective. *Bot. Rev.* 41, 233-258.
- Kacar, O, E. Goksu and N. Azkan (2006). The effect of different plant densities on some agronomic and quality characteristics of oregano (*Origanum onites* L.). *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University.* 2(21):51-60.

- Kalemba, D.; Kunicka, A. (2003). Antibacterial and Antifungal Properties of Essential Oils. *Current Medicinal Chem.*, 10, 813- 829.
- Kanazawa, K.; Kawasaki, H.; Samejima, K.; Ashida, H.; Danno, G. (1995). Specific desmutagens (antimutagens) in oregano against a dietary carcinogen, Trp-P-2, are galangin and quercetin. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 404-409.
- Kanias, G.D. and Loukis, A. (1992) Statistical analysis of essential oil percentage composition of *Coridothymus capitatus* Reichb. f. and *Satureja thymbra* L. *Journal of Essential Oil Research* 4, 577-584.
- Karamanoli, K., Menkissoglu-Spiroudi, U., Bosabalidis, A.M., Vokou, D., Constantinidou, H.I.A., 2005. Bacterial colonization of the phyllosphere of nineteen plant species and antimicrobial activity of their leaf secondary metabolites against leaf associated bacteria. *Chemoecology* 15, 59–67.
- Karamanos, A.J., P.T. Papastylianou, J. Stavrou, and C. Avgoulas. 2009. Effects of water shortage and air temperature on seed yield and seed performance of lucerne (*Medicago sativa* L.) in a Mediterranean environment. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195 (6), 408-419.
- Karousou, R., A.M. Bosabalidis and S. Kokkini 1992. *Sideritis syriaca* spp. *syriaca*: Glandular trichome structure and development in relation to systematic. *Nord. J. Bot.* 12: 31-37.
- Karousou, R., D.N. Koureas and S. Kokkini 2005. Essential oil composition is related to the natural habitats: *Coridothymus capitatus* and *Satureja thymbra* in NATURA 2000 sites of Crete. *Phytochem.* 66: 2668–2673.
- Karpouhtsis, I., E. Pardali, E. Feggou, S. Kokkini, Z.G. Scouras and P. Mavragani-Tsipidou 1998. Insecticidal and genotoxic activities of oregano essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 46(3): 1111-1115.
- Katsiotis, S. 1988. Study of different parameters influencing the composition of hydrodistilled sweet fennel oil. *Flav.Frag. J.* 4: 221.
- Katsoulis, B.D. 1987. Indications of change of climate from the analysis of air temperature time series in Athens, Greece. *Climatic Change* 10: 67-79.
- Katsoulis, B.D. 1988. Some Meteorological Aspects of Air Pollution in Athens, Greece. *Meteorol. Atmos. Phys.* 39: 203-212.
- Katz, D.A., Sneh, B. and Friedman, J. (1987) The allelopathic potential of *Coridothymus capitatus* L. (Labiatae). Preliminary studies on the roles of the shrub in the inhibition of annuals germination and/or to promote allelopathically active actinomycetes. *Plant and Soil* 98,53--66.
- Katzung, B.G. (2003). *Farmacologia Básica & Clínica*. Guanabara Koogan, 8a ed., Rio de Janeiro, RJ.
- Kaufmann B. and Christen P. 2002. Recent Techniques for Natural Products: Microwave assisted Extraction and Pressurised Solvent Extraction. *Phytochem.Anal.* 13: 105-113.

- Keeley, J.E. and Keeley, S.C. (1989) Allelopathy and the fire-induced herb cycle. pp 65-72 in Keeley, S.C. (Ed.) *The California chaparral. Paradigms reexamined.* Los Angeles, Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series No. 34.
- Kelsey, R.G., G.W. Reynolds and E. Rodriguez 1984. Chemistry of biologically active constituents secreted and stored in plant glandular trichomes. In: E. Rodriguez, P.L. Healey and I. Metha, eds., *Biology and Chemistry of Plant Trichomes*, pp. 187-241, Plenum Press, N.Y.
- Kepner, R.E., B.O. Ellison, M. Breckenridge, G. Connoly, S.C. Madden and C.J. Muller 1974. Volatile terpenes in California bay foliage. Changes in composition during maturation. *J. Agric. Food Chem.* **22**: 781-784.
- Keravis G. 1997. Spectrométrie de masse et chromatographie dans l'analyse des plantes aromatiques et huiles essentielles. In: B. Benjilali, M. Ettalibi, M. Ismaili-Alaoui and S. Zrira, eds., *Proceedings of the Intern. Congr. Arom. Medicinal Plants & Essential Oils*, pp. 379-384, Actes Editions, Rabat, Morocco.
- Kim, J.; Marsh, M.R.; Wei, C. (1995). Antibacterial Activity of Some Essential Oil Components against Five Foodborne Pathogens. *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 2839-2845.
- Kirimer, N., K.H. Baser and G. Tumen 1995. Carvacrol rich plants in Turkey. *Chem. Nat. Comp.* **31(1)**: 37-41.
- Kizil, S., A. Ipek, N. Arslan and K.M. Khawar 2008. Effect of different developing stages on some agronomical characteristics and essential oil composition of oregano (*Origanum onites*). *New Zealand J. Crop Hortic. Sci.* **36(1)**: 71-76.
- Kokkini, S. and D. Vokou 1989. Carvacrol-rich plants in Greece. *Flav. Fragr. J.* **4**: 1-7.
- Kokkini, S., D. Vokou and R. Karousou 1991. Morphological and chemical variation of *Origanum vulgare* L. in Greece. *Botanica Chronica.* **10**: 337-346.
- Kokkini, S. 1992. Essential oils as taxonomic markers in *Mentha*. In: R. M. Harley and T. Reynolds, eds, *Advances in Labiate science*, pp. 325-334. Roy. Bot. Gard., Kew, UK.
- Kokkini, S. and D. Vokou, 1993. The hybrid *Origanum X intercedens* from the Island of Nisyros (SE Greece) and its parental taxa; comparative study of essential oils and distribution. *Biochem. Syst. Ecol.* **21**: 397-403.
- Kokkini, S. 1997. Taxonomy, diversity and distribution of *Origanum* species. In: S. Padulosi, ed., *Oregano. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano*, pp. 2-12, 8-12 May 1996, Valenzano (Bari), Italy. IPGRI, Rome.
- Kokkini, S., R. Karousou and E. Hanlidou 2003. Herbs of the Labiatae. In: B. Caballero, L. Trugo and P. Finglas, eds, *Encyclopedia of food science and nutrition*, second ed., pp. 3082-3090, Academic press, London.

- Kokkini, S.; Karousu, R.; Dardioti, A.; Krigas, N.; Lanaras, T. (1997). Autumn essential oils of Greek oregano *Phytochemistry*, 44, 883- 886.
- Kokkini, S., Karousou, R., Hanlidou, E. and Lanaras, T. 2004. Essential oil composition of Greek (*Origanum vulgare* ssp *hirtum*) and Turkish (*O. onites*) oregano: A tool for their distinction. *J. Essential Oil Res.* 16(4): 334-338.
- Kokkini, S., Karousou, R., Vokou, D., 1994. Pattern of geographic variation of *Origanum vulgare* trichomes and essential oil content in Greece. *Biochem. Syst. Ecol.* 22, 517–528.
- Kokkini, S., Vokou, D., 1989. Carvacrol-rich plants in Greece. *Flavour.Frag. J.* 4, 1–7.
- Kokkini, S., Vokou, D., Karousou, R., 1991. Morphological and chemical variation of *Origanum vulgare* L. in Greece. *Bot. Chronika* 10, 337–346.
- Kotini-Zambaka, S. (1983) Contribution to the monthly study of the climate of Greece. Ph.D. Thesis, University of Thessaloniki, Thessaloniki [in Greek].
- Kotoulas, V.E., G.N. Panagopoulos, V. Skouras, G. Economou and A. Karamanos 2009. Studies on the role of aromatic shrubs in the inhibition of adjacent vegetation. In: B. Rubin and G. Economou, eds, *Proceedings of the 2nd International Conference of EWRS on Novel and sustainable weed management in arid and semi-arid agro-ecosystems*, p. 16, September 7-10, Santorini, Greece.
- Koutsoyiannis, D. and G. Baloutsos, 2000. Analysis of a Long Record of Annual Maximum Rainfall in Athens, Greece, and Design Rainfall Inferences. *Nat. Hazards* 29: 29–48
- Kubo, I., I. Ganjian and T. Kubota 1982. Chemotaxonomic significance of ent-kaurene diterpenes in *Rabdosia umbrosus* varieties. *Phytochem.* 21(1): 81-83.
- Kullenberg, G. and G. Bergstrom 1975. Chemical communication between living organisms. *Endeavor* 34: 59-66.
- Kuris, A., A. Altman and E. Putievsky 1980. Rooting and initial establishment of stem cutting of oregano, peppermint and balm. *Scientia Hortic.* 13: 53-59.
- Kuris, A., A. Altman and E. Putievsky 1981. Root formation in oregano (*Origanum vulgare* L.) stem cuttings. *Scientia Hortic.* 14: 151-156.
- Lahlou M. 2003. Composition and molluscicidal properties of essential oils of five Moroccan Pinaceae. *Pharm. Biol.* 41: 207–210.
- Lass, L. W. and R. H. Callihan. 1993. GPS and GIS for weed surveys and management. *Weed Technol.* 7: 249-254.
- Lawrence, B.M., 1984. The botanical and chemical aspects of Oregano. *Perfum.Flavor.* 9: 41–51.
- Lembercovics, E., G. Petri, H. Nguyen and I. Mathe 1995. Relationships between essential oil and flavonoid biosynthesis in sweet basil. *Acta Hortic.* 426: 647-655.

- Lepsius, R. 1893. *Geologie von Attica*. T.U. Berlin.
- Leto, C. and A. Salamone 1997. Bio-agronomical behavior in Sicilian *Origanum* ecotypes. In: S. Padulosi, ed., *Oregano*. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano, pp. 68–73, 8–12 May 1996, Valenzano (Bari), Italy. IPGRI, Rome.
- Levin, D.A. 1973. The role of trichomes in plant defence. *Quart. Rev. Biol.* 48: 3-15.
- Levin, D.A. 1976. The chemical defenses of plants to pathogens and herbivores. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 7: 121-159.
- Lis-Balchin, M.; Buchbauer, G.; Hirtenlehner, T. (1998). Antimicrobial activity of *Pelargonium* essential oil added to a quiche filling as a model food system. *Letters of Appl. Microbiol.*, 27, 207-210.
- Loziene, K. and P.R. Venskutonis 2005. Influence of environmental and genetic factors on the stability of essential oil composition of *Thymus capitatus*. *Biochem. Syst. Ecol.* 33: 517-525
- Macchia, M., Benvenuti, A. and Angelini, L. (1983) Caratteristiche germinative di alcune sementi di specie officinali. *Rivista della Ortoflorofrutticoltura Italiana* 67, 165-190.
- Madsen, H.L., G. Brtelsen and L.H. Skibsted 1997. Antioxidative activity of spices and spice extracts. In: S.J. Risch and C.T. Ho, eds, *Flavour chemistry and antioxidant properties, Spices*, pp. 176-187, American Chemical Society, Washington DC.
- Maguire, D.J. 1991. An overview and definition of GIS. In D.J. Maguire et al. (ed.) *Geographical information systems: Principles and applications*, pp. 9-20, Longman Scientific & Technical, London.
- Maffei, M., F. Chialva, and T. Sacco, 1989. Glandular trichomes and essential oils in developing peppermint leaves. I. Variation of peltate trichomes number and terpene distribution within leaves. *New Phytol.* 111: 707-716.
- Mahmoud, S. S. and R. B. Croteau 2002. Strategies for transgenic manipulation of monoterpene biosynthesis in plants. *Trends Plant Sci.* 7(8): 366-373.
- Makri, O. 2002. Cultivation of Oregano. In: S.E. Kintzios, ed., *Oregano, the genera Origanum and Lippia*, pp. 153-162, Taylor and Francis, London and New York.
- Mardia, K.V., J.T. Kent and J.M. Bibby 1979. Multivariate analysis. In: Z.W. Birnbaum, and E., Lukacs, eds, *Probability and mathematical statistics*, Academic press, London.
- Marston, A. and K. Hostettmann 2009. Natural Product Analysis over the Last Decades. *Planta Med.* 75: 672-682.
- Martonfi, P., A. Grejtovsky and M. Repcak 1994. Chemotype pattern differentiation of *Thymus pulegioides* on different substrates. *Biochem. Syst. Ecol.* 22(8): 819-825.

- Mashaly, A.I. 2006. Vegetation-Soil Relationships in Lake Borollus Protected Area. Egypt. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 1 (3): 229-238. ISSN: 1818-6769.
- Mavrokordopoulou, O., M. Aslanidou and P. Smiris, 2006. The Island of Ikaria:terrestrial ecosystems and restoration prospects. In: Sustainable Management and Development of Mountainous and Island Areas. Proceedings of the 2006 Naxos International Conference, Volume I: 960-89345-1-6, pp. 314–320, September 29–October 1, Island of Naxos, Greece. ISBN: 960-89345-0-8.
- Mavromatis, G.N., 1980. The Bioclimate of Greece: Relationships Between Climate and Natural Vegetation-Bioclimate Maps. Ministry of Agriculture of Greece, Athens.
- Mc Caskill, D., J. Gerschenzon and R. Croteau, 1992. Morphology and monoterpene biosynthetic capabilities of secretory cell clusters isolated from glandular trichomes of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Planta* 187: 445-454.
- Mckay, J.K., Bishop, J.G., Lin, J.Z., Richards, J.H., Sala, A., Mitchell-Olds, T., 2001. Local adaptation across a climatic gradient despite small effective population size in the rare sapphire rockcress. *Proc. R. Soc. B.* 268, 1715–1721.
- McPherson, J.K. and Muller, C.H. (1969) Allelopathic effects of *Adenostoma fasciculatum*, 'chamise', in the California chaparral. *Ecological Monographs* 39, 177-198.
- Modenesi, P., G. Serrato-Valenti and A. Bruni, 1984. Development and secretion of clubbed trichomes in *Thymus vulgaris* L. *Flora* 175: 211-219.
- Moure, A., J.M. Cruz, D. Franco, J.M. Dominguez, J. Sineiro, H. Dominguez, M.J. Nunez and J.C. Parajo 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chem.* 72(2): 145-171.
- Muller, W. H. 1986. Allelochemical mechanisms in the inhibition of herbs by chaparral shrubs. In: A.R. Putnam and C.S. Tang, eds, *The Science of Allelopathy*, pp. 189-199, Wiley-Interscience, New York.
- Muller, C.H., Muller, W.H. and Haines, B.L. (1964) Volatile growth inhibitors produced by aromatic shrubs. *Science* 143,471-473.
- Norussis, M. (1991) SPSSIPC+, Statistical Package for the Social Sciences, Ed. 4. SPSS UK Ltd.
- Novak, J., H. Grausgruber, F. Pank, J. Langbehn, W.D. Blüthner, C. Vender, L.V. Niekerk, W. Junghanns and C. Franzl 2003. Stability of Hybrid combinations of Marjoram (*Origanum majorana* L.).*Flav.Fragr. J.* 18: 401–406.
- Oflaz, S., M. Kurkuoglu and K. H. C. Baser (2002). Pharmacognostic studies on *Origanum onites* ve *Origanum vulgare* Subsp. *Hirtum*. Proceedings of 14th International Symposium Plant Originated Crude Drugs, 29-31 May 2002, Eskişehir Publication Date On Web: June 2004 (In Turkish).
- Oka, Y., S. Nacar, E. Putievsky, U. Ravid, Z. Yaniv and Y. Spiegel 2000.Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. *Phytopathology* 90(7): 710-

- 715 Paech, K., 1950. *Biologie und Physiologie der Sekundären Pflanzenstoffe*. Springer-Verlag, Berlin.
- Olivier, G. W. (1996). The world market of oregano. p. 141–145. In: S. Padulosi, (Eds.). *Oregano. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Valenzano, Italy.
- Olivier, G.W., 1994. The American Spice Trade Association, a prime example of spice promotion. In: Verlet, N. (Ed.), *4èmes Rencontres techniques et économiques plantes aromatiques et médicinales*. C.F.P.P.A, Nyons, France, pp. 220–223.
- Omer E.A., H.E. Ouda and S.S. Ahmed 1994. Cultivation of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) in newly reclaimed lands of Egypt. *J. Herbs, Spices Med. Plants* 2(2): 9–15.
- Omer E.A. 1998. Response of wild Egyptian oregano to nitrogen fertilization in sandy soil. *Egypt J. Hort.* 25(3): 295–307.
- Omer, E.A. 1999. Response of wild Egyptian oregano to nitrogen fertilization in a sandy soil. *J. Plant Nutr.* 22: 103–114.
- Omidbaigi, R. and A. Arjmandi 2002. Effects of NP supply on growth, development, yield and active substances of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Acta Hort.* 576: 263–265.
- Ormeno, E., C. Fernandez, A. Bousquet-Melou, S. Greff, E. Morin, C. Robles, B. Vila and G. Bonin, 2006. Monoterpene and sesquiterpene emissions of three Mediterranean species through calcareous and siliceous soils in natural conditions. *Atm. Env.* 41: 629–639.
- Parthasarathy, U., G. R. Asish, T. J. Zachariah, K.V. Saji, G.K. Johnson, K. Jayarajan, P.A. Mathew and V.A. Parthasarathy 2008. Spatial influence on the important volatile oils of *Piper nigrum* leaves. *Current Sci.* 94(12): 1632–1635.
- Pasquier, B., 1997. Selection work on *Origanum vulgare* in France. In: S. Padulosi, ed., *Oregano. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano*, pp. 93–98, 8–12 May 1996, Valenzano (Bari), Italy. IPGRI, Rome.
- Pearson, D.A., E.N. Frankel, R. Aeschbach and J.B. German 1997. Inhibition of endothelial cell-mediated oxidation of low-density lipoprotein by rosemary and plant phenolics. *J. Agric. Food Chem.* 45(3): 578–582.
- Pellequer, J., M. Jacob, M.S. Buochberg and J. Allegrini 1980. Therapeutic value of the cultivated mountain savory (*Satureja Montana* L.: Labiateae). *Acta Hort.* 96(187): 35–39.
- Philianos, S.M., Andriopoulou-Athanassoula, T. and Loukis, A. (1982) Sur les constituants de l'essence du thym capite (*Thymus capitatus* Hoffm. et Link, *Cori dothymus capitatus* Reichb. f.) de diverses régions de la Grèce. *Biologia Gallo-Hellenica* 9, 285–289.

- Piccaglia R. and M. Marotti 1993.Characterization of several aromatic plants grown in Italy.Flav.Fragr. J. 8: 115-117.
- Pirbalouti, A.J., Gh. Normohammadi, Gh.A. Kamali, A. Ayeneh Band, J. Porhemmat, Kh. Abdollahi and A.R. Golparvar 2008.Integrating Some of the Ecological Factors in Order Sustainable Canola Production Using GIS in Southwest Iran. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 4(1): 68-71.
- Pirbalouti, A.J., A. Karimi, M. Yousefi, S. Enteshari and A.R. Golparvar 2011.Diversity of *Thymus daenensis* Celak in Central and West of Iran. J. Med. Plants Res. 5(4): 319-323.
- Poludennij, L.V. and Ju.P. Zhuravlev 1989. Medicinal Plants in the Home Garden, Moskovskij Rabotchij, Moscow.
- Pons, T.L. (1991a) Induction of dark dormancy in seeds: its importance for the seed bank in the soil. Functional Ecology 5,669-675.
- Pons, T.L. (1991b) Dormancy, germination and mortality of seeds in a chalk-grassland flora. Journal of Ecology 79, 765- 780.
- Poulose, A.J. and R. Croteau 1978.Biosynthesis of aromatic monoterpenes.Conversion of g-terpinene to p-cymene and thymol in *Thymus vulgaris* L. Arch. Biochem.Biophys. 187: 307–314
- Prakasa Rao, E.V.S., R.S.G. Rao and S. Ramesh 1995.Seasonal variation in oil content and its composition in two chemotypes of scented geranium (*Pelargonium* spp.). J. Essent. Oil Res. 7: 159–163.
- Putievsky, E. 1983. Temperature and day-length influences on the growth and germination of sweet basil and oregano. J. Hort. Sci. 58: 583-587.
- Putievsky, E., U. Ravid and N. Dud 1988. Phenological and seasonal influences on essential oil of a cultivated clone of *Origanum vulgare* L. J. Agric. Food Sci. 43: 225–228.
- Putievsky, E., D. Nativ and R. Uzi 1997.Cultivation, selection and conservation of oregano species in Israel. In: S. Padulosi, ed., Oregano. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano, pp. 103-110, 8–12 May 1996, Valenzano (Bari), Italy. IPGRI, Rome.
- Ramraj, P., K. Alagumalai and C.S.S. Hepziba 1991. Effect of leaf extract of *Origanum vulgare* (Fam. Lamiaceae) on the hatching eggs of *Meloidogyna incognita*. Indian J. Nematology 21(2): 156-157.
- Ravid, U. and E. Putievsky 1985.Composition of essential oils of *Thymbra spicata* and *Satureja thymbra* chemotypes. Planta Med. 53: 337–338.
- Razin, A.M., E.A. Omer, A.M. Refaat and H.E. Ouda 1992. Response of thyme *Thymus vulgaris* L. to foliar fertilization with some micronutrients. Egypt. J. Appl. Sci. 7(6): 614-624.
- Rechinger, K. H. fil.(1943) Flora Aegaea.Akad.Wiss. Wien. Math.-Naturwiss. Kl., Denkscht: 105(1), 531-532.



- Regnault-Roger, C. and A. Hamraoui 1993. Influence d'huiles essentielles aromatiques sur *Acanthoscellides obtectus* Says, Bruche du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Bot. Gallica* 140(2): 217-222.
- Remmal, A., T. Bouchikhi, K. Rhayour, M. Ettayeb and A. Tantaoui-Elaraki 1993. Improved method for the determination of antimicrobial activity of essential oils in agar medium. *J. Essent. Oil Res.* 5(2): 179-184.
- Reverchon, E. (1997). Supercritical fluid extraction and fractionation of essential oils and related products. *J. Supercrit. Fluids*, 10, 1-37.
- Rodrigues, M.R.; Caramão, E.B.; Santos, J.G.; Dariva, C.; Oliveira, J.V. (2003). The effects of temperature and pressure on the characteristics of the extracts from high-pressure CO<sub>2</sub> extraction of *Majorana hortensis* Moench. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 453- 456.
- Rodrigues, M.R.; Krause, L.C.; Caramão, E.B.; Santos, J.G.; Dariva, C.; Oliveira, J.V. (2004). Chemical composition and extraction yield of the extract of *Origanum vulgare* obtained from sub and supercritical CO<sub>2</sub>. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 3042- 3047.
- Rovesti, P. 1957. Recherches sur les essences de quelques chemotypes de Labiees. *Pharm. Weekbl.* 92: 830-832.
- Roy, P. S., M.C. Porwal and L. Sharma 2001. Mapping of *Hippophae rhamnoides* Linn. in the adjoining areas of Kaza in Lahul and Spiti using remote sensing and GIS. *Current Sci.* 80(9): 1107-1111.
- Ruberto, G., D. Biondi, R. Meli and M. Piattelli (1993). Volatile flavour components of Sicilian *Origanum onites* L.. *Flavour and Fragrance Journal.* 8(4):197-200.
- Russo, M., G.C. Galletti, P. Bocchini and A. Carnacini 1998. Essential oil chemical composition of wild population of Italian Oregano spice (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart): A preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis. 1. Inflorescences. *J. Agric. Food Chem.* 46: 3741-3746.
- Ruzicka, L., A. Eschenmoser and H. Heusser 1953. The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds. *Experientia* 9: 357-396.
- Said-Al Ahl, H.A.H., E.A. Omer and N.Y. Naguib 2009a. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano. *Int. AgropHysics* 23: 269-275.
- Said-Al Ahl, H.A.H., S.H. Ayad and S. F. Hendawy, 2009b. Effect of potassium humate and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of Oregano under different irrigation intervals. *J. Appl. Sci.* 2(3): 319-323.
- Sakata I. and T. Mitsui 1980. Seasonal variation in menthyl glucoside, menthol, menthone and related monoterpenes in developing Japanese peppermint. *J. Agric. Chem. Soc. Japan.* 54: 1037-1043.
- Sandermann, W. 1962. Terpenoids: Structure and Distribution. In: M. Florkin and H.S. Mason, eds, *Comparative Biochemistry*, Vol. 3, Part A, pp. 503-590, Academic Press, N.Y.

- Sangwan, N.K., K.S. Dhindsa, O.P. Malik, G.D. Sharma and R.S. Paroda 1982. Quantitative changes in levels of essential oil in *C. martinii* var. *motia* during different growth stages and on ageing the harvested crop in field and Laboratory. In: Proc. Nat. Sem. Med Arom., Plants., India.
- Sangwan, N.S., A.H.A. Farooqi, F. Shabih and R.S. Sangwan 2001. Regulation of essential oil production in plants. *J. Plant Growth Regul.* 34: 3-21.
- Sari, M., D.M. Biondi, M. Kabbeche, G. Mandalari, M. D'Arrigo, G. Bisignano, A. Saija, C. Daquino and G. Ruberto 2006. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of several populations of Algerian *Origanum glandulosum* Desf. *Flav.Fragr. J.* 21: 890–898.
- Sarlis, G.P. 1994. Contribution to the study of the flora of Attica (Greece). *Lagascalia* 17(2): 229-256.
- Schery, R.W. 1972. *Plants for man*. 2ed, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Schilcher, H. 1977. Vorschlag zu einer biologisch orientierten Definition der ätherischen Ole. *Dtsche. Apoth. Ztg.* 117: 89-91.
- Schimper, A. F. W. (1903) *Plant Geography Upon a Physiological Basis*. Clarendon, Oxford.
- Seal, H.L. 1964. *Multivariate statistical analysis for biologists*. Methuen, London.
- Sell C.S. 2003. *A fragrant introduction to terpenoid chemistry*. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Scientific Park, Milton Road, Cambridge, UK. pp. 410.
- Sendra, J.M. and P. Cunat, 1980. Volatile constituents of Spanish *Origanum* (*Coridothymus capitatus*) essential oil. *Phytochem.* 19: 89–92.
- Sergeeva, S. and V.A. Solzneva 1979. Essential oil accumulation and changes in its qualitative composition during peppermint ontogeny. *Fiziol Biokhim Kult Rast.* 11: 268–270.
- Servettaz, O., A. Pinneti, F. Bellesia and L. Bini-Maleci 1994. Micromorphological and phytochemical research on *Teucrium scorodonia* and *teucrium siculum* from the Italian flora. *Acta Bot.* 107: 416-421.
- Shaaya, E., U. Ravid, N. Paster, M. Kostjukovsky, M. Menasherov and S. Plotkin 1993. Essential oils and their components as active fumigants against several species of stored product insects and fungi. *Acta Hort.* 344: 131-137.
- Shalaby, A. and A.M. Razin 1992. Dense cultivation and fertilization for higher yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 168: 243-248.
- Shapiro, S.; Meier, A.; Guggenheim, B. (1994). The antimicrobial activity of essential oils and essential oil components towards oral bacteria. *Oral Microbiol. Immunology*, 9, 202-208.
- Silva, N.; Junqueira, V.C.A.; Silveira, N.F.A. (1997). *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*. Livraria Varela, São Paulo.

- Silvertown, J.W. (1980) Leaf-canopy-induced seed dormancy in a grassland flora. *New Phytologist* 85,109-118.
- Singh M., G.R.S. Rao and S. Ramesh 1997. Irrigation and nitrogen requirement of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* (Sleud) Wats) on a red sandy loam soil under semiarid tropical conditions. *J. Essent. Oil Res.* 9: 569-574.
- Singh M. and G.R.S. Rao 2009. Influence of source and doses of N and K on herbage , oil yield and nutrient uptake of patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.) in semi-arid tropics. *Ind. Crops Prod.* 29: 229-234.
- Sivropoulou, A., E. Papanikolaou, C. Nikolaou, S. Kokkini, T. Lanaras and M. Arsenakis 1996. Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 44(5): 1202-1205.
- Skoula, M. and J.B. Harborne 2002. The taxonomy and chemistry of *Origanum*. In: S.E. Kintzios, ed., *Oregano the genera Origanum and Lippia*, pp. 67-108, Taylor and Francis, London and New York.
- Skoula, M., R.J. Grayer and G.C. Kite 2005. Surface flavonoids in *Satureja thymbra* and *Satureja spinosa* (Lamiaceae). *Biochem. Syst. Ecol.* 33: 541-544.
- Soliman, F.M., M.F. Yousif, S.S. Zaghoul, M.M. Okba and E.M. El-Sayed 2007. Seasonal variation in the essential oil composition of *Origanum syriacum* l. subsp. *sinaicum* greuter and burdet; evaluation of its tocolytic activity. *Egy. J. Biomed. Sci.* 23(1): 121-134.
- Sotiropoulou, D.E. and A.J. Karamanos 2010. Field studies of nitrogen application on growth and yield of Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart). *Ind. Crops Prod.* 32(3): 450–457.
- Sotomayor, J.A., Martínez, R.M., García, A.J., Jordán, M.J., 2004. *Thymus zygis* subsp. *gracilis*: watering level effect on phytomass production and essential oil quality. *J. Agric. Food Chem.* 52, 5418–5424.
- Stahl, Eg. 1957. Chemische Rassen bei Pflanzen mit terpenoiden Inhaltstoffen. *Pharm. Weekbl.* 92: 829-842.
- Steel, R.G.B., Torrie, J.H., Dickey, D.A., 1997. *Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach*, third ed. McGraw-Hill, New York. Turesson, G., 1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. *Hereditas* 3, 147–236.
- Stopp, K. (1952) *Morphologische und verbreitungsbiologische Untersuchungen tiber persistierende Blütenkelche*, Abhandlungen der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse, Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz 12, 903-971.
- Tabrizi, L., A. Koocheki, P. Rezvani and M. Nassiri 2010. Chemical composition of the essential oils from *Thymus transcaspicus* in natural habitats. *Chem. Nat. Comp.* 46(1): 121-124.
- Taiz, L. and E. Zeiger 1991. *Plant physiology*. Sinauer Associates, Inc.

- Takeuchi, K., H. Yanai and B.N. Murherjee 1982. The foundation of multivariate analysis. A unified approach by means of projection onto linear subspaces. Wiley, New Delhi.
- Tarayre, M., Thompson, J.D., Escarre, J. and Linhart, Y.B. (1995) Intra-specific variation in the inhibitory effects of *Thymus vulgaris* (Labiatae) monoterpenes on seed germination. *Oecologia* 101, 110-118.
- Tepe, B.; Donney, E.; Unlu, M.; Candan, F.; Daferera, D.; Unlu, G.V.; Polissiou, M.; Sokmen, A. (2004). Antimicrobial and antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *S. cryptantha* (Montbret et Aucher ex Benth.) *S. multicaulis* (Vahl.). *Food Chem.*, 84, 519-525.
- Tetenyi, P. 1958. Proposition a propos de la nomenclature des races chimiques. *Taxon* VII: 40-41. Wageningen conference lecture, 1957.
- Tetenyi, P. 1992. Chemotaxonomic Aspects of Essential oils. In: L. Craker, and J. Simon, eds, *Herbs Spices and Medicinal Plants*, Vol. 1, pp. 11-32, Food Products Press, N.Y.
- Thanos, C.A. (1993) Germination ecophysiology of Mediterranean aromatic plants. pp 281-287 in Come, D. and Corbineau, F. (Eds) *Proceedings of the Fourth International Workshop on Seeds. Basic and Applied Aspects of Seed Biology*. Angers, France 20-24 July, 1992. Vol. 1. Paris, ASFIS.
- Thanos, C.A. and Doussi, M.A. (1995) Ecophysiology of seed germination in aromatic labiates of Crete. *Israel Journal of Plant Sciences* (in press.)
- Thanos, C.A., Georghiou, K. and Delipetrou, P. (1994) Photoinhibition of seed germination in the maritime plant *Matthiola tricuspidata*. *Annals of Botany* 73, 639-644.
- Thanos, C.A., C.C. Kadis and F. Skarou 1995. Ecophysiology of germination in the aromatic plants thyme, savory and oregano (Labiatae). *Seed Sci. Res.* 5: 161-170.
- Thompson, D.P. 1990. Influence on pH on the fungitoxic activity of naturally occurring compounds. *J. Food Prot.* 53: 428-429.
- Thompson, P.A. (1970) Characterization of the germination response to temperature of species and ecotypes. *Nature* 225, 827-831.
- Toncer, O., S. Karaman and E. Diraz 2010. An annual variation in essential oil composition of *Origanum syriacum* from Southeast Anatolia of Turkey. *J. Med. Plants Res.* 4(11): 1059-1064.
- Tucker, A.O. and M.J. Maciarello 1994. In: G. Charalambous, ed., *Spices, Herbs and Edible Fungi*, pp. 439-456, Elsevier Sciences B.V., Oxford, UK.
- Tuns, I. and S. Sahinkaya 1998. Sensitivity of two greenhouse pests to vapours of essential oils. *Entomol. Exp. et Appl.* 86(2): 183-187.
- U. Ravid, E. Putievsky, I. Katzir and R. Ikan, Determination of the enantiomeric composition of terpinen-A-ol in essential oils using a permethylated  $\beta$ -cyclodextrin coated chiral capillary column. *Flav. Fragr. J.*, 7, 49-52 (1992).

- U. Ravid, E. Putievsky and I. Katzir, Determination of the enantiomeric composition of  $\alpha$ -terpineol in essential oils. *Flav.Fragr.J.*, 10, 281-284 (1995).
- U. Ravid, E. Putievsky and I. Katzir, Stereochemical analysis of borneol in essential oils using permethylated  $\beta$ -cyclodextrin as a chiral stationary phase. *Flav.Fragr.J.*, 11, 191-195 (1996).
- Vági, E.; Simándi, B.; Suhajda, Á.; Héthelyi, É. (2005). Essential oil composition and antimicrobial activity of *Origanum majorana* L. extracts obtained with ethyl alcohol and supercritical carbon dioxide. *Food Res. Int.*, 38, 51-57.
- Vardar-Ünlü, G., Candan, F., Sökmen, A., Daferera, D., Polissiou, M., Sökmen, M., Dönmez, E., Tepe, B., 2003. Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and methanol extracts of *Thymus pectinatus* Fixch. et Mey. *Thymus pectinatus* (Lamiaceae). *J. Agr. Food Chem.* 51, 63–67.
- Vazquez, S.R. and N.T. Dunford 2005. Bioactive components of Mexican Oregano oil as affected by moisture and plant growth. *J. Essent. Oil Res.* 17: 668-671.
- Velickovic, D.T.; Randjelovic, N.V.; Ristic, M.S.; Smelcerovic, A.A.; Velickovic, A.S. (2002). Chemical composition and antimicrobial action of the ethanol extracts of *S. pratensis* L. *S. glutinosa* L. *S. aethiopsis* L. *J. Serbia Chem. Soc.*, 67, 639-646.
- Vokou, D. Volatile oils and their role in phrygic ecosystems, Doctorate thesis, University of Thessaloniki (in Greek with English summary), (1983).
- Vokou, D. (1992) The allelopathic potential of aromatic shrubs in phrygic (East Mediterranean) ecosystems. In *Allelopathy: Basic and Applied Aspects* (Rivzi, S. J. H. and Rivzi, V., eds), pp. 303-320. Chapman and Hall, London.
- Vokou, D., S. Kokkini, and J.M. Bessiere 1988. *Origanum onites* (Lamiaceae) in Greece: distribution, volatile oil yield, and composition. *Econ. Bot.* 42: 407–412.
- Vokou, D., S. Kokkini, and J.M. Bessiere 1993. Geographic variation of Greek Oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) essential oils. *Biochem. Syst. Ecol.* 21(2): 287–295.
- Vokou, D. and Margaris, N. S. (1982) Structural and physiological features of woody plants in phrygic ecosystems related to adaptive mechanisms. *Ecol. Medit.* 8, 449-459.
- Von Hertwig, I.F. (1986). *Plantas aromáticas e Mediciniais - Origanum vulgare* L.; Icone Editora Ltda: São Paulo, SP. p. 361.
- Walkley, A. and I.A. Black, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63: 251-263.
- Wallach, O. 1914. *Terpene und Camphor*. 2nd ed. Vit. Leipzig.
- Warning, E. (1909) *Oecology of Plants*. Oxford University Press, Oxford.

- Werker, E., U. Ravid and E. Putievsky 1985a. Structure of glandular hairs and identification of the main components of their secreted material in the same species of the Labiateae. *Isr. J. Bot.* 34: 31-45.
- Werker, E., E. Putievsky and U. Ravid 1985b. The essential oils and glandular hairs in different chemotypes of *Origanum vulgare* L. *Ann. Bot.* 55: 793-801.
- Werker, E. 1993. Function of essential oil secreting glandular hairs in aromatic plants of Lamiaceae - a review. *Flav.Fragr. J.* 8: 249-255.
- Yaldiz, G, N. Sekeroglu, M. Ozgüven, M. Kirpik (2005). Seasonal and diurnal variability of essential oil and its components in *Origanum onites* L. grown in the ecological conditions of Cukurova. *Grasas y Aceites.* 56(4):254-258.
- Yanhe L., L.E. Craker and T. Polter 1995. Effect of light levels on essential oil production of sage (*S. officinalis*) and thyme (*T. vulgaris*). In: *International Symps Med. Arom. Plants.* Amherst, Massachusetts, USA.
- Yilmaz, B., S. Gulez and L.F. Kaya 2010. Mapping of biotopes in urban areas: A case study of the city of Bartın and its environs, Turkey. *Scientific Res. Essays* 5(4): 352-365.