

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΜΑ: Χημειοτυπικός προσδιορισμός, χωρική αποτύπωση και αξιολόγηση του παραγωγικού δυναμικού αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών των γενών *Origanum*, *Satureja* και *Coridothymus* της νήσου Ικαρίας.



Γεώργιος Ν. Παναγόπουλος

Αθήνα 2012

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Χημειοτυπικός προσδιορισμός, χωρική αποτύπωση και αξιολόγηση του παραγωγικού δυναμικού αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών των γενών *Origanum*, *Satureja* και *Coridothymus* της νήσου Ικαρίας.

Γεώργιος Ν. Παναγόπουλος

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Γαρυφαλιά Οικονόμου, Επ. Καθηγήτρια, ως Επιβλέπουσα

Ανδρέας Καραμάνος, Καθηγητής, ως Μέλος

Πέτρος Ταραντίλης, Επ. Καθηγητής, ως Μέλος

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

Γαρυφαλιά Οικονόμου, Επ. Καθηγήτρια, Τμήμα ΕΦΠ, Εργ. Γεωργίας,
Γ.Π.Α.

Ανδρέας Καραμάνος, Καθηγητής, Τμήμα ΕΦΠ, Διευθυντής Εργ.
Γεωργίας, Γ.Π.Α.

Πέτρος Ταραντίλης, Επ. Καθηγητής, Γενικό Τμήμα, Εργ. Γενικής
Χημείας, Γ.Π.Α.

Στέλλα Κοκκίνη, Καθηγήτρια, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βοτανικής,
Α.Π.Θ.

Κωνσταντίνος Θάνος, Καθηγητής, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας
Βοτανικής, Ε.Κ.Π.Α.

Σπυρίδων Κίντζιος, Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονικής Βιοτεχνολογίας,
Εργ. Φυσιολογίας & Μορφολογίας Φυτών, Γ.Π.Α.

Διονύσιος Καλύβας, Επ. Καθηγητής, Τμήμα ΑΦΠ & ΓΜ, Εργ.
Γεωργικής Χημείας & Εδαφολογίας, Γ.Π.Α

Αθήνα 2012

“Η έγκρισις της παρούσης διδακτορικής διατριβής
υπό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών
δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμεων του συγγραφέως”
{ Νόμος 5343/1932, άρθρο 202 }

Στη μητέρα μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Επιπλέον, ξεχωριστά θέλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Καραμάνο Ανδρέα για την καθοδήγηση, τις εύστοχες παρατηρήσεις και διορθώσεις του. Αισθάνομαι ακόμα την ανάγκη να ευχαριστήσω τον Επ. Καθηγητή κ. Ταραντίλη Πέτρο για τις χρήσιμες συμβουλές και υποδείξεις του σε θέματα αναλυτικής χημείας καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Επίσης, θα πρέπει να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια Α.Π.Θ. κα. Κοκκίνη Στέλλα, τον Καθηγητή Ε.Κ.Π.Α κ. Θάνο Κωνσταντίνο και τον Καθηγητή Γ.Π.Α. κ. Κίντζιο Σπυρίδωνα για το χρόνο που αφιέρωσαν στη μελέτη της διδακτορικής μου διατριβής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω προς τον Επ. Καθηγητή Καλύβα Διονύσιο για την αμέριστη βοήθειά του, καθώς και για τις χρήσιμες υποδείξεις του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μελέτης.

Θα ήθελα ιδιαιτέρως να ευχαριστήσω τον Καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γενικής Χημείας του ΓΠΑ κ. Πολυσίου Μόσχο για τη δυνατότητα που μου έδωσε, να εκτελέσω ένα σημαντικό μέρος των εργαστηριακών αναλύσεων της διατριβής μου στο εργαστήριο Χημείας, καθώς και για τις συμβουλές του σε θέματα αναλυτικής χημείας.

Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω την αδελφή μου και φιλόλογο Παναγοπούλου Καλλιόπη για την επιμέλεια του κειμένου.

Ξεχωριστά θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους και προπάντων φίλους Βασίλη Κωτούλα και Στέλιο Τσιώρο 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 κα. Δήμητρα Δαφερέρα και κ. Χάρη Κανάκη του Εργαστηρίου Γενικής Χημείας, όπως και προς τον κ. Στέλιο Δάλλα του Εργαστηρίου Γεωργικής Χημείας, οι οποίοι με βοήθησαν σημαντικά στη διεκπεραίωση των εργαστηριακών αναλύσεων και μετρήσεων της παρούσης εργασίας. Θερμά ευχαριστώ και την Ερευνητική Μονάδα Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS) του ΓΠΑ για την πολύτιμη και αμέριστη συμπαράσταση που μου παρείχε.

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.

Εκφράζω, επιπροσθέτως, τις θερμές μου ευχαριστίες στους συναδέλφους γεωπόνους Κώστα Πιέρο και Γιάννη Στεφανόπουλο για τη βοήθειά τους και την ευγενική συνεργασία τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διδακτορικής μου διατριβής

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τους δήμους Ευδήλου Ικαρίας και Φούρνων Κορσεών για την οικονομική στήριξη, καθώς και για τις διευκολύνσεις που προσέφεραν κατά τη διενέργεια της παρούσας μελέτης.

Ολοκληρώνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τόσο τη μητέρα μου Παναγιώτα, όσο και τη φίλη μου Χαρά για την αγόγγυστη συμπαράστασή τους, χωρίς την οποία θα ήταν ανέφικτη η ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|------------------|----|
| ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ..... | I |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | VI |
| SUMMARY..... | IX |

1^ο Κεφάλαιο

| | |
|---|----|
| 1. Εισαγωγή..... | 1 |
| 1.1 Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά..... | 1 |
| 1.1.1 Ιστορικά στοιχεία..... | 1 |
| 1.1.2 Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά της Ελλάδας..... | 2 |
| 1.1.3 Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά πλούσια σε καρβακρόλη..... | 3 |
| 1.1.3.1 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά..... | 3 |
| 1.1.3.2 Ταξινόμηση – Περιγραφή..... | 4 |
| 1.1.4 Χρήσεις των Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών..... | 5 |
| 1.1.4.1 Αντιμυκητιακή δράση..... | 5 |
| 1.1.4.2 Αντιβακτηριδιακή δράση..... | 6 |
| 1.1.4.3 Αντιοξειδωτική δράση..... | 6 |
| 1.1.4.4 Εντομοκτόνος, νηματοδοκτόνος και ζιζανιοκτόνος δράση..... | 6 |
| 1.1.5 Η Καλλιέργεια των Αρωματικών και Φαρμακευτικών φυτών – Προβλήματα – Προοπτικές..... | 7 |
| 1.1.5.1 Κλιματικές και εδαφικές απαιτήσεις..... | 7 |
| 1.1.5.2 Πολλαπλασιασμός..... | 8 |
| 1.1.5.2.1 Εγγενής πολλαπλασιασμός..... | 8 |
| 1.1.5.2.2 Αγενής πολλαπλασιασμός..... | 8 |
| 1.1.5.3 Τεχνική καλλιέργειας..... | 9 |
| 1.1.5.3.1 Προετοιμασία αγρού..... | 9 |
| 1.1.5.3.2 Εγκατάσταση φυτείας..... | 9 |
| 1.1.5.3.3 Ζιζανιοκτονία..... | 9 |
| 1.1.5.4 Συγκομιδή..... | 10 |
| 1.1.5.4.1 Ειδική περίοδος ωρίμανσης..... | 10 |
| 1.1.5.4.2 Παρακολούθηση καλλιεργειών..... | 10 |
| 1.1.5.5 Ξήρανση..... | 10 |
| 1.1.5.6 Προοπτικές της καλλιέργειας αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα..... | 11 |
| 1.1.5.7 Προβλήματα στην καλλιέργεια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών..... | 12 |
| 1.1.5.8 Προτάσεις για την ανάπτυξη του τομέα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών..... | 12 |
| 1.2 Αιθέρια έλαια..... | 14 |
| 1.2.1 Ο ρόλος των αιθέριων ελαίων στα φυτά..... | 14 |
| 1.2.2 Παραγωγή του αιθέριου ελαίου..... | 15 |
| 1.2.3 Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων..... | 17 |
| 1.2.3.1 Φαινυλ-προπάνια..... | 17 |
| 1.2.3.2 Τερπένια..... | 17 |
| 1.2.3.2.1 Ταξινόμηση των τερπενίων..... | 20 |
| 1.2.3.2.2 Τερπένια των αιθέριων ελαίων φυτών «ρίγανης» και η μοριακή δομή τους..... | 21 |
| 1.2.4 Παραλλακτικότητα των αιθέριων ελαίων..... | 22 |

| | |
|--|----|
| 1.2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή και την σύσταση του αιθέριου ελαίου των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών..... | 23 |
| 1.2.5.1 Οντογένεση των φυτών..... | 23 |
| 1.2.5.2 Φωτοσύνθεση..... | 24 |
| 1.2.5.3 Φωτοπερίοδος..... | 24 |
| 1.2.5.4 Ποιότητα φωτός..... | 24 |
| 1.2.5.5 Εποχή και κλίμα..... | 24 |
| 1.2.5.6 Εδαφικοί παράγοντες..... | 25 |
| 1.2.5.7 Επιπτώσεις αβιοτικής καταπόνησης..... | 26 |
| 1.2.5.7.1 Υγρασία..... | 26 |
| 1.2.5.7.2 Αλατότητα..... | 26 |
| 1.2.5.7.3 Θερμοκρασία..... | 26 |
| 1.2.6 Παραλαβή των αιθέριων ελαίων από τα φυτά..... | 27 |
| 1.2.7 Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός της χημικής σύστασης των αιθέριων ελαίων..... | 27 |
| 1.2.8 Χημειοταξινόμηση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών με βάση τα αιθέρια έλαια..... | 28 |
| 1.3 Χωρική αποτύπωση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών..... | 29 |
| 1.3.1 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)..... | 30 |
| 1.3.1.1 Γεωγραφικές πληροφορίες..... | 30 |
| 1.3.1.2 Χαρακτηριστικά των ΣΓΠ..... | 31 |
| 1.3.2 Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού θέσης (GPS)..... | 32 |
| 1.3.3 Εφαρμογές των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού θέσης..... | 32 |
| 1.4 Προσαρμοστικότητα αυτοφυών βιοτύπων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας..... | 33 |
| 1.5 Σκοπός της Διατριβής..... | 35 |
| 1.6 Πρωτοτυπία της διατριβής..... | 36 |

2^ο Κεφάλαιο

| | |
|---|----|
| 2. Υλικά και Μέθοδοι..... | 37 |
| 2.1 Περιοχές Μελέτης..... | 37 |
| 2.2 Συλλογή φυτικού υλικού..... | 38 |
| 2.2.1 Συλλογή φυτικού υλικού αυτοφυών βιοτύπων της Νήσου Ικαρίας για χημική ανάλυση..... | 38 |
| 2.2.2 Επιλογή και συλλογή φυτικού υλικού για την δημιουργία των πειραματικών αγρών... | 39 |
| 2.3 Πειραματικοί Αγροί..... | 39 |
| 2.3.1 Εγκατάσταση πειραματικών Αγρών..... | 39 |
| 2.3.2 Στοιχεία για τους πειραματικούς αγρούς..... | 41 |
| 2.3.3 Δειγματοληψία φυτικού υλικού από τις φυτείες στην Αθήνα και στην Ικαρία για χημική ανάλυση..... | 41 |
| 2.4 Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των αιθέριων ελαίων..... | 42 |
| 2.4.1 Ξήρανση φυτικού υλικού για παραλαβή του αιθέριου ελαίου..... | 42 |
| 2.4.2 Παραλαβή του αιθέριου ελαίου..... | 42 |
| 2.4.3 Χημική ανάλυση..... | 42 |
| 2.5 Συλλογή και ανάλυση εδαφικού υλικού..... | 43 |
| 2.6 Γεωγραφική Βάση Δεδομένων..... | 44 |
| 2.7 Μετεωρολογικά δεδομένα..... | 44 |
| 2.7.1 Μετεωρολογικά δεδομένα για τους αυτοφυής πληθυσμούς..... | 44 |
| 2.7.2 Μετεωρολογικά δεδομένα για τις περιοχές των πειραματικών αγρών..... | 44 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 2.8 Μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης..... | 45 |
|---------------------------------------|----|

3^ο Κεφάλαιο

| | |
|--|-----|
| 3. Αποτελέσματα..... | 47 |
| 3.1 Χωρική αποτύπωση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών τύπου καρβακρόλης (<i>S. thymbra</i> L., <i>O. onites</i> L., <i>O. hirtum</i> Link και <i>C. capitatus</i> L.) της νήσου Ικαρίας και δημιουργία βάσεως δεδομένων με τη χρήση του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών..... | 47 |
| 3.1.1 Αποτύπωση της εξάπλωσης των τεσσάρων ειδών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών της νήσου Ικαρίας..... | 47 |
| 3.1.2 Αποτύπωση των αβιοτικών παραμέτρων των σταθμών συλλογής..... | 49 |
| 3.1.2.1 Υψόμετρο..... | 49 |
| 3.1.2.2 Έκθεση (Προσανατολισμός)..... | 51 |
| 3.1.2.3 Εδαφολογικές παράμετροι..... | 53 |
| 3.1.2.3.1 Μηχανική σύσταση..... | 53 |
| 3.1.2.3.2 Ολικό άζωτο..... | 56 |
| 3.1.2.3.3 Αντίδραση του εδάφους (pH)..... | 57 |
| 3.1.2.3.4 Οργανική ουσία..... | 57 |
| 3.1.2.3.5 Ανταλλάξιμο Νάτριο..... | 61 |
| 3.1.2.3.6 Ανταλλάξιμο Κάλιο..... | 61 |
| 3.1.2.3.7 Ανταλλάξιμο Ασβέστιο..... | 61 |
| 3.1.2.3.8 Ανταλλάξιμο Μαγνήσιο..... | 62 |
| 3.1.2.3.9 Ανθρακικό ασβέστιο..... | 67 |
| 3.1.2.3.10 Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων..... | 67 |
| 3.1.3 Αποτύπωση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας των ειδών σε αιθέριο έλαιο και της εκατοστιαίας (%) σύστασης αυτού ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα τρία έτη..... | 70 |
| 3.1.3.1 Αποτύπωση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας των ειδών σε αιθέριο έλαιο ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα τρία έτη..... | 70 |
| 3.1.3.2 Αποτύπωση της μέσης εκατοστιαίας (%) σύστασης του αιθέριου ελαίου των ειδών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα τρία έτη..... | 72 |
| 3.1.3.2.1 Καρβακρόλη..... | 72 |
| 3.1.3.2.2 γ- Τερπινένιο..... | 72 |
| 3.1.3.2.3 π-Κυμένιο..... | 72 |
| 3.1.3.2.4 Καρυοφυλλένιο..... | 73 |
| 3.1.4 Συζήτηση..... | 78 |
| 3.1.5 Συμπεράσματα..... | 81 |
| 3.2 Παραλλακτικότητα της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο και της χημικής σύστασης αυτού των ειδών <i>S. thymbra</i> L., <i>O. onites</i> L., <i>O. hirtum</i> Link και <i>C. capitatus</i> L. για τρία διαδοχικά έτη..... | 82 |
| 3.2.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο..... | 82 |
| 3.2.2 Χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου..... | 83 |
| 3.2.3 Ενδοειδική χημειοταξινόμηση μεταξύ των ετών..... | 91 |
| 3.2.3.1 <i>S. thymbra</i> | 93 |
| 3.2.3.2 <i>O. onites</i> | 96 |
| 3.2.3.3 <i>O. hirtum</i> | 98 |
| 3.2.3.4 <i>C. capitatus</i> | 100 |
| 3.2.4 Χημειοταξινόμηση των ειδών για τα τρία έτη..... | 103 |
| 3.2.5 Συζήτηση..... | 106 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.6 Συμπεράσματα..... | 109 |
| 3.3 Επίδραση αβιοτικών παραγόντων στην παραγωγή και στην σύσταση του αιθέριου ελαίου των ειδών <i>S. thymbra</i> L., <i>O. onites</i> L., <i>O. hirtum</i> Link και <i>C. capitatus</i> L. για τρία διαδοχικά έτη..... | 110 |
| 3.3.1 Κλιματικές Παράμετροι..... | 110 |
| 3.3.2 Επίδραση εδαφολογικών παραμέτρων στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και στην % σύσταση αυτού..... | 112 |
| 3.3.2.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο..... | 112 |
| 3.3.2.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου..... | 112 |
| 3.3.3 Επίδραση κλιματικών παραμέτρων στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και στην εκατοστιαία (%) σύσταση αυτού..... | 113 |
| 3.3.3.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο..... | 113 |
| 3.3.3.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου..... | 114 |
| 3.3.3.2.1 <i>S. thymbra</i> | 114 |
| 3.3.3.2.2 <i>O. onites</i> | 122 |
| 3.3.3.2.3 <i>O. hirtum</i> | 127 |
| 3.3.3.2.4 <i>C. capitatus</i> | 135 |
| 3.3.4 Αλληλεπίδραση των αβιοτικών παραγόντων στην παραγωγή αιθέριου ελαίου και στην εκατοστιαία (%) σύσταση αυτού..... | 142 |
| 3.3.4.1 <i>S. thymbra</i> | 143 |
| 3.3.4.1.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο..... | 143 |
| 3.3.4.1.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου..... | 146 |
| 3.3.4.2 <i>O. onites</i> | 151 |
| 3.3.4.2.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο..... | 151 |
| 3.3.4.2.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου..... | 153 |
| 3.3.4.3 <i>O. hirtum</i> | 157 |
| 3.3.4.3.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο..... | 157 |
| 3.3.4.3.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου..... | 160 |
| 3.3.4.4 <i>C. capitatus</i> | 164 |
| 3.3.4.4.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο..... | 164 |
| 3.3.4.4.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου..... | 167 |
| 3.3.5 Συζήτηση..... | 172 |
| 3.3.5.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο..... | 172 |
| 3.3.5.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου..... | 174 |
| 3.3.6 Συμπεράσματα..... | 179 |
| 3.4 Αξιολόγηση της προσαρμοστικότητας αυτοφυών βιοτύπων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών τύπου καρβακρόλης (<i>S. thymbra</i> L., <i>O. onites</i> L., <i>O. hirtum</i> Link και <i>C. capitatus</i> L.) σε συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας σε δυο διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές..... | 180 |
| 3.4.1 Κλιματικές παράμετροι για τις περιοχές των πειραματικών αγρών..... | 180 |
| 3.4.2 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο..... | 181 |
| 3.4.3 Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη..... | 183 |
| 3.4.4 Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο..... | 185 |
| 3.4.5 Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο..... | 187 |
| 3.4.6 Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρνοφυλλένιο..... | 190 |
| 3.4.7 Συζήτηση..... | 192 |
| 3.4.8 Συμπεράσματα..... | 195 |

4^ο Κεφάλαιο

| | |
|--|------------|
| 4. Γενικά συμπεράσματα - Προοπτικές..... | 196 |
| Βιβλιογραφία..... | 199 |
| Παράρτημα..... | 218 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης ήταν ο χημειοτυπικός προσδιορισμός, η χωρική αποτύπωση και η αξιολόγηση του παραγωγικού δυναμικού αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, των γενών *Origanum*, *Satureja* και *Coridothymus*, της νήσου Ικαρίας.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία της παρούσας διδακτορικής διατριβής διενεργήθηκαν τρεις εκτεταμένες ερευνητικές αποστολές για τα έτη 2008, 2009 και 2010 στη νήσο Ικαρία. Συλλέχθηκαν φυτικά δείγματα από τα είδη της οικογένειας *Lamiaceae*, *Satureja thymbra* L., *Origanum onites* L., *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart (syn. *O. hirtum* Link) και *Coridothymus capitatus* (L.) Reichenb. fil.. Όλα τα φυτικά δείγματα συλλέχθηκαν κατά την πλήρη άνθιση και από τις ίδιες θέσεις κάθε έτος με τη βοήθεια του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS). Το 2008 δημιουργήθηκαν τριάντατέσσερις (34) σταθμοί δειγματοληψίας από όπου και συλλέχθηκαν τριάνταέξι (36) φυτικά δείγματα (4 *S. thymbra*, 7 *O. onites*, 12 *O. hirtum* και 13 *C. capitatus*). Το 2009 και το 2010 από εξήντατέσσερις (64) σταθμούς δειγματοληψίας συλλέχθηκαν εβδομήνταδύο (72) φυτικά δείγματα (20 *S. thymbra*, 18 *O. onites*, 16 *O. hirtum* και 18 *C. capitatus*). Στα δείγματα κάθε έτους έγινε προσδιορισμός της περιεκτικότητας των φυτών σε αιθέριο έλαιο (υδροαπόσταξη) και ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των συστατικών του αιθέριου ελαίου τους με τη χρήση αέριας χρωματογραφίας και φασματομετρίας μαζών (GC/MS). Από κάθε σταθμό δειγματοληψίας ελήφθησαν εδαφικά δείγματα, τα οποία αναλύθηκαν ως προς τη μηχανική σύσταση, την οργανική ουσία, την ενεργότητα ιόντων υδρογόνου (pH), την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ), το ολικό άζωτο (N), το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) και τα ανταλλάξιμα κατιόντα (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Οι συντεταγμένες (γεωγραφικό πλάτος και μήκος), το υψόμετρο, η έκθεση (προσανατολισμός) και οι εδαφικές ιδιότητες κάθε σταθμού δειγματοληψίας εισήχθησαν σε μια γεωγραφική βάση δεδομένων, χρησιμοποιώντας το εμπορικό λογισμικό πακέτο GIS ArcMap ver. 9.2. Στην ίδια βάση δεδομένων εισήχθησαν επίσης τα δεδομένα των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών του αιθέριου ελαίου των φυτών από όλους τους σταθμούς δειγματοληψίας. Ακολούθησε απεικόνιση της χωρικής κατανομής των υπό διερεύνηση ειδών στο νησί, καθώς επίσης και όλων των δεδομένων από τους προαναφερθέντες παράγοντες.

Για τη διερεύνηση της προσαρμοστικότητας των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην αλλαγή των περιβαλλοντικών συνθηκών εγκαταστάθηκαν, το Νοέμβριο του 2008, δύο πειραματικοί αγροί, με οκτώ επιλεγμένους βιότυπους από τα τέσσερα υπό μελέτη είδη. Ο ένας πειραματικός αγρός εγκαταστάθηκε στην περιοχή Αρέθουσα της νήσου Ικαρίας και ο άλλος στον αγρό του ΓΠΑ στην Αθήνα. Η επιλογή των οκτώ βιοτύπων, δύο από κάθε είδος έγινε με βάση την περιεκτικότητα τους σε αιθέριο έλαιο και την περιεκτικότητα αυτού σε καρβακρόλη. Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε προέκυψε από διαίρεση φυτών από τους επιλεγμένους αυτοφυείς βιότυπους και εγκαταστάθηκε στους πειραματικούς αγρούς με βάση το πειραματικό σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων, με τρεις επαναλήψεις για κάθε βιότυπο. Το 2010 τα φυτά από κάθε πειραματικό αγρό συλλέχθηκαν κατά την πλήρη άνθιση τους σε κάθε περιοχή, λαμβάνοντας υπόψη τη

διαφοροποίηση της εποχής ανθοφορίας ανά είδος και ανά περιοχή. Στη συνέχεια, τα δείγματα αναλύθηκαν ως προς την περιεκτικότητα του ελαίου τους και τη χημική σύσταση αυτού και συγκρίθηκαν με τους αυτοφυείς βιότυπους, από τους οποίους προήλθαν.

Από τα δεδομένα προέκυψε ότι τα φυτά της *O. hirtum* εμφανίστηκαν συχνότερα σε περιοχές με βόρεια έκθεση, δηλαδή περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία, μικρότερη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και με επικράτηση της τυπικής χλωρίδας της ηπειρωτικής Ελλάδας. Τα φυτά *O. onites* εντοπίστηκαν κυρίως σε περιοχές με ανατολική και δυτική έκθεση, δίχως καμία παρουσία σε περιοχές με βόρεια έκθεση. Παρόμοια συμπεριφορά παρουσίασαν και τα φυτά *C. capitatus*, ενώ τα φυτά *S. thymbra* εντοπίστηκαν σε περιοχές με όλες σχεδόν τις εκθέσεις, παρουσιάζοντας την τάση να εμφανίζονται συχνότερα σε περιοχές με νότια έκθεση. Ως προς τις εδαφικές απαιτήσεις τους, τα είδη της παρούσας μελέτης έδειξαν να προτιμούν τα αμμοπηλώδη και πηλοαμμώδη εδάφη, ενώ σπάνια εντοπίστηκαν σε βαριά εδάφη. Η εμφάνιση των ειδών φαίνεται να μην επηρεάστηκε από την οργανική ουσία και το ολικό άζωτο του εδάφους, καθώς όλα τα είδη εντοπίστηκαν σε περιοχές που χαρακτηρίζονταν από μεγάλο εύρος τιμών για τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Αντίθετα, το pH του εδάφους φαίνεται να ήταν καθοριστικό, καθώς όλα τα είδη εντοπίστηκαν σε περιοχές με ελαφρώς όξινα έως ουδέτερα εδάφη. Στα εδάφη των περιοχών όπου εντοπίστηκε η *O. onites* η μέση τιμή του pH (7,02) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα *S. thymbra* (6,74) και *O. hirtum* (6,69). Η μέση τιμή του pH για τα εδάφη που εντοπίστηκε το *C. capitatus* (6,94) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση τιμή του pH των εδαφών που εντοπίστηκε η *O. hirtum*, ενώ δε διέφερε σημαντικά από τη μέση τιμή των εδαφών που εντοπίστηκαν τα δύο άλλα είδη. Από τα ανταλλάξιμα κατιόντα μόνο το μαγνήσιο φαίνεται ότι έπαιξε κάποιο ρόλο στην εμφάνιση των ειδών, αφού όλα τα είδη έδειξαν να προτιμούν εδάφη με υψηλές περιεκτικότητες εδαφικού μαγνησίου. Η μέση συγκέντρωση σε κάλιο (K) για τα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ως προς το παραπάνω χαρακτηριστικό. Επιπλέον, η *O. hirtum* έδειξε να προτιμά τα λιγότερο ασβεστούχα εδάφη, καθώς σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανταλλάξιμου ασβεστίου, η μέση συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca) στα εδάφη των περιοχών όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μικρότερη από αυτή των εδαφών των περιοχών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ως προς το παραπάνω χαρακτηριστικό. Όσον αφορά στο ανθρακικό ασβέστιο, αυτό φάνηκε να επηρέασε μόνο την *O. hirtum*, η οποία έδειξε να προτιμά εδάφη φτωχά σε ανθρακικό ασβέστιο. Αξίζει να αναφερθεί ότι μετά τη χαρτογράφηση των παραπάνω δεδομένων προέκυψε ότι, όσον αφορά στην περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των ειδών σε καρβακρόλη, στα είδη *S. thymbra* και *O. onites* η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη ήταν μεγαλύτερη στα φυτά του νότιου τμήματος του νησιού σε σχέση με αυτά του βορείου τμήματος. Αντίθετα αποτελέσματα από αυτά της καρβακρόλης παρουσιάστηκαν για την περιεκτικότητα του ελαίου σε γ-τερπινενίο και π-κυμένιο.

Οι τιμές της εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας των ειδών της παρούσας μελέτης σε αιθέριο έλαιο ήταν από τις υψηλότερες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και παρουσίασαν σταθερότητα, καθώς δε διαφοροποιήθηκαν σημαντικά από έτος σε έτος. Αξίζει να σημειωθεί η υπεροχή της *O. hirtum* σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο. Τα υπόλοιπα είδη κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο, με το *S. thymbra* να παρουσιάζει μια μικρή υπεροχή. Κυρίαρχο συστατικό του αιθέριου ελαίου των τεσσάρων ειδών και τα τρία έτη ήταν η καρβακρόλη, ακολουθούμενη από το γ-τερπινένιο, το π-κυμένιο και το καρυοφυλλένιο, ενώ η ισομερής της θυμόλη δεν ανιχνεύτηκε καθόλου και σε κανένα είδος. Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των συστατικών του αιθέριου ελαίου κάθε είδους παρουσίασε σημαντικές διαφορές από έτος σε έτος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα όλων των ειδών σε καρβακρόλη ήταν για όλα τα έτη πολύ υψηλή σε σχέση με τις τιμές που αναφέρονται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, παρουσιάζοντας αξιοσημείωτη σταθερότητα. Επιπλέον, με βάση τη χημική ανάλυση, επιτεύχθηκε τόσο η χημειοταξινόμηση μεταξύ των ειδών και για τα τρία έτη, όσο και η ενδοειδική χημειοταξινόμηση μεταξύ των ετών.

Η επίδραση των εδαφικών παραγόντων τόσο στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο, όσο και στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των διάφορων συστατικών στο αιθέριο έλαιο, φαίνεται να ήταν μικρή, αλλά με εμφάνιση συνεργισμού μεταξύ των παραγόντων. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα και για την επίδραση των κλιματικών παραμέτρων στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο. Αντίθετα, η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των κύριων συστατικών του αιθέριου ελαίου φαίνεται να επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της καρβακρόλης σε όλα τα φυτά επηρεάστηκε θετικά από τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους και τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Αντιθέτως, το ποσοστό της καρβακρόλης επηρεάστηκε αρνητικά από τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους και από τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους.

Τέλος, όλα τα υπό μελέτη είδη έδειξαν ισχυρή προσαρμοστικότητα υπό συνθήκες καλλιέργειας και στις δύο περιοχές (Αθήνα – Ικαρία), φανερώνοντας ότι ο γονότυπος καθορίζει περισσότερο, σε σχέση με το περιβάλλον, τη συμπεριφορά των συγκεκριμένων φυτών. Όλα τα είδη διατήρησαν τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά που είχαν ως αυτοφυή (υψηλή περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο και υψηλή περιεκτικότητα ελαίου σε καρβακρόλη), φανερώνοντας έτσι τη μεγάλη αξία του φυτικού υλικού της νήσου Ικαρίας τόσο ως πολλαπλασιαστικού υλικού, όσο και για την περαιτέρω εκμετάλλευση του υπό συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας.

SUMMARY

The objective of the present study was the chemotypic determination, spatial distribution and evaluation of carvacrol rich species (genus *Origanum*, *Satureja* and *Coridothymus*) of Ikaria Island.

Three extended scientific surveys in Ikaria Island were conducted for three successive years 2008, 2009, 2010. Samples were collected from species of the *Lamiaceae* family (*Satureja thymbra* L., *Origanum onites* L., *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Jetswaart (syn. *O. hirtum* Link), *Coridothymus capitatus* (L.) Reichenb. fil.). Plants were collected when their densities were more than 20% of the total vegetation coverage. Each year, all samples were collected during flowering stage and from the same sites by using Global Positioning System (GPS). In 2008, thirty six (36) samples (4 *S. thymbra*, 7 *O. onites*, 12 *O. hirtum* και 13 *C. capitatus*) were collected from thirty four (34) sampling stations. In 2009 and 2010, seventy two (72) samples (20 *S. thymbra*, 18 *O. onites*, 16 *O. hirtum* και 18 *C. capitatus*) were collected from sixty four (64) sampling stations. Each year, essential oil concentration of the four species was evaluated through hydrodistillation. Qualitative and quantitative analysis of the essential oil's compounds was performed with GC-MS. Soil samples from each sampling station were collected in order to determine soil's classification, organic matter, pH, cation exchange capacity (CEC), total Nitrogen (N), calcium carbonate (CaCO_3) and extractable cations (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Geographical coordinates (longitude and latitude), altitude, exposure to sunlight and soil properties of the sampling stations were imported into a geographical database using the commercial package GIS ArcMap ver. 9.2. Qualitative and quantitative characteristics of the essential oil from plants of each station were imported also in the geographical base. Maps of the distribution of the four species and of the above mentioned characteristics were also produced.

In order to evaluate the adaptation of the species in different environments two experimental fields, with eight selected biotypes from all four studied species, were created in November 2008. One experimental field was created in Arethousa territory of Ikaria island and the other in the Laboratory of Agronomy in Athens. The eight wild biotypes (two from each species), which were selected based on essential oil concentration and its carvacrol content, were used for creating the plantations. Plants used for the two plantations occurred from the separation of plants from the selected wild biotypes. Randomized complete block design with three replicants for each biotype was used in the two experimental fields. Plants from the fields were collected in 2010 during flowering stage and were analyzed for oil concentration and oil chemical composition.

According to the data *O. hirtum* plants were located in territories with north exposure, which are characterized by the typical flora of the Greek mainland, high relative humidity and less sunshine. In *O. onites*, plants were located mainly in territories with east and west exposure and had no presence in territories with north one. Similar behavior was exhibited by *C. capitatus* plants, while *S. thymbra* plants were located in territories with all kinds of exposure exhibiting a small preference to those with a south one. All species seemed to prefer sandyloam and loamsandy soils

and were rarely located in territories with heavy soils. Organic matter and total nitrogen did not seem to have any effect on species occurrence, as all species were found in territories with a wide range of the above mentioned soil parameters. On the other hand, pH played an important role in species occurrence as all species preferred acid to neutral soils. It has to be mentioned that average pH value in soils where *O. onites* occurred (7,02) was significantly higher than those of soils where *S. thymbra* (6,74) and *O. hirtum* (6,69) occurred. Among extractable cations, only magnesium (Mg) seems to have affected the occurrence of the studied species as they were all found in soils with high Mg concentrations. Concerning potassium (K) concentration, *O. hirtum* occurred in soils with significantly higher mean value in relation to the other species. Moreover, *O. hirtum* seemed to prefer less calcareous soils as it occurred in soils with significantly lower mean values of extractable calcium. Additionally, *O. hirtum* plants showed a preference to soils poor in calcium carbonate. Mapping of essential oils quantitative characteristics revealed that in *S. thymbra* and *O. onites*, carvacrol content was higher in plants that occurred in the south part of the island. Opposite results were observed for γ -terpinene and π -cymene content.

Essential oil mean concentration for all the studied species during the three years of experimentation was higher than those stated in the literature without significant differences from year to year. The superiority of *O. hirtum* in essential oil concentration against all other species is noticeable. The other studied species presented similar values of essential oil concentration. Major component of the essential oil of all species was carvacrol followed by γ -terpinene, π -cymene and caryophyllene, while carvacrol's isomer, thymol, was not detected at all. Essential oil content of all species varied significantly among the years. The high values of carvacrol content in all studied species during the three years of experimentation according to present literature have to be mentioned. Moreover, based on chemical analysis, chemotaxonomy of species for all three years and intraspecific chemotaxonomy per year was accomplished successfully.

Soil factors' effect on essential oil concentration and on the concentration of the chemical compound was insignificant and rather synergistic. Similar results were obtained for the effect of climatic factors on species essential oil concentration. On the contrary, the concentration of the essential oil's chemical compounds seemed to be affected significantly by the climatic conditions. Particularly, carvacrol content in all species was affected positively by mean temperature during the month before harvesting and by mean temperature during the last three months before harvesting. Adversely, carvacrol was affected negatively by mean relative humidity during the month before harvesting and by mean relative humidity during the last three months before harvesting.

Finally, all species seemed to have adjusted well under field condition in both experimental fields in Athens and in Ikaria, maintaining the quantitative and qualitative characteristics of their essential oil (high oil concentration and high carvacrol content). This points that the genotype's contribution on plants behavior was greater than that of the environmental factors. This study indicates the value of the aromatic and medicinal plant material, originated from Ikaria island, for breeding

processes in order for a valuable propagation material for cultivation use to be produced.

1. Εισαγωγή

1.1 Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά

1.1.1 Ιστορικά στοιχεία

Οι πρώτες οδηγίες για τη χρήση φαρμακευτικών φυτών καταγράφονται σε Αιγυπτιακούς πάπυρους, οι οποίοι χρονολογούνται από το 2000 π.Χ. Το υλικό αυτό φαίνεται να είχε αντιγραφεί από άλλες πηγές γραμμένες αρκετούς αιώνες νωρίτερα (Castiglioni, 1958). Ο Ιπποκράτης (460 π.Χ.), «πατέρας της Ιατρικής», αναφέρει σε σύγγραμμά του περί τα 400 φυτά, περισσότερα από τα οποία είναι φαρμακευτικά και αρωματικά. Ο Θεόφραστος (347 π.Χ.) περιγράφει ένα μεγάλο αριθμό αυτοφυών φαρμακευτικών φυτών και ο Διοσκουρίδης (1ος π.Χ. αιώνας) στο έργο του «Περί ύλης ιατρικής» αναφέρει 600 φαρμακευτικά φυτά. Οι Fleisher & Fleisher (1988) σε συγκριτική μελέτη τους για την παραδοσιακή χρήση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών τύπου «ρίγανης» στη μεσόγειο κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το φυτό ύσσωπος (hyssop) που αναφέρεται στη Βίβλο είναι ο χημειότυπος καρβακρόλης του φυτού *Origanum syriacum* L. και χρησιμοποιούταν σαν φάρμακο και καρύκευμα. Αρκετά φυτά βρέθηκε ότι έχουν παρόμοια σύσταση ελαίου με αυτή του ύσσωπου, ανάμεσά τους το *Coridothymus capitatus* L., το *Satureja thymbra* L. και η *Origanum vulgare* L. (Baricevic & Bartol, 2002).

Από την αρχαιότητα έως σήμερα ένας μεγάλος αριθμός ειδών του φυτικού βασιλείου χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο για τις αρωματικές και φαρμακευτικές τους ιδιότητες. Τα φυτά αυτά έχουν την ιδιότητα να συσσωρεύουν ευώδη πτητικά συστατικά σε διάφορα όργανα τους, τα οποία χρησιμεύουν στην προσέλκυση ωφέλιμων εντόμων, ζώων και πτηνών και στην απώθηση άλλων βλαβερών.

Ως αρωματικά φυτά (aromatics) θεωρούνται τα είδη του φυτικού βασιλείου με κοινό χαρακτηριστικό το ότι περιέχουν στα διάφορα μέρη τους (φύλλα, άνθη κ.λπ.) αιθέρια έλαια, ουσίες δηλαδή που όταν ελευθερωθούν εκλύουν χαρακτηριστική οσμή. Φαρμακευτικό φυτό (medicinal, therapeutic), καλείται κάθε φυτό που περιέχει ένα ή περισσότερα δραστικά συστατικά, τα οποία έχουν την ικανότητα να προλάβουν, να ανακουφίσουν ή να θεραπεύσουν ασθένειες (Σαρλής, 1994).

Στη διεθνή ορολογία τα φυτά αυτά αναφέρονται ως «Φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά» (Medicinal and Aromatic Plants, MAPs) ενώ στην χώρα μας αναφέρονται ως «Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά» (ΑΦΦ). Όλα τα φυτά που είναι αρωματικά είναι και φαρμακευτικά, ενώ μερικά φαρμακευτικά δεν είναι αρωματικά (βαλσαμόχορτο, μπελαντόνα κ.ά.). Τα φαρμακευτικά φυτά, που δεν είναι και αρωματικά είναι πολύ λίγα, συγκρινόμενα με τον αριθμό των φυτών που είναι αρωματικά και φαρμακευτικά μαζί (Κουτσός, 2006).

1.1.2 Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά της Ελλάδας

Η χλωρίδα της Ελλάδας απαριθμεί περίπου 6.000 είδη ανώτερων φυτών. Απ' αυτά τα 500-600 χαρακτηρίζονται ως αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, γεγονός που μαρτυρεί ότι η Ελλάδα πλεονεκτεί σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες σε συνθήκες παραγωγής αρωματικών φυτών. Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες, εξάλλου, ευνοούν ιδιαίτερα την ανάπτυξη αρωματικών φυτών που δίδουν προϊόντα εξαιρετικής ποιότητας (Παπαναγιώτου κ.α., 2001).

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

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (Υπ.Α.Α.Τ) 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 φαίνεται 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 τα στοιχεία του Υπ.Α.Α.Τ (2007) οι κυριότερες χώρες προορισμού των ελληνικών εξαγωγών είναι η Κύπρος (γλυκάνισος, μάραθος, 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 κορίανδρος, το κύμινο και το θυμάρι με ποσοστά 1%.

Πρέπει να τονισθεί ότι η αξία των εξαγομένων αρωματικών & 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 | | |
|-------------|-----------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|---------------------------|
| | Καλλιεργούμενη έκταση (στρ) | Παραγωγή (τόνοι) | Αυτοφυής Παραγωγή (Τόνοι) | Καλλιεργούμενη έκταση (στρ) | Παραγωγή (τόνοι) | Αυτοφυής 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/ση Αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης)
Τμήμα Αγροτικής Στατιστικής

1.1.3 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 οποίων το αιθέριο έλαιο χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά καρβακρόλης (μη κρυσταλλοποιούμενης φαινόλης) (Kokkini *et al.*, 2003). Παγκόσμια, τέσσερα είδη χρησιμοποιούνται κυρίως κάτω από την ονομασία «Ρίγανη»: η Ελληνική ρίγανη (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart), η Ισπανική ρίγανη (*Coridothymus capitatus* L.), η Τούρκικη ρίγανη (*Origanum onites* L.) και η Μεξικάνικη ρίγανη (*Lippia graveolens* 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., η *O. onites* L. και η *O. vulgare* L. Τα ίδια είδη τα οποία είναι ευρέως γνωστά και στη γειτονική Τουρκία, χρησιμοποιούνται κάτω από την ονομασία «Kekik» και θεωρούνται πλούσια σε καρβακρόλη (Kirimer, 1995).

1.1.3.1 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Τα είδη της 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 κοντότερο 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 κάρυα (Βαρδακάκης, 1993).

Η *O. hirtum* διαχωρίζεται από τα άλλα είδη *Origanum* από τους πυκνούς στάχεις οι οποίοι διακρίνονται από τα στελέχη και τους κλάδους, από τους πράσινους κάλυκες με τους πέντε οδόντες και τις λευκές δίχειλες στεφάνες. Επιπλέον, χαρακτηρίζεται από τους εμφανείς, ακόμα και με γυμνό μάτι, αδένες των φύλλων και των καλύκων. Από την άλλη πλευρά, η *O. onites* ξεχωρίζει από την ταξιανθία η οποία αποτελείται από στάχεις κατανεμημένους σε ψευδοκόρυμβο και τους μονόχειλους κάλυκες. Το *C. capitatus* έχει στενά ελλειπτικά φύλλα, επιμήκεις πεπλατυσμένους κάλυκες και βιολετί στεφάνες (Kokkini *et al.*, 2003).

1.1.3.2 Ταξινόμηση - Περιγραφή

Το *S. thymbra* είναι πολυετής ξυλώδης θάμνος ενδημικός της Μεσογείου με την εξάπλωσή του να περιορίζεται στην κεντρική και ανατολική Μεσόγειο. Το *S. thymbra* αναπτύσσεται από το επίπεδο της θάλασσας έως τα 1500m στην τυπική μεσογειακή χαμηλή βλάστηση σε ξηρά και πετρώδη περιβάλλοντα (Skoula *et al.*, 2005).

Η *O. onites* είναι πολυετές φυτό ενδημικό της νοτιο-ανατολικής Ευρώπης, της Τουρκίας και της Συρίας (Makri, 2002). Σύμφωνα με τους Skoula & Harborne (2002) η εξάπλωσή 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 (Kokkini *et al.*, 2003). Φύεται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 1400m (Kokkini *et al.*, 2004) και αναπτύσσεται κυρίως σε πετρώδη εδάφη και σε σχισμάδες βράχων (Gonouz & Ozorgucu, 1998).

Η *O. vulgare* είναι πολυετές φυτό που εκτείνεται από τις Αζόρες και τα Κανάρια νησιά έως τη Βρετανία και τη Σκανδιναβία και μετά επάνω έως την Κίνα και την Ταιβάν (Skoula & Harborne, 2002). Η Makri (2002) αναφέρει την *O. vulgare* ως ενδημική στην Ασία, την Ευρώπη και την Β. Αφρική. Η *O. hirtum* από την άλλη εντοπίζεται στην Βαλκανική χερσόνησο, την Τουρκία και την Κύπρο και φύεται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 1500m (Kokkini *et al.*, 2004).

Τέλος, το *C. capitatus* είναι πολυετής ξυλώδης θάμνος κοινός 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 700m (Thanos, 1995).

1.1.4 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):

- ο Στην μαγειρική σαν φρέσκα ή αποξηραμένα αρτύματα, βότανα, καρυκεύματα και μπαχαρικά.
- ο 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.
- ο Στη ζαχαροπλαστική, την ποτοποιία και τη βιομηχανία τροφίμων σαν αρωματικά, βελτιωτικά.
- ο Στην ιατρική και την κτηνιατρική σαν συστατικά σκευασμάτων.
- ο 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 τη 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 στη συνέχεια.

1.1.4.1 Αντιμυκητιακή δράση

Η αντιμυκητιακή δράση των αιθέριων ελαίων σχετίζεται άμεσα με τον τύπο του ελαίου δηλαδή από τα συστατικά που περιέχει 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 τους 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 αιθέριων 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 αιθέριων ελαίων φαίνεται να έχουν ανασταλτική δράση στη σποροποίηση ζυμών λόγω της εξάντλησης της

κυτταρικής ενέργειας, η οποία προκαλείται από τη μείωση της αναπνοής. Αναφέρεται ότι αιθέριο έλαιο ρίγανης μείωσε την αναπνευστική δραστηριότητα του *Saccharomyces cerevisiae*, καθώς παρατηρήθηκε μείωση της παραγωγής CO₂ και αιθανόλης (Conner *et al.*, 1984).

1.1.4.2 Αντιβακτηριδιακή δράση

Όμοια με την αντιμυκητιακή, η αντιβακτηριακή δράση των αιθέριων 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 να 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 στη φαινολική δομή φαίνεται να επηρεάζει την αντιμικροβιακή δράση των ελαίων (Dorman & Deans, 2000).

1.1.4.3 Αντιοξειδωτική δράση

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν σχετικά λίγες πληροφορίες για τους μηχανισμούς που προκαλούν αντιοξειδωτική δράση, ωστόσο τα φαινολικά συστατικά των ελαίων είναι αυτά που αναφέρονται συχνότερα ως υπεύθυνα για αυτήν τη δράση (Madsen *et al.*, 1997; Moure *et al.*, 2001). Οι Moure *et al.* (2001) αναφέρουν ότι 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 τη 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.

1.1.4.4 Εντομοκτόνος, νηματοδοκτόνος και ζιζανιοκτόνος δράση

Τα ανώτερα φυτά και ιδιαίτερα τα αρωματικά και φαρμακευτικά αποτελούν μια δυνητική πηγή καινούργιων εντομοκτόνων. Αρκετά φυσικά συστατικά από διαφορα αρωματικά φυτά (ροτενόνη, πιρεθρίνη κ.α.) διατίθενται ήδη στην αγορά (Barisevic & Bartol, 2002). Ανάμεσα στα διαφορα 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 (Karpouhtsis *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 ανέμειξαν 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 αιθέρων 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 *Cymbopogon 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.

1.1.5 Η Καλλιέργεια των Αρωματικών και Φαρμακευτικών φυτών – Προβλήματα - Προοπτικές

1.1.5.1 Κλιματικές και εδαφικές 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. Η *O. hirtum* και η *O. onites* αναπτύσσονται σε διάφορα υψόμετρα τόσο σε παραθαλάσσιες, όσο και σε ορεινές περιοχές, καθώς και σε εδάφη επικλινών, άγονων, μέτριας κα μέσης γονιμότητας περιοχών. Πρόκειται για ιδιαίτερα ανθεκτικά φυτά, αφού αντέχουν στις χαμηλές θερμοκρασίες, ευδοκιμούν σε μέσης μέχρι μέτριας σύστασης ημιορεινά εδάφη και είναι λιτοδίαιτα στις κλιματικές συνθήκες (Γκόλιαρης, 1992). Η άριστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη της *O. hirtum*

είναι 18-22 °C με όρια ανάπτυξης 4-33 °C, ενώ άριστο pH εδάφους είναι το 6,8 αλλά αναπτύσσεται και σε εδάφη με πολύ υψηλότερες τιμές (Κουτσός, 2006). Από την άλλη πλευρά, η *O. onites* αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες από 6-28 °C και σε εδάφη με pH από 4,9 έως 8,7 (Makri, 2002). Το *C. capitatus* τώρα και το *S. thymbra* είναι τυπικά μεσογειακά φυτά (Kokkini *et al.*, 2003; Skoula *et al.*, 2005). Το *C. capitatus* αντέχει σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες, αναπτύσσεται όμως καλύτερα σε θερμοκρασίες 16-22 °C. Άριστη τιμή pH εδάφους για το *C. capitatus* είναι 6,3, αλλά αναπτύσσεται και σε εδάφη με pH μέχρι 8 (Κουτσός, 2006). Το *S. thymbra* αναπτύσσεται από το επίπεδο της θάλασσας έως τα 1500m στην τυπική μεσογειακή χαμηλή βλάστηση σε ξηρά και πετρώδη περιβάλλοντα (Skoula *et al.*, 2005).

1.1.5.2 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; Κουτσός, 2006).

1.1.5.2.1 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 αποτέλεσμα φυτείες με ανομοιόμορφα φυτά. Επιπλέον, 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 έλαια.

1.1.5.2.2 Αγενής πολλαπλασιασμός

Πρόκειται για τη μέθοδο εκείνη που εφαρμόζεται αρκετά συχνά στα 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 ίδιων 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.

1.1.5.3 Τεχνική καλλιέργειας

1.1.5.3.1 Προετοιμασία αγρού

Πριν γίνει η φύτευση, ο αγρός πρέπει να έχει προετοιμαστεί καταλλήλως. Αρχικά, στον αγρό γίνεται ένα βαθύ όργωμα. Στη συνέχεια και λίγο πριν από τη φύτευση ακολουθεί ένα ελαφρύτερο και 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).

1.1.5.3.2 Εγκατάσταση φυτείας

Το φθινόπωρο (Οκτώβριος-Νοέμβριος) και η άνοιξη (Φεβρουάριος-Μάρτιος) θεωρούνται οι ιδανικότερες εποχές για τη φύτευση της ρίγανης. Για τις ελληνικές συνθήκες η πλέον κατάλληλη εποχή είναι το φθινόπωρο, μετά τις πρώτες βροχές.

Στο *C. capitatus* οι αποστάσεις φύτευσης ποικίλουν. 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, ενώ σύμφωνα με τον Κουτσό (2006), οι αποστάσεις φύτευσης είναι 25-30 cm μεταξύ των γραμμών και 60-70 cm επί των γραμμών.

Στην ρίγανη (*O. onites* και *O. hirtum*) οι αποστάσεις φύτευσης είναι 60-80 cm μεταξύ των γραμμών και 30-40 cm επί των γραμμών (Κουτσός, 2006; Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010).

1.1.5.3.3 Ζιζανιοκτονία

Η σπουδαιότερη καλλιεργητική εργασία για την πλειονότητα των αρωματικών φυτών κατά τον πρώτο χρόνο της φύτευσης είναι η ζιζανιοκτονία. Η καταπολέμηση των ζιζανίων γίνεται με τα σκαλίσματα, τα οποία, επειδή ανεβάζουν το κόστος παραγωγής, στρέφουν τις προσπάθειες στην εξεύρεση των κατάλληλων ζιζανιοκτόνων.

Αναμφίβολα, το πρόβλημα που δημιουργείται από τη χημική αντιμετώπιση των ζιζανίων και των παρασίτων στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά προέρχεται από τον εξειδικευμένο χαρακτήρα των καλλιεργειών αυτών. Κατά συνέπεια, οι χημικές ουσίες που πρέπει να επιλεγούν επιβάλλεται να μην αφήνουν υπολείμματα στα αιθέρια έλαια ούτε να επηρεάζουν τη βιοσύνθεσή τους στο φυτό.

1.1.5.4 Συγκομιδή

1.1.5.4.1 Ειδική περίοδος ωρίμανσης

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά συγκομίζονται κατά την ειδική περίοδο ωρίμανσης κατά την οποία το φυτό έχει την καλύτερη κατά περίπτωση ποιότητα, όσον αφορά στην απόδοση ή στις απαιτούμενες συγκεντρώσεις (ποιοτικές / ποσοτικές) ορισμένων δευτερογενών μεταβολιτών του (δραστικά συστατικά αιθέρια έλαια κλπ). Η συγκομιδή πραγματοποιείται με μηχανικά μέσα υψηλής τεχνολογίας (θεριστικές / κοπτικές με μαχαίρια, θεριζοαλωνιστικές, εκσκαφείς ριζών κλπ), ενώ η χειρωνακτική συγκομιδή περιορίζεται μόνο σε πολύ μικρούς κλήρους (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010).

1.1.5.4.2 Παρακολούθηση καλλιεργειών

Ο ακριβής χρόνος της ειδικής περιόδου ωρίμανσης προσδιορίζεται κάθε φορά με βάση τη μέγιστη περιεκτικότητα σε δραστικά ή απαιτούμενα συστατικά του φυτικού υλικού. Έτσι, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά πρέπει να παρακολουθούνται συστηματικά σε όλες τις φάσεις της ανάπτυξής τους και να πραγματοποιείται ποιοτική και ποσοτική ανάλυσή τους με στόχο τον προσδιορισμό του κατάλληλου χρόνου συγκομιδής (Κατσιώτης & Χαντζοπούλου, 2010).

1.1.5.5 Ξήρανση

Πρόκειται για μια από τις συνηθέστερες μεθόδους, μαζί με την αφυδάτωση, συντήρησης των φυτικών υλικών. 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 δύνανται 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 σε ποσοστό 10 %. Κατά συνέπεια, η επίτευξη του παραπάνω στόχου επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της ξήρανσης. Οι κυριότερες μορφές ξήρανσης που δύναται να χρησιμοποιηθούν είναι (Demos *et al.*, 1998):

1. Ξήρανση με έκθεση στον αέρα. Αναφέρεται στην 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.

2. Ξήρανση με θέρμανση. Χρησιμοποιείται σε βιομηχανικό επίπεδο όπου η απομάκρυνση της υγρασίας γίνεται με τη βοήθεια θερμού αέρα που εκπέμπεται από γεννήτριες. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι γύρω στους 50° C, τότε η ξήρανση διαρκεί 24-36 ώρες και στο προϊόν παραμένει 5- 10 % υγρασία. Η διάρκεια διατήρησης είναι 1 με 2 χρόνια.

3. Λυοφιλίωση. Αποτελεί μορφή τεχνητής ξήρανσης που χρησιμοποιείται αρκετά από τη βιομηχανία τροφίμων και είναι αποτελεσματική στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Κατά τη μέθοδο αυτή, το ψύχος παγώνει το προϊόν, το οποίο στη συνέχεια αποξηραίνεται με την εξάχνωση του πάγου σε κενό. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν τροποποιούνται καθόλου οι φωτοχημικές ιδιότητες του φυτικού υλικού. 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.

Αναμφίβολα, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ξήρανση των αρωματικών φυτών, αλλά δεν είναι και τόσο διαδεδομένες, όπως η ξήρανση σε κυλίνδρους, η χρήση χημικών ουσιών, τα μικροκύματα κ.λπ.

1.1.5.6 Προοπτικές της καλλιέργειας αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά και τα προϊόντα τους σύμφωνα με τον Πολυσίου (2002), έχουν μεγάλη ζήτηση στη διεθνή αγορά λόγω των πλεονεκτημάτων που διαθέτουν στα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, ενώ παράλληλα παρουσιάζουν ευκολία καθετοποιημένης παραγωγικής διαδικασίας (πρωτογενής, δευτερογενής και τριτογενής τομέας παραγωγής), χωρίς μεγάλες επενδύσεις από μικρά εταιρικά σχήματα, συνεταιρισμούς και οικογενειακές εκμεταλλεύσεις. Επιπλέον, πολύτιμη φαίνεται να είναι η συνδρομή τους στην ελληνική μελισσοκομία (Σκρουμπής, 1985).

Η καλλιέργεια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών πρέπει να θεωρείται δυναμική καλλιέργεια για τη χώρα μας, γιατί αποτελεί ιδανική λύση για την αξιοποίηση μειονεκτικών, ορεινών ή ημιορεινών εκτάσεων, στις οποίες τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά φαίνεται να ευδοκιμούν πολύ περισσότερο από άλλα είδη φυτών (Goliaris, 1997). Επιπλέον, οι Πετρόπουλος κ.ά. (1994) αναφέρουν ότι τα αρωματικά φυτά θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην αναδιάρθρωση των καλλιεργειών στην χώρα μας.

Λόγω της μεγάλης προστιθέμενης αξίας τους, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά αποκτούν οικονομικό ενδιαφέρον και θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην αύξηση του εισοδήματος των παραγωγών και στην ανάπτυξη επιχειρηματικών δραστηριοτήτων σε μειονεκτικές περιοχές με αποτέλεσμα την συγκράτηση του πληθυσμού στην ύπαιθρο (Τσόγκας, 2005). Επιπλέον, η συγκεκριμένη καλλιέργεια μπορεί να δώσει μια ώθηση στον αγροτουρισμό, στα πλαίσια του οποίου οργανώνονται επισκέψεις σε περιοχές με μεγάλη παραγωγή αρωματικών φυτών και μονάδες επεξεργασίας τους (Πολυσίου, 2002).

Αξίζει να αναφερθεί ότι τα περισσότερα είδη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών έχουν μειωμένες ή μηδαμινές απαιτήσεις σε νερό, ενώ και οι ανάγκες τους σε φυτοφάρμακα και λιπάσματα είναι ελάχιστες, συμβάλλοντας έτσι στην αειφορική διαχείριση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων.

Τέλος, με την καλλιέργεια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών θα σταματήσει η αλόγιστη και άναρχη συλλογή και εκμετάλλευση αυτοφυών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

1.1.5.7 Προβλήματα στην καλλιέργεια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών

Μέχρι σήμερα στην Ελλάδα κάθε προσπάθεια για καλλιέργεια, επεξεργασία και εμπορία των αρωματικών φυτών κατέληγε σε αποτυχία. Οι βασικοί παράγοντες που δεν επέτρεψαν να αναπτυχθεί ο συγκεκριμένος κλάδος σύμφωνα με το Υπ.Α.Α.Τ. (2007) είναι οι ακόλουθοι:

- Έλλειψη πιστοποιημένων σπόρων και πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Μη επαρκής ενημέρωση των αγροτών για την καλλιέργεια τόσο για τεχνικά ζητήματα όσο και για τις δυνατότητές της.
- Έλλειψη σύνδεσης πρωτογενούς παραγωγής και βιομηχανιών τυποποίησης/συσκευασίας ή παραγωγής αιθέριων ελαίων.
- Συγκέντρωση των κυριότερων βιομηχανικών μονάδων συσκευασίας και τυποποίησης αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών στην Αθήνα, στην Κρήτη και στη Μακεδονία.
- Μη επαρκής προώθηση της καλλιέργειας μέσω καινοτόμων συσκευασιών και αξιοποίησής τους από τη βιομηχανία ή τη βιοτεχνία παραγωγής αιθέριων ελαίων.

1.1.5.8 Προτάσεις για την ανάπτυξη του τομέα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών

Οι κατευθυντήριες γραμμές για την ανάπτυξη του προωθούμενου και πολλά υποσχόμενου τομέα των αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών μπορούν να συνοψιστούν ως κατωτέρω (ΥΠΑΑΤ., 2007):

A. Εκσυγχρονισμός γεωργικών εκμεταλλεύσεων . καλλιεργητικές πρακτικές

- Μείωση του κόστους παραγωγής μέσω της εκμηχάνισης της καλλιέργειας.
- Συλλογή, διατήρηση και αξιολόγηση αυτοφυούς γενετικού υλικού με παράλληλη δημιουργία τράπεζας γενετικού υλικού, γονοτύπων υψηλής ποιότητας και αποδόσεων και *in vitro* πολλαπλασιασμός τους.
- Εξασφάλιση πιστοποιημένου πολλαπλασιαστικού υλικού μέσω ίδρυσης μονάδας παραγωγής, έτσι ώστε να παραχθούν επώνυμα τοπικά προϊόντα.
- Εγκατάσταση πιλοτικών αγρών αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών σε επίπεδο περιφέρειας.

B. Βελτίωση της προστιθέμενης αξίας - μεταποίηση . τυποποίηση

- Δημιουργία ή και εκσυγχρονισμός μικρών και μεγάλων μονάδων πρώτης μεταποίησης, τυποποίησης, καθώς και εκχύλισης- απόσταξης αιθέριων ελαίων τοπικών αγροτικών προϊόντων λόγω αύξησης των καλλιεργούμενων εκτάσεων της συμβατικής ή βιολογικής καλλιέργειας των αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών (ξηράς δρόγης), ανάλογα με τη σχετική υποδομή και τη δυναμικότητα της εκάστοτε περιοχής σε επίπεδο περιφέρειας.

Γ. Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας

- Δημιουργία συστημάτων πιστοποίησης ποιότητας και ταυτότητας των ελληνικών αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών και των προϊόντων τους που προορίζονται κυρίως για εξαγωγές τόσο στην πρωτογενή παραγωγή, όσο και στην μεταποίηση.
- Καταχώρηση νέων προϊόντων ως Προϊόντα Ονομασίας Προέλευσης (Π.Ο.Π) και Προϊόντα Γεωγραφικής Ένδειξης (Π.Γ.Ε).

Δ. Προώθηση - Προβολή αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών

- Προβολή και προώθηση των προϊόντων των αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών στην εγχώρια και διεθνή αγορά.
- Προώθηση ορισμένων αυτοφυών αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών, τα οποία δύσκολα θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν σε άλλες χώρες, ως αποκλειστικά καλλιεργούμενα στην Ελλάδα.
- Ίδρυση μικρών επιχειρήσεων αξιοποίησης / εμπορίας αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών και παραγωγή καινοτόμων προϊόντων.

Ε. Επαγγελματική κατάρτιση, ενημέρωση & συμβουλευτικές υπηρεσίες

- Κατάρτιση των παραγωγών και μεταποιητών σε θέματα μετασυλλεκτικών χειρισμών (συσκευασίας, μικροσυσκευασίας, σήμανσης, τυποποίησης και μεταφορών).
- Διεξαγωγή ταχύρρυθμων σεμιναρίων εκπαίδευσης τόσο των παραγωγών όσο και των γεωπόνων, στην τεχνική της βιολογικής και ολοκληρωμένης καλλιέργειας των αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών.
- Εδραίωση του θεσμού των συμβούλων γεωτεχνικών, οι οποίοι θα καταγράφουν τις πρακτικές των παραγωγών, θα τις επεξεργάζονται και θα προτείνουν λύσεις.

ΣΤ. Συμπράξεις – Δικτυώσεις

- Προώθηση της συμβολαιακής γεωργίας μεταξύ παραγωγών και μεταποιητών σε ατομική ή συλλογική βάση.

Ζ. Λοιπές δράσεις

- Καταγραφή, αξιολόγηση και μελέτη της οικοφυσιολογίας και των χρήσεων των τοπικών πληθυσμών των αρωματικών & φαρμακευτικών φυτών ανά περιφέρεια.
- Ίδρυση Ινστιτούτου Αρωματικών & Φαρμακευτικών Φυτών για την παραγωγή, διάχυση και πρακτική εφαρμογή όλης της τεχνογνωσίας για την ανάπτυξη του τομέα.

1.2 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.

Η ποιότητα καλλιεργούμενων φυτών «ρίγανης» καθορίζεται κυρίως από την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και από τη σύσταση αυτού. Οι δύο αυτοί παράγοντες παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα ανάλογα με τους γονότυπους των φυτών, τις κλιματικές συνθήκες και τη 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 το γονότυπο, με τις κλιματικές συνθήκες να ευθύνονται για μικρότερο ποσοστό παραλλακτικότητας (Novak *et al.*, 2003).

1.2.1 Ο ρόλος των αιθέριων ελαίων στα φυτά

Τα μονοτερπένια και σεσκιτερπένια ανέκαθεν θεωρούνταν ως μη λειτουργικά «άχρηστα μεταβολικά προϊόντα» (Paech, 1950; Sander mann, 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 με 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 (Kerper *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 τους 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 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 αυτογονιμοποιούμενων 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).

1.2.2 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 το 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; Gavalas *et al.*, 1998). Οι αδενώδεις τρίχες βρίσκονται κυρίως στα φύλλα, αλλά απαντώνται σε όλα τα εναέρια μέρη των *Lamiaceae*, όπως στον κάλυκα, στη στεφάνη, στους στήμονες και στα καρπόφυλλα (Modenesi *et al.*, 1984; Werker *et al.*, 1985b; Servettaz *et al.*, 1994).

Υπάρχουν δυο ειδών αδενώδεις τρίχες στα *Lamiaceae*, οι κεφαλοειδείς ή μικρής διάρκειας (capitate hairs) και οι ασπιδοειδείς ή μακράς διάρκειας (peltate

hairs). Στις μακράς διάρκειας 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 *et al.*, 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 στη δέσμευση των προϊόντων της φωτοσύνθεσης από το χλωροεγγυματικό μεσόφυλλο και την μεταφορά τους στη 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 *et al.*, 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*, *Coridothymus*) 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 *et al.*, 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 (Mc Caskill *et al.*, 1992; Bourett *et al.*, 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 *et al.*, 1985a) ενώ στην *O. vulgare* και *S. thymbra* 12 κύτταρα (Werker *et al.*, 1985a; Werker *et al.*, 1985b). Είναι λογικό λοιπόν ότι τα είδη με μεγάλο αριθμό κυττάρων κεφαλής παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες αιθέριου ελαίου (Maffey *et al.*, 1989; Karousou *et al.*, 1992). Πρέπει να αναφερθεί όμως ότι πρωτεύοντα ρόλο στην παραγωγή αιθέριου ελαίου παίζει η πυκνότητα των αδενωδών τριχών στα φύλλα (Bosabalidis, 2002).

1.2.3 Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων

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

1.2.3.1 Φαινυλ-προπάνια

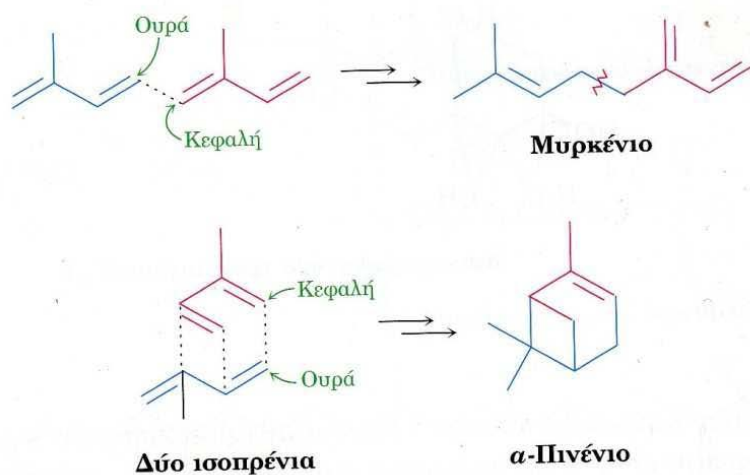
Τα φαινυλ-προπάνια δεν είναι συνηθισμένα συστατικά των αιθέριων ελαίων των φυτών. Παρόλα αυτά, ορισμένα φυτά έχουν σε αφθονία στο έλαιό τους αυτά τα συστατικά. Τα κύρια φαινυλ-προπάνια, τα οποία έχουν αναγνωριστεί στο έλαιο ορισμένων φυτών, είναι η eugenol, elemycin, chavicol, dillapiole, anethole, estragole, arpiole κ.α. (Sangwan *et al.*, 2001). Οι ενώσεις αυτές έχουν ως πρόδρομο μόριο τη φαινυλαλανίνη, η οποία συντίθεται μέσω της βιοσυνθετικής οδού του σικιμικού οξέος (Εικόνα 2).

1.2.3.2 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 (πτητικό κλάσμα της ρητίνης πεύκου, turpentine oil) (Pollard & Heron, 1996).

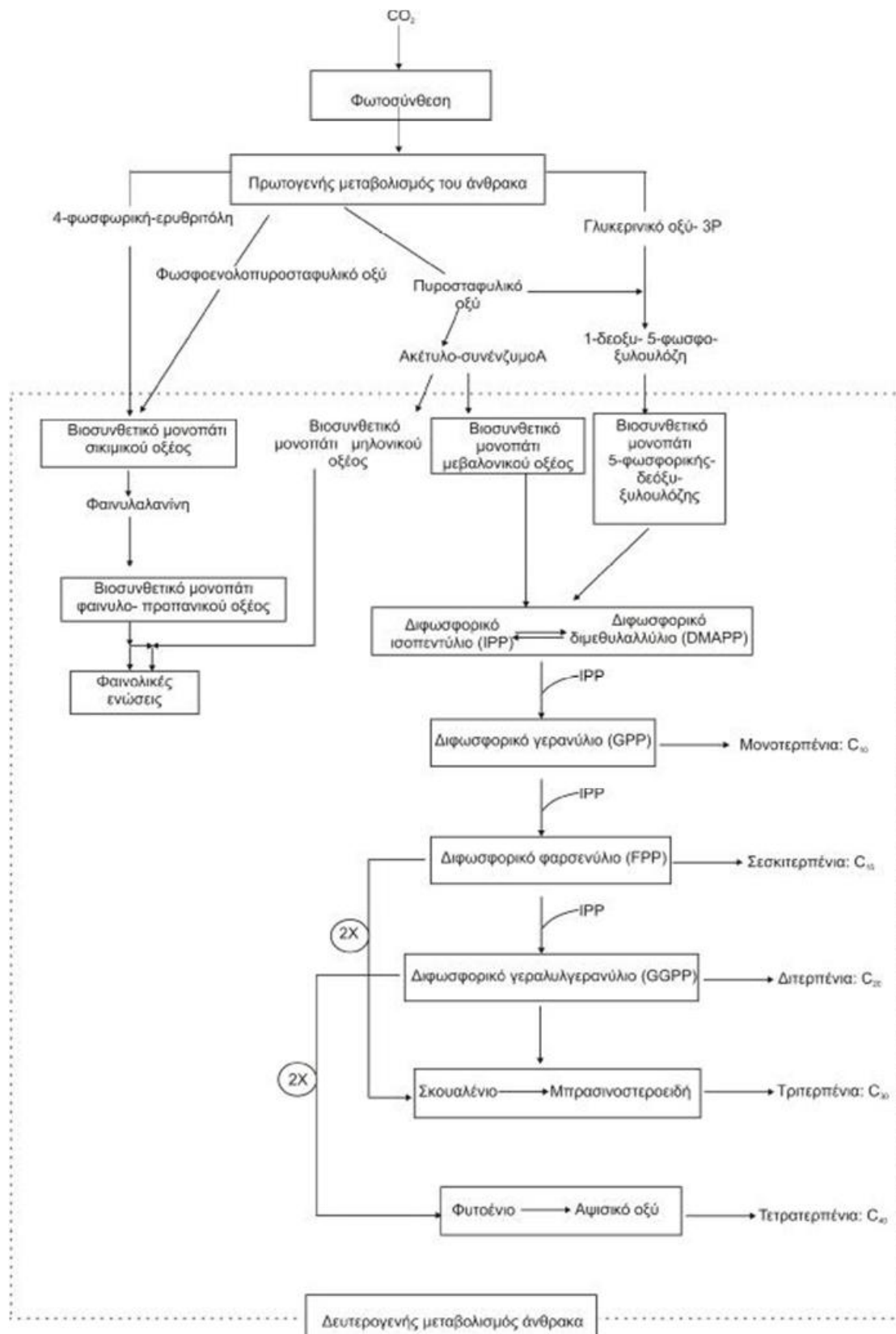
Τα τερπένια ή τερπενοειδή αποτελούν την πιο πολυάριθμη ομάδα των αιθέριων ελαίων και προέρχονται από τη συνένωση περισσότερων της μιας δομικών μονάδων με πέντε άτομα άνθρακα (C_5) που έχουν το διακλαδισμένο ανθρακικό σκελετό του **ισοπρενίου ή ισοπεντανίου**.

Σύμφωνα με τους Wallach (1887) και Ruzicka *et al.* (1953), για το σχηματισμό τους ισχύει ο κανόνας του ισοπρενίου (Εικόνα 1), όπου μπορεί να θεωρηθεί ότι τα τερπένια προέρχονται από τη 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 1: Σχηματισμός τερπενίων με βάση τον κανόνα ισοπρενίου

Οι πρόδρομες ενώσεις των τερπενίων είναι ουσιαστικά φωσφορικοί εστέρες αλκοολών που έχουν στο μόριό 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; Καραμπουρνιωτης, 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 γερανύλιο 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 2).



Εικόνα 2: Γενικό διάγραμμα βιοσύνθεσης τερπενικών και φαινολικών ενώσεων των αιθέριων ελαίων (Buchanan *et al.*, 2000; Κανελλής, 2005)

1.2.3.2.1 Ταξινόμηση των τερπενίων

Η ταξινόμησή των τερπενίων 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 (C₅), 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: κιτρενολλόλη, 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 (Γαλάτης κ.ά., 2003)

| Αριθμός ατόμων άνθρακα | Τύπος βασικού ανθρακικού σκελετού | Κατηγορία ενώσεων | Χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι |
|------------------------|---|-------------------|--|
| 5 | C ₅ H ₈ | Ισοπρένιο | Ισοπεντενυλο-φωσφορικό |
| 10 | C ₁₀ H ₁₆ | Μονοτερπένια | Αιθέρια έλαια |
| 15 | C ₁₅ H ₂₄ | Σεσκιτερπένια | Αιθέρια έλαια, ρητίνες, αμψισικό οξύ |
| 20 | C ₂₀ H ₃₂ | Διτερπένια | Αιθέρια έλαια, ρητίνες, γιββεριλλινικό οξύ |
| 30 | C ₃₀ H ₄₈ | Τριτερπένια | Ρητίνες, ελαστικό κόμμι |
| 40 | C ₄₀ H ₆₄ | Τετρατερπένια | Καροτενοειδή, φυτοένιο |
| n | (C ₅ H ₈) _n | Πολυτερπένια | Ελαστικό κόμμι, γουταπέρκα |

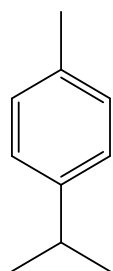
1.2.3.2 Τερπένια των αιθέριων ελαίων φυτών «ρίγανης» και η μοριακή δομή τους

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

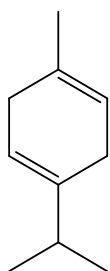
Παρατίθενται παραδείγματα των κυριότερων συστατικών (μονοτερπενίων και σεσκιτερπενίων) των αιθέριων ελαίων και η μοριακή τους δομή:

Μονοτερπένια

A. Υδρογονανθρακικά

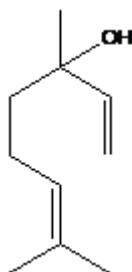


π-Κυμένιο

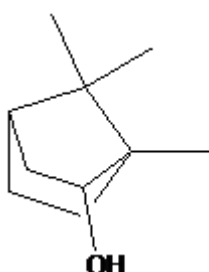


γ-Τερπινένιο

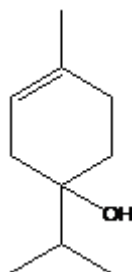
B. Υδρογονανθρακικές αλκοόλες



Λιναλοόλη

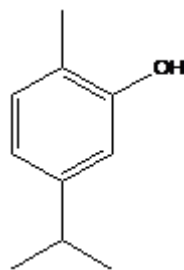


Βορνεόλη

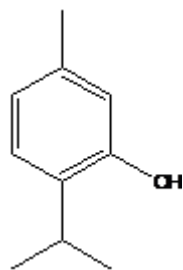


Τερπινεν-4-όλη

Γ. Υδρογονανθρακικές φαινόλες



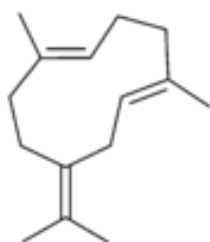
Καρβακρόλη



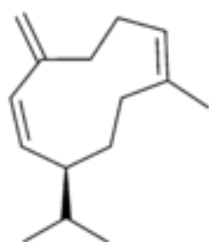
Θυμόλη

Σεσκιτερπένια

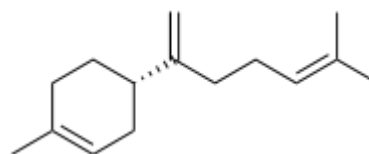
A. Υδρογονανθρακικά



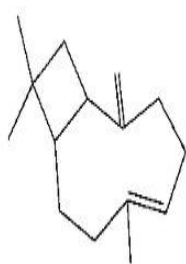
β-Γερμακρένιο



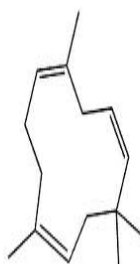
δ-Γερμακρένιο



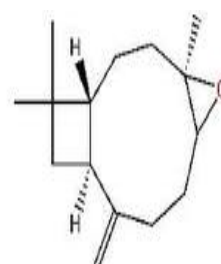
β-Μπισαμπολένιο



Καροφυλλένιο



α-Καροφυλλένιο



Οξείδιο του Καροφυλλενίου

1.2.4 Παραλλακτικότητα των αιθέριων ελαίων

Η παραλλακτικότητα των αιθέριων ελαίων των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών έχει περιγραφεί από αρκετούς ερευνητές. Τα φυτά με το εμπορικό όνομα «Ρίγανη» παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα όσον αφορά στην περιεκτικότητα τους σε αιθέριο έλαιο και στην περιεκτικότητα αυτού σε καρβακρόλη, πιθανότατα διότι αναπτύσσονται σε ένα μεγάλο εύρος γεωγραφικών και κλιματικών περιοχών (Bernath, 1997). Η απόδοση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε αιθέριο έλαιο, καθώς και η χημική σύσταση αυτού ποικίλει από είδος σε είδος και από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με τις εδαφοκλιματικές συνθήκες των περιοχών προέλευσής τους (Burkart & Buhler, 1997; Vokou *et al.*, 1993; Karousou *et al.*, 2005; Horwath *et al.*, 2008).

Σε μελέτες σε φυτά τύπου καρβακρόλης σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου αναφέρεται παραλλακτικότητα τόσο στην περιεκτικότητα των φυτών σε έλαιο όσο και στην χημική σύσταση αυτού (Kokkini & Vokou, 1989; Kokkini & Vokou, 1993; Kirimer *et al.*, 1995). Η επιρροή του φυσικού περιβάλλοντος στη συγκέντρωση των φυτών σε έλαιο και στην χημική σύσταση αυτού έχει αναφερθεί σε μελέτες σε αρωματικά φυτά της Κρήτης (Karousou *et al.*, 2005) και της Νισύρου (Kokkini & Vokou, 1993). Οι Vokou *et al.* (1993) αναφέρουν ότι, η παραλλακτικότητα στην περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και στη χημική σύσταση αυτού θα μπορούσε να αποδοθεί σε περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το υψόμετρο και το κλίμα. Η παραλλακτικότητα στη χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου αναφέρεται από τους Burkart & Buhler (1997) ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του τύπου της

αρωματικής βλάστησης και αρκετών περιβαλλοντικών παραγόντων. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του *Thymus vulgaris*, το οποίο σύμφωνα με τους Gouyon et al. (1986), όταν βρισκόταν σε ξηρικά οικοσυστήματα (Home environment), εξέφραζε τους πιο σύνθετους χημειότυπους (θυμόλης – καρβακρόλης) και παρουσίαζε μικρή γενετική παραλλακτικότητα. Αντίθετα, όταν αναπτυσσόταν σε λιγότερο ευνοϊκά περιβάλλοντα (π.χ. μεγαλύτερη υγρασία), υπήρχε μεγαλύτερη γενετική παραλλακτικότητα και εμφανίζονταν και άλλοι χημειότυποι. Σε αυτή τη βάση, η επίδραση της φυσιογεωγραφίας έχει ως αποτέλεσμα μια συγκεκριμένη χημική σύσταση και κατανομή των αρωματικών φυτών γνωστών και ως χημειότυπων (Karousou et al., 2005; Horwath et al., 2008). Οι διακυμάνσεις των κυρίων συστατικών των αιθέριων ελαίων θα μπορούσαν να αποδοθούν στις διακυμάνσεις των κλιματικών παραμέτρων (Arrebola, 1992; Piccaglia & Marotti, 1993; Omer et al., 1994; Omer et al., 1998; Said-Al Ahl et al., 2009a).

Οι Aminzadeh et al. (2010) αναφέρουν ότι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως το υψόμετρο, το ανθρακικό ασβέστιο, το κάλιο και το pH, παίζουν σημαντικό ρόλο στην περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και τη χημική σύσταση αυτού. Ως σημαντικός παράγοντας για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου αναφέρονται και τα ιχνοστοιχεία, καθώς είναι γνωστό ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των φυτών (Bonner & Varner, 1975).

1.2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή και την σύσταση του αιθέριου ελαίου των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών

1.2.5.1 Οντογένεση των φυτών

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της συσσώρευσης του αιθέριου ελαίου στα φυτά είναι ότι εξαρτάται από το στάδιο/φάση του φυτού, καθώς και από τα μέρη/όργανα, τον ιστό και τα κύτταρα, από τα οποία παράγεται. Η μέγιστη ποσότητα ελαίου του φυτού *Cymbopogon martinii* (Palmarosa) παρατηρήθηκε κατά το τέλος της άνθισης, με τα άνθη και τις ταξιανθίες να έχουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ελαίου (Sangwan et al., 1982; Akhila et al., 1987). Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και για την *Origanum vulgare* (Putievsky et al., 1988) και την *Origanum onites* (Kizil et al., 2008), φυτά τα οποία παρουσιάζουν τη μέγιστη περιεκτικότητα σε έλαιο κατά την άνθιση.

Η οντογένεση φαίνεται να επηρεάζει και τη διακύμανση στα συστατικά του αιθέριου ελαίου. Σύμφωνα με μελέτες στη *Mentha piperita* και *Mentha arvensis* η μενθόλη και η μενθόνη είχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις στα νεαρά και στα ώριμα φύλλα αντίστοιχα (Sergeeva & Solzneva, 1979; Sakata & Mitsui, 1980). Το ποσοστό της θυμόλης και της καρβακρόλης σε φυτά μεξικάνικης ρίγανης (*Lippia berlandieri*) ήταν μεγαλύτερο σε νεαρά φυτά σε σχέση με τα ώριμα (Vazquez & Dunford, 2005). Οι Lemberkovic et al. (1995) αναφέρουν ότι στο *Ocimum basilicum* η συγκέντρωση του αιθέριου ελαίου αυξήθηκε κατά την πλήρη άνθιση, αλλά η σύστασή του παρουσίασε ασήμαντες διακυμάνσεις.

1.2.5.2 Φωτοσύνθεση

Η συμμετοχή του φωτοσυνθετικά δεσμευμένου άνθρακα αποτελεί ένα σημαντικό συστατικό του φυσιολογικού μηχανισμού της παραγωγής αιθέριου ελαίου. Επομένως τα φωτοσυνθετικά χαρακτηριστικά κάθε ιστού παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία άνθρακα διαθέσιμου για τον αναβολισμό των συστατικών του ελαίου (Sangwan *et al.*, 2001).

1.2.5.3 Φωτοπερίοδος

Η φωτοπερίοδος πιθανόν να ασκεί την επιρροή της μέσω της διαμόρφωσης του μεταβολικού μηχανισμού των φυτών, από την παραγωγή φωτοσυνθετικού άνθρακα έως τον καθορισμό του μονοπατιού που οδηγεί είτε στην επιλογή κλάσεως (τερπενοειδών ή φενυλοπροπανοειδών) είτε στην επιλογή ομάδας (μονοτερπένια, σεσκιτερπένια κτλ.) (Sangwan *et al.*, 2001). Πάντως, σε φυτά μέντας (*Mentha piperita* L.) παρατηρήθηκε ότι η φωτοπερίοδος φαίνεται να μην επηρεάζει άμεσα τη σύσταση των μονοτερπενίων (Burbott & Loomis, 1967).

1.2.5.4 Ποιότητα φωτός

Η ποιότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας επηρεάζει τη βιοσύνθεση του αιθέριου ελαίου. Η υπέρυθη ακτινοβολία προκάλεσε τη βιογένεση αιθέριου ελαίου από εξωγενείς πρόδρομες ουσίες σε φυτά *Pelargonium graveolens* (Sangwan *et al.*, 2001).

Η επίδραση της κβαντικής ακτινοβολίας στη βιογένεση αιθέριου ελαίου μελετήθηκε σε φυτά *Salvia officinalis* και *Thymus vulgaris* (Yanhe *et al.*, 1995). Παρατηρήθηκε ότι τα φυτά *Salvia officinalis* που αναπτύχθηκαν σε 45 % της ηλιακής ακτινοβολίας είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε έλαιο και υψηλότερα ποσοστά θυγινόνης στο έλαιο σε σχέση με φυτά που αναπτύχθηκαν σε άλλα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας. Στο *Thymus vulgaris* τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε πλήρη ηλιακή ακτινοβολία είχαν τόσο τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε αιθέριο έλαιο, όσο και το μεγαλύτερο ποσοστό θυμόλης και μυρκενίου στο έλαιο.

1.2.5.5 Εποχή και κλίμα

Η διακύμανση τόσο στη συγκέντρωση του αιθέριου ελαίου, όσο και στη σύσταση αυτού έχει αναφερθεί σε αρκετά αρωματικά φυτά. Οι Kokkini *et al.* (1997) σε μελέτη σε φυτά *Origanum hirtum* παρατήρησαν εποχική διακύμανση τόσο στην % συγκέντρωση του αιθέριου ελαίου, όσο και στην % σύσταση αυτού. Πρέπει να αναφερθεί όμως ότι το άθροισμα των τεσσάρων κύριων χαρακτηριστικών (καρβακρόλη, θυμόλη, π-κυμένιο, γ-τερπινένιο) ήταν σχεδόν πάντα σταθερό. Η μέγιστη συγκέντρωση τόσο του ελαίου, όσο και των φαινολικών συστατικών του (καρβακρόλη-θυμόλη) παρουσιάζεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ το ποσοστό του π-κυμένιου αυξάνει το φθινόπωρο (Kokkini *et al.*, 1997). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε φυτά *Origanum syriacum*, όπου τόσο η συγκέντρωση σε έλαιο, όσο και το ποσοστό της καρβακρόλης, πήραν τις μέγιστες τιμές τους κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Soliman *et al.*, 2007, Toncer *et al.*, 2010).

1.2.5.6 Εδαφικοί παράγοντες

Πολλοί συγγραφείς θεωρούν τον τύπο και τη σύσταση του εδάφους ως ένα από τους παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν τη συγκέντρωση και τη σύσταση του αιθέριου ελαίου (Figueiredo *et al.*, 2008), με τα αποτελέσματα όμως των ερευνών να δίστανται. Είναι επίσης γνωστό ότι τα ενεργά συστατικά των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι μεταβολικά προϊόντα των φυτικών κυττάρων. Μερικά χημικά στοιχεία όπως το ασβέστιο, το χρώμιο, ο χαλκός, ο σίδηρος, το μαγνήσιο, ο μόλυβδος, ο φωσφόρος, το κάλιο, το σελήνιο, το νάτριο και ο ψευδάργυρος θεωρούνται απαραίτητα για τα φυτά (Gibbs, 1974). Σε μελέτη σε φυτά *Thymus kotschyanus* το ποσοστό της θυμόλης φαίνεται να εξαρτάται από το υψόμετρο της περιοχής, το ποσοστό της οργανικής ουσίας, την απορρόφηση Na, το ολικό άζωτο και το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου. Συγκεκριμένα, υπάρχει γραμμική θετική συσχέτιση με το υψόμετρο της περιοχής, το ποσοστό της οργανικής ουσίας, την απορρόφηση Na και αρνητική σχέση με το άζωτο και το ανθρακικό ασβέστιο (Aminzadeh *et al.*, 2010). Επίσης, είναι γνωστό ότι τα ενεργά συστατικά των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι μεταβολικά προϊόντα των φυτικών κυττάρων. Τέλος, το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο επηρεάζουν την ανάπτυξη και την σύνθεση του αιθέριου ελαίου στα φαρμακευτικά φυτά. Αυτά τα στοιχεία επηρεάζουν τα επίπεδα ενζύμων, τα οποία είναι σημαντικά στην βιοσύνθεση τερπενοειδών όπως η καρβακρόλη (Sell, 2003). Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα καλλιεργούμενων φυτών *Thymus vulgaris* σε αιθέριο έλαιο όμως δεν επηρεάστηκε από τη λίπανση με πλήρες λίπασμα (Shalaby & Razin, 1992). Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται από τους Baranauskiene *et al.* (2002) και τους Sotiropoulou και Karamanos (2010), οι οποίοι αναφέρουν ότι η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων σε φυτά *Thymus vulgaris* και *O. hirtum* αντίστοιχα δεν επηρέασε την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και την εκατοστιαία (%) σύσταση αυτού. Επιπλέον, η λίπανση φυτών *Origanum hirtum* με ασβέστιο και μαγνήσιο δεν επηρέασε την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο (Dordas, 2009). Αντίθετα, οι Omidbaigi & Arjmandi (2002) αναφέρουν ότι λίπανση με άζωτο και φώσφορο σε φυτά *Thymus vulgaris* επηρέασε σημαντικά την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο, αλλά δεν είχε καμία επίδραση στην περιεκτικότητα αυτού σε θυμόλη. Επίσης, αναφέρεται ότι η αζωτούχος λίπανση επηρέασε τη σύσταση του αιθέριου ελαίου σε φυτά *Origanum syriacum* αυξάνοντας το ποσοστό της θυμόλης και της καρβακρόλης με μια στιγμιαία μείωση του ποσοστού του γ-τερπινενίου και του π-κυμενίου (Omer, 1999).

1.2.5.7 Επιπτώσεις αβιοτικής καταπόνησης

1.2.5.7.1 Υγρασία

Η έλλειψη υγρασίας περιορίζει την ανάπτυξη των φυτών και την επιβίωση τους, ενώ παράλληλα προκαλεί διάφορες φυσιολογικές και μεταβολικές αντιδράσεις όπως κλείσιμο των στοματίων, μείωση του ρυθμού ανάπτυξης και έκφραση συγκεκριμένων γονιδίων (Hughes *et al.*, 1989). Η παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών πιστεύεται ότι ευνοείται από περιβάλλοντα που δημιουργούν καταπόνησεις.

Η ποσότητα νερού που δέχτηκε το φυτό *Lippia berlandieri* δεν είχε σημαντική επίδραση στο ποσοστό της θυμόλης και της καρβακρόλης (Dunford & Vasquez, 2005).

Αντίθετα, σύμφωνα με τους Tucker & Maciarelo (1994) η υδατική καταπόνηση επηρέασε την ανάπτυξη φυτών *Origanum onites*, καθώς και τη σύσταση του αιθέριου ελαίου τους. Οι Gouyon *et al.* (1986) υποστήριξαν ότι, όταν το *T. vulgaris* βρισκόταν σε ξηρικά οικοσυστήματα (Home environment), εξέφραζε τους πιο σύνθετους χημειότυπους (θυμόλης – καρβακρόλης) και παρουσίαζε μικρή γενετική παραλλακτικότητα. Αντίθετα, όταν αναπτυσσόταν σε λιγότερο ευνοϊκά περιβάλλοντα (π.χ μεγαλύτερη υγρασία), υπήρχε μεγαλύτερη γενετική παραλλακτικότητα και εμφανίζονταν και άλλοι χημειότυποι. Τέλος, μέτρια υδατική καταπόνηση σε φυτά *Origanum vulgare* L. (60% της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας) προώθησε την παραγωγή αιθέριων ελαίων σε φυτά, ενώ έντονη υδατική καταπόνηση (40 % της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας) μείωσε τη βιοσύνθεση τους (Said-Al Ahl *et al.*, 2009a). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται από τους Singh *et al.* (1997) και Fatima *et al.* (2000).

1.2.5.7.2 Αλατότητα

Η αλατότητα είναι ένα από τα μεγαλύτερα αγροοικολογικά, προβλήματα καθώς περιορίζει τις αποδόσεις διαφόρων καλλιεργειών σε διάφορα μέρη του κόσμου. Όσον αφορά όμως στην περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο φαίνεται να επιδρά θετικά, όπως άλλωστε οι περισσότεροι παράγοντες καταπόνησης.

Εφαρμογή NaCl σε συγκέντρωση 1500 ppm επηρέασε σημαντικά την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα φυτών *Thymus vulgaris* σε αιθέριο έλαιο και στις δυο πειραματικές χρονιές (Ezz El-Din *et al.*, 2009). Αυτό σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές μπορεί να αποδοθεί στο ότι η καταπόνηση από την αλατότητα επιτάχυνε την παραγωγή αιθέριου ελαίου.

1.2.5.7.3 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία φαίνεται να αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα που καθορίζει τόσο τη σύσταση του αιθέριου ελαίου όσο και την περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο, ωστόσο τα αποτελέσματα των ως τώρα μελετών δεν συμφωνούν απόλυτα.

Σύμφωνα με τους Duriyaprapan *et al.* (1986), η θερμοκρασία δεν είχε καμία επίδραση στο ποσοστό της μενθόλης στο έλαιο της Ιαπωνικής μέντας (*Mentha*

arvensis). Αντίθετα, στην *Mentha piperita* παρατηρήθηκε ότι μεγάλες ημερήσιες θερμοκρασίες επηρέασαν το ποσοστό των μονοτερπενίων στο έλαιο (Clark & Menary, 1980). Οι Burbott & Loomis (1967) όμως υποστήριζαν ότι οι μικρές και ψυχρές νύχτες με πλήρη ένταση φωτός κατά την ημέρα είναι αυτές που επηρεάζουν την εκατοστιαία (%) σύσταση των μονοτερπενίων στην *Mentha piperita* L. Τέλος, οι Said-Al Ahl et al. (2009a) αναφέρουν ότι τα φαινολικά συστατικά (καρβακρόλη-θυμόλη) αυξάνουν στις θερμές περιόδους σε βάρος των πρόδρομων ουσιών τους. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της καρβακρόλης σε μελέτη σε φυτά *Origanum vulgare* L. ήταν υψηλότερο τη δεύτερη χρονία, η οποία ήταν και η πιο θερμή.

1.2.6 Παραλαβή των αιθέριων ελαίων από τα φυτά

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

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

Η υδροαπόσταξη είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε εργαστηριακή κλίμακα. 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 Clavenger, 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 αιθερίου ελαίου και την υποβάθμιση της ποιότητάς του.

1.2.7 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 και η ταυτοποίησή τους (Huie, 2002; Kaufmann & Christen, 2002).

Η χημική ανάλυση των αιθέριων ελαίων γίνεται συνήθως με τη χρήση αέριας χρωματογραφίας (GC) (ποιοτική ανάλυση) και με τη 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 (Πολυσιού & 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).

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 είτε 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_{R_x} της άγνωστης ουσίας με το t_{R_A} προτύπων αλκανίων) σε δύο στήλες διαφορετικής πολικότητας (Lahlou, 2003) ή στην ίδια στήλη με διαφορετικές θερμοκρασίες (Denayer & Tilquin, 1994).

1.2.8 Χημειοταξινόμηση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών με βάση τα αιθέρια έλαια

Παρότι δεδομένα για την ύπαρξη παραλλακτικότητας στην χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων μέσα στα ίδια είδη υπήρχαν από παλιά, ο όρος χημειοταξινόμηση προτάθηκε και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο συνέδριο του Wageningen το 1957 (Tetenyi, 1958) όπου και παρουσιάστηκαν αρκετές εργασίες για αιθέρια έλαια, τα οποία αποτελούσαν «χημικές φυλές – chemical races» (Rovesti, 1957; Stahl, 1957). Χημειοταξινόμηση είναι η αναγνώριση και ο διαχωρισμός των φυτών και άλλων οργανισμών με βάση τις διαφορές και τις ομοιότητες της βιοχημικής τους σύστασης. Τα φυτά παράγουν ή αποθηκεύουν αιθέρια έλαια, τα

οποία τα καθορίζουν και είναι συγκρίσιμα αυτών (ποσότητα ελαίου και χημική σύσταση αυτού) που προκύπτουν από την απόσταξη των φυτών. Επομένως, είναι δυνατό να εξαχθούν σωστά συμπεράσματα για τη φύση του εκάστοτε φυτού, εάν η χημειοταξινομική αξιολόγηση των αιθέριων ελαίων διενεργηθεί στα αποσταγμένα προϊόντα, τα οποία αντιπροσωπεύουν φυσιολογικώς ενεργά συστατικά (Schilcher, 1977). Οι Flake & Turner (1973) αξιολόγησαν τη δυνατότητα χρήσης διαφόρων πτητικών συστατικών ως ταξινομικών χαρακτήρων και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα τερπένια ήταν ιδανικοί ταξινομικοί χαρακτήρες σε επίπεδο γένους και κάτω.

Η συχνότητα εμφάνισης στα αγγείοσπερμα συγκεκριμένων διτερπενικών συστατικών μαζί με άλλους δευτερογενείς μεταβολίτες έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες χημειοταξινομικές μελέτες (Figueiredo *et al.*, 1995; Fraga *et al.*, 1995). Έρευνες σχετικά με την εμφάνιση των διτερπενίων αναφέρουν ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φυτογεωγραφικές μελέτες (Cole, 1992) και μελέτες διαχωρισμού ποικιλιών μέσα στο είδος (Kubo *et al.*, 1982). Οι Russo *et al.* (1998) αξιολόγησαν τη χρήση των συστατικών των αιθέριων ελαίων για τη χημειοταξινόμηση αυτοφυών πληθυσμών της *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* L. από διάφορες περιοχές της Ιταλίας. Στη συγκεκριμένη μελέτη αναφέρεται επίσης ότι η συγκέντρωση των φυτών σε έλαιο είναι το μόνο χαρακτηριστικό των φυτών ρίγανης που εμφανίζει σχετική σταθερότητα και επομένως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση των υποειδών ρίγανης.

1.3 Χωρική αποτύπωση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά είναι τυπικά της Μεσογειακής χλωρίδας, προσαρμοσμένα όμως σε ένα μεγάλο εύρος κλιματικών συνθηκών (Bernath, 1997). Ο Mashaly (2006) διατύπωσε την άποψη ότι οι εδαφικές παράμετροι που καθορίζουν την κατανομή και αφθονία ενός είδους σε μια περιοχή είναι η μηχανική σύσταση (άμμος και άργιλος), το πορώδες του εδάφους, η εδαφική υγρασία, τα κατιόντα νατρίου, καλίου και ασβεστίου, η οργανική ουσία, το ανθρακικό ασβέστιο, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα θειικά και ανθρακικά άλατα. Για παράδειγμα, σε μελέτη στην Τουρκία αναφέρεται ότι η *O. onites* φαίνεται να προτιμά αμμοπηλώδη εδάφη (Gonuz & Ozorgucu, 1998). Το *Thymus pulegioides* φαίνεται να προτιμά εδάφη με μικρή περιεκτικότητα σε CaCO₃, αλλά εμφανίζεται ακόμη και σε εδάφη που χαρακτηρίζονται ως ασβεστολιθικά (Martonfi *et al.*, 1994).

Η παραλλακτικότητα των φυτών αυτών τόσο στην απόδοση σε αιθέριο έλαιο, όσο και στη χημική σύσταση αυτού είναι δεδομένη (Kokkini & Vokou, 1989; Kirimer *et al.*, 1995). Μάλιστα έχει αναφερθεί διακύμανση στην περιεκτικότητα της καρβακρόλης στο αιθέριο έλαιο φυτών *Origanum vulgare* στην Ελλάδα από ίχνη έως 95 % (Kokkini *et al.*, 1991). Η παραλλακτικότητα αυτή στην χημική σύσταση (διαφορετικοί χημειότυποι) αποδίδεται στη αλληλεπίδραση του τύπου της αρωματικής βλάστησης και αρκετών περιβαλλοντικών παραγόντων (Burkart & Buhler, 1997). Οι Gouyon *et al.* (1986) αναφέρουν ότι η εμφάνιση φαινολικών ή μη χημειοτύπων σε φυτά *Thymus vulgaris* εξαρτάται από το περιβάλλον. Σύμφωνα με

τους Figueiredo et al. (2008), ο τύπος και η σύσταση του εδάφους θεωρούνται παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν την συγκέντρωση και τη σύσταση του αιθέριου ελαίου των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.

Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι η εμφάνιση τόσο των ίδιων των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών όσο και των διάφορων χημειοτύπων τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Παραδοσιακά η χωρική παραλλακτικότητα εδαφικών ή άλλων δεδομένων αποτυπωνόταν με τη χρήση χαρτών, οι οποίοι δεν ήταν εύκολα επεξεργάσιμοι και απέκρυπταν πληροφορίες, καθώς τα δεδομένα συνοψίζονταν σε ομάδες π.χ. εδαφικοί χάρτες. Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) μπορούν να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο στην καλύτερη κατανόηση αυτής της παραλλακτικότητας, καθώς αποτελούν ένα λογισμικό εργαλείο κατάλληλης αρχιτεκτονικής σχεδίασης για τη συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση όλων των τύπων των γεωκωδικοποιημένων πληροφοριών (Burrough 1986, Maguire, 1991).

1.3.1 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)

Τα Γεωγραφικά Πληροφορικά Συστήματα (ΣΓΠ ή GIS – Geographic Information System) είναι συστήματα αυτόματης γεωγραφικής επεξεργασίας που περιγράφουν αντικείμενα του πραγματικού κόσμου σε σχέση με: α) τη θέση τους ως προς ένα σύστημα συντεταγμένων, β) παραμέτρους που δεν έχουν σχέση με τη γεωγραφική τους θέση και γ) τους τοπολογικούς συνδέσμους που έχουν με άλλα αντικείμενα. Τα ΣΓΠ δεν είναι απλά συστήματα σχεδίασης με Η/Υ (Computer Graphics). Τεχνικές αυτόματης σχεδίασης χρειάζονται οπωσδήποτε σε ένα καλό ΣΓΠ αλλά στα ΣΓΠ μεγάλη σπουδαιότητα έχουν παράλληλα με τις χωρικές και οι μη χωρικές πληροφορίες (Κόλλια-Κουσούρη, 2003).

1.3.1.1 Γεωγραφικές πληροφορίες

Οι γεωγραφικές πληροφορίες διακρίνονται σε χαρτογραφικές και σε περιγραφικές.

- ο Οι χαρτογραφικές πληροφορίες αναφέρονται:
 - ο σε πληροφορίες που αφορούν τη θέση και το σχήμα ενός φαινομένου στη γη (γεωμετρία του χώρου), κάνοντας δηλαδή δυνατό τον εντοπισμό ενός φαινομένου στο έδαφος, αποδίδοντας ταυτοχρόνως και το σχήμα του ή την έκτασή του π.χ. υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής (σχήμα, μήκος), τις κλίσεις και εκθέσεις των εδαφών.
 - ο σε πληροφορίες που περιγράφουν την τοπολογία του χώρου, δηλαδή τις σχέσεις (σύνδεση, συνέχεια, γειτνίαση) που αναπτύσσονται μεταξύ των δομικών στοιχείων του χώρου, π.χ. παραπόταμοι ενός ποταμού.

Οι χαρτογραφικές πληροφορίες αποθηκεύονται σε γεωγραφική βάση δεδομένων. Κυριότερο χαρακτηριστικό που καταγράφεται είναι οι συντεταγμένες.

- ο Οι περιγραφικές πληροφορίες αφορούν χαρακτηριστικά, ποιοτικά ή ποσοτικά, των φαινομένων που συμβαίνουν στο χώρο. Π.χ. ο χαρακτηρισμός μιας χρήσης γης είναι μια ποιοτική περιγραφική πληροφορία, ενώ η έκταση της είναι μια ποσοτική περιγραφική πληροφορία. Οι περιγραφικές πληροφορίες αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων, οι οποίες συνδέονται με τις προηγούμενες βάσεις των χαρτογραφικών δεδομένων.

1.3.1.2 Χαρακτηριστικά των ΣΓΠ

Τα ΣΓΠ διακρίνονται σε διανυσματικά και πλεγματικά. Η διάκριση οφείλεται στον τρόπο αποθήκευσης των χαρτογραφικών πληροφοριών. Στα διανυσματικά (vector) ΣΓΠ η αποθήκευση γίνεται χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες των δομικών στοιχείων (σημείο, γραμμή, πολύγωνο). Στα πλεγματικά (raster) η περιοχή χωρίζεται, με τη βοήθεια ενός νοητού κανάβου, σε κυψέλες, συνήθως τετράγωνα. Κάθε κυψέλη ανάλογα εάν έχει δεδομένα ή όχι, παίρνει μια τιμή.

Βασικό χαρακτηριστικό-δυνατότητα (της οποίας όμως πρέπει να γίνει σωστή χρήση κατά την ανάπτυξη ενός ΣΓΠ μιας περιοχής) είναι η διαστρωμάτωση των γεωγραφικών πληροφοριών (Καλύβας & Παπαευσταθίου 1995, Maguire, 1991). Αυτή αναφέρεται στην οργάνωση της πληροφορίας, χωρικής ή περιγραφικής, σε επίπεδα (layers) ομοιογενών πληροφοριών.

Ένα ΣΓΠ μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα:

- ο Συλλογή και κωδικοποίηση των δεδομένων. Τα δεδομένα που αποθηκεύονται σ'ένα ΣΓΠ προέρχονται από διάφορες πηγές (π.χ. χάρτες, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες, πίνακες, κλπ.), αναφέρονται σε διαφορετικές θέσεις και χρονικές στιγμές και μπορεί να βρίσκονται σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή.
- ο Αποθήκευση και ανάκτηση των δεδομένων. Η διαχείριση γενικά των χωροχρονικών δεδομένων ενός ΣΓΠ γίνεται με τη χρήση ενός Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων, Σχεσιακών ή μη (Data Base Management System, DBMS, Relational or not), που επιτρέπει γρήγορο εντοπισμό τους από το χρήστη για ανάλυση, ακριβή αναβάθμιση και διόρθωση.
- ο Χειρισμός και επεξεργασία των δεδομένων. Μερικές από τις επεξεργασίες είναι: μετατροπές στις δομές των δεδομένων, γεωμετρικές πράξεις στα χωρικά δεδομένα (στροφή υπό κάποια γωνία, αλλαγή της κλίμακας, αλλαγή του συστήματος συντεταγμένων, κλπ.), τοπογραφική ανάλυση των δεδομένων (γειτονικά χαρακτηριστικά, σύνδεσμοι, λανθασμένα χαρακτηριστικά, κλπ.), στατιστική ανάλυση και γεωστατιστική ανάλυση, αλληλοσυσχέτιση επιπέδων, σύνθεση, μετρήσεις γραμμών και τόξων, ανάκτηση χωρικών και μη δεδομένων, κλπ.
- ο Παρουσίαση των δεδομένων. Ταυτόχρονη παρουσίαση/επίθεση των αποτελεσμάτων των επεξεργασιών σε χάρτες ή και πίνακες σε μια ποικιλία από μέσα, όπως χαρτί, διαφάνειες, οθόνες, μαγνητικά μέσα, με χρήση συσκευών όπως εκτυπωτές ακίδων, laser, inkjet, plotters.

1.3.2 Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού θέσης (GPS)

Η τεχνολογία που παρέχεται από τα GPS είναι απαραίτητη για τη διαχείριση των γεωργικών και φυσικών πόρων. Το GPS είναι ένα σύστημα πλοήγησης, που αξιοποιεί δορυφορικά σήματα προκειμένου να στείλει πληροφορίες σε ένα δέκτη σχετικά με τη θέση που βρίσκεται. Οι πληροφορίες που μπορεί να λάβει ο χρήστης από το δορυφορικό σήμα αφορούν κυρίως το γεωγραφικό πλάτος και μήκος (συντεταγμένες), το υψόμετρο που βρίσκεται, την ταχύτητα με την οποία κινείται, την κατεύθυνση της κίνησης, την απόσταση που έχει διανυθεί κτλ. Το GPS συνδέεται στενά με τα GIS προκειμένου να παρουσιαστούν τα δεδομένα με έναν κατανοητό και χρηστικό τρόπο (Lass & Callihan, 1993).

1.3.3 Εφαρμογές των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού θέσης

Οι τεχνολογίες των GIS και GPS μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό ανάλογα με το στόχο που θέτει ο εφαρμοστής και την πολυπλοκότητα του προβλήματος που θέλει να επιλύσει. Τα τελευταία χρόνια τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται από διάφορες επιστήμες όπως η οικολογία, η γεωργία, η εδαφολογία και γενικά από γεωτεχνικές επιστήμες.

Κάποιες εφαρμογές στον τομέα της γεωργίας είναι οι εξής: καθορισμός δειγματοληπτικών περιοχών, δημιουργία χαρτών χρήσης γης, μελέτη της κατανομής των τύπων του εδάφους, μελέτη της κατανομής της βλάστησης κτλ.

Ο συνδυασμός των δυο μεθόδων έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μελέτες όπως για τη χωρική αποτύπωση του *Hippophae rhamnoides* στα Ιμαλάια (Roy *et al.*, 2001) και για τη χαρτογράφηση βιοτόπων στην Τουρκία (Yilmaz *et al.*, 2010). Οι Pirbalouti *et al.* (2008) χρησιμοποίησαν τα GIS για να διερευνήσουν τη δυνατότητα χρήσης περιοχών του βορειοδυτικού Ιράν για καλλιέργεια κανόλας (*Brassica napus*). Τα GIS έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί και για τη διερεύνηση της παραλλακτικότητας του *Thymus daenensis* στο κεντρικό και δυτικό Ιράν (Pirbalouti *et al.*, 2011) και για τη μελέτη της χωρικής επιρροής στη σύσταση του αιθέριου ελαίου του μαύρου πιπεριού (*Piper nigrum*) στην Ινδία (Parthasarathy *et al.*, 2008).

1.4 Προσαρμοστικότητα αυτοφυών βιοτύπων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας

Τα τελευταία χρόνια, η συνειδητοποίηση του ρόλου των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην έρευνα για νέα δραστικά συστατικά και την ανάπτυξη καινούργιων προϊόντων για τις βιομηχανίες φαρμάκων, τροφίμων και καλλυντικών, παράλληλα με το αίτημα των καιρών για επιστροφή στα προϊόντα φυσικής προέλευσης έχει οδηγήσει παγκοσμίως στην αύξηση της ζήτησης για τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Οι ευεργετικές δράσεις των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών φαίνεται να αποδίδονται πρωτίστως στα φαινολικά συστατικά (καρβακρόλη-θυμόλη) των αιθέριων ελαίων (Bullerman, 1977; Pellequer *et al.*, 1980; Sinvroulou *et al.*, 1996; Moure *et al.*, 2001).

Η ποιότητα καλλιεργούμενων φυτών ρίγανης καθορίζεται κυρίως από την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και από τη σύσταση αυτού ανάλογα με τη 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 τη λίπανση κατά την καλλιέργειά της (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 το γονότυπο, με τις κλιματικές συνθήκες να ευθύνονται σε μικρότερο βαθμό για την εμφάνιση παραλλακτικότητας. Η επίδραση του φυσικού οικοσυστήματος στη διακύμανση της απόδοσης σε αιθέριο έλαιο, καθώς και στην περιεκτικότητα αυτού σε καρβακρόλη αναφέρεται και σε μελέτες που διεξήχθησαν στην Κρήτη (Karousou *et al.*, 2005) και τη Νίσυρο (Kokkini & Vokou, 1993). Δεδομένου ότι το αιθέριο έλαιο αποτελεί μεταβολικό προϊόν των φυτικών κυττάρων, τα ποιοτικά και ποσοτικά του χαρακτηριστικά επηρεάζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες (Vokou *et al.*, 1993). Η ποικιλομορφία των χημειοτύπων αναφέρεται από τους Burkart & Buhler (1997), ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο περιβάλλον και το γονότυπο του αρωματικού φυτού.

Δεδομένου ότι τα αρωματικά φυτά παρουσιάζουν μεγάλη μορφολογική και χημική παραλλακτικότητα, η καλλιέργειά τους για την παραγωγή σταθερά ποιοτικών προϊόντων σε σχέση με την εκμετάλλευση των αυτοφυών πληθυσμών είναι επιτακτική. Λαμβάνοντας υπόψη την απαίτηση των αγορών για ομοιογενές και ποιοτικά σταθερό παραγόμενο προϊόν και κατά συνέπεια την ανάγκη ύπαρξης ομοιογενούς πολλαπλασιαστικού υλικού, προγράμματα επιλογής, διατήρησης και αναπαραγωγής θεωρούνται απαραίτητα για τη διασφάλιση του συστήματος ποιότητας (Franz & Novak, 1997). Η σταθεροποίηση και τυποποίηση των χαρακτηριστικών του πρωτογενούς υλικού είναι επομένως σημαντικός παράγοντας για τη διατήρηση και αειφόρο χρήση του γενετικού υλικού των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Αρκετοί ερευνητές σε μια προσπάθεια να ερμηνεύσουν τη μεγάλη αυτή παραλλακτικότητα και ταυτόχρονα να δώσουν λύση στο μεγάλο πρόβλημα της μη ύπαρξης πιστοποιημένου πολλαπλασιαστικού υλικού προσπάθησαν να δημιουργήσουν καλλιέργειες από επιλεγμένα αυτοφυή φυτά, ώστε να μελετήσουν την

προσαρμοστικότητα και την σταθερότητά τους. Οι περισσότεροι από αυτούς έχουν ασχοληθεί με τον εγγενή πολλαπλασιασμό (Putievsky *et al.*, 1997; Bernath, 1997; Pasquier, 1997; Goliaris *et al.*, 2002), ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις δημιουργίας αγενούς πολλαπλασιαστικού υλικού (Putievsky *et al.*, 1997; Leto & Salamone, 1997). Η εγκατάσταση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε διάφορα περιβάλλοντα με φυτικό υλικό προερχόμενο από αυτοφυείς πληθυσμούς, είναι μία αρκετά διαδεδομένη πρακτική. Εν τούτοις, η εκτίμηση της προσαρμοστικότητας τους στο νέο τους περιβάλλον γίνεται κυρίως με τη σύγκριση των δεδομένων τους με στοιχεία τεκμηριωμένα από την διεθνή βιβλιογραφία (Bernath, 1997; Leto & Salamone, 1997; Pasquier, 1997; Putievsky *et al.*, 1997; Goliaris *et al.*, 2002). Υπάρχουν όμως λίγες περιπτώσεις καλλιέργειας αρωματικών φαρμακευτικών φυτών με φυτικό υλικό, προερχόμενο αγενώς, από αυτοφυείς πληθυσμούς όπου έγινε σύγκριση των παραγόμενων προϊόντων με τα αντίστοιχα των αυτοφυών (Economakis *et al.*, 1999; Economakis *et al.*, 2002; Loziene & Venskutonis, 2005).

Σύμφωνα με τον Harper (1977), “Η αντίδραση των φυτών στην τροποποίηση των περιβαλλοντικών συνθηκών στηρίζεται είτε στις φαινοτυπικές μεταβολές είτε στην φαινοτυπική σταθερότητα, τα οποία αποτελούν εναλλακτικά ενδεχόμενα της προσαρμοστικής ικανότητας των φυτών”. Η προσαρμογή ενός φυτού σε ένα οικοσύστημα είναι η στιγμιαία αλληλεπίδραση των γόνων και της εμπειρίας του φυτού για το συγκεκριμένο περιβάλλον (plant’s eye view) (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).

1.5 Σκοπός της Διατριβής

Τα τελευταία χρόνια τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά και τα προϊόντα τους έχουν αποκτήσει υψηλή προστιθέμενη αξία. Παράλληλα, παρουσιάζουν ευκολία καθετοποιημένης παραγωγικής διαδικασίας, χωρίς μεγάλες επενδύσεις, από μικρά εταιρικά σχήματα, συνεταιρισμούς και οικογενειακές εκμεταλλεύσεις (Πολυσίου, 2002) και άρα θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην αύξηση του εισοδήματος των παραγωγών και στην ανάπτυξη επιχειρηματικών δραστηριοτήτων σε μειονεκτικές περιοχές, με αποτέλεσμα την συγκράτηση του πληθυσμού στην ύπαιθρο (Τσόγκας, 2005). Έχοντας ως κίνητρο τους παραπάνω λόγους, επιλέχθηκε το νησί της Ικαρίας για τη μελέτη της αρωματικής και φαρμακευτικής χλωρίδας του με σκοπό την ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την εμφάνισή της και τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της.

Σκοπός της διατριβής ήταν η χωρική και χημειοτυπική αποτύπωση των ειδών *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart (syn. *O. hirtum* Link), *Origanum onites* L., *Coridothymus capitatus* (L.) Reichenb. fil. και *Satureja thymbra* L. της νήσου Ικαρίας με τη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών τα οποία θεωρούνται οργανωμένα συστήματα μηχανικών μερών και λογισμικού, κατάλληλα για τη συλλογή, αποθήκευση, ενημέρωση, επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση όλων των τύπων των γεωγραφικών πληροφοριών. Η χωρική καταγραφή των ειδών, της χημικής σύστασης των ελαίων τους, καθώς και των αβιοτικών παραγόντων των διαφορετικών θέσεων εμφάνισής τους απετέλεσαν τα κύρια συστατικά της μελέτης με σκοπό την κατανόηση των παραγόντων που προκαλούν την έντονη παραλλακτικότητα των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη δημιουργία μιας γεωγραφικής βάσεως δεδομένων με τα διάφορα χαρακτηριστικά των ειδών και των θέσεων προέλευσής τους, λαμβάνοντας υπόψη τη δυνατότητα των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών για την αποτύπωση και τη συνδυαστική επεξεργασία όλων των δεδομένων με αποτέλεσμα την καλύτερη κατανόηση της χωρικής παραλλακτικότητας τους. Η καταγραφή και αποτύπωση των πλούσιων σε καρβακρόλη φυτών της Ικαρίας μπορεί να συνεισφέρει στην προστασία του συγκεκριμένου γενετικού υλικού και στην περαιτέρω αξιοποίηση των ειδών ως εκτατικές καλλιέργειες.

Έγινε προσπάθεια να αξιολογηθεί η διαφοροποίηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των αυτοφυών φυτών για τρία διαδοχικά έτη. Επιπλέον, διερευνήθηκε η χημειοταξινόμηση των τεσσάρων ειδών και για τα τρία έτη δειγματοληψίας με την βοήθεια της διακρίνουσας ανάλυσης (Discriminant analysis). Η ίδια μέθοδος χρησιμοποιήθηκε και για την ενδοειδική χημειοταξινόμηση μεταξύ των τριών ετών.

Η παραγωγή του αιθέριου ελαίου από τα φυτά είναι ένα πολύπλοκο βιολογικό φαινόμενο, αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης πολλών παραγόντων. Για αυτό το λόγο μελετήθηκε η επίδραση των εδαφοκλιματικών παραγόντων στην περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο και στη χημική σύσταση αυτού δίνοντας μεγάλο βάρος στην εκτίμηση της αλληλεπίδρασης των παραγόντων με τη χρήση της παραγοντικής ανάλυσης (Factor analysis).

Τέλος, αξιολογήθηκαν δύο επιλεγμένοι αυτοφυείς βιότυποι από τέσσερα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά (*Origanum hirtum* Link, *Origanum onites* L., *Coridothymus capitatus* L. και *Satureja thymbra* L.) σε συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας και μελετήθηκε η προσαρμοστικότητάς τους σε δύο διαφορετικά περιβάλλοντα, στον αγρό του ΓΠΑ στην Αθήνα και στην περιοχή Αρέθουσα της νήσου Ικαρίας.

1.6 Πρωτοτυπία της διατριβής

- Η χαρτογράφηση και η δημιουργία βάσεως δεδομένων για την αρωματική και φαρμακευτική χλωρίδα τύπου καρβακρόλης της νήσου Ικαρίας σε πληθυσμιακό επίπεδο.
- Η χημειοταξινόμηση τόσο μεταξύ των ειδών όσο και η ενδοειδική χημειοταξινόμηση μεταξύ των ετών μπορούν να αξιοποιηθούν για τον έλεγχο την χημειοτυπικής σταθερότητας.
- Αξιολόγηση της προσαρμοστικότητας των υπό μελέτη ειδών με την καλλιέργεια αγενώς πολλαπλασιασμένων, επιλεγμένων, αυτοφυών βιοτύπων σε δύο διαφορετικά περιβάλλοντα, στην περιοχή προελευσής τους και στον αγρό του ΓΠΑ.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Περιοχές Μελέτης

Ικαρία

Η Ικαρία είναι το δυτικότερο ελληνικό νησί του ανατολικού Αιγαίου. Βρίσκεται 19 χιλιόμετρα μακριά από την νήσο Σάμο και έχει συντεταγμένες 37°30' - 37°41' N, 25°28' - 26°22' E. Η Ικαρία καταλαμβάνει μια έκταση 255 km² και έχει ορθογώνιο σχήμα (40 km μήκος και 9 km μέγιστο πλάτος). Ολόκληρο το νησί καταλαμβάνεται από το βουνό Αθέρας, 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 παρουσιάζοντας την μέγιστη τιμή τον Ιανουάριο και ελάχιστη 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 γνευσιτικά. 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).

Αθήνα

Η λεκάνη των Αθηνών έχει συντεταγμένες 37°58' N, 23°43' E και βρίσκεται στο νότιο-ανατολικότερο τμήμα της κεντρικής Ελλάδας (Katsoulis, 1987). Η λεκάνη αυτή καλύπτει μια έκταση 383 km². 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 (Koutsogiannis & 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 Υμηττό, στο Πεντελικό και στο Αιγάλεω.

2.2 Συλλογή φυτικού υλικού

2.2.1 Συλλογή φυτικού υλικού αυτοφυών βιοτόπων της Νήσου Ικαρίας για χημική ανάλυση

Τρεις εκτεταμένες ερευνητικές αποστολές διενεργήθηκαν για κάθε ένα διαδοχικό έτος (2008, 2009 και 2010). Τα φυτά συλλέγονταν όταν η πυκνότητά τους ήταν μεγαλύτερη από το 20 % της συνολικής φυτικής κάλυψης. Πιο αναλυτικά το πρώτο έτος (2008) οι αποστολές διενεργήθηκαν στις 28-30 Απριλίου, 24-28 Μαΐου και 10-14 Ιουλίου, το δεύτερο έτος (2009) στις 29-30 Απριλίου, 27-29 Μαΐου και 12-14 Ιουλίου ενώ το τρίτο έτος (2010) στις 3-4 Μαΐου, 29-30 Μαΐου και 10-12 Ιουλίου. Όλα τα φυτικά δείγματα συλλέγονταν κατά την πλήρη άνθιση και από τους ίδιους σταθμούς δειγματοληψίας κάθε έτος. Το 2008 δημιουργήθηκαν 34 σταθμοί δειγματοληψίας και συλλέχθηκαν 36 φυτικά δείγματα (4 *S. thymbra*, 7 *O. onites*, 12 *O. hirtum* και 13 *C. capitatus*), ενώ το 2009 και το 2010 οι σταθμοί δειγματοληψίας αυξήθηκαν σε 64 και τα φυτικά δείγματα σε 72 (20 *S. thymbra*, 18 *O. onites*, 16 *O. hirtum* και 18 *C. capitatus*) (Εικόνα 6). Τα φυτικά δείγματα ήταν περισσότερα από

τους σταθμούς, γιατί σε κάποιους σταθμούς συλλέχθηκαν περισσότερα από ένα φυτικά είδη (Εικόνα 6). Κάθε φυτικό δείγμα προέκυψε από την ανάμειξη τριών αντιπροσωπευτικών φυτών από κάθε βιότυπο.

2.2.2 Επιλογή και συλλογή 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 στη νήσο Ικαρία εντοπίστηκαν και συλλέχθηκαν όπως περιγράφηκε και παραπάνω 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 περιεκτικότητα αυτού σε καρβακρόλη. Οι δύο καλύτεροι βιότυποι από κάθε είδος όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο και την περιεκτικότητα αυτού σε καρβακρόλη επιλέχθηκαν, για να αξιολογηθούν υπό συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας σε δύο διαφορετικές περιοχές (Αθήνα-Ικαρία).

Τον Νοέμβριο του 2008 πραγματοποιήθηκε μια αποστολή στην Ικαρία όπου έγινε συλλογή μητρικών φυτών, από τους επιλεγμένους βιότυπους κάθε είδους, από τα οποία προέκυψε με διαίρεση τους το απαραίτητο φυτικό υλικό για την εγκατάσταση των δύο πειραματικών αγρών στην Αθήνα και στην Ικαρία.

2.3 Πειραματικοί Αγροί

2.3.1 Εγκατάσταση πειραματικών Αγρών

Το Νοέμβριο του 2008 εγκαταστάθηκαν οι δύο καλύτεροι βιότυποι από κάθε είδος σε πειραματικούς αγρούς στην περιοχή Αρέθουσα της νήσου Ικαρίας (Εικόνα 3) και στο αγρόκτημα του ΓΠΑ στην Αθήνα (Εικόνα 4). Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε (Εικόνα 5) προέκυψε από διαίρεση φυτών από τους επιλεγμένους αυτοφυείς βιότυπους και εγκαταστάθηκε στους πειραματικούς αγρούς με βάση το πειραματικό σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με τρεις επαναλήψεις για κάθε βιότυπο. Οι αποστάσεις των φυτών ήταν 40 cm επάνω στην γραμμή και 60 cm μεταξύ των γραμμών. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο εγκαταστάθηκαν 24 φυτά. Οι φυτείες ήταν ουσιαστικά ξηρικές, αφού έγιναν μόνο δύο ποτίσματα, ένα κατά την εγκατάσταση και ένα το καλοκαίρι του 2009 μετά την συγκομιδή. Η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε αποκλειστικά με καλλιεργητικά μέσα. Για λόγους συντομίας οι βιότυποι κωδικοποιήθηκαν, όπως φαίνεται παρακάτω: AP 1 = Βιότυπος 1-Αρέθουσα, AP 2 = Βιότυπος 2-Αρέθουσα, ΓΠΑ 1 = Βιότυπος 1-Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΓΠΑ 2 = Βιότυπος 2- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Όπου, ο βιότυπος 1 ή 2 παραπέμπει σε κάθε έναν από τους δύο επιλεγμένους βιότυπους από κάθε είδος ανεξαρτήτως περιοχής καλλιέργειας και ποιοτικών χαρακτηριστικών. Η Αρέθουσα παραπέμπει στους βιότυπους που καλλιεργήθηκαν στον πειραματικού αγρό της Ικαρίας και το ΓΠΑ παραπέμπει στους βιότυπους που καλλιεργήθηκαν στον πειραματικού αγρό της Αθήνας. Παράλληλα, στις περιοχές προέλευσης ελήφθησαν

δείγματα από αυτοφυείς βιότυπους αντίστοιχους με εκείνους που εγκαταστάθηκαν στα πειράματα της Ικαρίας και του ΓΠΑ. Οι βιότυποι αυτοί αποκαλούνται ΑΥΤ 1 και ΑΥΤ 2 για το κάθε ένα από τα εξεταζόμενα 4 είδη.



Εικόνα 3: Δημιουργία αναβαθμίδων στην περιοχή της Αρέθουσας Ικαρίας.



Εικόνα 4: Η φύτευα στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών..



Εικόνα 5: Διαίρεση των φυτών για την εγκατάσταση των φυτειών.

2.3.2 Στοιχεία για τους πειραματικούς αγρούς

Ο αγρός στην Αθήνα ήταν ακαλλιέργητος για πολλά χρόνια, ενώ ο αγρός στην Ικαρία δημιουργήθηκε μετά τη διάνοιξη αναβαθμίδων τον Νοέμβριο του 2008. Από την ανάλυση δειγμάτων του εδάφους από κάθε αγρό προέκυψε ότι το έδαφος στον αγρό της Αθήνας είναι αργιλοπηλώδες (άργιλος 40,0 %, ιλύς 29,1%, άμμος 30,9 %) με pH 7,16, CaCO₃ 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, CaCO₃ 0,0 %, οργανική ουσία 3,02 % και ολικό N 0,12 %).

2.3.3 Δειγματοληψία φυτικού υλικού από τις φυτείες στην Αθήνα και στην Ικαρία για χημική ανάλυση

Τα φυτά συλλέχθηκαν για χημική ανάλυση πρώτη φορά το 2010. Όλα τα φυτά συλλέχθηκαν κατά την πλήρη άνθιση ανά είδος και περιοχή. Συγκεκριμένα, στην περιοχή της Αθήνας τα φυτά συλλέχθηκαν στις 29 Απριλίου (Θρούμπι - *S. thymbra*), 27 Μαΐου (Τούρκικη ρίγανη - *O. onites*) και 4 Ιουλίου (Θυμάρι - *C. capitatus* και Ελληνική ρίγανη - *O. hirtum*). Αντίστοιχα, στην περιοχή της Ικαρίας τα φυτά συλλέχθηκαν στις 3-4 Μαΐου (Θρούμπι), 29-30 Μαΐου (Τούρκικη ρίγανη) και 10 Ιουλίου (Θυμάρι και Ελληνική ρίγανη). Κάθε φυτικό δείγμα προέκυψε από την ανάμειξη τριών αντιπροσωπευτικών φυτών από πειραματικό τεμάχιο. Όλα τα δείγματα που συλλέχθηκαν υπέστησαν ήπια ξήρανση υπό σκιά και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία δωματίου το πολύ για 20 ημέρες μέχρι την ανάλυσή τους.

2.4 Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των αιθέριων ελαίων

2.4.1 Ξήρανση φυτικού υλικού για παραλαβή του αιθέριου ελαίου

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. Η υγρασία του φυτικού υλικού δεν ξεπερνούσε το 12 %.

2.4.2 Παραλαβή του αιθέριου ελαίου

Φύλλα και άνθη από κάθε φυτικό δείγμα αλευροποιούνταν και 10g χρησιμοποιούνταν για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με συσκευή Clevenger για 4 ώρες. Στην συνέχεια γινόταν ποσοτικός προσδιορισμός του παραγόμενου ελαίου στην βαθμονομημένη συσκευή Clevenger και το έλαιο αποθηκευόταν στους -18°C το πολύ για 1 εβδομάδα μέχρι την ποιοτική ανάλυσή του με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας, σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας.

2.4.3 Χημική ανάλυση

Η ποιοτική ανάλυση του ελαίου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση αέριου χρωματογράφου (GC) (Hewlett Packard 5890 II) εξοπλισμένου με τριχοειδή στήλη (HP-5MS, crosslinked 5% PH ME siloxane, 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 άξανε σταδιακά έως τους 250°C με ρυθμό $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$. 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 εγχετήρα και του ανιχνευτή (γραμμή 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 το χρόνο έκλυσης, από τα φάσματα μάζας πρότυπων ουσιών, όταν ήταν δυνατό, από τα φάσματα μάζας των ηλεκτρονικών βιβλιοθηκών Nist 98 και Wiley 275 και με τη χρήση δημοσιευμένων δεδομένων (Adams 1995). Στο παράρτημα παρουσιάζεται από ένα χαρακτηριστικό χρωματογράφημα για κάθε είδος (Παράρτημα, Εικόνες 1-4) καθώς και οι πίνακες που προκύπτουν από την ταυτοποίηση των συστατικών του αιθέριου ελαίου κάθε είδους (Παράρτημα, Πίνακες 1-4).

2.5 Συλλογή και ανάλυση εδαφικού υλικού

Εδαφικά δείγματα από κάθε σταθμό δειγματοληψίας ελήφθησαν τον Ιούλιο του 2009. Τα δείγματα συλλέχθηκαν με δειγματολήπτη για πετρώδη εδάφη, έτσι ώστε να καλύπτεται όλο το εύρος εδαφών. Το βάθος που έφτανε ο δειγματολήπτης ήταν έως 15 cm.

Μετά τη δειγματοληψία τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Γεωργίας του ΓΠΑ, όπου διενεργήθηκαν τα στάδια προκατεργασίας: α) ξήρανση, β) λειοτρίβιση, γ) κοσκίνισμα, δ) αποθήκευση των δειγμάτων. Μετά την ξήρανση ακολούθησε ήπια λειοτρίβιση των δειγμάτων σε ιγδίων πορσελάνης και κοσκίνισμά τους σε κόσκινο με διάμετρο οπών 2 mm. Το τελικό αεροξηραμένο, λειοτριβιμένο και κοσκινισμένο δείγμα χώματος αποθηκεύτηκε σε δοχεία πολυαιθυλενίου μέχρι την ολοκλήρωση των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν.

Οι εδαφικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι παρακάτω:

1. **Μηχανική σύσταση:** Προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Βουγιούκου, σύμφωνα με το νόμο του Stokes (Bouyoukos, 1936).
2. **Οργανική ουσία:** Προσδιορίστηκε με τη μέθοδο των Walkley & Black (Walkley & Black, 1934).
3. **Ενεργότητα ιόντων υδρογόνου (pH):** Το pH μετρήθηκε σε υδατικό αιώρημα με αναλογία εδάφους-ύδατος 1:1, δηλαδή 50 γραμμάρια κοσκινισμένο χόμα και 50 mL απιονισμένο νερό με pH-μετρό, αφού αφέθηκε για εξισορρόπηση περίπου 60 λεπτά. (Jackson, 1958).
4. **Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ):** Για τον προσδιορισμό της Ι.Α.Κ. αρχικά προκαλείται κορεσμός των εδαφικών κολλοειδών με ιόντα νατρίου με τη χρήση οξικού νατρίου (CH_3COONa) (1N), στη συνέχεια γίνεται έκπλυση της περίσσειας νατρίου με ισοπροπυλική αλκοόλη και τελικά εκχύλιση των ιόντων νατρίου με προσθήκη οξικού αμμωνίου ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) (1N). Ακολούθως, τα ελεύθερα ιόντα νατρίου μετρήθηκαν με φλογοφωτόμετρο (Jackson, 1958).
5. **Ολικό άζωτο (N):** Ο προσδιορισμός του ολικού αζώτου στα εδαφικά δείγματα έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο Kjeldahl που στηρίζεται στη μετατροπή όλων των μορφών του αζώτου σε κατιόντα αμμωνίου και στη συνέχεια στον προσδιορισμό του (Bremer, 1960).
6. **Ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3):** Το ολικό CaCO_3 προσδιορίστηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Bernard (Hulsemann, 1966).
7. **Ανταλλάξιμα κατιόντα (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}):** Τα ανταλλάξιμα ιχνοστοιχεία προσδιορίζονται με τη βοήθεια του οξικού αμμωνίου ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) (1N) ως εκχυλιστικού μέσου. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην αντικατάσταση όλων των κατιόντων που είναι προσροφημένα στη στερεή φάση του εδάφους από κατιόντα NH_4 . Ο προσδιορισμός των K^+ και Na^+ γίνεται με τη χρήση φλογοφωτόμετρου, ενώ των Ca^{2+} και Mg^{2+} με τη χρήση φασματοφωτόμετρου ατομικής απορρόφησης με αλόγα (Jackson, 1958).

2.6 Γεωγραφική Βάση Δεδομένων

Οι συντεταγμένες (γεωγραφικό πλάτος και μήκος) των σταθμών δειγματοληψίας εισήχθησαν σε μια γεωγραφική βάση δεδομένων σημειακής τοπολογίας, χρησιμοποιώντας το εμπορικό λογισμικό πακέτο GIS ArcMap ver. 9.2. Για κάθε σταθμό δειγματοληψίας πέραν των συντεταγμένων καταχωρήθηκαν επιπλέον οι παρακάτω πληροφορίες.

- Το είδος του φυτού που συλλέχθηκε σε κάθε σταθμό (*S. thymbra*, *O. onites*, *O. hirtum* και *C. capitatus*).
- Το υψόμετρο κάθε σταθμού.
- Η έκθεση κάθε σταθμού στον ήλιο.
- Οι εδαφικές ιδιότητες κάθε σταθμού.
- Η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών κάθε σταθμού σε αιθέριο έλαιο για τα τρία έτη.
- Η μέση σύσταση του ελαίου των φυτών κάθε σταθμού για τα τρία έτη (% περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη, γ-τερπινένιο, π-κυμένιο και καρυοφυλλένιο).

Για κάθε πληροφορία που εισήχθη στην βάση δεδομένων δημιουργήθηκε, με τη βοήθεια του προγράμματος, θεματικός χάρτης χωρικής κατανομής των τιμών της ανάλογα με το σταθμό δειγματοληψίας (Εικόνες 1 έως 18).

2.7 Μετεωρολογικά δεδομένα

2.7.1 Μετεωρολογικά δεδομένα για τους αυτοφυείς πληθυσμούς

Τα κλιματικά δεδομένα όπως παρουσιάζονται στους πίνακες (31 έως 33) προήλθαν από το σταθμό της Ελληνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) στη νήσο Ικαρία. Για τον προσδιορισμό της επίδρασης του κλίματος στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο καθώς και στην εκατοστιαία (%) σύσταση αυτού χρησιμοποιήθηκαν: α) η μέση θερμοκρασία (ΤΜ), η μέση σχετική υγρασία (RHM) και η βροχόπτωση (RM) του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους (*S. thymbra*, *O. onites*, *O. hirtum* και *C. capitatus*) για τρία διαδοχικά έτη (Πίνακας 31). β) Η μέση ετήσια θερμοκρασία (ΤΑ) και η ετήσια βροχόπτωση (RA) για το βιολογικό κύκλο κάθε είδους (Πίνακας 32) και γ) Η μέση θερμοκρασία (Τ3Μ), η μέση σχετική υγρασία (RH3Μ) και η βροχόπτωση (R3Μ) για του τρεις τελευταίους μήνες πριν την συγκομιδή κάθε είδους (Πίνακας 33).

2.7.2 Μετεωρολογικά δεδομένα για τις περιοχές των πειραματικών αγρών

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προήλθαν από τους σταθμούς της Ελληνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ) στη νήσο Ικαρία και στην Αθήνα αντίστοιχα. Στον Πίνακα 50 παρατίθενται η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία σχετική υγρασία και η μηνιαία βροχόπτωση στις περιοχές των πειραματικών αγρών (Αρέθουσα Ικαρίας και Αγρός ΓΠΑ στην Αθήνα).

2.8 Μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης

Διεξήχθησαν στατιστικές αναλύσεις όπως υπολογισμός των μέτρων κεντρικής θέσης (μέσος όρος, εύρος τιμών, τυπικό σφάλμα και συντελεστής παραλλακτικότητας) για όλες τις μεταβλητές που χαρακτηρίζουν τους σταθμούς δειγματοληψίας ανά φυτό. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση της διασποράς (One Way Anova), για να διερευνηθεί αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους των μεταβλητών των τεσσάρων διαφορετικών αρωματικών φυτών. Το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD), χρησιμοποιήθηκε για να διαπιστωθεί ποια φυτά διέφεραν μεταξύ τους και για ποια χαρακτηριστικά. Παράλληλα, έγινε και ο έλεγχος του χ^2 με σκοπό να εξεταστεί αν υπάρχει επίδραση των αβιοτικών παραμέτρων στην εμφάνιση κάθε είδους.

Για τη διερεύνηση της χημειοτυπικής παραλλακτικότητας διεξήχθησαν στατιστικές αναλύσεις που αφορούσαν τον υπολογισμό των μέτρων κεντρικής θέσης (μέσος όρος, εύρος τιμών, τυπικό σφάλμα και συντελεστής παραλλακτικότητας) για όλες τις μεταβλητές που χαρακτηρίζουν τα διαφορετικά φυτά τόσο για κάθε έτος χωριστά όσο και για τα τρία έτη μαζί. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση της διασποράς (One Way Anova) για να διερευνηθεί αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους των μεταβλητών τόσο μέσα σε κάθε είδος για τα τρία έτη όσο και ανάμεσα στα διαφορετικά είδη για το σύνολο των ετών. Το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD) χρησιμοποιήθηκε για να διαπιστωθεί ποιες μεταβλητές διέφεραν τόσο από έτος σε έτος μέσα σε κάθε είδος όσο και από είδος σε είδος για τα τρία έτη. Για να διερευνηθεί αν υπάρχει δυνατότητα χημειοταξινόμησης των ειδών για τα τρία έτη, χρησιμοποιήθηκε η διακρίνουσα ανάλυση (Discriminant analysis). Η ίδια μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για την ενδοειδική χημειοταξινόμηση μεταξύ των ετών. Με το συγκεκριμένο τρόπο ανάλυσης καθορίζονται τα συστατικά του αιθέριου ελαίου που καθορίζουν την κάθε ομάδα.

Για τη διερεύνηση της επίδρασης των αβιοτικών παραγόντων στην παραγωγή και τη σύσταση του αιθέριου ελαίου ερευνήθηκαν οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών ανά δυο με τη χρήση των συντελεστών συσχέτισης (Pearson correlation coefficient). Οι συντελεστές συσχέτισης ποσοτικοποιούν την εξάρτηση των εξεταζόμενων μεταβλητών δίνοντας μια πρώτη εικόνα της μεταξύ τους σχέσης. Παράλληλα, διενεργήθηκε η παραγοντική ανάλυση (Factor analysis), καθώς ένα από τα κύρια προβλήματα των βιολογικών ερευνών είναι ότι ασχολούνται με πολύπλοκα φαινόμενα, όπου πολλοί παράγοντες ή στοιχεία υπάρχουν και αλληλεπιδρούν προκαλώντας το αποτέλεσμα, το οποίο παρατηρείται. Μια κύρια δυσκολία είναι το πώς θα αναγνωριστούν αυτοί οι παράγοντες και πώς θα γίνουν κατανοητές οι αμοιβαίες αλληλεπιδράσεις. Οι διάφορες τεχνικές, οι οποίες ανήκουν στις πολυπαραγοντικές αναλύσεις, όπως η παραγοντική ανάλυση, είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στην κατανόηση πολύπλοκων φαινομένων (Benigni & Jiuliani, 1991).

Τέλος, για την αξιολόγηση της προσαρμοστικότητας των αυτοφυών βιοτύπων κάθε είδος υπό συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας σε δύο διαφορετικές περιοχές εφαρμόστηκε περιγραφική στατιστική των δεδομένων μας για κάθε είδος και κάθε βιότυπο ανά περιοχή. Επιπλέον, διενεργήθηκε η ανάλυση της διασποράς (ANOVA)

με σκοπό να αξιολογηθούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές των μέσων τιμών κάθε βιότυπου Α\Φ φυτού στις διαφορετικές περιοχές. Τέλος, το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD), χρησιμοποιήθηκε για να προσδιοριστούν οι διαφορές κάθε βιότυπου από περιοχή σε περιοχή.

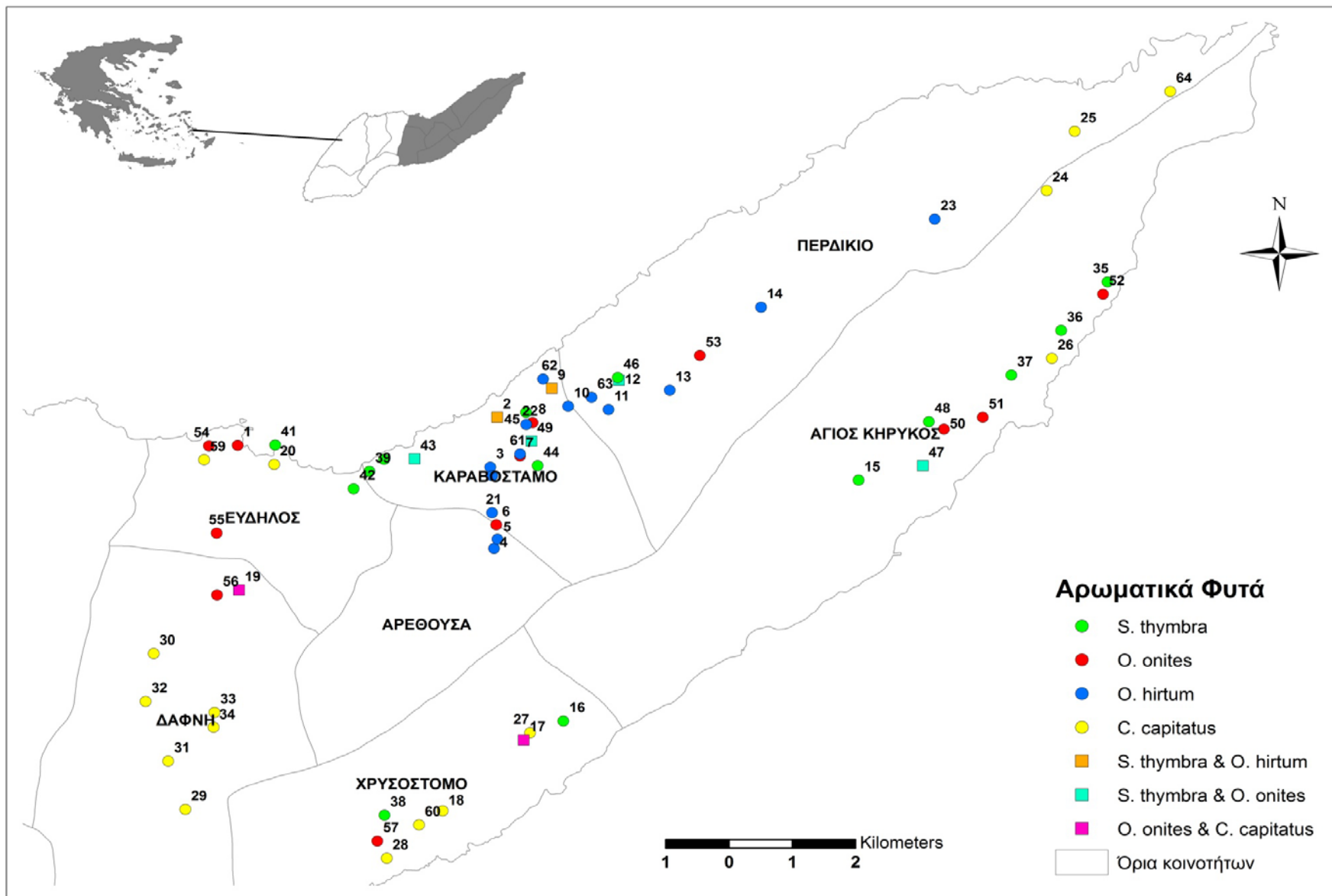
Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με την χρήση των στατιστικών πακέτων SPSS 17 και Statgraphics centurion XV.

3. Αποτελέσματα

3.1 Χωρική αποτύπωση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών τύπου караβακρόλης (*S. thymbra* L., *O. onites* L., *O. hirtum* Link και *C. capitatus* L.) της νήσου Ικαρίας και δημιουργία βάσεως δεδομένων με τη χρήση του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

3.1.1 Αποτύπωση της εξάπλωσης των τεσσάρων ειδών αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών της νήσου Ικαρίας

Τα φυτά των διαφόρων ειδών συλλέχθηκαν κυρίως στο ανατολικό τμήμα του νησιού από 64 διαφορετικούς σταθμούς, καθώς στο δυτικό τμήμα δεν φαίνεται να υπάρχει αρωματική και φαρμακευτική βλάστηση. Η χωρική αποτύπωση της εξάπλωσης των ειδών υπάρχει στην Εικόνα 6, όπου φαίνονται ξεκάθαρα τα σημεία από τα οποία συλλέχθηκαν τα τέσσερα διαφορετικά είδη. Τα φυτά της *O. hirtum* εντοπίστηκαν κυρίως κατά μήκος της Βόρειας ακτής του νησιού (Εικόνα 6 και 7Γ), μιας περιοχής που χαρακτηρίζεται από υψηλή σχετική υγρασία και από την τυπική βλάστηση της ηπειρωτικής Ελλάδας. Τα φυτά *O. onites* παρουσιάστηκαν σε διάφορες περιοχές από το Βόρειο έως το Νότιο τμήμα του νησιού (Εικόνα 6 και 7Β). Τα φυτά *C. capitatus* εντοπίστηκαν κυρίως στο κεντρικό τμήμα του νησιού (Εικόνα 6 και 7Δ), προσαρμοσμένα σε ένα καθαρά μεσογειακό κλίμα. Τέλος το *S. thymbra* εντοπίζεται κυρίως κατά μήκος της Βόρειας και Νότιας ακτογραμμής, ενώ φαίνεται να απουσιάζει από το κεντρικό τμήμα του νησιού (Εικόνα 6 και 7Α).



Εικόνα 6: Αποτύπωση των σταθμών δειγματοληψίας για κάθε ένα από τα τέσσερα διαφορετικά είδη. (Τα νούμερα στον χάρτη αντιστοιχούν στους σταθμούς δειγματοληψίας).

3.1.2 Αποτύπωση των αβιοτικών παραμέτρων των σταθμών συλλογής

3.1.2.1 Υψόμετρο

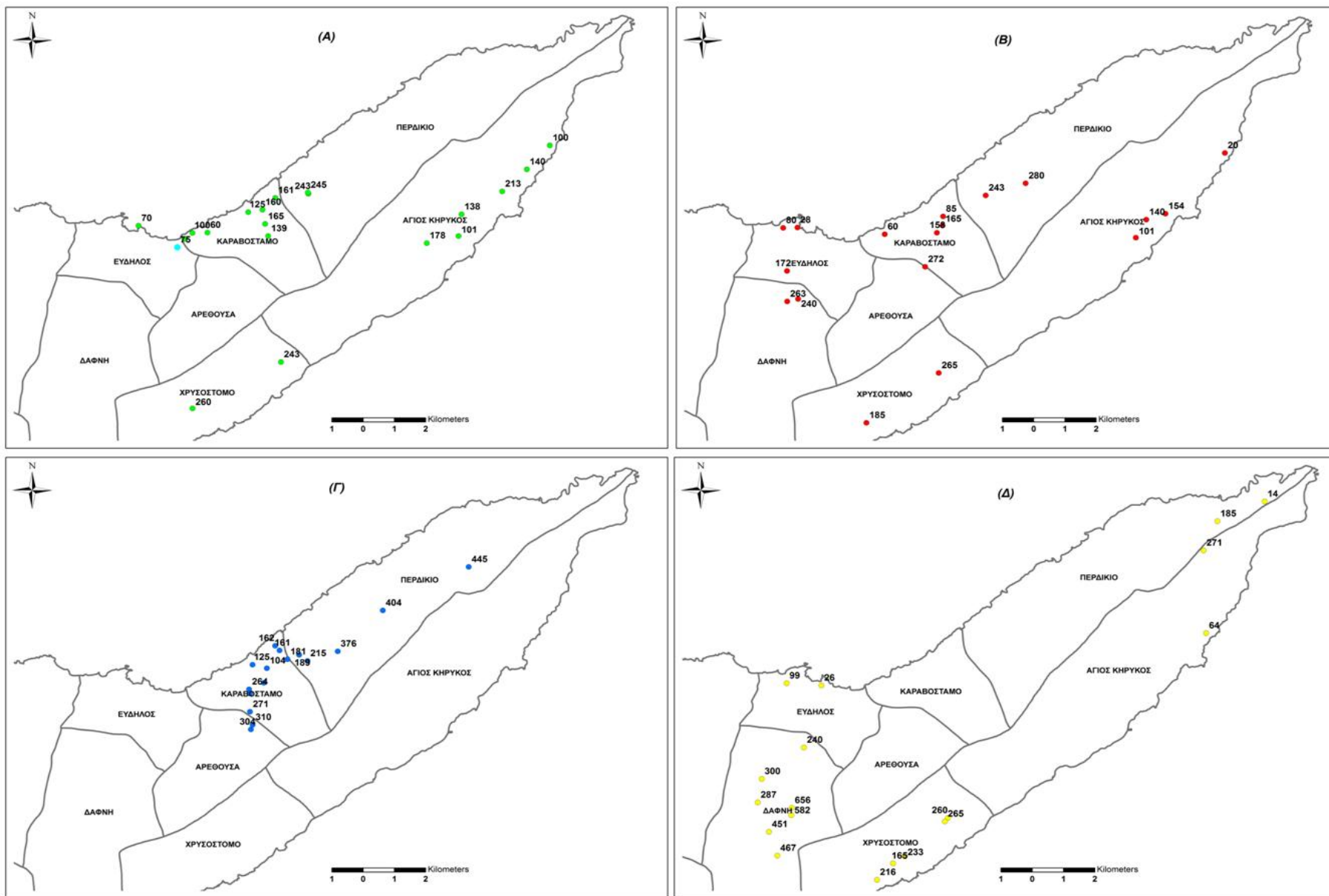
Τα υψόμετρα των σταθμών από τα οποίους συλλέχθηκαν τα φυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 και αποτυπώνονται στην Εικόνα 7. Όλα τα είδη παρουσίασαν μεγάλη παραλλακτικότητα όσον αφορά στο υψόμετρο από το οποίο συλλέχθηκαν με την *O. hirtum* και το *S. thymbra* να παρουσιάζουν τον μικρότερο συντελεστή παραλλακτικότητας (41,43 και 41,74 % αντίστοιχα) και το *C. capitatus* τον μεγαλύτερο (67,04 %) (Πίνακας 3). Η *O. onites* παρουσίασε ενδιάμεση τιμή παραλλακτικότητας (53,14 %). Το *S. thymbra* είχε το μικρότερο μέσο υψόμετρο (150 m) με ελάχιστη τιμή τα 60 m στον σταθμό 43 και μέγιστη τα 260 m στον σταθμό 38 (Εικόνα 6 και 7Α). Από την άλλη μεριά, το *C. capitatus* συλλέχθηκε από τα 14 m στον σταθμό 64 έως τα 656 m στον σταθμό 33 (Εικόνα 6 και 7Δ) έχοντας το μεγαλύτερο μέσο υψόμετρο (265 m). Η *O. onites* συλλέχθηκε από τα 20 m (Σταθμός 52) έως τα 280 m (σταθμός 53) (Εικόνα 6 και 7Β) με μέση τιμή τα 161 m (Πίνακας 3) ενώ η *O. hirtum* συλλέχθηκε από τα 104 έως τα 445 m (σταθμοί 22 και 23 αντίστοιχα) (Εικόνα 6 και 7Γ) με μέση τιμή τα 246 m (Πίνακας 3).

Χαρακτηριστικό είναι ότι η *O. hirtum* πρωτοεμφανίστηκε μετά τα 100 μέτρα σε αντίθεση με τα άλλα τρία είδη, τα οποία εμφανιστήκαν από χαμηλότερα υψόμετρα (Πίνακας 3).

Από την ανάλυση της διασποράς και τον έλεγχο πολλαπλών συγκρίσεων με το τεστ της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD) παρατηρήθηκε ότι τα φυτά *O. hirtum* και *C. capitatus* διέφεραν σημαντικά από τα άλλα δύο είδη όσον αφορά στο μέσο υψόμετρο εμφάνισης τους ($p < 0,01$), προτιμώντας μεγαλύτερα υψόμετρα χωρίς να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, όπως επίσης δεν διαφέραν μεταξύ τους τα είδη *S. thymbra* και *O. onites*. Παρατηρείται, ότι κυρίως το *S. thymbra* αλλά και η *O. onites* δεν εμφανίζονται στο κεντρικό τμήμα του νησιού (κοινότητα Δάφνης) (Εικόνα 6), το οποίο χαρακτηρίζεται από μεγάλα υψόμετρα.

Πίνακας 3: Μέσο υψόμετρο των σταθμών από τους οποίους συλλέχθηκε κάθε είδος. Παρατίθενται ακόμη το τυπικό σφάλμα, το εύρος των τιμών και ο συντελεστής παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά λατινικά γράμματα (a,b) δείχνουν ζευγάρια φυτών με στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέσο υψόμετρο συλλογής ($p < 0,01$).

| | Υψόμετρο (m) | | | |
|---------------------|---------------|---------------------|-----------------|-------|
| | Εύρος Τιμών | Μέσος | $\Sigma\bar{x}$ | CV % |
| <i>S. thymbra</i> | 60,00-260,00 | 150,40 ^b | 14,04 | 41,74 |
| <i>O. onites</i> | 20,00-280,00 | 161,72 ^b | 20,26 | 53,14 |
| <i>O. hirtum</i> | 104,00-445,00 | 246,44 ^a | 25,53 | 41,43 |
| <i>C. capitatus</i> | 14,00-656,00 | 265,61 ^a | 41,97 | 67,04 |



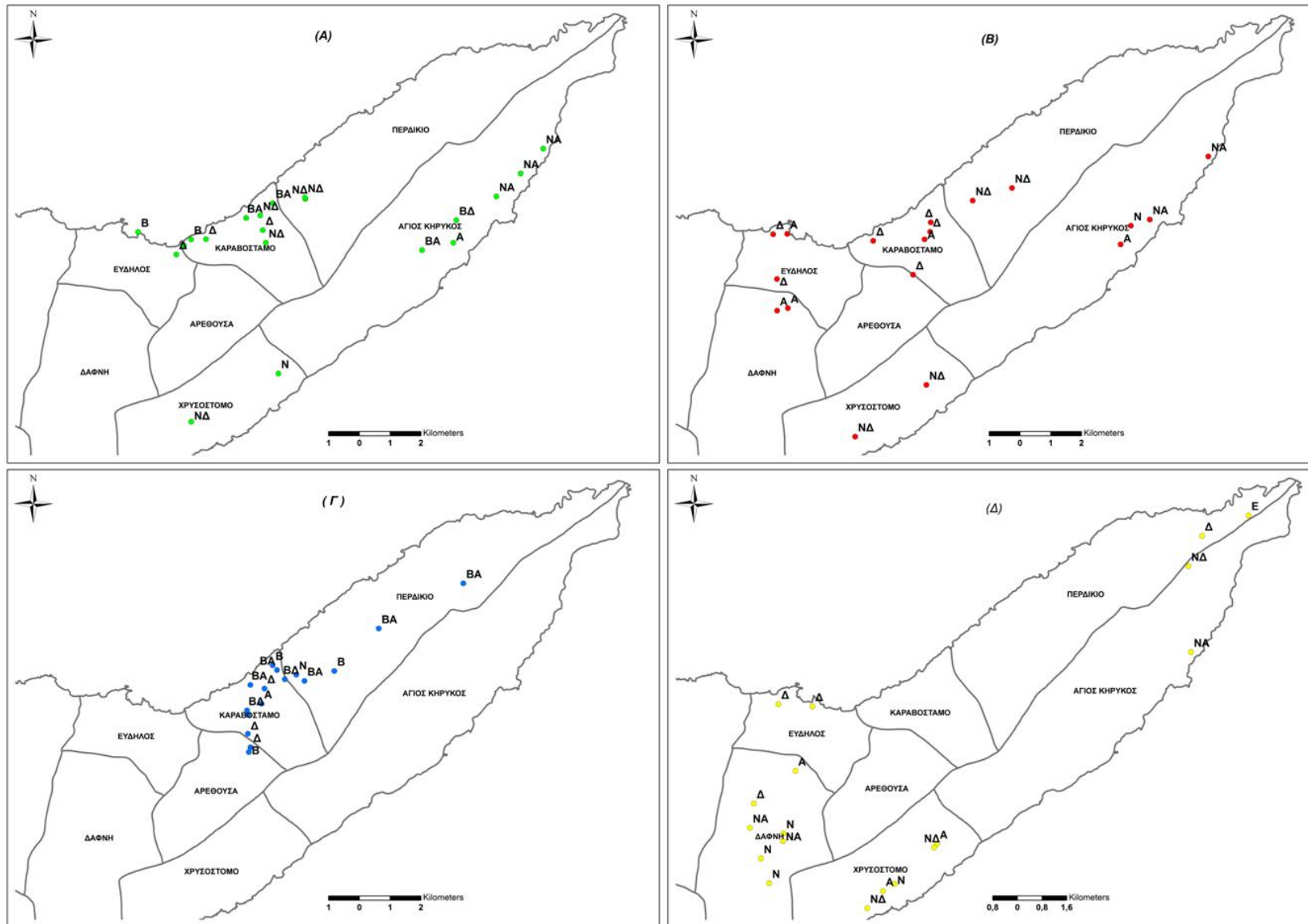
Εικόνα 7: Κατανομή ανάλογα με το υψόμετρο που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Τα νούμερα στον χάρτη αντιστοιχούν στα διάφορα υψόμετρα συλλογής).

3.1.2.2 Έκθεση (Προσανατολισμός)

Διαφορές παρατηρήθηκαν και όσον αφορά στην έκθεση των σταθμών δειγματοληψίας κάθε είδους ($\chi^2=41,568$, $p=0,014$, $BE=24$). Η κατάταξη των σταθμών δειγματοληψίας κάθε φυτού σύμφωνα με την έκθεσή τους παρουσιάζεται στον Πίνακα 4 και στην Εικόνα 8. Παρατηρείται ότι τα φυτά *O. hirtum* προτιμούσαν περιοχές με βόρεια έκθεση, αποφεύγοντας τις περιοχές με νότια και ανατολική (Πίνακας 4, Εικόνα 8Γ). Αντίθετα, τα φυτά *O. onites* εντοπίστηκαν κυρίως σε περιοχές με ανατολική και δυτική έκθεση, δίχως καμία παρουσία σε περιοχές με βόρεια έκθεση. (Πίνακας 4, Εικόνα 8B). Παρόμοια συμπεριφορά είχαν τα φυτά *C. capitatus* τα οποία εντοπίστηκαν κυρίως σε περιοχές με νότια, δυτική και ανατολική έκθεση (Πίνακας 4, Εικόνα 8Δ). Τέλος, τα φυτά *S. thymbra* εντοπίστηκαν σε περιοχές με όλες σχεδόν τις εκθέσεις, παρουσιάζοντας την τάση να εμφανίζονται συχνότερα σε περιοχές με νότια έκθεση. (Πίνακας 4, Εικόνα 8Α).

Πίνακας 4: Κατάταξη των σταθμών δειγματοληψίας κάθε φυτού σύμφωνα με την έκθεσή τους

| | Έκθεση | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|---------|--------|--------------|-----------|-------|--------------|-----------|--------|--------|
| | Ανατολική | Επίπεδο | Βόρεια | Β. Ανατολική | Β. Δυτική | Νότια | Ν. Ανατολική | Ν. Δυτική | Δυτική | ΣΥΝΟΛΟ |
| <i>S. thymbra</i> | 1 | 0 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 5 | 4 | 20 |
| <i>O. onites</i> | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 18 |
| <i>O. hirtum</i> | 1 | 0 | 4 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 16 |
| <i>C. capitatus</i> | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 4 | 18 |
| ΣΥΝΟΛΟ | 10 | 1 | 6 | 9 | 5 | 6 | 7 | 11 | 17 | 72 |



Εικόνα 8: Κατανομή ανάλογα με την έκθεση των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Τα γράμματα* στον χάρτη αντιστοιχούν στην έκθεση κάθε σταθμού δειγματοληψίας).

*N= νότια, NA= νοτιοανατολικά, ΝΔ= νοτιοδυτικά Β= βόρεια, ΒΑ= βορειοανατολικά, ΒΔ= βορειοδυτικά, Α= ανατολικά, Δ= δυτικά και Ε= επίπεδο.

3.1.2.3 Εδαφολογικές παράμετροι

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των εδαφικών δειγμάτων που ελήφθησαν από κάθε σταθμό δειγματοληψίας παρατίθενται στον Πίνακα 5. Τα εδάφη από τα οποία συλλέχθηκαν τα τέσσερα διαφορετικά είδη διέφεραν σημαντικά ανά είδος φυτού μόνο όσον αφορά στις μέσες τιμές του pH και στις μέσες συγκεντρώσεις του εδάφους σε ασβέστιο (Ca) και κάλιο (K).

Από την στατιστική ανάλυση (LSD), προέκυψε ότι η μέση συγκέντρωση σε κάλιο (K) για τα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ($p < 0,05$) (Πίνακας 5). Αντίθετα, η μέση συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca) στα εδάφη των περιοχών όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μικρότερη από αυτή των εδαφών των περιοχών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ($p < 0,05$) (Πίνακας 5). Τέλος, η μέση τιμή του pH για τα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. onites*, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα *S. thymbra* και *O. hirtum* ($p < 0,05$) (Πίνακας 5).

3.1.2.3.1 Μηχανική σύσταση

Από την ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων προέκυψε ότι τα περισσότερα εδάφη χαρακτηρίστηκαν ως αμμώδη. Στον Πίνακα 6 κατατάσσονται τα εδάφη δειγματοληψίας κάθε είδους σε κλάσεις ανάλογα με τη μηχανική σύστασή τους. Η κατάταξη κάθε σταθμού δειγματοληψίας ανά είδος αποτυπώνεται στην Εικόνα 9. Πιο αναλυτικά αμμοπηλώδη ήταν 15 από τα 20 εδάφη από όπου συλλέχθηκε το *S. thymbra*, 12 από τα 18 εδάφη από όπου συλλέχθηκε η *O. onites*, 11 από τα 16 εδάφη από όπου συλλέχθηκε η *O. hirtum* και 8 από τα 20 εδάφη από όπου συλλέχθηκε το *C. capitatus*. Από τα εναπομείναντα εδάφη τα περισσότερα κατατάχθηκαν στα πηλοαμμώδη. Μόλις ένα εδαφικό δείγμα ήταν αργιλλοπηλώδες, τρία αμμοαργιλλοπηλώδη και πέντε πηλώδη.

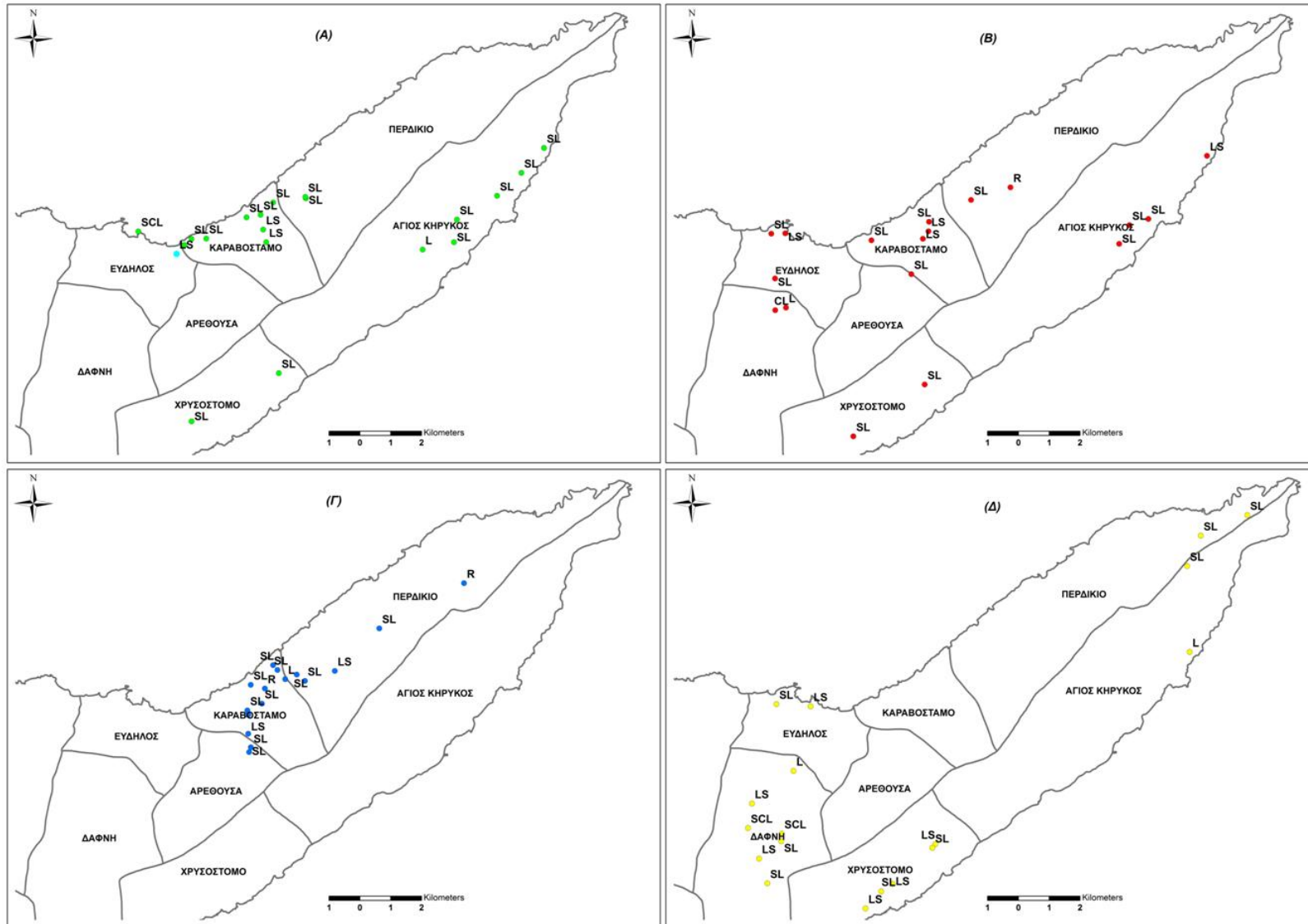
Πίνακας 6: Κατάταξη των εδαφικών δειγμάτων κάθε είδους σε κλάσεις μηχανικής σύστασης. Τα διαφορετικά γράμματα* περιγράφουν την κλάση.

| | Μηχανική Σύσταση | | | | | |
|---------------------|------------------|----|---|----|-----|----|
| | R | CL | L | LS | SCL | SL |
| <i>S. thymbra</i> | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 15 |
| <i>O. onites</i> | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 12 |
| <i>O. hirtum</i> | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 11 |
| <i>C. capitatus</i> | 0 | 0 | 2 | 6 | 2 | 8 |

*SL=αμμοπηλώδες, LS=πηλοαμμώδες, L=πηλώδες, CL=αργιλοπηλώδες, SCL=Αμμοαργιλλοπηλώδες, R=βράχος

Πίνακας 5: Μέσες τιμές των εδαφικών παραμέτρων για κάθε είδος. Παρατίθενται επίσης το τυπικό σφάλμα, το εύρος τιμών και ο συντελεστής παραλλακτικότητας για κάθε παράμετρο. Τα διαφορετικά λατινικά γράμματα (a,b,c) δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μέσες τιμές εδαφικών παραμέτρων κάθε φυτού ($p < 0,05$).

| | <i>S. thymbra</i> | | | | <i>O. onites</i> | | | | <i>O. hirtum</i> | | | | <i>C. capitatus</i> | | | |
|---------------------------|-------------------|----------------|-------------|--------|------------------|----------------|-------------|--------|------------------|----------------|-------------|--------|---------------------|----------------|-------------|--------|
| | Μέσος | Σ $\bar{\chi}$ | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ $\bar{\chi}$ | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ $\bar{\chi}$ | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ $\bar{\chi}$ | Εύρος Τιμών | CV % |
| Ολικό Άζωτο (%) | 0,15 | 0,03 | 0-0,40 | 86,08 | 0,13 | 0,03 | 0,01-0,34 | 83,13 | 0,16 | 0,03 | 0,01-0,40 | 75,60 | 0,11 | 0,02 | 0,01-0,37 | 85,26 |
| Κλάσμα Άμμου (%) | 69,45 | 2,11 | 43,4-87,00 | 13,62 | 67,39 | 3,46 | 32,90-83,00 | 21,18 | 65,29 | 2,88 | 41,40-79,40 | 16,50 | 67,09 | 2,73 | 39,40-82,50 | 17,28 |
| Κλάσμα Αργίλου (%) | 9,85 | 1,18 | 5,40-25,00 | 53,72 | 9,07 | 1,40 | 3,60-25,70 | 63,51 | 9,25 | 1,27 | 4,60-20,00 | 51,57 | 10,73 | 1,53 | 4,60-26,00 | 60,41 |
| Κλάσμα Ίλως (%) | 20,71 | 2,17 | 7,00-42,00 | 46,84 | 23,54 | 2,58 | 7,10-43,00 | 45,14 | 25,46 | 2,72 | 7,10-41,60 | 40,02 | 22,18 | 2,17 | 7,10-43,00 | 41,49 |
| Οργανική Ουσία (%) | 2,83 | 0,57 | 0-9,78 | 90,09 | 2,26 | 0,51 | 0-6,33 | 92,64 | 3,19 | 0,74 | 0,67-9,78 | 87,16 | 2,12 | 0,44 | 0,34-6,67 | 87,57 |
| pH | 6,74bc | 0,09 | 5,73-7,21 | 5,86 | 7,02a | 0,08 | 6,06-7,59 | 4,91 | 6,69c | 0,07 | 6,13-7,11 | 4,02 | 6,94ab | 0,07 | 6,50-7,43 | 4,37 |
| Na (meq/100g) | 0,51 | 0,07 | 0,21-1,29 | 57,95 | 1,06 | 0,35 | 0,20-5,43 | 136,67 | 0,40 | 0,04 | 0,21-0,63 | 34,43 | 0,79 | 0,39 | 0,17-7,45 | 213,11 |
| K (meq/100g) | 0,27b | 0,05 | 0,04-1,01 | 82,28 | 0,22b | 0,04 | 0,04-0,55 | 79,90 | 0,44a | 0,08 | 0,06-1,29 | 70,01 | 0,18b | 0,03 | 0,07-0,55 | 68,69 |
| Ca (meq/100g) | 18,01a | 2,05 | 4,82-33,30 | 50,98 | 21,02a | 2,07 | 6,90-34,25 | 40,57 | 11,60b | 2,27 | 2,81-29,70 | 73,29 | 18,72a | 2,07 | 5,69-36,25 | 46,90 |
| Mg (meq/100g) | 2,27 | 0,32 | 0,64-5,58 | 62,53 | 2,05 | 0,32 | 0,50-5,00 | 65,34 | 1,84 | 0,34 | 0,64-5,58 | 69,70 | 1,57 | 0,25 | 0,56-4,38 | 68,29 |
| CaCO₃ | 3,37 | 1,08 | 0-16,00 | 142,74 | 10,54 | 3,75 | 0-51,61 | 146,61 | 3,33 | 3,01 | 0-42,28 | 338,84 | 9,77 | 3,08 | 0-51,61 | 133,82 |
| IAK (meq/100g) | 14,85 | 1,56 | 6,17-30,00 | 46,89 | 16,02 | 1,93 | 2,43-29,57 | 49,77 | 14,67 | 1,75 | 8,17-30,00 | 44,71 | 15,43 | 2,19 | 2,43-33,91 | 60,18 |



Εικόνα 9: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την μηχανική κλάση των εδαφών των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. caritatus*. (Τα γράμματα* στον χάρτη αντιστοιχούν στην μηχανική κλάση του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).

*SL= αμμοπηλώδες, LS= πηλοαμμοδες, L= πηλώδες, CL= αργιλοπηλώδες, SCL= , R= βράχος

Πιο αναλυτικά, όσον αφορά στην μηχανική σύσταση των εδαφών όλα τα είδη φαίνεται να προτιμούσαν αμμώδη εδάφη έχοντας στατιστικά μη σημαντικές διαφορές στις μέσες τιμές του κλάσματος άμμου. Το κλάσμα άμμου κυμάνθηκε από 43,40 έως 87,00 % (σταθμοί 15 και 42 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Α) για το *S. thymbra*, από 32,90 έως 83,00 % (σταθμοί 56 και 52 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Β) για την *O. onites*, από 41,40 έως 79,40 % (σταθμοί 10 και 13 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Γ) για την *O. hirtum* και από 39,40 έως 82,50 % (σταθμοί 19 και 27 αντίστοιχα) για το *C. capitatus* (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Δ). Η παραλλακτικότητα όσον αφορά στο κλάσμα της άμμου ήταν σχετικά μικρή και κυμάνθηκε από 13,62 % στο *S. thymbra* έως 21,18 στην *O. onites*. Η *O. hirtum* και το *C. capitatus* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές παραλλακτικότητας, οι οποίες ήταν 16,50 και 17,28 % αντίστοιχα.

Αντίθετα, όσον αφορά στο κλάσμα αργίλου παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες διακυμάνσεις, οι οποίες κυμάνθηκαν από 51,57 % στην *O. hirtum* έως 63,51 % στην *O. onites*. Το *C. capitatus* και το *S. thymbra* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές (60,41 και 53,72 % αντίστοιχα) (Πίνακας 5). Πιο συγκεκριμένα, το κλάσμα αργίλου κυμάνθηκε, για το *S. thymbra* από 5,40 έως 25,00 % στους σταθμούς 38 και 41 αντίστοιχα (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Α), για την *O. onites* από 3,60 έως 25,70 % στους σταθμούς 7 και 56 αντίστοιχα (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Β), για την *O. hirtum* από 4,60 έως 20,00 % στους σταθμούς 11 και 2 αντίστοιχα (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Γ) και για το *C. capitatus* από 4,60-26,00 % στους σταθμούς 29 και 32 αντίστοιχα (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Δ).

Παρόμοια αποτελέσματα με υψηλό συντελεστή παραλλακτικότητας παρατηρήθηκαν και στο κλάσμα ιλύος. Το μεγαλύτερο συντελεστή είχε το *S. thymbra* (46,84 %) και το μικρότερο η *O. hirtum* (40,02 %). Το *C. capitatus* και η *O. onites* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές (41,49 και 45,14 % αντίστοιχα) (Πίνακας 5). Οι τιμές του κλάσματος της ιλύς κυμάνθηκαν από 7,00 % έως 42,00 % για το *S. thymbra* (σταθμοί 42 και 15 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Α), από 7,10 έως 43,00 % για την *O. onites* (σταθμοί 43 και 19 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Β), από 7,10 έως 43,00 % για το *C. capitatus* (σταθμοί 32 και 19 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Δ) και από 7,10 έως 41,60 % για την *O. hirtum* (σταθμοί 2 και 58 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 9Γ).

3.1.2.3.2 Ολικό άζωτο

Το ολικό άζωτο είχε μεγάλες διακυμάνσεις από σταθμό σε σταθμό μέσα σε κάθε είδος (Πίνακας 5) και οι μέσες τιμές κάθε είδους δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, η παραλλακτικότητα κυμάνθηκε από 75,6 % στην *O. hirtum* έως 86,08 % στο *S. thymbra*. Μεγάλη παραλλακτικότητα παρουσίασαν επίσης και το *C. capitatus* (85,26 %) και η *O. onites* (83,13 %). Το ολικό άζωτο κυμάνθηκε από 0 έως 0,40 % (σταθμοί 16 και 2 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 10Α) για το *S. thymbra*, από 0,01 έως 0,34 % (σταθμοί 1 και 47 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 10Β) για την *O. onites*, από 0,01 έως 0,40 % (σταθμοί 62 και 2 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 10Γ) για την *O. hirtum* και από 0,01 έως 0,37 % (σταθμοί 29 και 59 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 10Δ) για το *C. capitatus*. Τη μικρότερη μέση

τιμή παρουσίασαν τα εδάφη του *C. capitatus* (0,11 %), ενώ τη μεγαλύτερη τα εδάφη της *O. hirtum* (0,16%). Σύμφωνα με το εύρος τιμών που είχαν, τα διάφορα εδάφη μπορούν να χαρακτηριστούν όσον αφορά στο ολικό άζωτο από φτωχά έως πλούσια.

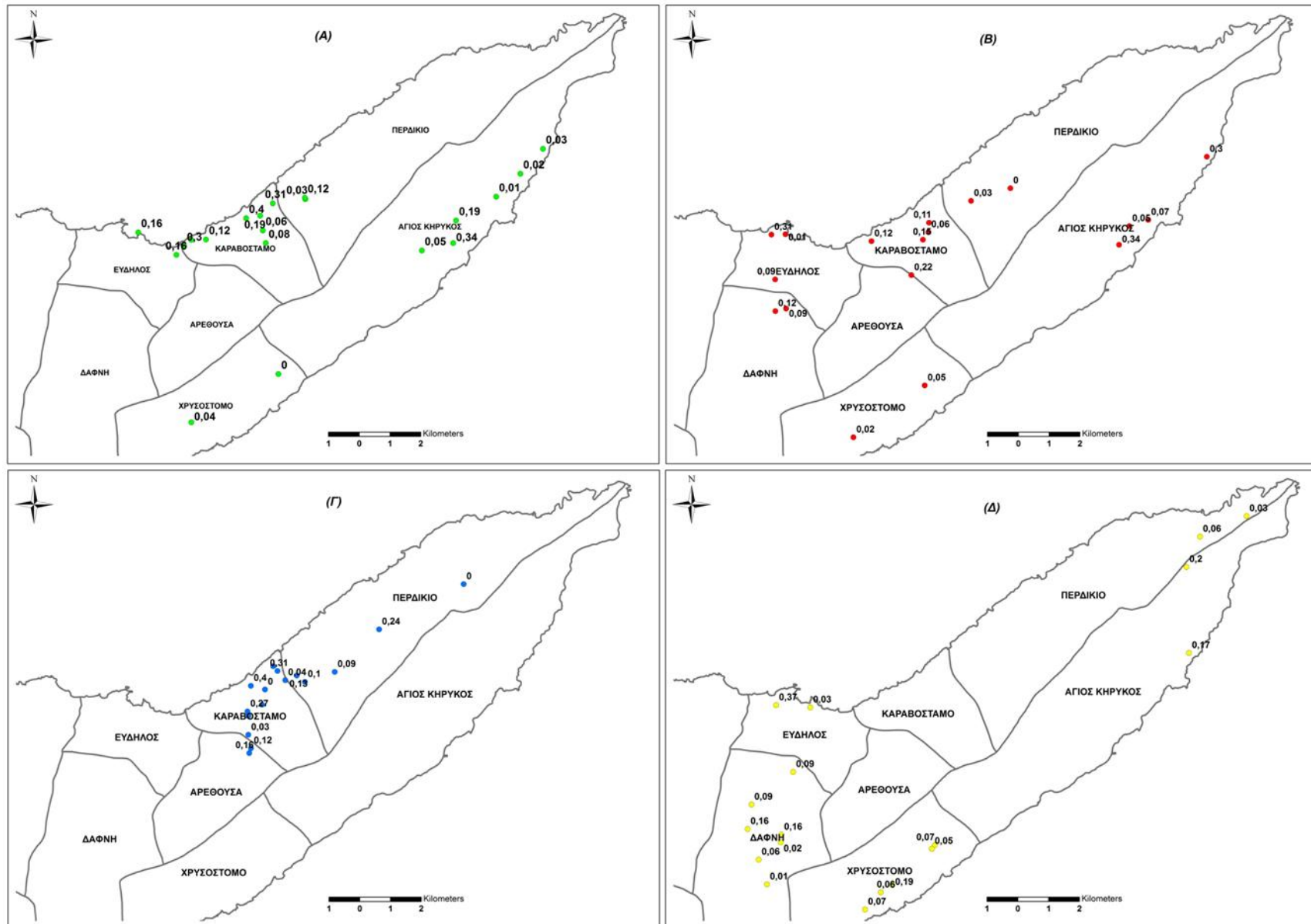
3.1.2.3.3 Αντίδραση του εδάφους (pH)

Όσον αφορά τη μέση τιμή του pH, τα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. onites* είχαν σημαντικά μεγαλύτερη μέση τιμή (7,02) από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα *S. thymbra* (6,74) και *O. hirtum* (6,69) ($p < 0,05$) (Πίνακας 5). Η μέση τιμή του pH για τα εδάφη που εντοπίστηκε το *C. capitatus* (6,94) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση τιμή του pH των εδαφών που εντοπίστηκε η *O. hirtum*, ενώ δε διέφερε σημαντικά από τη μέση τιμή των εδαφών που εντοπίστηκαν τα δύο άλλα είδη.

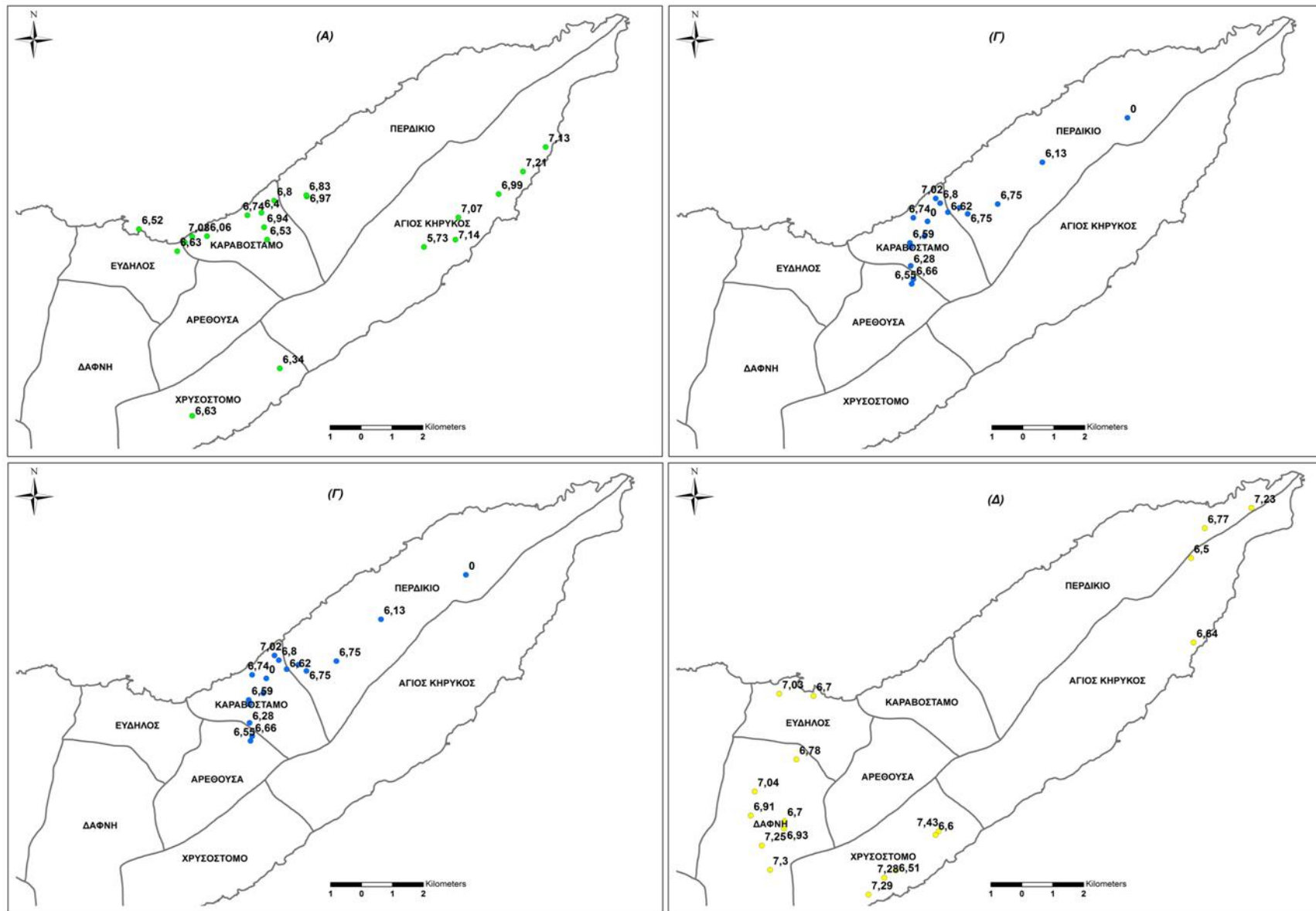
Όλα τα είδη φαίνεται να προτιμούσαν ελαφρώς όξινα έως ουδέτερα εδάφη αφού παρουσίασαν σχετικά μικρές τιμές παραλλακτικότητας από 4,02 % (*O. hirtum*) έως 5,86 % (*S. thymbra*) (Πίνακας 5). Το *C. capitatus* και η *O. onites* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές (4,37 και 4,91 %) αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα η τιμή του pH κυμάνθηκε από 5,73 έως 7,21 στο *S. thymbra* (σταθμοί 15 και 36 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 11Α), από 6,06 έως 7,59 στην *O. onites* (σταθμοί 43 και 57 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 11Β), από 6,13 έως 7,11 στην *O. hirtum* (σταθμοί 14 και 63 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 11Γ) και από 6,50 έως 7,43 στο *C. capitatus* (σταθμοί 24 και 27 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 11Δ).

3.1.2.3.4 Οργανική ουσία

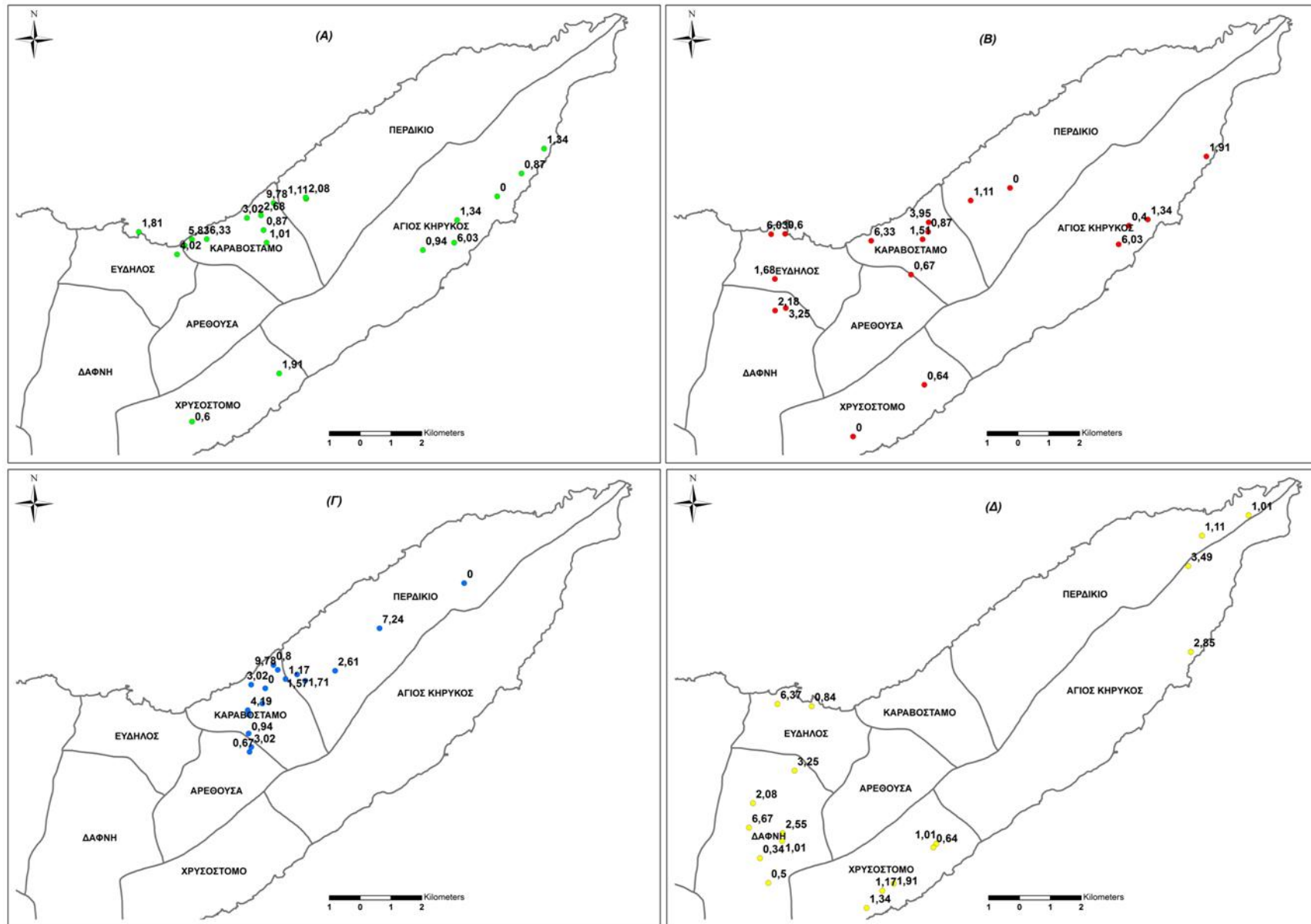
Η οργανική ουσία των εδαφών ανά είδος παρουσίασε μεγάλες διακυμάνσεις από σταθμό σε σταθμό. Συγκεκριμένα, η παραλλακτικότητα κυμάνθηκε από 87,16 % στην *O. hirtum* έως 92,64 % στην *O. onites* με το *S. thymbra* και το *C. capitatus* να παρουσιάζουν ενδιάμεσες τιμές (90,09 και 87,57 % αντίστοιχα). Οι τιμές της οργανικής ουσίας κυμάνθηκαν από 0 έως 9,78 (σταθμοί 37 και 9 αντίστοιχα) με μέση τιμή 2,83 στο *S. thymbra* (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 12Α), από 0 έως 6,33 (σταθμοί 57 και 43 αντίστοιχα) με μέση τιμή 2,26 στην *O. onites* (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 12Β), από 0,67 έως 9,78 (σταθμοί 4 και 9 αντίστοιχα) με μέση τιμή 3,19 στην *O. hirtum* (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 12Γ) και από 0,34 έως 6,67 (σταθμοί 31 και 32 αντίστοιχα) με μέση τιμή 2,12 στο *C. capitatus* (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 12Δ). Πρέπει να αναφερθεί ότι οι μέσες τιμές τις οργανικής ουσίας δε διέφεραν σημαντικά από είδος σε είδος.



Εικόνα 10: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την περιεκτικότητα σε ολικό άζωτο των εδαφών των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στο ολικό άζωτο του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).



Εικόνα 11: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με το pH των εδαφών των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στο pH του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).



Εικόνα 12: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την οργανική ουσία των εδαφών των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. carpitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην οργανική ουσία του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).

3.1.2.3.5 Ανταλλάξιμο Νάτριο

Όσον αφορά στο διαθέσιμο νάτριο (Na meq/100gr) παρουσιάστηκαν μεγάλες διακυμάνσεις από σταθμό σε σταθμό για κάθε είδος με το συντελεστή παραλλακτικότητας να κυμαίνεται από 34,43 % στην *O. hirtum* έως 213,11 % στο *C. capitatus* (Πίνακας 5). Στο *S. thymbra* και στην *O. onites* παρουσιάστηκαν ενδιάμεσες τιμές (57,95 και 136,67 %). Οι τιμές του Na κυμάνθηκαν από 0,21 έως 1,29 meq/100gr (σταθμοί 2 και 36 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 13Α) για το *S. thymbra*, από 0,20 έως 5,43 meq/100gr (σταθμοί 17 και 57 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 13Β) για την *O. onites*, από 0,21 έως 0,63 meq/100gr (σταθμοί 2 και 10 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 13Γ) για την *O. hirtum* και 0,17-7,45 meq/100gr (σταθμοί 27 και 26 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 13Δ) για το *C. capitatus*. Πρέπει να αναφερθεί ότι οι μέσες τιμές του Na ανά είδος δε διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους και κυμάνθηκαν από 0,40 meq/100gr στην *O. hirtum* έως 1,06 meq/100gr στην *O. onites* με το *C. capitatus* και το *S. thymbra* να παρουσιάζουν ενδιάμεσες τιμές (0,79 και 0,51 meq/100gr αντίστοιχα) (Πίνακας 5).

3.1.2.3.6 Ανταλλάξιμο Κάλιο

Από τη στατιστική ανάλυση (LSD) προέκυψε ότι, η μέση συγκέντρωση σε κάλιο (K) για τα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ($p < 0,05$) (Πίνακας 5). Οι τιμές του καλίου παρουσίασαν μεγάλες διακυμάνσεις με το *C. capitatus* να έχει το μικρότερο συντελεστή παραλλακτικότητας (68,69 %) και το *S. thymbra* τον μεγαλύτερο (82,28 %) (Πίνακας 5). Για την *O. onites* ο συντελεστής παραλλακτικότητας ήταν 79,9 %, ενώ για την *O. hirtum* 70,01 %. Οι τιμές του καλίου κυμάνθηκαν, στο *S. thymbra* από 0,04 έως 1,01 meq/100gr (σταθμοί 36 και 16 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 14Α) με μέση τιμή 0,27 meq/100gr, στην *O. onites* από 0,04 έως 0,55 meq/100gr (σταθμοί 57 και 19 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 14Β) με μέση τιμή 0,22 meq/100gr, στην *O. hirtum* από 0,06 έως 1,29 meq/100gr (σταθμοί 4 και 58 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 14Γ) με μέση τιμή 0,44 meq/100gr και στο *C. capitatus* από 0,07 έως 0,55 meq/100gr (σταθμοί 17 και 19 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 14Δ) με μέση τιμή 0,18 meq/100gr (Πίνακας 5).

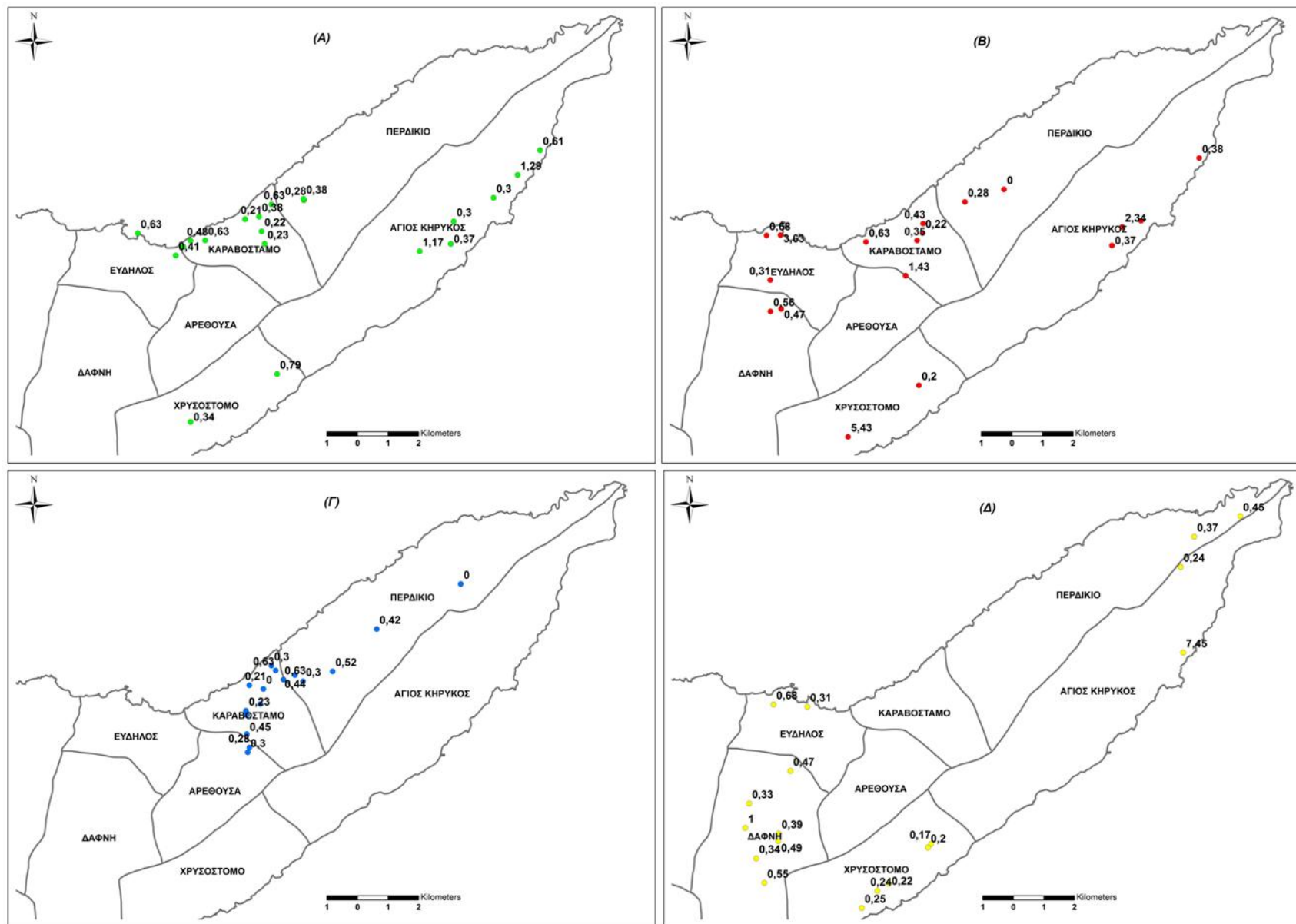
3.1.2.3.7 Ανταλλάξιμο Ασβέστιο

Αντίθετα, η μέση συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca) στα εδάφη των περιοχών όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μικρότερη από αυτή των εδαφών των περιοχών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία (εδάφη) δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ($p < 0,05$) (Πίνακας 5). Συγκεκριμένα, οι τιμές του ασβεστίου κυμάνθηκαν από 4,82 έως 33,30 meq/100gr (σταθμοί 15 και 46 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 15Α) στο *S. thymbra* (μέση τιμή 18,01 meq/100gr), από 6,90 έως 34,25 meq/100gr (σταθμοί 49 και 1 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 15Β) στην *O. onites* (μέση τιμή 21,02 meq/100gr), από 2,81 έως 29,70 meq/100gr (σταθμοί 21 και 14 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 15Γ) στην *O. hirtum* (μέση τιμή 11,60 meq/100gr) και από 5,69 έως 36,25 meq/100gr (σταθμοί 34 και 64 αντίστοιχα)

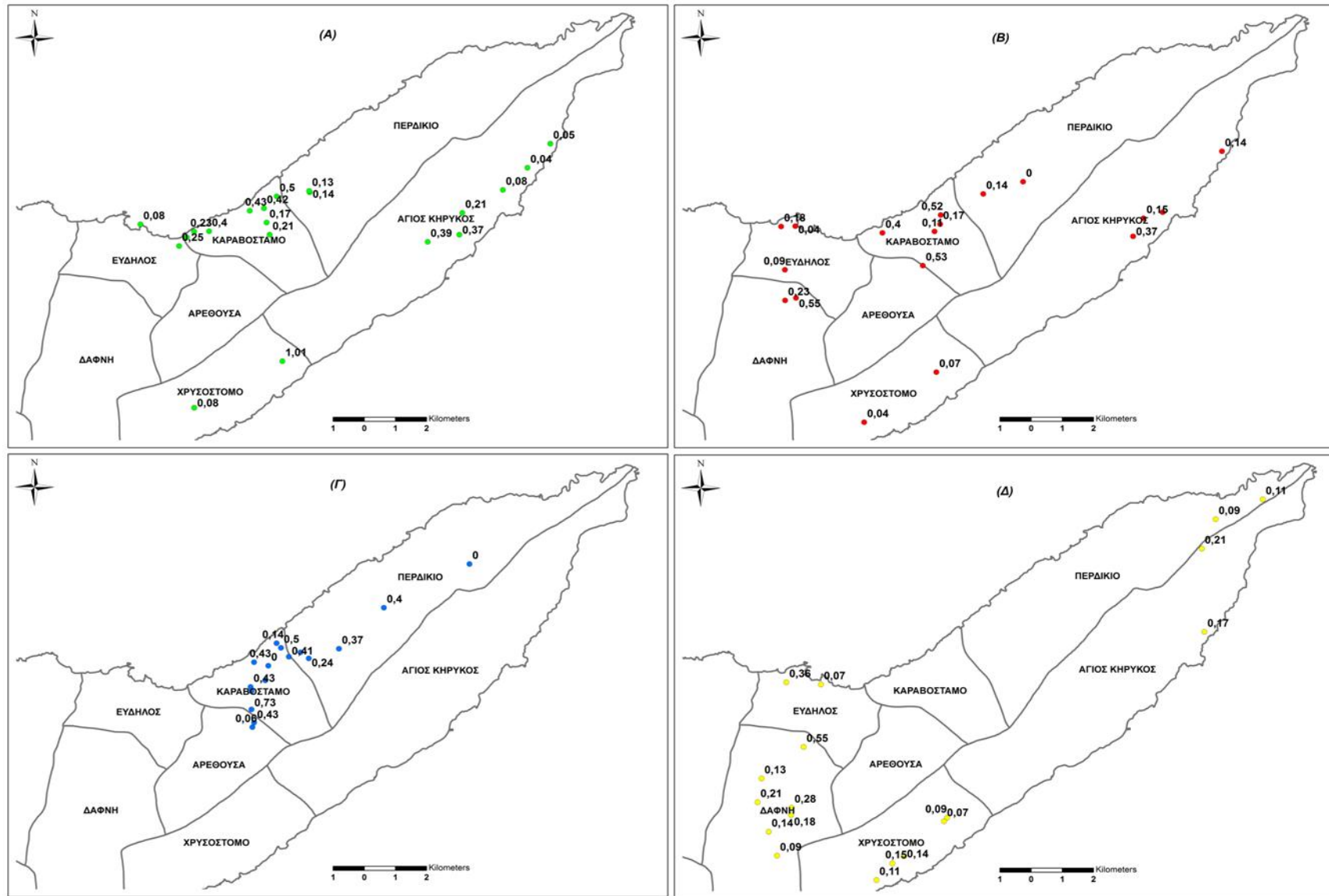
(Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 15Δ) στο *C. capitatus* (μέση τιμή 18,72 meq/100gr). Η μεγαλύτερη διακύμανση των τιμών του ασβεστίου παρατηρήθηκε στην *O. hirtum* (73,29 %) και η μικρότερη στην *O. onites* (40,57 %). Το *S. thymbra* *C. capitatus* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές (50,98 και 46,90 % αντίστοιχα).

3.1.2.3.8 Ανταλλάξιμο Μαγνήσιο

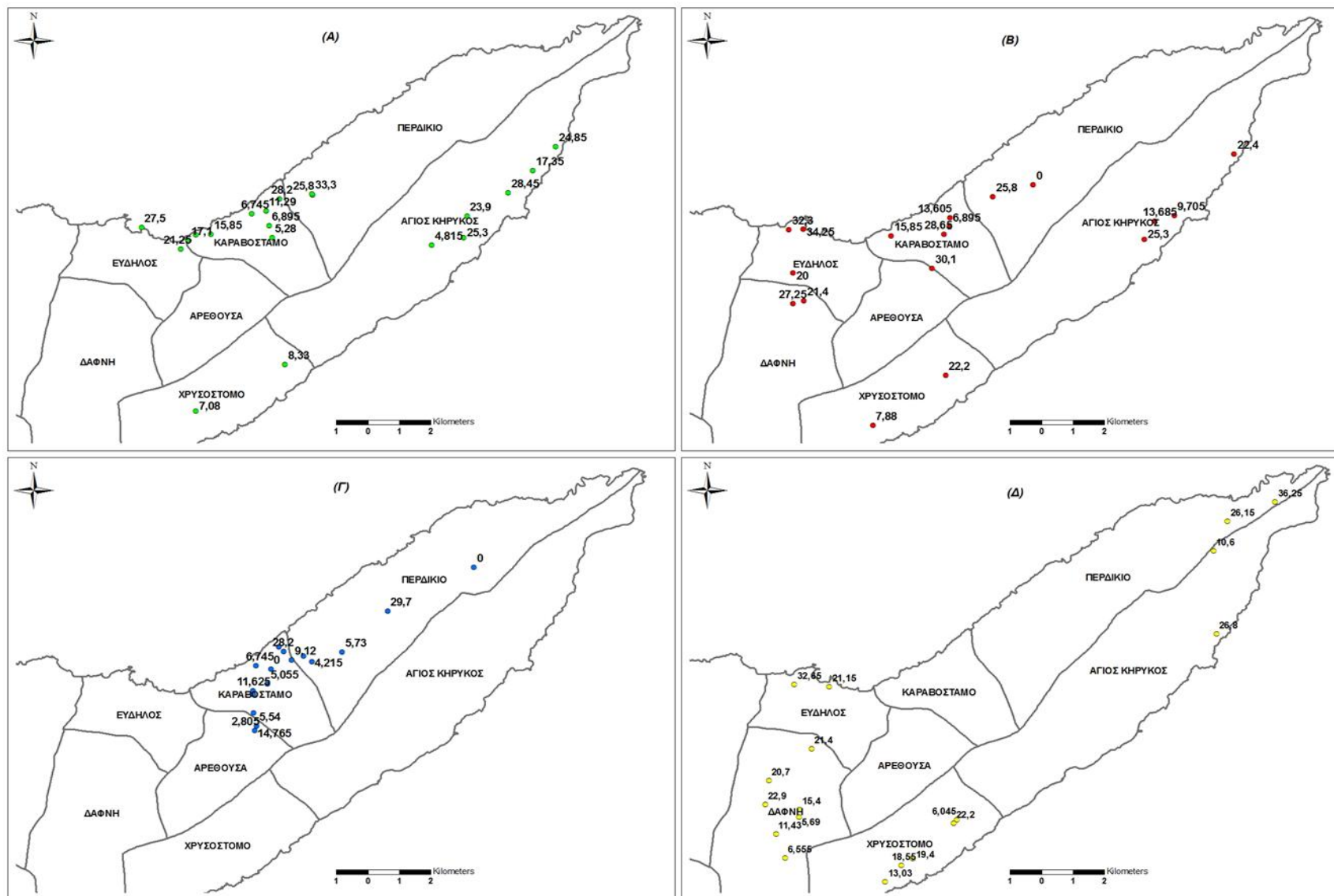
Συνεχίζοντας με τα ιχνοστοιχεία παρατηρείται ότι το διαθέσιμο μαγνήσιο διακυμάνθηκε αρκετά από σταθμό σε σταθμό για κάθε είδος με το *S. thymbra* να παρουσιάζει τη μικρότερη παραλλακτικότητα (62,53 %) και την *O. hirtum* τη μεγαλύτερη (69,70 %), ενώ το *C. capitatus* και η *O. onites* είχαν ενδιάμεσες τιμές (68,29 και 65,34 % αντίστοιχα). Στο *S. thymbra* οι τιμές του μαγνησίου κυμάνθηκαν από 0,64 έως 5,58 meq/100gr στους σταθμούς 2 και 9 αντίστοιχα (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 16Α) με μέση τιμή 2,27 meq/100gr, στην *O. onites* κυμάνθηκαν από 0,50 έως 5,00 meq/100gr (σταθμοί 7 και 43 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 16Β) με μέση τιμή 2,05 meq/100gr, στην *O. hirtum* κυμάνθηκαν από 0,64 έως 5,58 meq/100gr (σταθμοί 2 και 9 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 16Γ) με μέση τιμή 1,84 meq/100gr και τέλος στο *C. capitatus* κυμάνθηκαν από 0,56 έως 4,38 meq/100gr (σταθμοί 60 και 19 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 16Δ) με μέση τιμή 1,57 meq/100gr. Πρέπει να αναφερθεί ότι οι μέσες τιμές της περιεκτικότητας των εδαφών ανά είδος σε μαγνήσιο δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.



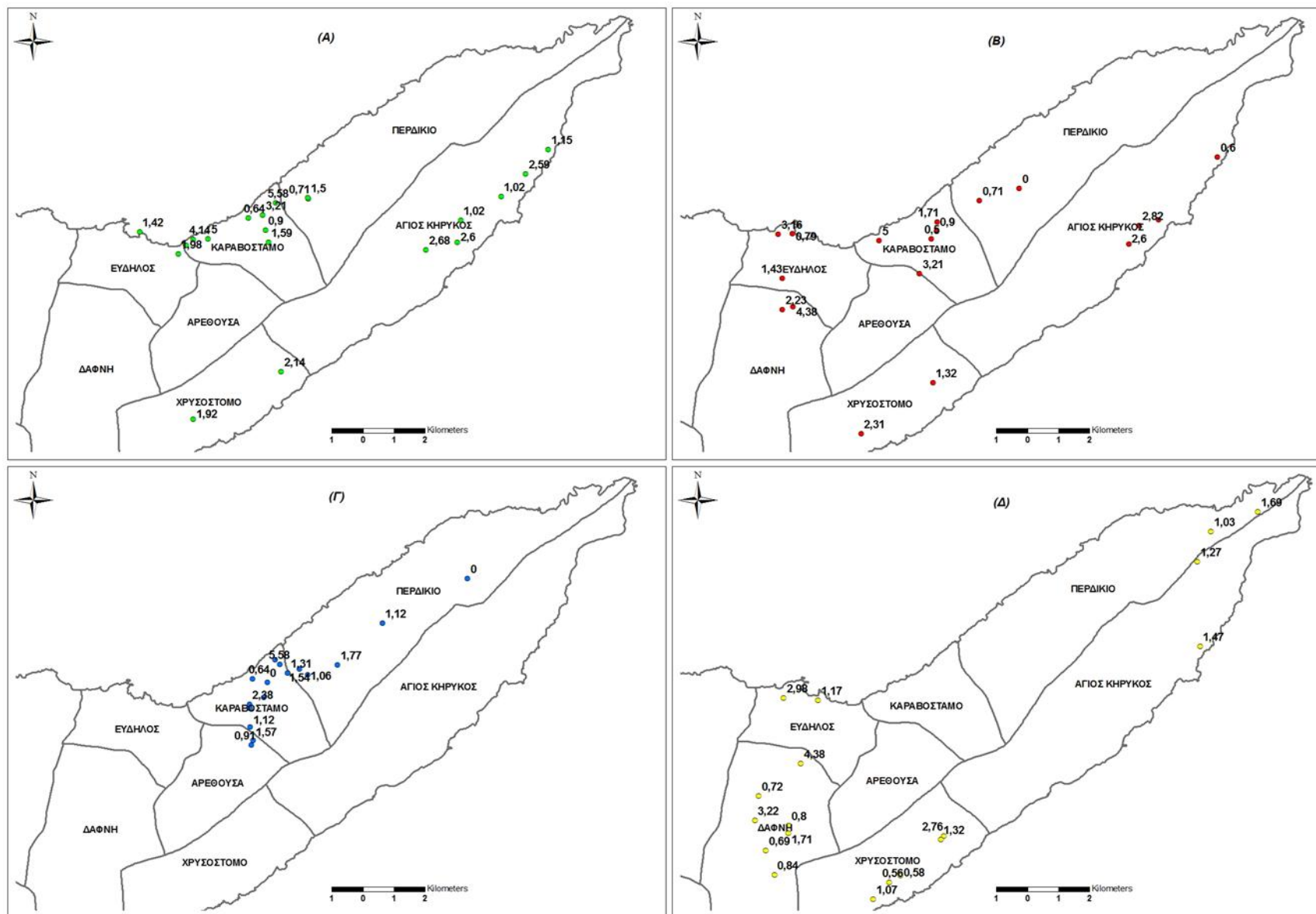
Εικόνα 13: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την περιεκτικότητα σε νάτριο (Na) των εδαφών των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην περιεκτικότητα σε νάτριο (meq/100gr) του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).



Εικόνα 14: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την περιεκτικότητα σε κάλιο (Κ) των εδαφών των σταθμών που συλλέγηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην περιεκτικότητα σε κάλιο (mg/100gr) του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).



Εικόνα 15: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την περιεκτικότητα σε ασβέστιο (Ca) των εδαφών των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην περιεκτικότητα σε ασβέστιο (meq/100gr) του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).



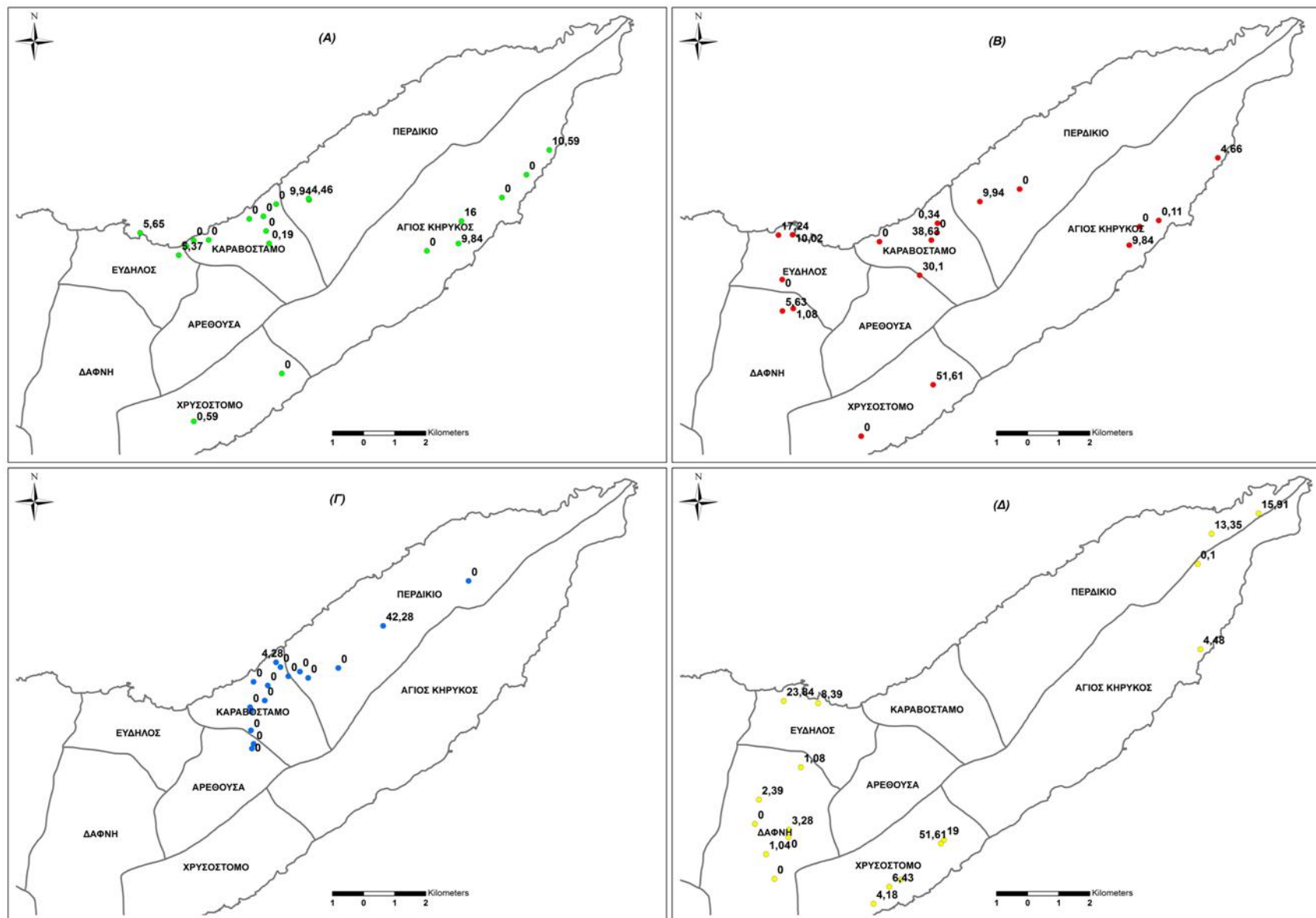
Εικόνα 16: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την περιεκτικότητα σε μαγνήσιο (Mg) των εδαφών των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην περιεκτικότητα σε μαγνήσιο (meq/100gr) του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).

3.1.2.3.9 Ανθρακικό ασβέστιο

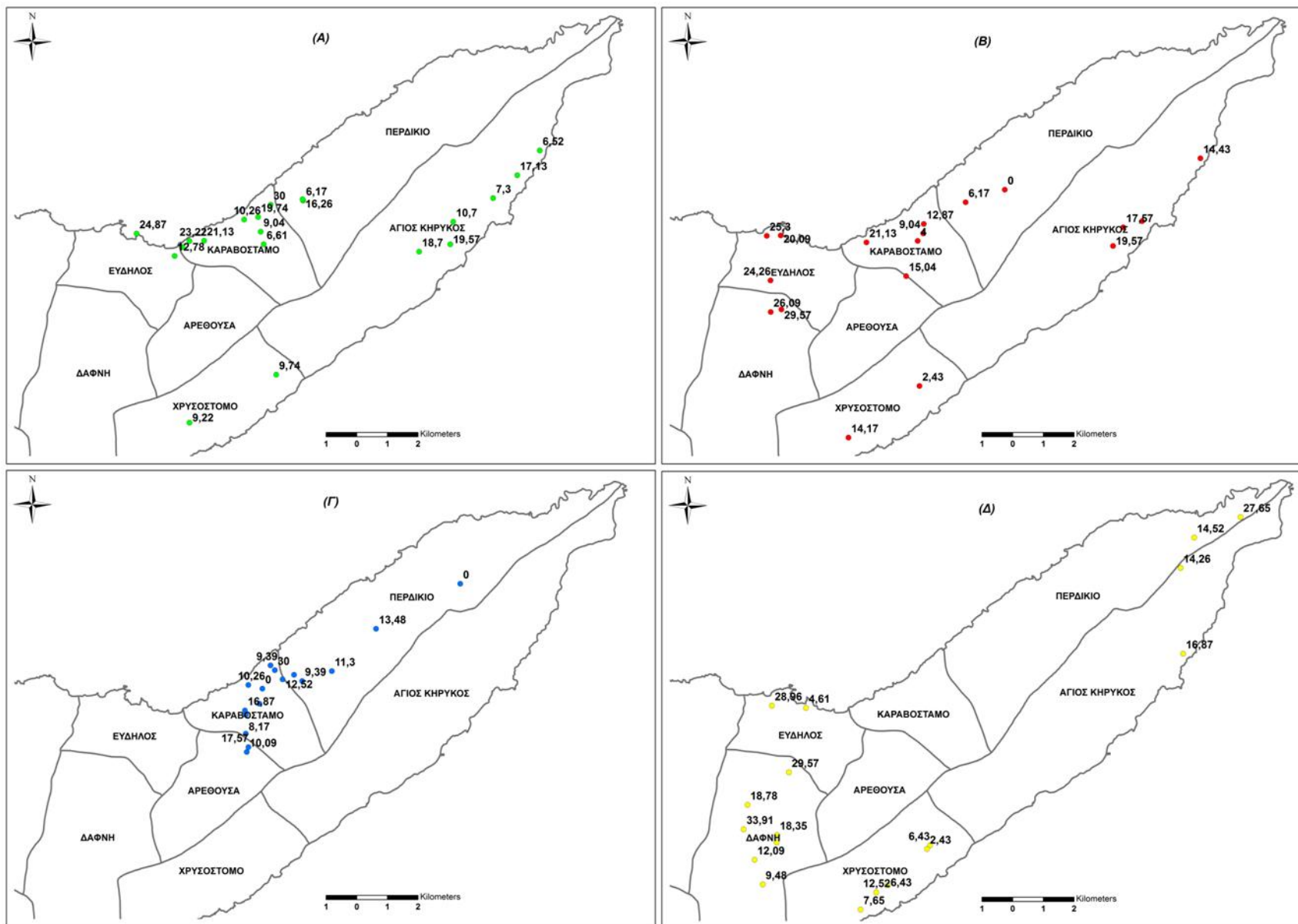
Στο ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) οι τιμές κυμάνθηκαν, από 0 % (διάφοροι σταθμοί) έως 16,00 % (σταθμός 48) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 17Α) για το *S. thymbra* (μέση τιμή 3,37 %), από 0 % (σταθμοί 43,49,50,55) έως 51,61 % (σταθμός 17) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 17Β) για την *O. onites* (μέση τιμή 10,54 %), από 0 % (όλοι οι σταθμοί εκτός του 62 και 14) έως 42,28 % (σταθμός 14) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 17Γ) για την *O. hirtum* (μέση τιμή 3,33 %) και από 0 % (σταθμοί 29 και 34) έως 51,61 % (σταθμός 17) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 17Δ) για το *C. capitatus* (μέση τιμή 9,77 %) (Πίνακας 5). Είναι φανερό ότι υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα όσον αφορά στην περιεκτικότητα του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας ανά είδος. Έτσι, τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* (338,84 %) και τη μικρότερη τα εδάφη όπου εντοπίστηκε το *C. capitatus* (133,82 %) με τα εδάφη όπου εντοπίστηκαν τα *S. thymbra* και *O. onites* να έχουν επίσης μεγάλη παραλλακτικότητα (142,54 και 146,61 % αντίστοιχα (Πίνακας 5). Από αυτή τη διακύμανση διαφαίνεται ότι τα συγκεκριμένα είδη μπορούν να αναπτυχθούν σε εδάφη που χαρακτηρίζονται από φτωχά σε ανθρακικό ασβέστιο έως ασβεστούχα.

3.1.2.3.10 Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Τέλος, όσον αφορά στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων οι τιμές κυμάνθηκαν από 2,43 έως 33,91 meq/100gr (σταθμοί 12 και 9 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 18Α) με μέση τιμή τα 14,58 meq/100gr για το *S. thymbra*, από 2,4 έως 29,57 meq/100gr (σταθμοί 17 και 19 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 18Β) με μέση τιμή τα 16,02 meq/100gr για την *O. onites*, από 8,17 έως 30,00 meq/100gr (σταθμοί 21 και 9 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 18Γ) με μέση τιμή τα 14,67 meq/100gr για την *O. hirtum* και από 6,17 έως 30,00 meq/100gr (σταθμοί 17 και 32 αντίστοιχα) (Πίνακας 5, Εικόνα 6 και 18Δ) με μέση τιμή τα 15,43 meq/100gr για το *C. capitatus*. Η μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσιάστηκε στα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* (44,71 %) και η μεγαλύτερη στα εδάφη όπου εντοπίστηκε το *C. capitatus* (60,18 %). Τα εδάφη όπου εντοπίστηκαν τα *S. thymbra* και *O. onites* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές (46,89 και 49,77 % αντίστοιχα). Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι οι μέσες τιμές της ΙΑΚ του εδάφους δε διέφεραν σημαντικά από είδος σε είδος.



Εικόνα 17: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την περιεκτικότητα ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) των εδαφών των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο (%) του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).



Εικόνα 18: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ) των εδαφών των σταθμών που συλλέχθηκαν τα είδη (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην ΙΑΚ (μεq/100gr) του εδάφους κάθε σταθμού δειγματοληψίας).

3.1.3 Αποτύπωση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας των ειδών σε αιθέριο έλαιο και της εκατοστιαίας (%) σύστασης αυτού ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα τρία έτη.

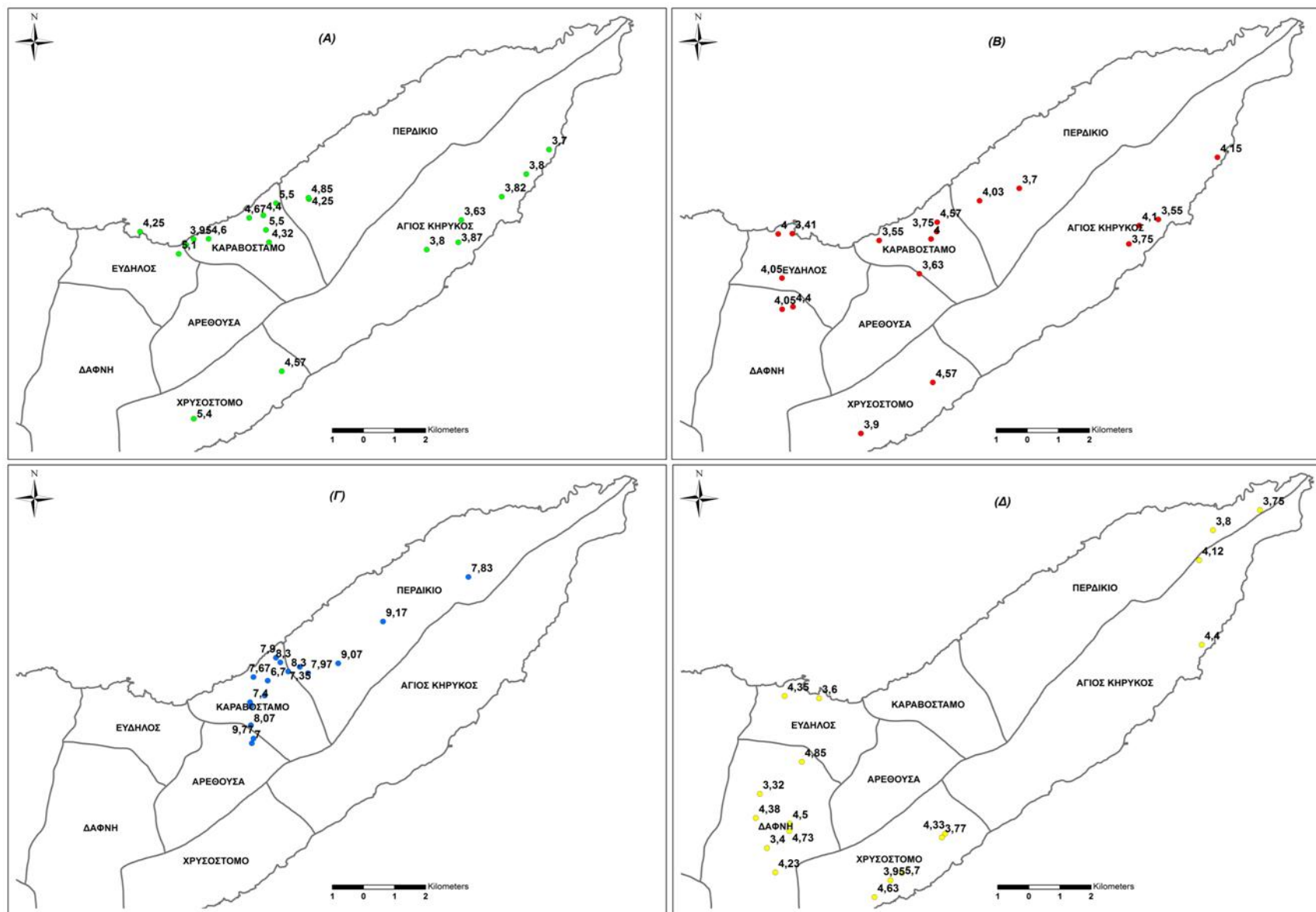
Για την αποτύπωση της εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας των ειδών σε αιθέριο έλαιο καθώς και της εκατοστιαίας (%) σύστασης αυτού υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι των τιμών κάθε σταθμού δειγματοληψίας για τα τρία διαφορετικά χρόνια. Σε όποιες περιπτώσεις δεν υπήρχε σταθμός το πρώτο έτος, ο μέσος όρος προέκυψε από τις τιμές του δεύτερου και τρίτου έτους.

3.1.3.1 Αποτύπωση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας των ειδών σε αιθέριο έλαιο ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα τρία έτη.

Τα φυτά της *O. hirtum* παρουσίασαν τη μεγαλύτερη μέση τιμή (7,9 %), ενώ τα φυτά της *O. onites* την μικρότερη (3,95 %). Τα φυτά *S. thymbra* και *C. capitatus* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές (4,42 και 4,21 % αντίστοιχα) (Πίνακας 7). Συγκεκριμένα, οι μέσες τιμές της εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε έλαιο ανά σταθμό κυμάνθηκαν από 3,63 έως 5,50 % (σταθμοί 48 και 49 αντίστοιχα) (Πίνακας 7, Εικόνα 6 και 19Α) για το *S. thymbra*, από 3,41 έως 4,57 % (σταθμοί 1 και 8 & 17 αντίστοιχα) (Πίνακας 7, Εικόνα 6 και 19Β) για την *O. onites*, από 6,40 έως 9,77 % (σταθμοί 58 και 5 αντίστοιχα) (Πίνακας 7, Εικόνα 6 και 19Γ) για την *O. hirtum* και από 3,32 έως 5,70 % (σταθμοί 30 και 18 αντίστοιχα) (Πίνακας 7, Εικόνα 6 και 19Δ) για το *C. capitatus*.

Πίνακας 7: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο των τεσσάρων Α/Φ ειδών για τα τρία έτη. Παρατίθενται επίσης το εύρος των τιμών, το τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας.

| | % περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------|
| | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % |
| <i>S. thymbra</i> | 4,42 | 0,13 | 3,63-5,50 | 13,67 |
| <i>O. onites</i> | 3,95 | 0,08 | 3,41-4,57 | 8,51 |
| <i>O. hirtum</i> | 7,90 | 0,22 | 6,40-9,77 | 11,35 |
| <i>C. capitatus</i> | 4,21 | 0,14 | 3,32-5,70 | 13,78 |



Εικόνα 19: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την μέση % περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο των ειδών για τα τρία έτη ανά σταθμό δειγματοληψίας (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην μέση % περιεκτικότητα των φυτών κάθε σταθμού δειγματοληψίας σε αιθέριο έλαιο).

3.1.3.2 Αποτύπωση της μέσης εκατοστιαίας (%) σύστασης του αιθέριου ελαίου των ειδών ανά σταθμό δειγματοληψίας για τα τρία έτη.

3.1.3.2.1 Καρβακρόλη

Η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των ειδών ανά σταθμό δειγματοληψίας σε καρβακρόλη για τα τρία έτη παρουσίασε τη μεγαλύτερη τιμή (81,95 %) στην *O. hirtum* και τη μικρότερη (48,09 %) στο *S. thymbra*. Η *O. onites* και το *C. capitatus* είχαν παραπλήσιες τιμές (80,36 και 77,88 % αντίστοιχα) με αυτές της *O. hirtum* και πολύ μεγαλύτερες από αυτές του *S. thymbra* (Πίνακας 8). Πιο συγκεκριμένα η μέση τιμή της καρβακρόλης για κάθε σταθμό δειγματοληψίας κυμάνθηκε από 42,72 έως 56,60 % (σταθμοί 40 και 16 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 20Α) για το *S. thymbra*, από 74,58 έως 85,88 % (σταθμοί 53 και 47 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 20Β) για την *O. onites*, από 76,24 έως 85,69% (σταθμοί 63 και 22 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 20Γ) για την *O. hirtum* και από 71,85 έως 84,72% (σταθμοί 64 και 25 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 20Δ) για το *C. capitatus*. Αξίζει να αναφερθεί ότι στα είδη *S. thymbra* και *O. onites* (Εικόνα 20Α και 20Β αντίστοιχα) η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη φαίνεται να ήταν μεγαλύτερη στα φυτά του Νότιου τμήματος του νησιού σε σχέση με αυτά του Βορείου τμήματος πιθανότατα λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών στο Νότιο τμήμα του νησιού.

3.1.3.2.2 γ-Τερπινένιο

Όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε γ-τερπινένιο, τη μεγαλύτερη τιμή παρουσίασε το *S. thymbra* (25,92 %) και τη μικρότερη η *O. onites* (3,74 %) (Πίνακας 8). Η *O. hirtum* και το *C. capitatus* είχαν μέση τιμή παραπλήσια αυτής της *O. onites* (4,73 και 5,31 % αντίστοιχα). Η μέση τιμή του γ-τερπινενίου για κάθε σταθμό δειγματοληψίας κυμάνθηκε από 19,24 έως 31,86 % (σταθμοί 16 και 40 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 21Α) για το *S. thymbra*, από 2,28 έως 5,99% (σταθμοί 47 και 12 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 21Β) για την *O. onites*, από 2,45 έως 7,39 % (σταθμοί 2 και 63 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 21Γ) για την *O. hirtum* και από 2,92 έως 7,69 % (σταθμοί 25 και 60 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 21Δ) για το *C. capitatus*. Αντίθετα αποτελέσματα από αυτά της καρβακρόλης παρουσιάστηκαν για την περιεκτικότητα του ελαίου σε γ-τερπινένιο στα είδη *S. thymbra* και *O. onites* (Εικόνα 21Α και 21Β αντίστοιχα), όπου τα φυτά του Νότιου τμήματος του νησιού υστερούσαν αυτών του Βόρειου.

3.1.3.2.3 π-Κυμένιο

Το *S. thymbra* παρουσίασε τη μεγαλύτερη μέση τιμή όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του ελαίου σε π-κυμένιο (8,58 %) ενώ η *O. onites* τη μικρότερη (5,27 %) (Πίνακας 8). Η *O. hirtum* και το *C. capitatus* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές (5,54 και 6,36 % αντίστοιχα). Πιο αναλυτικά, η μέση τιμή του π-κυμενίου για κάθε σταθμό δειγματοληψίας κυμάνθηκε από 6,57 έως 11,51 % (σταθμοί 38 και 40 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 22Α) για το *S. thymbra*, από 3,74 έως 9,27 % (σταθμοί 57 και 53 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 22Β) για

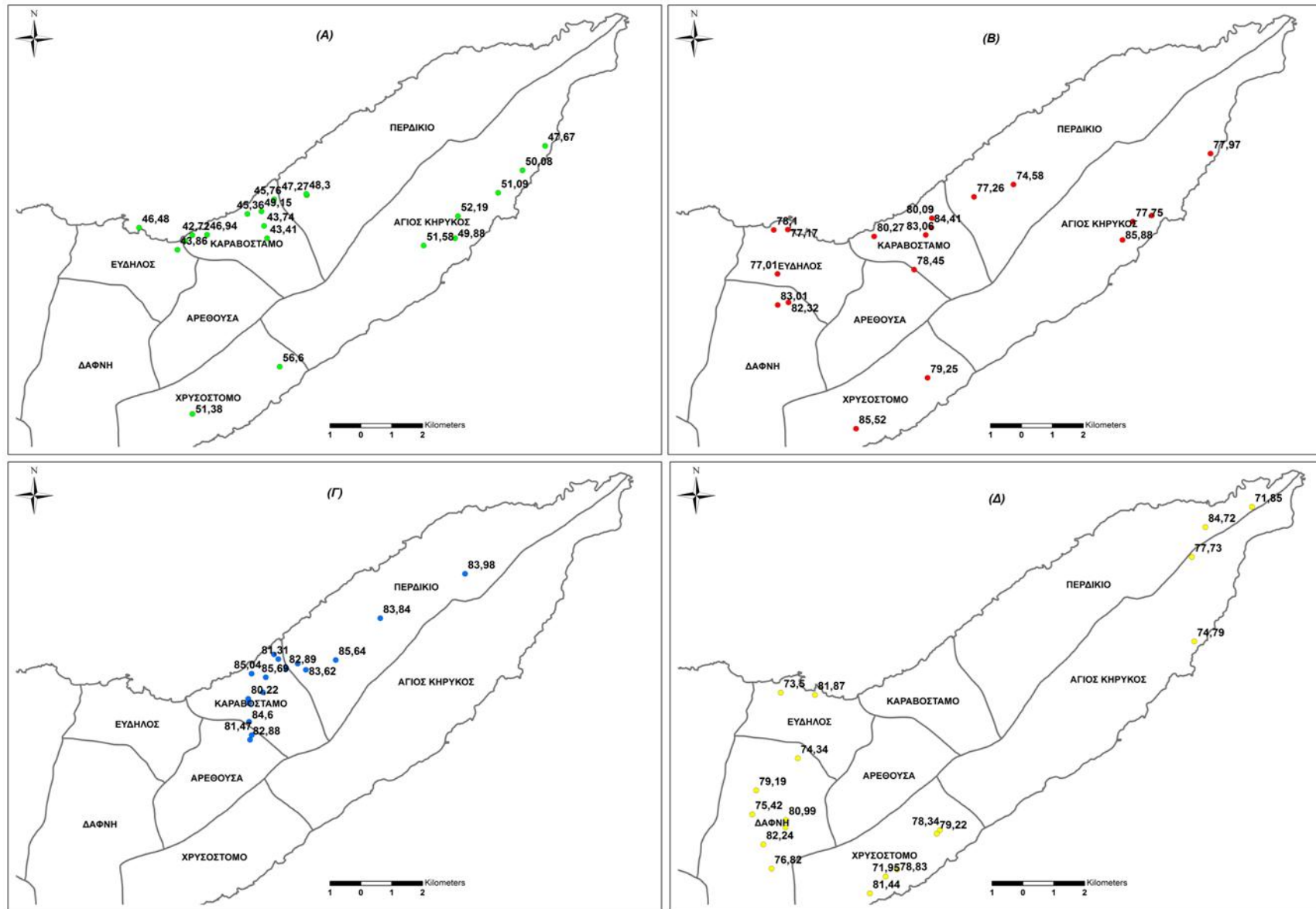
την *O. onites*, από 3,75 έως 8,64 % (σταθμοί 15 και 61 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 22Γ) για την *O. hirtum* και από 4,17 έως 9,01 % (σταθμοί 25 και 64 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 22Δ) για το *C. capitatus*. Αντίθετα αποτελέσματα από αυτά της καρβακρόλης παρουσιάστηκαν για την περιεκτικότητα του ελαίου σε π-κυμένιο στα είδη *S. thymbra* και *O. onites* (Εικόνα 22Α και 22Β αντίστοιχα) όπου τα φυτά του Νότιου τμήματος του νησιού να υστερούσαν αυτών του Βόρειου.

3.1.3.2.4 Καρροφυλλένιο

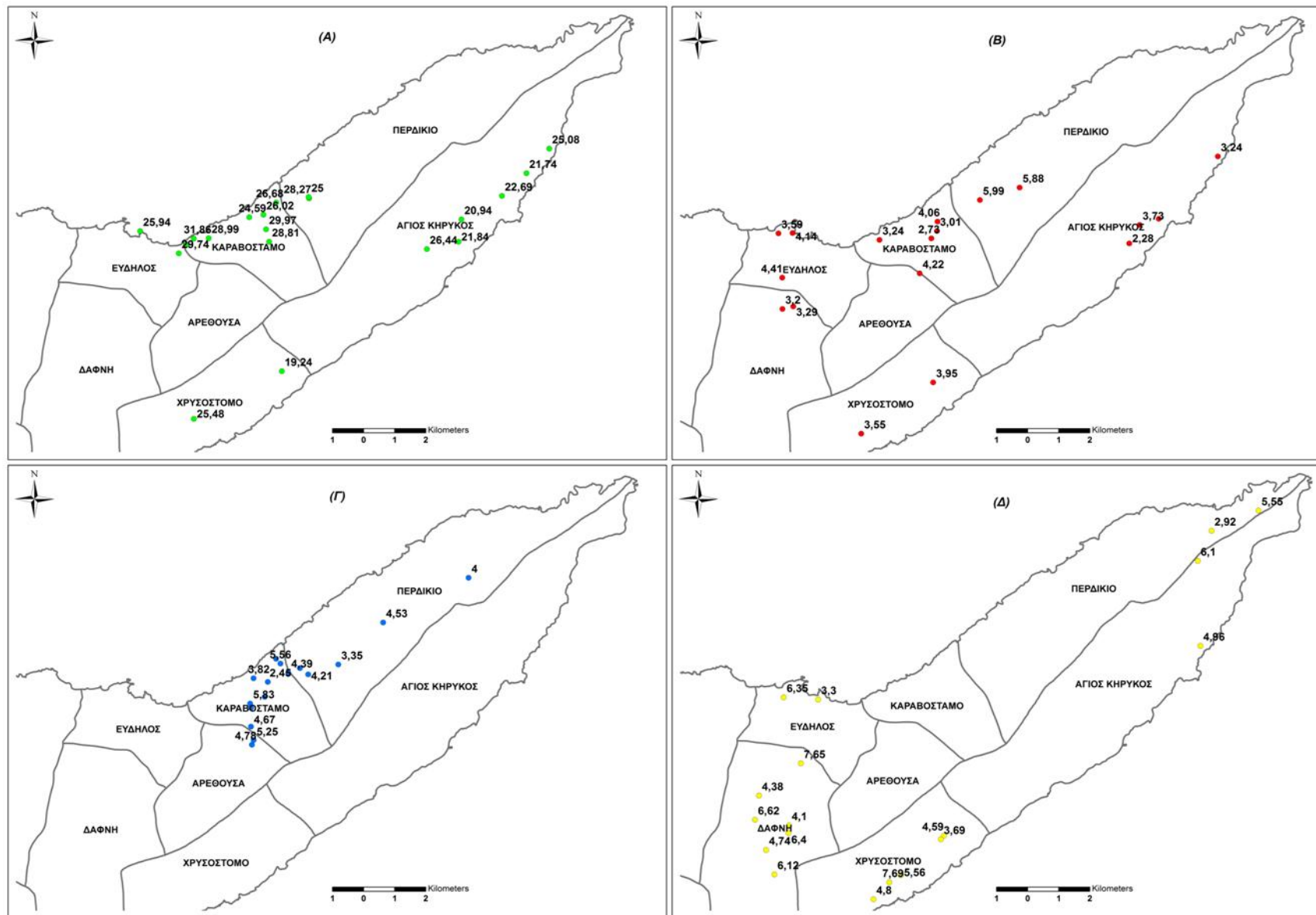
Όσον αφορά στην μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρροφυλλένιο τη μεγαλύτερη τιμή παρουσίασε το *S. thymbra* (6,59 %) και τη μικρότερη η *O. onites* (1,43 %) (Πίνακας 8). Η *O. hirtum* και το *C. capitatus* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές (2,25 και 4,29 % αντίστοιχα). Η μέση τιμή του καρροφυλλενίου για κάθε σταθμό δειγματοληψίας κυμάνθηκε από 5,10 έως 8,31% (σταθμοί 12 και 2 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 23Α) για το *S. thymbra*, από 0,92 έως 2,44 % (σταθμοί 49 και 17 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 23Β) για την *O. onites*, από 1,40 έως 3,08 % (σταθμοί 3 και 62 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 23Γ) για την *O. hirtum* και από 2,98 έως 6,12 % (σταθμοί 18 και 64 αντίστοιχα) (Πίνακας 8, Εικόνα 6 και 23Δ) για το *C. capitatus*.

Πίνακας 8: Μέση % περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των ειδών σε π-κυμένιο, γ-τερπινένιο, καρβακρόλη και καρροφυλλένιο για τα τρία έτη. Παρατίθενται επίσης το εύρος των τιμών, το τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας.

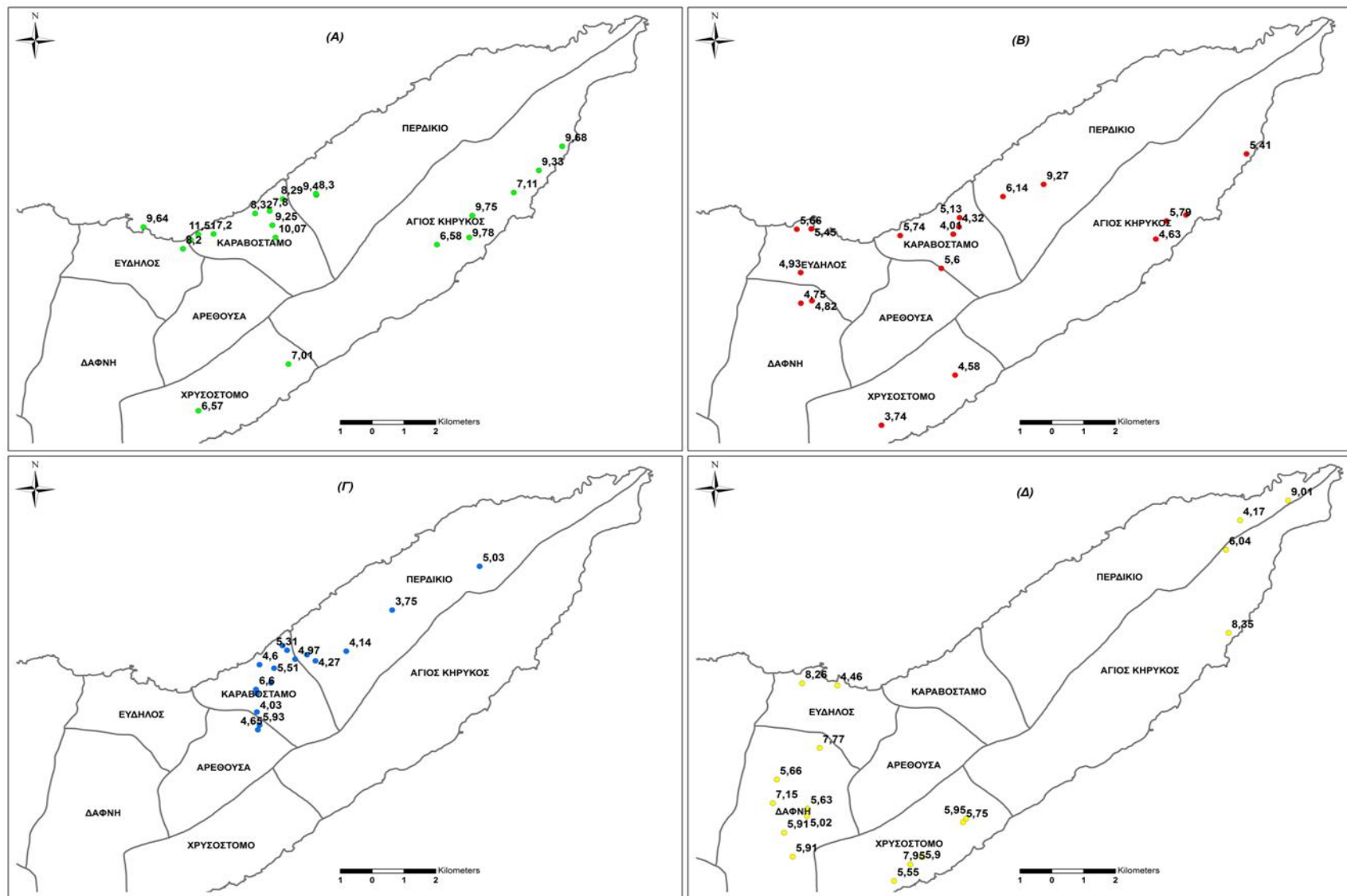
| | <i>S. thymbra</i> | | | | <i>O. onites</i> | | | |
|---------------|-------------------|-----------------|-------------|-------|---------------------|-----------------|-------------|-------|
| | Μέσος | $\Sigma\bar{x}$ | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | $\Sigma\bar{x}$ | Εύρος Τιμών | CV % |
| π-Κυμένιο | 8,58 | 0,30 | 6,57-11,51 | 15,58 | 5,27 | 0,28 | 3,74-9,27 | 22,58 |
| γ-Τερπινένιο | 25,92 | 0,76 | 19,24-31,86 | 13,08 | 3,74 | 0,23 | 2,28-5,99 | 26,30 |
| Καρβακρόλη | 48,09 | 0,79 | 42,72-56,6 | 7,31 | 80,36 | 0,80 | 74,58-85,88 | 4,21 |
| Καρροφυλλένιο | 6,59 | 0,19 | 5,10-8,31 | 12,77 | 1,43 | 0,09 | 0,92-2,44 | 28,00 |
| | <i>O. hirtum</i> | | | | <i>C. capitatus</i> | | | |
| | Μέσος | $\Sigma\bar{x}$ | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | $\Sigma\bar{x}$ | Εύρος Τιμών | CV % |
| π-Κυμένιο | 5,54 | 0,37 | 3,75-8,64 | 26,87 | 6,36 | 0,33 | 4,17-9,01 | 21,87 |
| γ-Τερπινένιο | 4,73 | 0,28 | 2,45-7,39 | 24,07 | 5,31 | 0,33 | 2,92-7,69 | 26,04 |
| Καρβακρόλη | 81,95 | 0,77 | 76,24-85,69 | 3,74 | 77,88 | 0,87 | 71,85-84,72 | 4,71 |
| Καρροφυλλένιο | 2,25 | 0,11 | 1,40-3,08 | 20,27 | 4,29 | 0,18 | 2,98-6,12 | 18,19 |



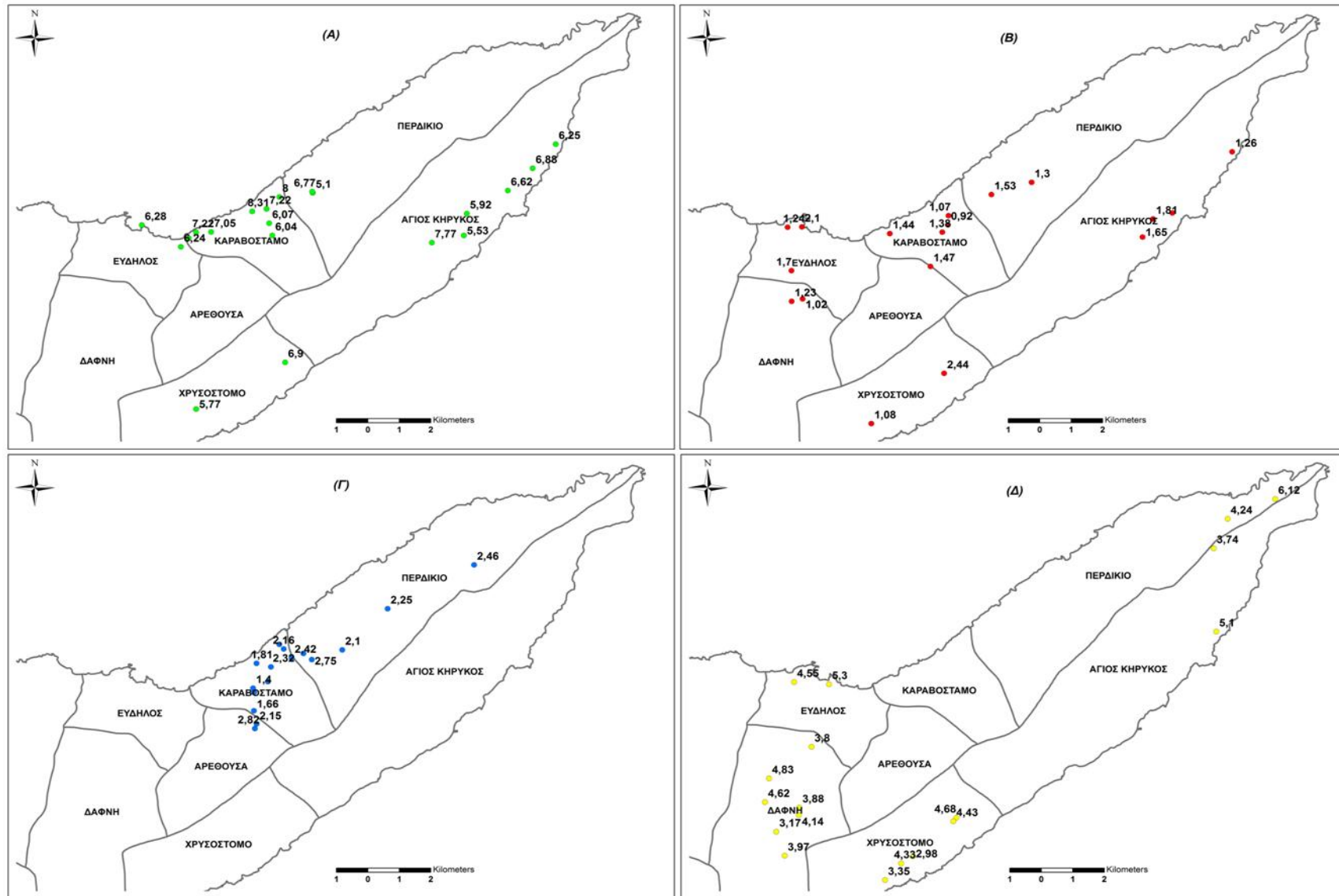
Εικόνα 20: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη για τα τρία έτη ανά σταθμό δειγματοληψίας των ειδών (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην μέση % περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη για κάθε σταθμό δειγματοληψίας).



Εικόνα 21: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο για τα τρία έτη ανά σταθμό δειγματοληψίας των ειδών (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην μέση % περιεκτικότητα του ελαίου σε γ-τερπινένιο για κάθε σταθμό δειγματοληψίας).



Εικόνα 22: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριο ελαίου σε π-κυμένιο για τα τρία έτη ανά σταθμό δειγματοληψίας των ειδών (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην μέση % περιεκτικότητα του ελαίου σε π-κυμένιο για κάθε σταθμό δειγματοληψίας).



Εικόνα 23: Χωρική αποτύπωση ανάλογα με την μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρνοφυλλένιο για τα τρία έτη ανά σταθμό δειγματοληψίας των ειδών (Α) *S. thymbra*, (Β) *O. onites*, (Γ) *O. hirtum* και (Δ) *C. capitatus*. (Οι αριθμοί στον χάρτη αντιστοιχούν στην μέση % περιεκτικότητα του ελαίου σε καρνοφυλλένιο για κάθε σταθμό δειγματοληψίας).

3.1.4 Συζήτηση

Τα φυτά της *O. hirtum* εντοπίστηκαν κυρίως στο βόρειο τμήμα του νησιού (Εικόνα 6 και 7Γ), μια περιοχή που χαρακτηρίζεται από υψηλή σχετική υγρασία και από την τυπική βλάστηση της ηπειρωτικής Ελλάδας. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται για την *O. hirtum* σε μελέτη σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, σύμφωνα με την οποία τα φυτά εμφανίζονται από το επίπεδο της θάλασσας έως τα 1500 m και αναπτύσσονται ικανοποιητικά, τόσο στο μεσογειακό, όσο και στο ηπειρωτικό κλίμα (Kokkini & Vokou, 1989). Τα φυτά *C. capitatus* εντοπίστηκαν κυρίως στο κεντρικό τμήμα του νησιού (Εικόνα 6 και 7Δ), προσαρμοσμένα σε ένα καθαρά μεσογειακό κλίμα (Kokkini & Vokou, 1989). Τα φυτά *O. onites* παρουσιάστηκαν σε διάφορες περιοχές από το βόρειο έως το νότιο τμήμα του νησιού (Εικόνα 6 και 7Β). Αυτό πιθανόν να οφείλεται στον εποχικό διμορφισμό αυτού του είδους που του επιτρέπει να προσαρμόζεται σε διάφορα περιβάλλοντα (Vokou *et al.*, 1988; Kokkini & Vokou, 1989). Τέλος, το *S. thymbra* εντοπίστηκε κατά μήκος της βόρειας και νότιας ακτογραμμής, ενώ φαίνεται να απουσιάζει από το κεντρικό τμήμα του νησιού (Εικόνα 6 και 7Α), φανερώνοντας ότι ίσως δεν μπορεί να προσαρμοστεί στα μεγάλα υψόμετρα αυτού του τμήματος του νησιού, παρότι στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι εμφανίζεται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 1500 m (Skoula *et al.*, 2005).

Τα είδη *O. hirtum* και *C. capitatus* διέφεραν σημαντικά από τα άλλα δύο είδη όσον αφορά στο μέσο υψόμετρο εμφάνισής τους, προτιμώντας μεγαλύτερα υψόμετρα χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Παρατηρήθηκε ότι τα φυτά *O. onites* εντοπίστηκαν κυρίως σε περιοχές με ανατολική και δυτική έκθεση, δίχως καμία παρουσία σε περιοχές με βόρεια έκθεση. Παρόμοια συμπεριφορά παρουσίασαν και τα φυτά *C. capitatus* τα οποία εντοπίστηκαν κυρίως σε περιοχές με νότια, δυτική και ανατολική έκθεση, ενώ τα φυτά *S. thymbra* εντοπίστηκαν σε περιοχές με όλες σχεδόν τις εκθέσεις, παρουσιάζοντας την τάση να εμφανίζονται συχνότερα σε περιοχές με νότια έκθεση. Τέλος, τα φυτά της *O. hirtum* εμφανίστηκαν συχνότερα σε περιοχές με βόρεια έκθεση. Παρόμοια συμπεριφορά αναφέρεται για αυτοφυή φυτά *O. hirtum* και από την Makri (2002) σύμφωνα με την οποία τα φυτά αυτά αναπτύσσονται καλύτερα υπό σκιά.

Ο Mashaly (2006) διατύπωσε την άποψη ότι οι εδαφικές παράμετροι που καθορίζουν την κατανομή και αφθονία ενός είδους σε μια περιοχή είναι η μηχανική σύσταση (άμμος και άργιλος), το πορώδες του εδάφους, η εδαφική υγρασία, τα κατιόντα νατρίου, καλίου και ασβεστίου, η οργανική ουσία, το ανθρακικό ασβέστιο, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και τα θειικά και ανθρακικά άλατα.

Πράγματι φάνηκε ότι τα είδη της παρούσας μελέτης έδειξαν να προτιμούν τα αμμοπηλώδη και πηλοαμμώδη εδάφη, ενώ σπάνια εντοπίστηκαν σε βαριά εδάφη. Παρόμοια αποτελέσματα για φυτά της *O. onites* αναφέρονται και από τους Gonuz & Ozorgucu (1998) σε μελέτη τους σε περιοχές της Τουρκίας, σύμφωνα με την οποία, τα φυτά προτιμούσαν τα αμμοπηλώδη εδάφη, αν και μπορούσαν να αναπτυχθούν και σε αμμοαργιλλοπηλώδη, ενώ η Makri (2002) αναφέρει ότι τα φυτά *O. onites*

προτιμούν τα πηλώδη εδάφη. Αντίθετα, το *Thymus kotschyanus*, σύμφωνα με μελέτη στο Ιράν, φαίνεται να προτιμά τα αργιλλώδη εδάφη σε σχέση με τα πηλλοαμμώδη (Aminzadeh *et al.*, 2010).

Σύμφωνα με το εύρος τιμών που είχαν τα διάφορα εδάφη μπορούν να χαρακτηριστούν όσον αφορά στο ολικό άζωτο από φτωχά έως πλούσια. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται για το *Thymus pulegioides*, για το οποίο οι τιμές του ολικού αζώτου κυμάνθηκαν από χαμηλές (Ellenberg *et al.*, 1991) έως υψηλές (Martonfi *et al.*, 1994). Αντίθετα, τα εδάφη όπου εμφανίζεται η *O. onites* σε διάφορες περιοχές της Τουρκίας χαρακτηρίζονται ως πλούσια σε άζωτο (Gonuz & Ozorgucu, 1998).

Όλα τα είδη φαίνεται να προτιμούσαν ελαφρώς όξινα έως ουδέτερα εδάφη, αλλά η μέση τιμή του pH διέφερε σημαντικά από είδος σε είδος. Πιο συγκεκριμένα, στα εδάφη των περιοχών όπου εντοπίστηκε η *O. onites* η μέση τιμή του pH (7,02) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα *S. thymbra* (6,74) και *O. hirtum* (6,69). Η μέση τιμή του pH για τα εδάφη που εντοπίστηκε το *C. capitatus* (6,94) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση τιμή του pH των εδαφών που εντοπίστηκε η *O. hirtum*, ενώ δε διέφερε σημαντικά από τη μέση τιμή των εδαφών που εντοπίστηκαν τα δύο άλλα είδη. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται, τόσο για την *O. onites* σε μελέτη στην Τουρκία, όπου το pH των εδαφών που μελετήθηκαν κυμάνθηκε από 6,03 έως 7,99 φανερώνοντας ότι προτιμά εδάφη από ελαφρώς όξινα έως ελαφρώς αλκαλικά (Gonuz & Ozorgucu, 1998), όσο και για το *Thymus pulegioides*, το οποίο μπορεί να αναπτύσσεται σε εδάφη από ισχυρώς όξινα έως ουδέτερα, αλλά φαίνεται να προτιμά τα ελαφρώς όξινα και ουδέτερα (Martonfi *et al.*, 1994). Οι Ellenberg *et al.* (1991) αναφέρουν ότι το *Thymus pulegioides* είναι αδιάφορο στο pH. Αδιάφορα για το pH αναφέρεται ότι είναι και τα φυτά *Origanum onites*, αφού μπορούν να αναπτυχθούν σε pH 4,9 έως 8,7 ενώ για φυτά *Origanum hirtum* pH περίπου στο 6,8 θεωρείται βέλτιστο (Makri, 2002).

Παρατηρήθηκε ότι όλα τα είδη μπορούσαν να προσαρμοστούν σε εδάφη με μεγάλο εύρος τιμών οργανικής ουσίας. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε πλήρη συμφωνία με τα αποτελέσματα των Martonfi *et al.* (1994), οι οποίοι αναφέρουν ότι το *Thymus pulegioides* μπορεί να αναπτυχθεί σε μεγάλο εύρος τιμών οργανικής ουσίας και σε μερική συμφωνία με τα αποτελέσματα των Gonuz & Ozorgucu (1998), σύμφωνα με τους οποίους τα εδάφη που φύονταν η *O. onites* σε διάφορες περιοχές της Τουρκίας ήταν πλούσια σε οργανική ουσία.

Όσον αφορά στη μέση περιεκτικότητα του εδάφους σε κάλιο (K), τα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερη μέση τιμή από τα εδάφη όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Φαίνεται ότι και τα τέσσερα είδη ανέχτηκαν καλά τόσο υψηλές, όσο και χαμηλές περιεκτικότητες εδάφους σε κάλιο. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και από τους Martonfi *et al.* (1994) για το *Thymus pulegioides*. Αντίθετα αποτελέσματα προκύπτουν για την *O. onites* καθώς τα εδάφη όπου εμφανίζεται σε διαφορετικές περιοχές της Τουρκίας χαρακτηρίζονται φτωχά σε κάλιο (Gonuz & Ozorgucu, 1998).

Μπορεί να υποθεθεί ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε ανταλλάξιμο ασβέστιο δεν επηρέασε σημαντικά την προσαρμογή των φυτών, καθώς οι τιμές του κυμαίνονται από χαμηλές σε υψηλές. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και για το *Thymus pulegioides* (Martonfi *et al.*, 1994). Πρέπει όμως να τονισθεί ότι η *O. hirtum* φαίνεται να προτιμούσε τα λιγότερο ασβεστούχα εδάφη, καθώς σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ανταλλάξιμου ασβεστίου η μέση συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca) για τα εδάφη της *O. hirtum* ήταν σημαντικά μικρότερη από αυτή των υπολοίπων ειδών, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

Όλα τα είδη φαίνεται ότι προτιμούσαν εδάφη με υψηλές περιεκτικότητες εδαφικού μαγνησίου. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με αυτά των Martonfi *et al.* (1994) για το *Thymus pulegioides*, οι οποίοι αναφέρουν ότι το διαθέσιμο μαγνήσιο σε όλα τα εδάφη που μελετήθηκαν είχε υψηλές τιμές.

Τα υπό μελέτη είδη μπορούσαν να αναπτυχθούν σε μη ασβεστούχα έως ασβεστούχα εδάφη. Συγκεκριμένα, για την *O. hirtum* φαίνεται ότι προτιμούσε τα φτωχά σε ανθρακικό ασβέστιο εδάφη, καθώς σχεδόν όλα τα εδάφη των σταθμών που συλλέχθηκαν τα φυτά χαρακτηρίζονται ως φτωχά (Εικόνα 17Γ). Τα αποτελέσματα του ανταλλάξιμου ασβεστίου ενισχύουν την άποψη αυτή, καθώς η μέση συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca) στα εδάφη των περιοχών όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μικρότερη από αυτή των εδαφών των περιοχών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία (εδάφη) δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και για το *Thymus kotschyanus*, για το οποίο το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου κυμάνθηκε από 0-20 %, φανερώνοντας ότι μπορεί να αναπτυχθεί σε ασβεστούχα και μη εδάφη (Aminzadeh *et al.*, 2010). Το *Thymus pulegioides* βρέθηκε ότι αναπτύσσεται γενικά σε εδάφη με μικρή περιεκτικότητα σε CaCO₃, αλλά εμφανίζεται έως και σε εδάφη που χαρακτηρίζονται ως ασβεστολιθικά (73 % CaCO₃) (Martonfi *et al.*, 1994). Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και για την *Origanum onites* σε διάφορες περιοχές στην Τουρκία, όπου φαίνεται να προτιμά ελαφρώς ασβεστούχα εδάφη αν και έχει παρατηρηθεί και σε υπερβολικά ασβεστούχα εδάφη (Gonuz & Ozorgucu, 1998).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στα είδη *S. thymbra* και *O. onites* η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη ήταν μεγαλύτερη στα φυτά του Νότιου τμήματος του νησιού σε σχέση με αυτά του βορείου τμήματος. Αντίθετα αποτελέσματα από αυτά της καρβακρόλης παρουσιάστηκαν για την περιεκτικότητα του ελαίου σε γ-τερπινένιο και π-κυμένιο με τα φυτά του νότιου τμήματος του νησιού να υστερούν αυτών του βορείου. Αυτή η αντίθετη σχέση μεταξύ της καρβακρόλης και των γ-τερπινένιο και π-κυμένιο στο βόρειο και νότιο τμήμα του νησιού πιθανότατα να οφείλεται στο ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες του νοτίου τμήματος προάγουν την μετατροπή του π-κυμένιου και γ-τερπινένιου, τα οποία αποτελούν πρόδρομη ουσία της καρβακρόλης (Poulose & Croteau, 1978), σε καρβακρόλη.

3.1.5 Συμπεράσματα

- Τα φυτά της *O. hirtum* εμφανίστηκαν συχνότερα σε περιοχές με βόρεια έκθεση, δηλαδή περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία, μικρότερη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και με επικράτηση της τυπικής χλωρίδας της ηπειρωτικής Ελλάδας. Τα φυτά *O. onites* εντοπίστηκαν κυρίως σε περιοχές με ανατολική και δυτική έκθεση, δίχως καμία παρουσία σε περιοχές με βόρεια έκθεση. Παρόμοια συμπεριφορά παρουσίασαν και τα φυτά *C. capitatus*, ενώ τα φυτά *S. thymbra* εντοπίστηκαν σε περιοχές με όλες σχεδόν τις εκθέσεις, παρουσιάζοντας την τάση να εμφανίζονται συχνότερα σε περιοχές με νότια έκθεση.
- Τα είδη της παρούσας μελέτης έδειξαν να προτιμούν τα αμμοπηλώδη και πηλοαμμώδη εδάφη, ενώ σπάνια εντοπίστηκαν σε βαριά εδάφη.
- Η εμφάνιση των ειδών φαίνεται να μην επηρεάστηκε από την οργανική ουσία και το ολικό άζωτο του εδάφους, καθώς τα είδη απαντήθηκαν σε εδάφη με μεγάλο εύρος τιμών. Αντίθετα, το pH του εδάφους φαίνεται να ήταν καθοριστικό στην εμφάνιση των ειδών, καθώς όλα τα είδη προτιμούσαν ελαφρώς όξινα έως ουδέτερα εδάφη. Ιδιαίτερα όμως στα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. onites* η μέση τιμή του pH (7,02) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών στα οποία εντοπίστηκαν τα *S. thymbra* (6,74) και *O. hirtum* (6,69). Η μέση τιμή του pH για τα εδάφη όπου εντοπίστηκε το *C. capitatus* (6,94) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη της μέσης τιμής του pH των εδαφών όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum*, ενώ δε διέφερε με την μέση τιμή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα δύο άλλα είδη.
- Από τα ανταλλάξιμα κατιόντα μόνο το μαγνήσιο φαίνεται ότι έπαιξε κάποιο ρόλο στην εμφάνιση των ειδών, αφού όλα τα είδη προτιμούσαν εδάφη με υψηλές περιεκτικότητες εδαφικού μαγνησίου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η μέση συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca) στα εδάφη των περιοχών όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μικρότερη από αυτή των εδαφών των περιοχών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Αντιθέτως η μέση συγκέντρωση σε κάλιο (K) για τα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.
- Το ανθρακικό ασβέστιο φαίνεται να επηρέασε μόνο την *O. hirtum* η οποία έδειξε να προτιμά εδάφη φτωχά σε ανθρακικό ασβέστιο.
- Η χαρτογράφηση και η δημιουργία βάσεως δεδομένων με την χρήση των ΣΓΠ (GIS) μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση και αξιοποίηση του πολύτιμου γενετικού υλικού της Νήσου Ικαρίας.

3.2 Παραλλακτικότητα της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο και της χημικής σύστασης αυτού των ειδών *S. thymbra* L., *O. onites* L., *O. hirtum* Link και *C. capitatus* L. για τρία διαδοχικά έτη.

3.2.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Όσον αφορά τη μέση εκατοστιαία (%) (v/w) περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο, σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων (LSD) η εκατοστιαία (%) (v/w) περιεκτικότητα της *O. hirtum* διέφερε σημαντικά από έτος σε έτος, με το δεύτερο έτος να υπερέχει σημαντικά του τρίτου ($p < 0,01$) ενώ για τα υπόλοιπα φυτά η μέση εκατοστιαία (%) (v/w) περιεκτικότητα δε διέφερε σημαντικά από έτος σε έτος (Πίνακας 9). Οι μέσες εκατοστιαίες (%) (v/w) συγκεντρώσεις των ειδών σε αιθέριο έλαιο (Πίνακας 2) κυμάνθηκαν από 4,29 (1^ο έτος) έως 5,08 % (v/w) (2^ο έτος) για το *S. thymbra*, από 3,62 (1^ο έτος) έως 4,13 % (v/w) (2^ο έτος) για την *O. onites*, από 7,44 (3^ο έτος) έως 8,62 % (v/w) (2^ο έτος) για την *O. hirtum* και από 4,08 (3^ο έτος) έως 4,42 % (v/w) (1^ο έτος) στο *C. capitatus*.

Πίνακας 9: Μέση εκατοστιαία (%) (v/w) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο των τεσσάρων Α/Φ φυτών για κάθε έτος. Παρατίθενται επίσης το εύρος των τιμών, το τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά λατινικά γράμματα (a,b) δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για κάθε φυτό από έτος σε έτος ($p < 0,01$).

| ΦΥΤΟ | Εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|-------------|-------------|-------|-------------------|-------------|-------------|-------|-------------------|-------------|-------------|-------|
| | 2008 | | | | 2009 | | | | 2010 | | | |
| | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % |
| <i>S. thymbra</i> | 5,08 | 0,55 | 4,00-6,50 | 21,49 | 4,29 | 0,20 | 2,80-6,60 | 20,58 | 4,45 | 0,16 | 3,10-6,30 | 16,42 |
| <i>O. onites</i> | 3,62 | 0,19 | 3,00-4,33 | 14,23 | 4,13 | 0,21 | 2,70-6,10 | 21,08 | 3,96 | 0,15 | 3,00-5,40 | 15,85 |
| <i>O. hirtum</i> | 7,77 ^{ab} | 0,40 | 5,50-10,00 | 17,83 | 8,62 ^a | 0,32 | 7,20-11,00 | 14,70 | 7,44 ^b | 0,36 | 5,00-10,50 | 19,34 |
| <i>C. capitatus</i> | 4,42 | 0,16 | 3,70-5,6 | 13,45 | 4,18 | 0,21 | 3,20-6,30 | 21,07 | 4,08 | 0,20 | 3,00-5,70 | 20,80 |

Συγκρίνοντας τα φυτά ως προς τη μέση εκατοστιαία (%) (v/w) περιεκτικότητά τους σε αιθέριο έλαιο για τα τρία έτη της παρούσας μελέτης (LSD τεστ) φαίνεται ξεκάθαρα ότι η *O. hirtum* υπερτερούσε των άλλων ειδών ($p < 0,05$) ενώ το *S. thymbra* υπερέιχε της *O. onites* ($p < 0,05$) (Πίνακας 10). Τη μικρότερη μέση τιμή είχε η *O. onites* (3,98 %, v/w), ενώ την ανώτερη η *O. hirtum* (7,96 %, v/w) (Πίνακας 10). Το *S. thymbra* και το *C. capitatus* παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές, 4,44 και 4,21 % (v/w) αντίστοιχα. Τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσίασε το *S. thymbra* (19,02 %), ενώ τη μικρότερη η *O. hirtum* (17,98 %) (Πίνακας 10).

Πίνακας 10: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο των τεσσάρων Α/Φ φυτών για τα τρία έτη. Παρατίθενται επίσης το εύρος των τιμών, το τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά λατινικά γράμματα (a,b,c) δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην απόδοση κάθε είδους με καθένα από τα άλλα τρία ($p < 0,05$).

| | Εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο | | | |
|---------------------|---|-----------------|-------------|-------|
| | Μέσος | $\Sigma\bar{x}$ | Εύρος Τιμών | CV % |
| <i>S. thymbra</i> | 4,44b | 0,13 | 2,80-6,60 | 19,02 |
| <i>O. onites</i> | 3,98c | 0,11 | 2,70-6,10 | 18,42 |
| <i>O. hirtum</i> | 7,96a | 0,22 | 5,00-11,00 | 17,98 |
| <i>C. capitatus</i> | 4,21bc | 0,11 | 3,00-6,30 | 18,97 |

3.2.2 Χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου

Με τη βοήθεια της χημικής ανάλυσης αναγνωρίστηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν είκοσιένα διαφορετικά χημικά χαρακτηριστικά από τα αιθέρια έλαια των τεσσάρων φυτών. Από αυτά, είκοσι αναγνωρίστηκαν στο έλαιο της *O. onites* και του *S. thymbra*, δέκαεννέα στο έλαιο της *O. hirtum* και δέκαεφτά στο έλαιο του *C. capitatus*) (Πίνακες 11,12,13 και 14). Πρέπει να αναφερθεί ότι κάποια συστατικά του αιθέριου ελαίου δεν ανιχνεύτηκαν όλα τα έτη είτε ανιχνεύτηκαν σε ίχνη ($tr < 0,05$ %). Σε όλα τα είδη και όλα τα έτη κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου ήταν η καρβακρόλη, το γ -τερπινένιο, το π -κυμένιο και το καρυοφυλλένιο με το άθροισμά τους να υπερβαίνει πάντα το 83 % της σύστασης του αιθέριου ελαίου.

Σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς, σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν όσον αφορά στα κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου κάθε είδους από έτος σε έτος και με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD) προσδιορίστηκε ποια έτη διέφεραν μεταξύ τους.

Στο *S. thymbra* (Πίνακας 11) η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη κυμάνθηκε από 46,05 % το δεύτερο έτος έως 51,9 % το πρώτο έτος με τις συγκεντρώσεις του πρώτου και τρίτου να είναι σημαντικά μεγαλύτερες από αυτές του δεύτερου ($p < 0,05$). Αντίθετα όσον αφορά στο γ -τερπινένιο η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη το τρίτο έτος από τα άλλα δύο ($p < 0,05$) και κυμάνθηκε από 20,77 % το πρώτο έτος έως 29,11 % το τρίτο έτος. Η μέση περιεκτικότητα σε π -κυμένιο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη το δεύτερο έτος από τα άλλα δύο ($p < 0,05$) και κυμάνθηκε από 5,82 % (1^ο έτος) έως 10,91 % (2^ο έτος). Τέλος τα φυτά του πρώτου έτους υπερτερούσαν αυτών του δευτέρου και του τρίτου έτους όσον αφορά στο καρυοφυλλένιο, με αυτά του δεύτερου να υπερτερούν αυτών του τρίτου έτους ($p < 0,05$). Η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρυοφυλλένιο κυμάνθηκε από 5,85 έως 9,73 %, το τρίτο και το πρώτο έτος αντίστοιχα.

Στην *O. onites* (Πίνακας 12), όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη, τα φυτά του τρίτου έτους υπερτερούσαν σημαντικά αυτών του δεύτερου έτους με την μέση περιεκτικότητα σε καρβακρόλη να κυμαίνεται από 76,84 % (2^ο έτος) έως 83,88 % (3^ο έτος) ($p < 0,05$). Η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε γ -τερπινένιο κυμάνθηκε από 3,44 % το τρίτο έτος έως 3,89 % το πρώτο έτος, χωρίς να παρατηρηθούν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα έτη. Όσον

αφορά στην μέση περιεκτικότητα σε π-κυμένιο, τα φυτά του δευτέρου και τρίτου έτους υπερτερούσαν αυτών του πρώτου, χωρίς να διαφέρουν μεταξύ τους ($p < 0,05$). Η μέση τιμή του π-κυμενίου κυμάνθηκε από 3,51 (1^ο έτος) έως 5,95 % (2^ο έτος). Τέλος, η μέση τιμή του καρυοφυλλενίου κυμάνθηκε από 0,97 % (3^ο έτος) έως 2,24 % (1^ο έτος) με τα φυτά του πρώτου έτους να υπερτερούν αυτών του δευτέρου και του τρίτου και αυτά του δευτέρου με τη σειρά τους να υπερτερούν αυτών του τρίτου ($p < 0,05$).

Όσον αφορά στην *O. hirtum* (Πίνακας 13) η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη κατά το πρώτο έτος ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τα άλλα δύο ($p < 0,05$) και κυμάνθηκε από 78,93 % το δεύτερο έτος έως 90,29 % το πρώτο έτος. Στη μέση περιεκτικότητα του γ-τερπινενίου, η οποία κυμάνθηκε από 3,09 % (1^ο έτος) έως 5,57 % (2^ο έτος), παρατηρήθηκαν αντίθετα αποτελέσματα με την μέση περιεκτικότητα του δευτέρου και τρίτου έτους να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του πρώτου ($p < 0,05$). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν για το π-κυμένιο όπου η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του δευτέρου και τρίτου έτους ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του πρώτου ($p < 0,05$). Η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε π-κυμένιο κυμάνθηκε από 2,25 έως 7,24 % το πρώτο και το τρίτο έτος αντίστοιχα. Τέλος, η μέση περιεκτικότητα σε καρυοφυλλενίο κυμάνθηκε από 1,81 % (1^ο έτος) έως 2,80 % (2^ο έτος) με την μέση περιεκτικότητα του δευτέρου έτους να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του πρώτου και του τρίτου.

Τέλος, στο *C. capitatus* (Πίνακας 14) η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη το πρώτο έτος ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των άλλων δύο, με τη μέση τιμή του τρίτου έτους να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του δευτέρου ($p < 0,05$). Οι μέσες τιμές κυμάνθηκαν από 72,41 έως 87,90 % το δεύτερο και το πρώτο έτος αντίστοιχα. Η μέση περιεκτικότητα σε γ-τερπινένιο κυμάνθηκε από 3,21 % (1^ο έτος) έως 6,43 (2^ο έτος) με τη μέση περιεκτικότητα του δευτέρου έτους να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτές των άλλων δύο και αυτή του τρίτου να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του πρώτου ($p < 0,05$). Όσον αφορά στη μέση περιεκτικότητα σε π-κυμένιο αυτή κυμάνθηκε από 2,61 % (1^ο έτος) έως 7,51 % (3^ο έτος) με την μέση περιεκτικότητα του δευτέρου και τρίτου έτους να υπερέχει σημαντικά αυτής του πρώτου ($p < 0,05$). Οι μέσες τιμές του καρυοφυλλενίου κυμάνθηκαν από 3,35 έως 5,27 % το πρώτο και δεύτερο έτος αντίστοιχα, με τη μέση τιμή του δευτέρου έτους να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτές των άλλων δύο και αυτή του τρίτου να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του πρώτου ($p < 0,05$).

Η ανάλυση της διασποράς με βάση τα δεδομένα και των τριών ετών έδειξε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) σύσταση των αιθέριων ελαίων των τεσσάρων ειδών. Με την χρήση του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων για τους μέσους των κύριων συστατικών του αιθέριου προσδιορίστηκαν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 15).

Η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη κυμάνθηκε από 48,24 % στο αιθέριο έλαιο του *S. thymbra* έως 82,35 % στην *O. hirtum*, με τις τιμές του *C. capitatus* και της *O. onites* να είναι 78,35 % και 80,24 % αντίστοιχα (Πίνακας

8). Όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη, τα τρία είδη (*O. hirtum*, *C. capitatus* και *O. onites*) υπερέχουν στατιστικά σημαντικά του *S. thymbra*, με τη *O. hirtum* να υπερέχει του *C. capitatus* ($p < 0,001$) (Πίνακας 15). Επίσης, θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα ποσοστά της καρβακρόλης είχαν τη μικρότερη διακύμανση στην *O. onites* (7,07 %) και την μεγαλύτερη στο *S. thymbra* (10,55 %) με τη διακύμανση στην *O. hirtum* και στο *C. capitatus* να είναι 7,43 και 9,37 % αντίστοιχα (Πίνακας 15).

Αντίθετα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν όσον αφορά στο ποσοστό του γ-τερπινενίου στο έλαιο των τεσσάρων ειδών. Έτσι το ποσοστό του γ-τερπινενίου στο *S. thymbra* ήταν σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό των τριών άλλων ειδών, με το ποσοστό των *O. hirtum* και *C. capitatus* να είναι σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό της *O. onites* ($p < 0,001$) (Πίνακας 8). Συγκεκριμένα, το γ-τερπινένιο κυμάνθηκε από 3,78 % (*O. onites*) έως 25,58 % (*S. thymbra*), με το *C. capitatus* και την *O. hirtum* να εμφανίζουν ενδιάμεσες τιμές (Πίνακας 8). Η παραλλακτικότητα του γ-τερπινενίου ήταν αρκετά μεγάλη και στα τέσσερα είδη και κυμάνθηκε από 21,07 % στο *S. thymbra* έως 45,61 % στο *C. capitatus* (Πίνακας 15), γεγονός που φανερώνει ότι υπάρχει τόσο χωρική όσο και χρονική παραλλακτικότητα.

Όσον αφορά στο ποσοστό του π-κυμενίου, πάλι το *S. thymbra* υπερέχει των άλλων τριών ειδών ($p < 0,001$), τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Η μέση περιεκτικότητα του π-κυμενίου κυμάνθηκε από 5,24 % (*O. onites*) έως 8,48 % (*S. thymbra*) με την *O. hirtum* και το *C. capitatus* να παρουσιάζουν ενδιάμεσες τιμές (5,36 και 6,16 % αντίστοιχα) (Πίνακας 15). Μεγάλη παραλλακτικότητα παρατηρήθηκε και στο ποσοστό του π-κυμενίου με τιμές που κυμάνθηκαν από 32,19 % στην *O. hirtum* έως 40,26 % στο *C. capitatus*.

Τέλος, η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρυφυλλένιο κυμάνθηκε από 1,45 % (*O. onites*) έως 6,69 % (*S. thymbra*) με την *O. hirtum* και το *C. capitatus* να παρουσιάζουν ενδιάμεσες τιμές (2,23 και 4,24 % αντίστοιχα) (Πίνακας 15). Όλα τα είδη διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους όσον αφορά στο ποσοστό του καρυφυλλενίου στο έλαιο τους, με το *S. thymbra* να υπερέχει όλων των ειδών ($p < 0,001$). Η παραλλακτικότητα του καρυφυλλενίου κυμάνθηκε από 20,06 % στο *S. thymbra* έως 56,50 % στην *O. onites*.

Πίνακας 11: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου του *S. thymbra* στα διάφορα συστατικά του για κάθε έτος. Παρατίθενται επίσης το εύρος των τιμών, το τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά λατινικά γράμματα (a,b,c) φανερώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) στην σύσταση του αιθέριου ελαίου κάθε φυτού από έτος σε έτος. nd: Δεν ανιχνεύθηκε tr: Ίχνη

| Συστατικά Ελαίου | <i>S. thymbra</i> | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|------|-------------|--------|----------------|------|-------------|--------|----------------|------|-------------|--------|
| | 2008 | | | | 2009 | | | | 2010 | | | |
| | Μέσος | Σχ | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σχ | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σχ | Εύρος Τιμών | CV % |
| α-Θουγένιο | 0,71 | 0,13 | 0,39-0,94 | 36,21 | 0,68 | 0,03 | 0,41-0,93 | 20,94 | 0,79 | 0,04 | 0,56-1,29 | 20,19 |
| α-Πινένιο | 1,03 | 0,10 | 0,83-1,25 | 18,58 | 1,2 | 0,11 | 0,47-2,26 | 42,53 | 0,90 | 0,06 | 0,59-1,68 | 29,35 |
| β-Πινένιο | 0,45 ab | 0,08 | 0,25-0,60 | 33,43 | 0,57 a | 0,07 | 0-1,12 | 51,52 | 0,25 b | 0,06 | 0-0,97 | 105,22 |
| β-Μυρκενίο | 1,84 a | 0,12 | 1,58-2,06 | 12,75 | 1,57 b | 0,05 | 0,94-1,89 | 14,31 | 1,29 c | 0,06 | 0,9-1,99 | 19,69 |
| α-Φελανδρένιο | 0,09 | 0,06 | 0-0,24 | 124,49 | 0,08 | 0,02 | 0-0,22 | 109,39 | 0,06 | 0,02 | 0-0,27 | 152,26 |
| δ-Καρένιο | 2,69 | 0,29 | 1,93-3,30 | 21,45 | 2,50 | 0,09 | 1,76-3,13 | 16,34 | 2,45 | 0,09 | 1,64-3,50 | 16,50 |
| π-Κομένιο | 5,82 b | 0,24 | 5,32-6,42 | 8,12 | 10,91 a | 0,56 | 5,8-15,34 | 22,94 | 6,59 b | 0,35 | 4,15-9,90 | 23,95 |
| γ-Τερπινένιο | 20,77 b | 1,90 | 16,04-24,36 | 18,25 | 23,00 b | 0,80 | 17,28-29,43 | 15,51 | 29,11 a | 1,13 | 20,27-38,08 | 17,42 |
| Υδροσαβινένιο | 0,20 | 0,07 | 0-0,31 | 73,00 | 0,41 | 0,05 | 0,11-0,95 | 49,63 | 0,41 | 0,03 | 0,21-0,73 | 33,43 |
| Λιναλοόλη | 1,16 ab | 0,26 | 0,61-1,84 | 44,38 | 1,26 a | 0,11 | 0,65-2,52 | 37,57 | 0,83 b | 0,06 | 0,42-1,39 | 31,59 |
| Βορνεόλη | 0,33 ab | 0,06 | 0,19-0,47 | 38,47 | 0,63 a | 0,13 | 0-2,10 | 95,03 | 0,18 b | 0,07 | 0-1,22 | 170,30 |
| Τερπινεν-4-όλη | 0,73 a | 0,05 | 0,58-0,79 | 13,80 | 0,51 b | 0,03 | 0,31-0,71 | 24,97 | 0,20 c | 0,03 | 0-0,46 | 75,28 |
| Καρβακρόλη | 51,9 a | 2,40 | 46,53-58,00 | 9,25 | 46,05 b | 0,93 | 39,73-58,04 | 9,02 | 49,71 a | 1,17 | 41,86-62,3 | 10,57 |
| Εστέρας της καρβακρόλης | 0,06 | 0,06 | 0-0,25 | 200,00 | tr | 0,01 | 0-0,19 | 447,21 | nd | | | |
| Καρυοφυλλένιο | 9,73 a | 0,31 | 8,92-10,37 | 6,32 | 6,93 b | 0,18 | 5,17-8,38 | 11,52 | 5,85 c | 0,18 | 4,57-7,46 | 13,54 |
| Αρομανδρένιο | 0,16 | 0,12 | 0-0,49 | 146,92 | 0,06 | 0,03 | 0-0,52 | 239,76 | tr | 0,02 | 0-0,24 | 308,23 |
| α-Καρυοφυλλένιο | 0,54 a | 0,04 | 0,45-0,63 | 13,44 | 0,32 b | 0,01 | 0,2-0,41 | 18,13 | 0,19 c | 0,02 | 0-0,34 | 55,80 |
| δ-Γερμακρένιο | nd | | | | tr | 0,01 | 0-0,17 | 447,21 | nd | | | |
| β-Γερμακρένιο | 0,41 a | 0,33 | 0-1,38 | 160,51 | 0,06 b | 0,03 | 0-0,57 | 244,98 | 0,05 b | 0,03 | 0-0,52 | 266,53 |
| β-Μπισαμπολένιο | nd | | | | tr | 0,02 | 0-0,28 | 317,67 | nd | | | |
| Οξειδίο του Καρυοφυλλενίου | 0,50 a | 0,05 | 0,38-0,61 | 21,98 | 0,39 a | 0,05 | 0-0,84 | 55,25 | 0,14 b | 0,04 | 0-0,68 | 115,59 |

Πίνακας 12: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου του *O. onites* στα διάφορα συστατικά του για κάθε έτος. Παρατίθενται επίσης το εύρος των τιμών, το τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά λατινικά γράμματα (a,b,c) φανερώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) στην σύσταση του αιθέριου ελαίου κάθε φυτού από έτος σε έτος. nd: Δεν ανιχνεύθηκε tr: Ίχνη

| Συστατικά Ελαίου | <i>O. onites</i> | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------|-------------|-------------|--------|----------------|-------------|-------------|--------|----------------|-------------|-------------|--------|
| | 2008 | | | | 2009 | | | | 2010 | | | |
| | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % |
| α-Θουγένιο | 0,34 | 0,10 | 0-0,64 | 80,03 | 0,21 | 0,04 | 0-0,61 | 90,96 | 0,27 | 0,05 | 0-0,68 | 83,93 |
| α-Πινένιο | 0,33 | 0,12 | 0-0,89 | 94,33 | 0,21 | 0,04 | 0-0,50 | 87,89 | 0,19 | 0,06 | 0-0,71 | 138,00 |
| β-Πινένιο | 0,16 | 0,07 | 0-0,45 | 106,81 | 0,12 | 0,04 | 0-0,44 | 126,83 | 0,08 | 0,03 | 0-0,36 | 162,48 |
| β-Μυρκενίο | 1,13 | 0,23 | 0,35-1,94 | 53,88 | 1,12 | 0,04 | 0,91-1,53 | 13,41 | 0,99 | 0,09 | 0-1,59 | 37,37 |
| α-Φελανδρένιο | 0,07 | 0,04 | 0-0,20 | 127,29 | nd | | | | tr | 0,02 | 0-0,22 | 236,80 |
| δ-Καρένιο | 0,89 | 0,18 | 0,24-1,57 | 54,29 | 1,04 | 0,05 | 0,71-1,39 | 18,66 | 0,90 | 0,06 | 0,41-1,32 | 28,43 |
| π-Κυμένιο | 3,51 b | 0,61 | 1,43-6,00 | 45,81 | 5,95 a | 0,3 | 4,00-9,44 | 21,08 | 5,20 a | 0,39 | 2,69-9,10 | 32,00 |
| γ-Τερπινένιο | 3,89 | 0,73 | 1,37-6,51 | 49,40 | 4,09 | 0,27 | 2,22-6,41 | 27,86 | 3,44 | 0,30 | 1,12-6,45 | 36,92 |
| Υδροσαβινένιο | 0,22 | 0,07 | 0-0,47 | 83,43 | 0,16 | 0,05 | 0-0,84 | 134,83 | 0,22 | 0,05 | 0-0,57 | 96,52 |
| Λιναλοόλη | nd | | | | tr | 0,02 | 0-0,24 | 201,34 | tr | 0,02 | 0-0,27 | 246,64 |
| Βορνεόλη | 1,19 | 0,22 | 0,54-2,06 | 49,57 | 1,53 | 0,20 | 0,56-3,69 | 54,53 | 1,20 | 0,15 | 0,23-2,16 | 51,66 |
| Τερπινεν-4-όλη | 1,60 a | 0,15 | 0,89-2,01 | 24,36 | 1,47 a | 0,07 | 0,86-1,84 | 19,53 | 0,87 b | 0,08 | 0,43-1,40 | 41,48 |
| Καρβακρόλη | 79,63 ab | 2,24 | 72,25-89,22 | 7,44 | 76,84 b | 0,89 | 70,79-83,45 | 4,92 | 83,88 a | 1,21 | 75,2-92,28 | 6,13 |
| Εστέρας της καρβακρόλης | 0,46 | 0,13 | 0,12-0,99 | 75,66 | 0,23 | 0,05 | 0-0,73 | 93,55 | tr | 0,02 | 0-0,25 | 201,08 |
| Καρυοφυλλένιο | 2,24 a | 0,56 | 1,36-5,56 | 66,24 | 1,62 b | 0,12 | 0,73-2,67 | 31,15 | 0,97 c | 0,07 | 0,41-1,48 | 29,75 |
| Αρομανδρένιο | 0,20 a | 0,05 | 0-0,40 | 65,34 | 0,14 a | 0,02 | 0-0,30 | 76,00 | 0,05 b | 0,02 | 0-0,26 | 171,09 |
| α-Καρυοφυλλένιο | 0,08 | 0,05 | 0-0,26 | 144,02 | nd | | | | nd | | | |
| δ-Γερμακρένιο | 0,26 b | 0,07 | 0-0,46 | 67,52 | 0,52 a | 0,07 | 0,19-1,40 | 56,6 | 0,17 b | 0,06 | 0-1,00 | 152,64 |
| β-Γερμακρένιο | 0,25 a | 0,05 | 0-0,40 | 57,34 | 0,04 b | 0,02 | 0-0,18 | 168,12 | 0,03 b | 0,02 | 0-0,19 | 198,96 |
| β-Μπισαμπολένιο | 1,87 b | 0,21 | 0,92-2,54 | 29,61 | 2,82 a | 0,28 | 1,44-6,37 | 42,83 | 1,02 c | 0,15 | 0,21-3,05 | 63,04 |
| Οξείδιο του Καρυοφυλλενίου | 0,43 a | 0,10 | 0,19-0,99 | 61,28 | 0,16 b | 0,03 | 0-0,35 | 81,21 | 0,04 c | 0,02 | 0-0,16 | 176,09 |

Πίνακας 13: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου της *O. hirtum* στα διάφορα συστατικά του για κάθε έτος. Παρατίθενται επίσης το εύρος των τιμών, το τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά λατινικά γράμματα (a,b,c) φανερώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) στην σύσταση του αιθέριου ελαίου κάθε φυτού από έτος σε έτος. nd: Δεν ανιχνεύθηκε tr: Ίχνη

| Συστατικά Ελαίου | <i>O. hirtum</i> | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------|-------------|-------------|--------|----------------|-------------|-------------|--------|----------------|-------------|-------------|--------|
| | 2008 | | | | 2009 | | | | 2010 | | | |
| | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % |
| <i>α</i>-Θουγένιο | 0,21 b | 0,02 | 0,11-0,30 | 27,89 | 0,62 a | 0,04 | 0,38-0,92 | 22,93 | 0,56 a | 0,05 | 0,32-1,05 | 35,12 |
| <i>α</i>-Πινένιο | 0,26 b | 0,02 | 0,15-0,35 | 24,34 | 0,70 a | 0,05 | 0,41-1,07 | 25,83 | 0,79 a | 0,03 | 0,6-1,01 | 17,17 |
| <i>β</i>-Πινένιο | 0,05 b | 0,01 | 0-0,15 | 102,76 | 0,25 a | 0,05 | 0-0,82 | 78,59 | 0,23 a | 0,03 | 0-0,50 | 58,49 |
| <i>β</i>-Μυρκενίο | 0,55 b | 0,05 | 0,22-0,98 | 33,66 | 1,57 a | 0,09 | 0,85-2,25 | 22,10 | 1,52 a | 0,08 | 1,1-2,23 | 21,67 |
| <i>α</i>-Φελανδρένιο | tr | 0,01 | 0-0,17 | 107,81 | 0,06 | 0,02 | 0-0,17 | 120,98 | tr | 0,01 | 0-0,14 | 190,25 |
| <i>δ</i>-Καρένιο | 0,45 b | 0,04 | 0,26-0,73 | 31,57 | 0,95 a | 0,05 | 0,59-1,51 | 23,09 | 1,07 a | 0,06 | 0,70-1,70 | 24,00 |
| <i>π</i>-Κουμένιο | 2,25 b | 0,23 | 1,62-5456 | 35,76 | 5,83 a | 0,29 | 4,06-8,70 | 19,89 | 7,24 a | 0,65 | 4,09-12,48 | 35,96 |
| <i>γ</i>-Τερπινένιο | 3,09 b | 0,31 | 1,31-4,90 | 35,19 | 5,57 a | 0,46 | 2,98-10,73 | 33,15 | 4,88 a | 0,39 | 3,07-8,58 | 32,21 |
| Υδροσαβινένιο | 0,14 b | 0,02 | 0-0,26 | 46,16 | 0,49 a | 0,05 | 0,1-0,89 | 43,96 | 0,27 a | 0,03 | 0-0,43 | 49,40 |
| Λιναλοόλη | tr | 0,02 | 0-0,31 | 189,47 | tr | 0,02 | 0-0,25 | 287,03 | nd | | | |
| Βορνεόλη | 0,16 | 0,03 | 0,04-0,33 | 59,31 | 0,20 | 0,05 | 0-0,79 | 94,39 | 0,23 | 0,06 | 0-0,93 | 99,74 |
| Τερπινεν-4-όλη | 0,21 b | 0,02 | 0,12-0,28 | 25,42 | 0,44 a | 0,04 | 0,20-0,69 | 33,26 | 0,55 a | 0,05 | 0,31-0,98 | 39,66 |
| Καρβακρόλη | 90,29 a | 0,71 | 84,36-93,83 | 2,72 | 78,93 b | 0,93 | 68,21-85,14 | 4,70 | 79,83 b | 1,11 | 69,43-85,07 | 5,55 |
| Εστέρας της καρβακρόλης | tr | 0,01 | 0-0,10 | 218,93 | tr | 0,01 | 0-0,11 | 400,00 | tr | 0,01 | 0-0,12 | 400,00 |
| Καρυοφυλλένιο | 1,81 b | 0,22 | 0,96-3,79 | 42,54 | 2,80 a | 0,16 | 1,63-3,86 | 23,28 | 1,98 b | 0,15 | 0,73-2,78 | 31,01 |
| Αρομανδρένιο | tr | 0,00 | 0-0,03 | 236,92 | nd | | | | tr | 0,01 | 0-0,10 | 400,00 |
| <i>α</i>-Καρυοφυλλένιο | 0,13 | 0,02 | 0,05-0,22 | 42,81 | 0,23 | 0,03 | 0-0,45 | 56,90 | 0,18 | 0,03 | 0-0,36 | 59,98 |
| <i>δ</i>-Γερμακρένιο | nd | | | | nd | | | | nd | | | |
| <i>β</i>-Γερμακρένιο | nd | | | | nd | | | | nd | | | |
| <i>β</i>-Μπισαμπολένιο | 0,14 b | 0,03 | 0-0,32 | 76,77 | 0,27 a | 0,03 | 0,07-0,54 | 49,73 | 0,24 a | 0,04 | 0-0,68 | 63,02 |
| Οξειδίο του Καρυοφυλλενίου | 0,06 | 0,02 | 0-0,20 | 94,60 | tr | 0,01 | 0-0,19 | 192,69 | tr | 0,02 | 0-0,21 | 194,68 |

Πίνακας 14: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου του *C. capitatus* στα διάφορα συστατικά του για κάθε έτος. Παρατίθενται επίσης το εύρος των τιμών, το τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά λατινικά γράμματα (a,b,c) φανερώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) στην σύσταση του αιθέριου ελαίου κάθε φυτού από έτος σε έτος. nd: Δεν ανχνεύθηκε tr: Ίχνη.

| Συστατικά Ελαίου | <i>C. capitatus</i> | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------|--------|-------------|-------------|--------|--------|-------------|-------------|--------|
| | 2008 | | | | 2009 | | | | 2010 | | | |
| | Μέσος | Σ \bar{x} | Έυρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Έυρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Έυρος Τιμών | CV % |
| α-Θουγένιο | 0,16b | 0,01 | 0,10-0,26 | 27,39 | 0,34a | 0,03 | 0-0,59 | 40,95 | 0,35a | 0,05 | 0-0,88 | 64,37 |
| α-Πινένιο | 0,20b | 0,01 | 0,14-0,32 | 22,88 | 0,59a | 0,04 | 0,28-0,87 | 29,42 | 0,50a | 0,05 | 0-0,84 | 45,10 |
| β-Πινένιο | 0,09b | 0,02 | 0-0,24 | 73,98 | 0,45a | 0,05 | 0,14-1,00 | 48,73 | 0,35a | 0,11 | 0-1,88 | 129,29 |
| β-Μυρκένιο | 0,45c | 0,03 | 0,22-0,61 | 27,69 | 1,54a | 0,07 | 1,10-1,98 | 18,59 | 1,14b | 0,09 | 0-1,69 | 32,67 |
| α-Φελανδρένιο | 0,03b | 0,01 | 0-0,07 | 89,54 | 0,14a | 0,04 | 0-0,59 | 112,77 | 0,02b | 0,01 | 0-0,21 | 292,64 |
| δ-Καρένιο | 0,60b | 0,05 | 0,27-0,91 | 30,01 | 1,30a | 0,10 | 0,35-1,91 | 32,54 | 1,22a | 0,08 | 0,60-1,92 | 28,44 |
| π-Κυμένιο | 2,61b | 0,18 | 1,62-3,92 | 24,41 | 7,38a | 0,36 | 4,41-9,83 | 20,42 | 7,51a | 0,31 | 4,45-9,49 | 17,26 |
| γ-Τερπινένιο | 3,21c | 0,34 | 1,31-5,65 | 38,24 | 6,43a | 0,52 | 0,57-9,34 | 34,56 | 5,10b | 0,51 | 2,13-9,82 | 42,09 |
| Υδροσαβινένιο | 0,11 | 0,01 | 0-0,19 | 45,01 | 0,16 | 0,03 | 0-0,46 | 78,78 | 0,14 | 0,05 | 0-0,81 | 149,76 |
| Λιναλοόλη | 0,33 | 0,05 | 0,11-0,57 | 49,04 | 0,82 | 0,18 | 0-3,13 | 94,39 | 0,72 | 0,13 | 0-2,00 | 74,53 |
| Βορνεόλη | 0,17b | 0,03 | 0,04-0,36 | 53,16 | 0,57a | 0,09 | 0-1,70 | 68,68 | 0,45a | 0,08 | 0-1,11 | 76,45 |
| Τερπινεν-4-όλη | 0,31c | 0,01 | 0,19-0,36 | 16,72 | 0,91a | 0,06 | 0,61-1,29 | 26,10 | 0,63b | 0,03 | 0,41-0,87 | 22,53 |
| Καρβακρόλη | 87,90a | 0,53 | 84,65-90,89 | 2,19 | 72,41c | 1,17 | 63,43-79,96 | 6,84 | 77,39b | 0,97 | 66,67-84,16 | 5,31 |
| Εστέρας της καρβακρόλης | tr | 0 | 0-0,04 | 63,05 | tr | 0,01 | 0-0,14 | 244,84 | nd | | | |
| Καρυοφυλλένιο | 3,35c | 0,15 | 2,61-4,35 | 15,98 | 5,27a | 0,27 | 3,37-7,52 | 21,48 | 3,86b | 0,20 | 2,30-4,87 | 22,46 |
| Αρομανδρένιο | nd | | | | nd | | | | nd | | | |
| α-Καρυοφυλλένιο | 0,07b | 0,01 | 0,05-0,12 | 25,05 | 0,14a | 0,02 | 0-0,28 | 46,03 | 0,06b | 0,02 | 0-0,16 | 118,25 |
| δ-Γερμακρένιο | nd | | | | nd | | | | nd | | | |
| β-Γερμακρένιο | nd | | | | nd | | | | nd | | | |
| β-Μπισαμπολένιο | nd | | | | nd | | | | nd | | | |
| Οξειδίο του Καρυοφυλλενίου | 0,25 | 0,03 | 0,10-0,38 | 36,64 | 0,39 | 0,06 | 0,10-0,91 | 67,03 | 0,31 | 0,07 | 0-0,78 | 89,03 |

Πίνακας 15: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των τεσσάρων ειδών (*S. thymbra*, *O. onites*, *O. hirtum* και *C. capitatus*) στα διάφορα συστατικά του για τα τρία έτη (2008, 2009 και 2010). Παρατίθενται επίσης το εύρος των τιμών, το τυπικό σφάλμα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά λατινικά γράμματα (a,b,c) φανερώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,001$) στην σύσταση του αιθέριου ελαίου ανάμεσα στα φυτά. nd: Δεν ανιχνεύτηκε tr: Ίχνη

| | <i>S. thymbra</i> | | | | <i>O. onites</i> | | | | <i>O. hirtum</i> | | | | <i>C. capitatus</i> | | | |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|-------------|--------|------------------|-------------|-------------|--------|------------------|-------------|-------------|--------|---------------------|-------------|-------------|--------|
| | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % | Μέσος | Σ \bar{x} | Εύρος Τιμών | CV % |
| <i>α</i>-Θουγένιο | 0,73 | 0,03 | 0,39-1,29 | 22,67 | 0,26 | 0,03 | 0-0,68 | 85,86 | 0,49 | 0,03 | 0,11-1,05 | 46,49 | 0,30 | 0,03 | 0-0,88 | 60,65 |
| <i>α</i>-Πινένιο | 1,05 | 0,06 | 0,47-2,26 | 39,19 | 0,22 | 0,04 | 0-0,89 | 108,86 | 0,61 | 0,04 | 0,15-1,07 | 42,27 | 0,45 | 0,03 | 0-0,87 | 51,17 |
| <i>β</i>-Πινένιο | 0,41 | 0,05 | 0-1,12 | 74,21 | 0,11 | 0,02 | 0-0,45 | 133,09 | 0,19 | 0,03 | 0-0,82 | 88,42 | 0,32 | 0,05 | 0-1,88 | 105,11 |
| <i>β</i>-Μυρκενίο | 1,47 | 0,04 | 0,90-2,06 | 20,16 | 1,06 | 0,05 | 0-1,94 | 32,71 | 1,27 | 0,08 | 0,22-2,25 | 42,28 | 1,10 | 0,07 | 0-1,98 | 47,15 |
| <i>α</i>-Φελανδρένιο | 0,07 | 0,01 | 0-0,27 | 125,35 | tr | 0,01 | 0-0,22 | 256,53 | tr | 0,01 | 0-0,17 | 136,21 | 0,07 | 0,02 | 0-0,59 | 172,30 |
| <i>δ</i>-Καρένιο | 2,50 | 0,06 | 1,64-3,50 | 16,70 | 0,96 | 0,04 | 0,24-1,57 | 29,59 | 0,86 | 0,05 | 0,26-1,70 | 38,67 | 1,09 | 0,06 | 0,27-1,92 | 41,56 |
| <i>π</i>-Κυμένιο | 8,48a | 0,45 | 4,15-14,34 | 35,27 | 5,24b | 0,26 | 1,43-9,44 | 32,19 | 5,36b | 0,40 | 1,62-12,48 | 49,64 | 6,16b | 0,35 | 1,62-9,83 | 40,26 |
| <i>γ</i>-Τερπινένιο | 25,58a | 0,81 | 16,04-38,08 | 21,07 | 3,78c | 0,20 | 1,12-6,51 | 35,44 | 4,64bc | 0,28 | 1,31-10,73 | 39,56 | 5,09b | 0,33 | 0,57-9,82 | 45,61 |
| Υδροσαβινένιο | 0,39 | 0,03 | 0-0,95 | 45,68 | 0,19 | 0,03 | 0-0,84 | 106,17 | 0,31 | 0,03 | 0-0,89 | 67,00 | 0,14 | 0,02 | 0-0,81 | 107,70 |
| Λιναλοόλη | 1,06 | 0,07 | 0,42-2,52 | 41,69 | tr | 0,01 | 0-0,27 | 243,31 | tr | 0,01 | 0-0,31 | 295,34 | 0,66 | 0,09 | 0-3,13 | 91,85 |
| Βορνεόλη | 0,40 | 0,07 | 0-2,10 | 125,66 | 1,34 | 0,11 | 0,23-3,69 | 53,66 | 0,20 | 0,03 | 0-0,93 | 91,91 | 0,42 | 0,05 | 0-1,70 | 83,88 |
| Τερπινεν-4-όλη | 0,39 | 0,03 | 0-0,79 | 58,60 | 1,24 | 0,07 | 0,43-2,01 | 37,18 | 0,42 | 0,03 | 0,12-0,98 | 49,36 | 0,65 | 0,04 | 0,19-1,29 | 45,09 |
| Καρβακρόλη | 48,24c | 0,77 | 39,73-62,30 | 10,55 | 80,24ab | 0,87 | 70,79-92,28 | 7,07 | 82,35a | 0,92 | 68,21-93,83 | 7,43 | 78,35b | 1,05 | 63,43-90,89 | 9,37 |
| Εστέρας της καρβακρόλης | tr | 0,01 | 0-0,25 | 469,32 | 0,19 | 0,04 | 0-0,99 | 131,22 | tr | 0,00 | 0-0,12 | 318,75 | tr | 0,00 | 0-0,14 | 228,57 |
| Καρυοφυλλένιο | 6,69a | 0,20 | 4,57-10,37 | 20,06 | 1,45d | 0,12 | 0,41-5,56 | 56,50 | 2,23c | 0,12 | 0,73-3,86 | 35,48 | 4,24b | 0,17 | 2,30-7,52 | 28,43 |
| Αρομανδρένιο | 0,05 | 0,02 | 0-0,52 | 247,38 | 0,11 | 0,02 | 0-0,40 | 102,30 | tr | 0,00 | 0-0,10 | 474,44 | nd | | | |
| <i>α</i>-Καρυοφυλλένιο | 0,28 | 0,02 | 0-0,63 | 47,44 | tr | 0,01 | 0-0,26 | 367,87 | 0,18 | 0,02 | 0-0,45 | 60,49 | 0,09 | 0,01 | 0-0,28 | 74,37 |
| <i>δ</i>-Γερμακρένιο | tr | 0,00 | 0-0,17 | 663,32 | 0,33 | 0,05 | 0-1,40 | 92,37 | nd | | | | tr | 0,00 | 0-0,02 | 700,00 |
| <i>β</i>-Γερμακρένιο | 0,09 | 0,04 | 0-1,38 | 275,56 | 0,07 | 0,02 | 0-0,40 | 157,24 | nd | | | | nd | | | |
| <i>β</i>-Μπισαμπολένιο | tr | 0,01 | 0-0,28 | 477,60 | 1,91 | 0,19 | 0,21-6,37 | 63,93 | 0,22 | 0,02 | 0-0,68 | 63,63 | nd | | | |
| Οξείδιο του Καρυοφυλλενίου | 0,28 | 0,03 | 0-0,84 | 79,40 | 0,15 | 0,03 | 0-0,99 | 125,81 | tr | 0,01 | 0-0,21 | 153,60 | 0,32 | 0,03 | 0-0,91 | 73,34 |

3.2.3 Ενδοειδική χημειοταξινόμηση μεταξύ των ετών

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων αλλάζει στατιστικά σημαντικά τόσο από έτος σε έτος, όσο και από είδος σε είδος. Προσπαθήσαμε λοιπόν με βάση το χημικό προφίλ και με τη βοήθεια της διακρίνουσας ανάλυσης (Discriminant analysis) να δούμε αν μπορούν τα φυτά μας να διακριθούν σε ομάδες ανά έτος μέσα στο ίδιο είδος, καθώς και σε ομάδες ειδών για τα τρία έτη μαζί. Με το συγκεκριμένο τρόπο ανάλυσης καθορίζονται τα συστατικά του αιθέριου ελαίου που χαρακτηρίζουν την κάθε ομάδα.

Όσον αφορά στην επιλογή των συστατικών, τα οποία πρέπει να εισέλθουν στην ανάλυση υπάρχουν διάφορες απόψεις. Ο Hegnauer (1962) υποθέτει ότι για τη χημειοταξινόμηση φυτών μόνο τα κύρια συστατικά των αιθέριων ελαίων (συγκέντρωση τουλάχιστον 1 %) θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Ωστόσο ο Tetenyi (1992) δε θεωρεί αυτή την άποψη αποδεκτή και υποστηρίζει ότι τα αιθέρια έλαια είναι πολύπλοκα φυσικά προϊόντα αποτελούμενα από πολλά συστατικά και άρα δεν μπορούν να περιγραφούν μόνο από τα κύρια συστατικά τους. Επιπλέον, υποστηρίζει ότι αξίζει να περιγραφεί η πολυπλοκότητα των ελαίων μέσα από όλα τα συστατικά τους, αφού αυτά αντανακλούν το γενετικό υπόβαθρο των ενζυμικών συστημάτων και άρα επιδεικνύουν βιογενετικές σχέσεις. Για τη διακρίνουσα ανάλυση λοιπόν επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθούν όλα τα συστατικά του ελαίου που το ποσοστό τους στο αιθέριο έλαιο ήταν μεγαλύτερο από 0,05% (ίχνη) σε όλα τα έτη.

Κατά τη διεξαγωγή της διακρίνουσας ανάλυσης αναζητούνται εκείνοι οι γραμμικοί συνδυασμοί που έχουν τη μέγιστη ικανότητα ταξινόμησης των παρατηρήσεων σε ομάδες. Επίσης, έχει σαν σκοπό την πρόβλεψη ως προς την ταξινόμησή τους νέων παρατηρήσεων στις δημιουργηθείσες ομάδες. Οι διακρίνουσες συναρτήσεις προκύπτουν με βάση το διαχωριστικό κανόνα του Fisher (Fisher, 1936), ο οποίος βασίζεται στη μετατροπή των χαρακτηριστικών σε μονοδιάστατες τιμές μέσω μιας συνάρτησης, η οποία λέγεται διακρίνουσα συνάρτηση. Τα κεντροειδή (centroids) των ομάδων θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο απομακρυσμένα, έτσι ώστε να μπορούμε εύκολα με βάση αυτές τις τιμές να κάνουμε διαχωρισμό και ταξινόμηση των ομάδων. Έτσι λοιπόν ο Fisher πρότεινε τη χρήση γραμμικών συνδυασμών για τη δημιουργία αυτών των τιμών, χωρίς να γίνει κάποια υπόθεση για την κατανομή των ομάδων. Ο Fisher πρότεινε μια επέκταση της μεθόδου του για το διαχωρισμό K ομάδων με τη χρήση $K-1$ γραμμικών συνδυασμών με σειρά που αντιστοιχεί στο μέγεθος των ιδιοτιμών. Η ερμηνεία των παραπάνω διακρινουσών συναρτήσεων είναι ότι η 1^η διακρίνουσα συνάρτηση μεγιστοποιεί τις διαφορές των μέσων τιμών σε μια διάσταση. Η 2^η διακρίνουσα συνάρτηση μεγιστοποιεί την απόσταση των μέσων τιμών σε μια κατεύθυνση ορθογώνια στην 1^η, η 3^η μας δείχνει την απόσταση σε μια 3^η διάσταση ανεξάρτητη των άλλων 2 κ.ο.κ. Μπορούμε να περιγράψουμε τις διακρίνουσες συναρτήσεις σαν παράγοντες (factors) που διαχωρίζουν βέλτιστα τα κεντροειδή σε σχέση με τη διασπορά μέσα σε κάθε ομάδα.

Ο μέγιστος αριθμός των διακριτικών συναρτήσεων που μπορούν να προκύψουν είναι είτε κατά μονάδα μικρότερος του αριθμού των ομάδων, είτε ίσος με τον αριθμό των διακριτικών μεταβλητών (εφόσον ο αριθμός των ομάδων είναι

μεγαλύτερος του αριθμού των μεταβλητών). Γενικά, οι συναρτήσεις διαμορφώνονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μεγιστοποιούν τη διάκριση μεταξύ των ομάδων.

Από τη Διακρίνουσα ανάλυση προκύπτουν διακρινουσες συναρτήσεις, οι οποίες έχουν ως στόχο την ταξινόμηση των ατόμων που συμμετέχουν στην ανάλυση στις προβλεπόμενες ομάδες. Επισημαίνεται ότι δεν είναι απαραίτητο να καταχωρηθεί το άτομο στην ομάδα από την οποία προέρχεται. Κάθε κανονική διακρίνουσα συνάρτηση έχει μια ιδιοτιμή, που δείχνει το μέγεθος της διασποράς των κεντροειδών (centroids) στον πολυμεταβλητό χώρο και εξηγεί ένα ποσοστό της παραλλακτικότητας. Η ιδιοτιμή αποτελεί δείκτη της αποτελεσματικότητας της διακριτικής συνάρτησης.

Ως κεντροειδή ορίζονται οι μέσες τιμές των διακρινουσών συναρτήσεων ανά ομάδα. Η μέση τιμή των διακρινουσών συναρτήσεων μιας ομάδας στο σύνολο των διακριτικών συναρτήσεων καλείται κεντροειδές της ομάδας που δείχνει τη συγκριτική θέση μιας παρατήρησης της ομάδας στο χώρο των διακρινουσών συναρτήσεων. Ακόμη, σύγκριση των μέσων των ομάδων για καθεμιά διακρίνουσα συνάρτηση πληροφορεί για το βαθμό της απομάκρυνσης των ομάδων από ορισμένη διάσταση. Θα πρέπει να σημειωθεί, βέβαια, ότι οι διακρινουσες συναρτήσεις εμφανίζονται κατά φθίνουσα σειρά σημασίας, έτσι που οποιαδήποτε διαφορά στους μέσους των ομάδων στην τρίτη ή την τέταρτη διακριτική συνάρτηση είναι μικρότερης σημασίας από ότι είναι στην πρώτη.

Ο δείκτης της κανονικής συσχέτισης μας δείχνει τον βαθμό συσχέτισης μεταξύ των ομάδων και των τιμών της διακρινουσας συνάρτησης. Όσο ο δείκτης αυτός πλησιάζει προς την τιμή 1, τόσο μεγαλύτερη είναι η συσχέτιση και τόσο πιο καλή η διακρίνουσα συνάρτηση. Το Λάμδα του Wilks, είναι ο δείκτης που εκφράζει το ποσοστό της διακύμανσης που δεν εξηγείται από την προηγούμενη ανάλυση διακύμανσης και υπολογίζεται ως (Άθροισμα τετραγώνων εντός των ομάδων) / (Ολικό Άθροισμα τετραγώνων). Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από το μηδέν έως το ένα. Τιμές κοντά στο μηδέν (0) δείχνουν ισχυρές διαφορές, ενώ τιμές κοντά στο ένα (1) δείχνουν ότι δεν υπάρχουν διαφορές. Επίσης, το λάμδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της υπόθεσης ότι οι μέσοι όλων των μεταβλητών ανά ομάδα είναι ίσοι (μηδενική υπόθεση H_0). Αυτή η δοκιμασία δίνει περιορισμένη διαγνωστική πληροφορία, όταν οι μεταβλητές δεν είναι καλές για τον διαχωρισμό των ομάδων (δηλαδή όταν δεν απορρίψουμε την H_0). Η μηδενική υπόθεση για κάθε συνάρτηση, απορρίπτεται, όταν η τιμή p κάθε συνάρτησης είναι μικρότερη από 0,05 και τότε η εφαρμογή της διακρινουσας ανάλυσης ενδείκνυται για το σύνολο των ομάδων που εξετάζουμε.

Οι συντελεστές κάθε διακρινουσας συνάρτησης μας δίνουν μια ένδειξη της συνεισφοράς της κάθε μεταβλητής στη διακρίνουσα συνάρτηση. Επειδή η προσπάθεια να ερμηνευτούν τα μεγέθη των συντελεστών ως δεικτών της σχετικής σημασίας των αντίστοιχων με αυτούς μεταβλητών δεν είναι πάντοτε επιτυχής, κι αυτό γιατί δε μετρώνται όλες οι μεταβλητές με την ίδια μονάδα μέτρησης, επιβάλλεται συχνά η τυποποίηση των μεταβλητών με μέσο όρο 0 και τυπική μονάδα το 1 και η εφαρμογή της ανάλογης διακριτικής συνάρτησης, δηλαδή αυτής με τυποποιημένες τις τιμές. Ακόμη, να σημειωθεί ότι η παρουσία των πρόσθετων στους συντελεστές είναι

αυθαίρετη. Για παράδειγμα, αρνητικό πρόσημο στο συντελεστή της μιας μεταβλητής και θετικό στο συντελεστή της άλλης μεταβλητής θα μπορούσε, χωρίς καμία διαφορά, να εμφανιστεί και με αντίστροφη σειρά. Τέλος, οι τυποποιημένοι συντελεστές διακριτικής συνάρτησης (standardized canonical discrimination function coefficients) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόσδοση ταυτότητας των συναρτήσεων, επισκοπώντας τις μεταβλητές με τους μεγαλύτερους συντελεστές.

3.2.3.1 *S. thymbra*

Ακολουθεί η ομαδοποίηση, με βάση το χημικό τους προφίλ και με τη χρήση της διακρίνουσας ανάλυσης, των φυτών *S. thymbra* ανά έτος (2008,2009,2010). Από την ταξινομική διαδικασία προέκυψαν 2 διακρίνουσες, συναρτήσεις όπως φαίνεται στον πίνακα 16. Οι διακρίνουσες αυτές συναρτήσεις έχουν ως στόχο την ταξινόμηση των 44 ατόμων που συμμετέχουν στην ανάλυση στις προβλεπόμενες ομάδες. Επισημαίνεται ότι δεν είναι απαραίτητο να καταχωρηθεί το άτομο στην ομάδα από την οποία προέρχεται. Κάθε κανονική διακρίνουσα συνάρτηση έχει μια ιδιοτιμή, που δείχνει το μέγεθος της διασποράς των κεντροιδών στον πολυμεταβλητό χώρο.

Πίνακας 16: Αποτελέσματα της Διακρίνουσας Ανάλυσης για την κατάταξη 44 φυτών *S. thymbra* ανάλογα με το έτος δειγματοληψίας.

| Διακρίνουσες Συναρτήσεις | Ιδιοτιμή | Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | Κανονική Συσχέτιση | Λάμδα του Wilks | X ² | Βαθμοί Ελευθερίας | p- τιμή |
|-----------------------------|----------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------------|------------|
| 1 | 5,819 | 63,9 | ,924 | ,034 | 114,766 | 30 | ,000 |
| 2 | 3,288 | 36,1 | ,876 | ,233 | 49,495 | 14 | ,000 |

Είναι φανερό ότι η 1^η κανονική διακρίνουσα συνάρτηση έχει μεγαλύτερη ιδιοτιμή (5,819) και άρα εξηγεί το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας (63,9 %). Η 2^η κανονική διακρίνουσα έχει ιδιοτιμή ίση με 3,288 και εξηγεί το 36,1 % της παραλλακτικότητας.

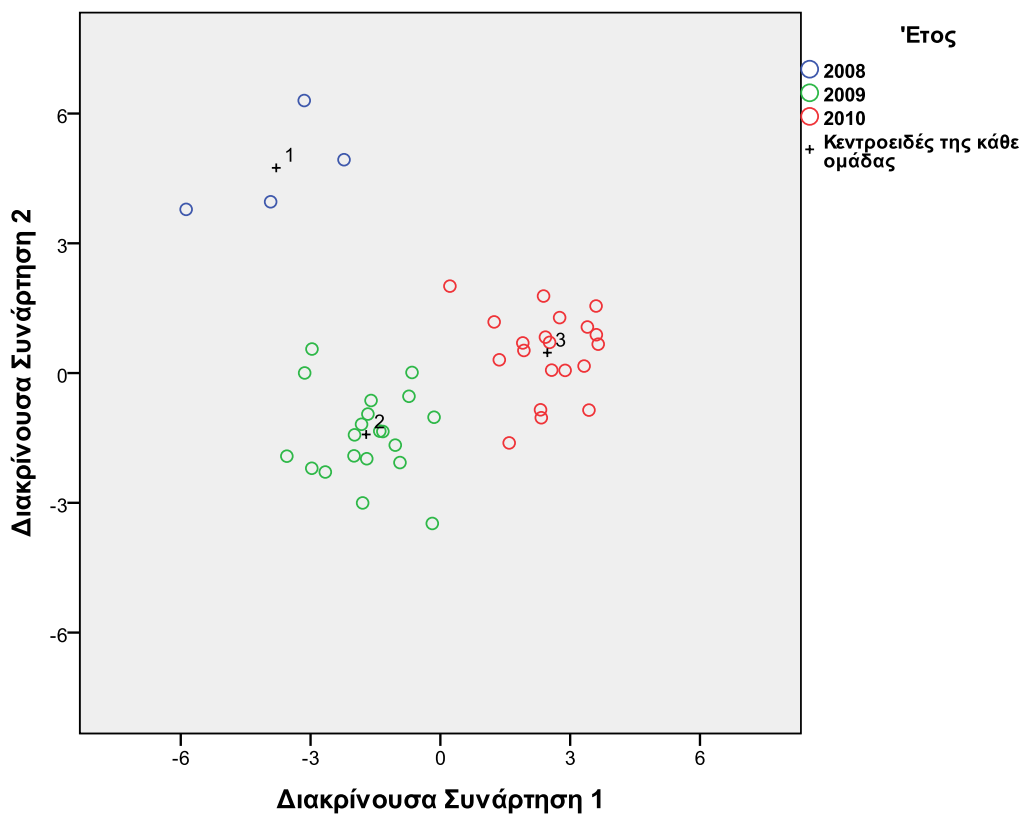
Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η τιμή p είναι μικρότερη από 0,05 και η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται και για τις δυο διακρίνουσες συναρτήσεις. Επομένως, η εφαρμογή της διακρίνουσας ανάλυσης ενδείκνυται για το σύνολο των φυτών *S. thymbra* που εξετάζουμε.

Στη συνέχεια, παρατίθενται οι τυποποιημένοι συντελεστές της κανονικοποιημένης διακρίνουσας συνάρτησης (Πίνακας 17) οι οποίοι και μας δίνουν μια ένδειξη της συνεισφοράς κάθε μεταβλητής στη διακρίνουσα συνάρτηση. Στην περίπτωση μας βλέπουμε ότι στην 1^η διακρίνουσα συνάρτηση μεγαλύτερη συνεισφορά κατά απόλυτη τιμή έχουν το α-θουγένιο και το α-πινένιο, ενώ στην 2^η διακρίνουσα συνάρτηση μεγαλύτερη συνεισφορά έχουν η καρβακρόλη, η τερπινεν-4-όλη, το α-καρυοφυλλένιο, το καρυοφυλλένιο, το π-κυμένιο, το γ-τερπινένιο και το α-θουγένιο.

Πίνακας 17: Περιγραφή των κανονικοποιημένων διακρινουσών συναρτήσεων που παρήχθησαν από την διακρινούσα ανάλυση με βάση τους τυποποιημένους συντελεστές για τα χημικά συστατικά του *S. thymbra*.

| Χημικά Συστατικά | Διακρινούσες Συναρτήσεις | |
|----------------------------|--------------------------|--------|
| | 1 | 2 |
| α-Θουγένιο | 1,085 | ,844 |
| α-Πινένιο | -,943 | ,511 |
| β-Πινένιο | ,548 | -,347 |
| β-Μυρκένιο | -,316 | ,180 |
| δ-Καρένιο | -,336 | -,593 |
| π-Κυμένιο | -,357 | -,965 |
| γ-Τερπινένιο | ,593 | ,841 |
| Υδροσαβινένιο | ,081 | -,019 |
| Λιναλοόλη | ,050 | ,061 |
| Βορνεόλη | ,513 | -,295 |
| Τερπινεν-4-όλη | -,066 | 1,039 |
| Καρβακρόλη | ,383 | 1,075 |
| Καρυοφυλλένιο | -,277 | ,926 |
| α-Καρυοφυλλένιο | -,493 | -1,007 |
| Οξειδίο του Καρυοφυλλενίου | -,275 | ,587 |

Με βάση, λοιπόν τις διαχωριστικές συναρτήσεις που προέκυψαν, τα φυτά μας χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τα έτη δειγματοληψίας 2008, 2009 και 2010 (Εικόνα 24). Είναι εμφανές ότι τα δείγματα που ομαδοποιήθηκαν στο 1^ο έτος (μπλε χρώμα) βρίσκονται στο πάνω αριστερά τμήμα του διαγράμματος, έχοντας λάβει τη μικρότερη τιμή για την 1^η διακρινούσα συνάρτηση και τη μεγαλύτερη τιμή για την 2^η διακρινούσα συνάρτηση. Οι δύο άλλες ομάδες είναι πιο κοντά η μία στην άλλη, αλλά και πάλι διαχωρίζονται ευκρινώς. Η ομάδα του έτους 2009 (πράσινο χρώμα) έλαβε τη μικρότερη τιμή για την 2^η συνάρτηση και ενδιάμεση τιμή για την 1^η, ενώ η ομάδα του 2010 (κόκκινο χρώμα) έλαβε ενδιάμεση τιμή για την 2^η συνάρτηση και τη μεγαλύτερη τιμή για την 1^η συνάρτηση.



Εικόνα 24: Διακρίνουσα ανάλυση για τα 44 φυτά *S. thymbra* που συλλέχθηκαν τα τρία έτη. Το διαφορετικό χρώμα υποδηλώνει και διαφορετική ομάδα ταξινόμησης.

Τόσο από την εικόνα 24 όσο και από την αναταξινόμηση με τη διακρίνουσα ανάλυση (Πίνακας 18) φαίνεται ότι τα φυτά ομαδοποιήθηκαν με απόλυτα ορθό τρόπο ανά έτος. (Το ποσοστό της ορθής ταξινόμησης των 44 φυτών στις προβλεπόμενες ομάδες συνολικά ανέρχεται στο 100 %).

Πίνακας 18: Πίνακας αναταξινόμησης των 44 φυτών* *S. thymbra* στις προβλεπόμενες ομάδες. Παρατίθεται ο αριθμός των φυτών που ταξινομήθηκαν σωστά, καθώς και το % ποσοστό αυτών.

| | Αριθμός Ατόμων ανά Πραγματική Ομάδα | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------|--|-----------------|------------------|------------------|
| 2008 | 4* | 4* (100,00%) | 0* (0,00%) | 0* (0,00%) |
| 2009 | 20* | 0* (0,00%) | 20* (100,00%) | 0* (0,00%) |
| 2010 | 20* | 0* (0,00%) | 0* (0,00%) | 20* (100,00%) |

*Παρατίθεται ο πραγματικός των φυτών ανά ομάδα, καθώς και ο αριθμός ανά ομάδα (έτος) από την αναταξινόμηση.

3.2.3.2 *O. onites*

Όμοια με το *S. thymbra* ομαδοποιήθηκαν με τη χρήση της διακρίνουσας ανάλυσης και με βάση το χημικό τους προφίλ ανά έτος δειγματοληψίας τα φυτά της *O. onites*. Από την ταξινομική διαδικασία προέκυψαν 2 διακρίνουσες συναρτήσεις όπως φαίνεται στον πίνακα 19. Η πρώτη διακρίνουσα συνάρτηση με ιδιοτιμή 3,272 εξηγεί το 63,7 % της παραλλακτικότητας, ενώ η δεύτερη με ιδιοτιμή 1,866 ερμηνεύει το 36,3 %. Οι τιμές του Λάμδα του Wilks είναι 0,082 για την 1^η συνάρτηση, φανερώνοντας μεγάλες διαφορές μεταξύ των ομάδων και 0,349 για την 2^η συνάρτηση, φανερώνοντας διαφορές μεταξύ των ομάδων. Η τιμή p είναι μικρότερη από 0,05 και για τις δυο συναρτήσεις απορρίπτοντας την υπόθεση ότι οι μέσοι όλων των μεταβλητών ανά ομάδα είναι ίσοι. Επομένως, η εφαρμογή της διακρίνουσας ανάλυσης ενδείκνυται για το σύνολο των φυτών *O. onites* που εξετάζουμε.

Πίνακας 19: Αποτελέσματα της Διακρίνουσας Ανάλυσης για την κατάταξη 43 φυτών *O. onites* ανάλογα με το έτος δειγματοληψίας.

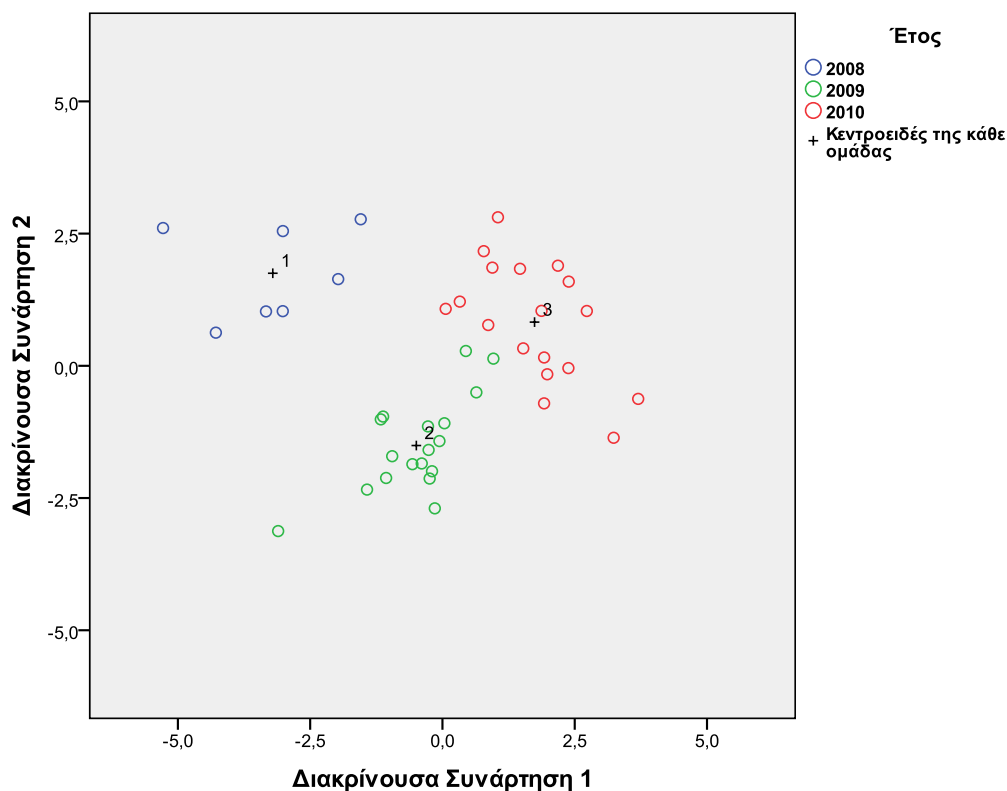
| Διακρίνουσες Συναρτήσεις | Ιδιοτιμή | Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | Κανονική Συσχέτιση | Λάμδα του Wilks | X ² | Βαθμοί Ελευθερίας | p-τιμή |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|-------------------|--------|
| 1 | 3,272 | 63,7 | ,875 | ,082 | 83,914 | 28 | ,000 |
| 2 | 1,866 | 36,3 | ,807 | ,349 | 35,267 | 13 | ,001 |

Οι τυποποιημένοι συντελεστές της κανονικοποιημένης διακρίνουσας συνάρτησης παρατίθενται στον Πίνακα 20. Μεγαλύτερη συνεισφορά έχουν για την 1^η διακρίνουσα συνάρτηση το δ-καρένιο, το π-κυμένιο, η τερπινεν-4-όλη και το δ-γερμακρένιο, ενώ για την 2^η συνάρτηση η καρβακρόλη, το γ-τερπινένιο, η τερπινεν-4-όλη, η βορνεόλη, το καρυοφυλλένιο, το α-θουγένιο και το π-κυμένιο.

Τα 43 φυτά της *O. onites* διαχωρίστηκαν με τη βοήθεια της διακρίνουσας ανάλυσης σε τρεις ομάδες ανάλογα με το έτος δειγματοληψίας (Εικόνα 25). Παρατηρείται ότι τα φυτά του 1^{ου} έτους (μπλε χρώμα) έλαβαν τη μεγαλύτερη τιμή για την 2^η διακρίνουσα συνάρτηση και τη μικρότερη για την πρώτη. Τα φυτά του 2^{ου} έτους (πράσινο χρώμα) έλαβαν τη μικρότερη τιμή για την 2^η συνάρτηση και τη ενδιάμεση τιμή για την πρώτη. Τέλος, τα φυτά του τρίτου έτους (κόκκινο χρώμα) είχαν την μεγαλύτερη τιμή για την πρώτη συνάρτηση και ενδιάμεση για τη δεύτερη.

Πίνακας 20: Περιγραφή των κανονικοποιημένων διακρινουσών συναρτήσεων που παρήχθησαν από την διακρίνουσα ανάλυση με βάση τους τυποποιημένους συντελεστές για τα χημικά συστατικά της *O. onites*.

| Χημικά Συστατικά | Διακρίνουσες Συναρτήσεις | |
|------------------|--------------------------|-------|
| | 1 | 2 |
| α-Θουγένιο | -,069 | 1,010 |
| α-Πινένιο | -,371 | ,486 |
| β-Πινένιο | -,123 | ,552 |
| β-Μυρκένιο | ,041 | -,538 |
| δ-Καρένιο | 1,183 | ,234 |
| π-Κυμένιο | 1,173 | ,920 |
| γ-Τερπινένιο | -,836 | 2,453 |
| Υδροσαβινένιο | ,327 | ,493 |
| Βορνεόλη | ,453 | 1,086 |
| Τερπινεν-4-όλη | -1,144 | 1,674 |
| Καρβακρόλη | ,819 | 6,320 |
| Καρυοφυλλένιο | ,331 | 1,057 |
| δ-Γερμακρένιο | 1,050 | ,196 |
| β-μπισαμπολένιο | -,763 | ,460 |



Εικόνα 25: Διακρίνουσα ανάλυση για τα 43 φυτά *O. onites* που συλλέχθηκαν τα τρία έτη. Το διαφορετικό χρώμα υποδηλώνει και διαφορετική ομάδα ταξινόμησης.

Τόσο από την εικόνα 25 όσο και από την αναταξινόμηση με τη διακρίνουσα ανάλυση (Πίνακας 21) φαίνεται ότι τα φυτά ομαδοποιήθηκαν ορθά ανά έτος σε πολύ μεγάλο βαθμό. Το ποσοστό της ορθής ταξινόμησης των 43 φυτών στις προβλεπόμενες ομάδες συνολικά ανέρχεται στο 95,3 % (Πίνακας 21). Για το έτος 2008 και 2010 όλα τα φυτά ταξινομήθηκαν σωστά (100 %), ενώ για το έτος 2009 δύο φυτά ταξινομήθηκαν λάθος στο έτος 2010 και 16 σωστά (88,9 %).

Πίνακας 21: Πίνακας αναταξινόμησης των 43 φυτών *O. onites* στις προβλεπόμενες ομάδες. Παρατίθεται ο αριθμός των φυτών που ταξινομήθηκαν σωστά καθώς και το % ποσοστό αυτών.

| | Αριθμός Ατόμων ανά Πραγματική Ομάδα | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 2008 | 7* | 7* (100,00%) | 0* (0,00%) | 0* (0,00%) |
| 2009 | 18* | 0* (0,00%) | 16* (88,90%) | 2* (11,10%) |
| 2010 | 18* | 0* 0,00% | 0* 0,00% | 18* 100,00% |

*Παρατίθεται ο πραγματικός των φυτών ανά ομάδα, καθώς και ο αριθμός ανά ομάδα (έτος) από την αναταξινόμηση

3.2.3.3 *O. hirtum*

Τα 44 φυτά *O. hirtum* που συλλέχθηκαν τα τρία διαφορετικά έτη ομαδοποιήθηκαν ανά έτος με βάση τη σύσταση των αιθέριων ελαίων τους και με τη χρήση της διακρίνουσας ανάλυσης. Από την παραπάνω ανάλυση προέκυψαν δυο διακρίνουσες συναρτήσεις (Πίνακας 22), οι οποίες και διαχώρισαν τα φυτά ανά έτος. Η πρώτη διακρίνουσα συνάρτηση έχει ιδιοτιμή 6,881 και ερμηνεύει το 64,0 % της παραλλακτικότητας ενώ η δεύτερη με ιδιοτιμή 3,869 ερμηνεύει το 36,0 % της παραλλακτικότητας. Οι τιμές του Λάμδα του Wilks κυμάνθηκαν από 0,026 στην 1^η συνάρτηση έως 0,205 στην 2^η συνάρτηση φανερώνοντας μεγάλες διαφορές μεταξύ των ομάδων. Παράλληλα, η τιμή p ήταν μικρότερη του 0,05 και για τις δυο συναρτήσεις, απορρίπτοντας την υπόθεση ότι οι μέσοι όλων των μεταβλητών ανά ομάδα είναι ίσοι. Επομένως, η εφαρμογή της διακρίνουσας ανάλυσης ενδείκνυται για το σύνολο των φυτών *O. hirtum* που εξετάζουμε.

Πίνακας 22: Αποτελέσματα Διακρίνουσας Ανάλυσης για την κατάταξη 44 φυτών *O. hirtum* ανάλογα με το έτος δειγματοληψίας

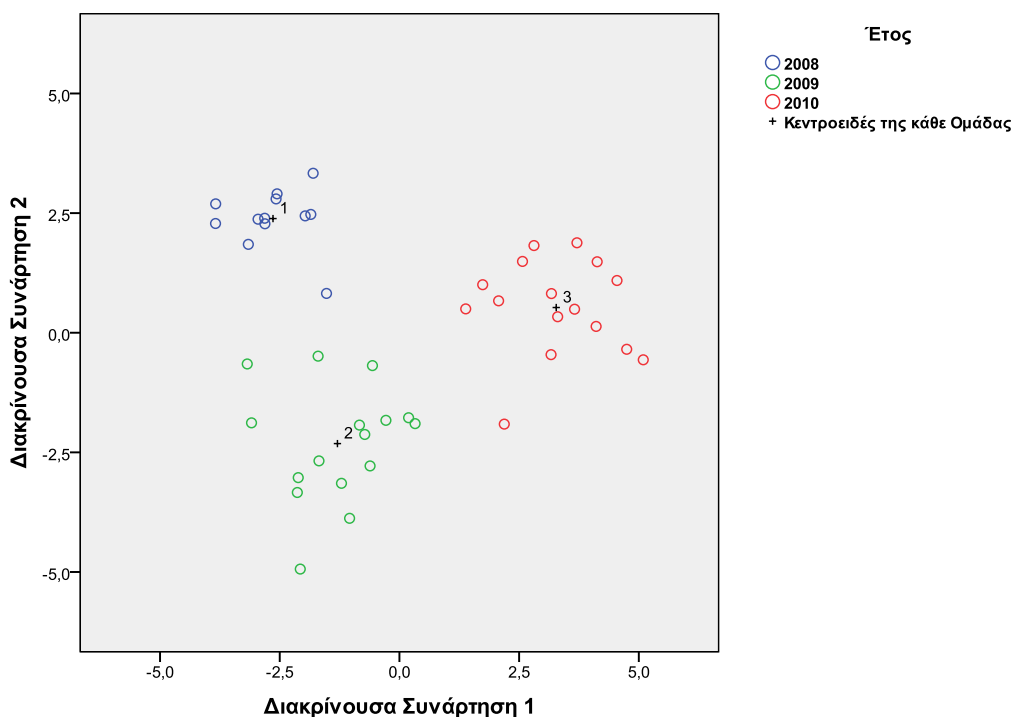
| Διακρίνουσες Συναρτήσεις | Ιδιοτιμή | Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | Κανονική Συσχέτιση | Λάμδα του Wilks | X ² | Βαθμοί Ελευθερίας | p-τιμή |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|-------------------|--------|
| 1 | 6,881 | 64,0 | ,934 | ,026 | 127,659 | 26 | ,000 |
| 2 | 3,869 | 36,0 | ,891 | ,205 | 55,403 | 12 | ,000 |

Οι τυποποιημένοι συντελεστές των κανονικοποιημένων διακρινουσών συναρτήσεων παρατίθενται στον πίνακα 23. Στην πρώτη διακρίνουσα συνάρτηση μεγαλύτερη συνεισφορά φαίνεται να έχει το δ-καρένιο, το υδροσαβινένιο, η καρβακρόλη, το α-πινένιο και το γ-τερπινένιο, ενώ για τη δεύτερη συνάρτηση μεγαλύτερη συνεισφορά έχουν η καρβακρόλη, δ-καρένιο, γ-τερπινένιο και υδροσαβινένιο. Παρατηρείται ότι τα συστατικά που έχουν μεγάλη συνεισφορά στην πρώτη συνάρτηση έχουν και στη δεύτερη.

Πίνακας 23: Περιγραφή των κανονικοποιημένων διακρινουσών συναρτήσεων που παρήχθησαν από την διακρίνουσα ανάλυση με βάση τους τυποποιημένους συντελεστές για τα χημικά συστατικά της *O. hirtum*.

| Χημικά Συστατικά | Διακρίνουσες Συναρτήσεις | |
|------------------|--------------------------|-------|
| | 1 | 2 |
| α-Θουγένιο | -,577 | -,003 |
| α-Πινένιο | 1,376 | ,692 |
| β-Μυρκένιο | ,215 | -,586 |
| δ-Καρένιο | 2,451 | 1,301 |
| π-Κυμένιο | ,148 | ,673 |
| γ-Τερπινένιο | -1,037 | 1,216 |
| Υδροσαβινένιο | -1,460 | -,973 |
| Βορνεόλη | ,079 | ,287 |
| Τερπινεν-4-όλη | ,063 | ,301 |
| Καρβακρόλη | 1,401 | 3,358 |
| Καρνοφυλλένιο | ,686 | ,767 |
| α-Καρνοφυλλένιο | ,119 | -,170 |
| β-μπισαμπολένιο | ,028 | -,161 |

Με τη βοήθεια λοιπόν της διακρίνουσας ανάλυσης τα 44 φυτά της *O. hirtum* διακρίθηκαν σε τρεις ομάδες ανάλογα με το έτος δειγματοληψίας (Εικόνα 26). Παρατηρείται ότι τα φυτά του 1^{ου} έτους (μπλε χρώμα) έλαβαν τη μεγαλύτερη τιμή για την 2^η διακρίνουσα συνάρτηση και τη μικρότερη για την πρώτη. Τα φυτά του 2^{ου} έτους (πράσινο χρώμα) έλαβαν την μικρότερη τιμή για την 2^η συνάρτηση και την ενδιάμεση τιμή για την πρώτη. Τέλος τα φυτά του τρίτου έτους (κόκκινο χρώμα) είχαν τη μεγαλύτερη τιμή για την πρώτη συνάρτηση και ενδιάμεση για τη δεύτερη.



Εικόνα 26: Διακρίνουσα ανάλυση για τα 44 φυτά *O. hirtum* που συλλέχθηκαν τα τρία έτη. Το διαφορετικό χρώμα υποδηλώνει και διαφορετική ομάδα ταξινόμησης.

Τόσο από την εικόνα 26 όσο και από την αναταξινόμηση με τη διακρίνουσα ανάλυση (Πίνακας 24) φαίνεται ότι τα φυτά ομαδοποιήθηκαν με απόλυτα ορθό τρόπο ανά έτος. (Το ποσοστό της ορθής ταξινόμησης των 44 φυτών στις προβλεπόμενες ομάδες συνολικά ανέρχεται στο 100 %).

Πίνακας 24: Πίνακας αναταξινόμησης των 44 φυτών *O. hirtum* στις προβλεπόμενες ομάδες.

| | Αριθμός Ατόμων ανά Πραγματική Ομάδα | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| 2008 | 12* | 12* | 0* | 0* |
| 2009 | 16* | 100,00% | 0,00% | 0,00% |
| | | 0* | 16* | 0* |
| 2010 | 16* | 0,00% | 100,00% | 0,00% |
| | | 0* | 0* | 16* |
| | | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

*Παρατίθεται ο πραγματικός των φυτών ανά ομάδα, καθώς και ο αριθμός ανά ομάδα (έτος) από την αναταξινόμηση

3.2.3.4 *C. capitatus*

Η ομαδοποίηση των 49 φυτών *C. capitatus* με τη διακρίνουσα ανάλυση και με βάση το χημικό προφίλ του αιθέριου ελαίου κάθε φυτού ήταν επιτυχής. Δυο διαχωριστικές συναρτήσεις προέκυψαν από την ταξινομική διαδικασία και με βάση αυτές ομαδοποιήθηκαν τα φυτά (Πίνακας 25). Η πρώτη διακρίνουσα συνάρτηση έχει ιδιοτιμή 7,068 και ερμηνεύει το 52,6 % της παραλλακτικότητας, ενώ η δεύτερη με ιδιοτιμή 6,378 ερμηνεύει το 47,4 % της παραλλακτικότητας. Οι τιμές του Λάμδα του

Wilks ήταν 0,017 στην 1^η συνάρτηση και 0,136 στην 2^η συνάρτηση, φανερόντας μεγάλες διαφορές μεταξύ των ομάδων. Παράλληλα, η τιμή p ήταν μικρότερη του 0,05 και για τις δυο συναρτήσεις απορρίπτοντας την υπόθεση ότι οι μέσοι όλων των μεταβλητών ανά ομάδα είναι ίσοι και άρα, η εφαρμογή της διακρίνουσα ανάλυσης ενδείκνυται για το σύνολο των φυτών *C. capitatus* που εξετάζουμε.

Πίνακας 25: Αποτελέσματα Διακρίνουσας Ανάλυσης για την κατάταξη 49 φυτών *C. capitatus* ανάλογα με το έτος δειγματοληψίας

| Διακρίνουσες Συναρτήσεις | Ιδιοτιμή | Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | Κανονική Συσχέτιση | Λάμδα του Wilks | X ² | Βαθμοί Ελευθερίας | p-τιμή |
|--------------------------|----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|-------------------|--------|
| 1 | 7,068 | 52,6 | ,936 | ,017 | 161,415 | 28 | ,000 |
| 2 | 6,378 | 47,4 | ,930 | ,136 | 78,943 | 13 | ,000 |

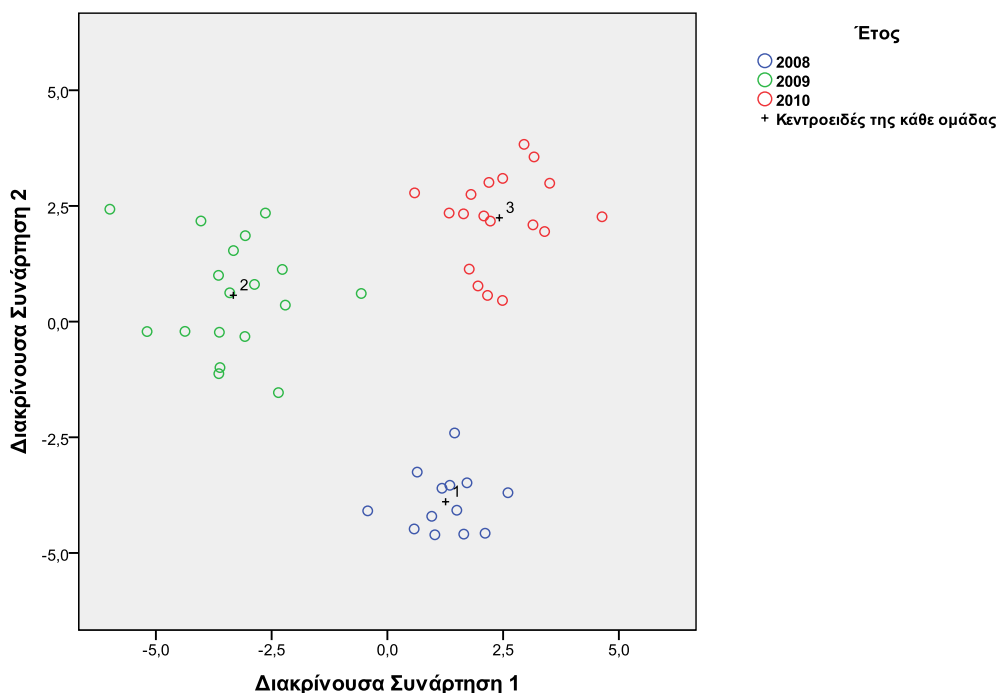
Όπως φαίνεται από τους τυποποιημένους συντελεστές των κανονικοποιημένων διακρινουσών συναρτήσεων (Πίνακας 26), για την πρώτη συνάρτηση μεγαλύτερη συνεισφορά έχουν η καρβακρόλη, το δ-καρένιο, το π-κυμένιο, το α-θουγένιο, η βορνεόλη και το καρυφυλλένιο, ενώ στη δεύτερη συνάρτηση σημαντικότερο ρόλο παίζουν πάλι η καρβακρόλη, το π-κυμένιο και το δ-καρένιο.

Πίνακας 26: Περιγραφή των κανονικοποιημένων διακρινουσών συναρτήσεων που παρήχθησαν από την διακρίνουσα ανάλυση με βάση τους τυποποιημένους συντελεστές για τα χημικά συστατικά του *C. capitatus*.

| Χημικά Συστατικά | Διακρίνουσες Συναρτήσεις | |
|---------------------------|--------------------------|-------|
| | 1 | 2 |
| α-Θουγένιο | 1,589 | ,499 |
| α-Πινένιο | -,327 | -,405 |
| β-Πινένιο | ,232 | ,763 |
| β-Μυρκένιο | -,698 | ,707 |
| δ-Καρένιο | 3,056 | 1,221 |
| π-Κυμένιο | 2,350 | 2,395 |
| γ-Τερπινένιο | -,005 | ,091 |
| Υδροσαβινένιο | -,553 | ,012 |
| Λιναλοόλη | ,392 | ,387 |
| Βορνεόλη | 1,168 | ,732 |
| Τερπινεν-4-όλη | ,109 | -,113 |
| Καρβακρόλη | 5,950 | 3,449 |
| Καρυφυλλένιο | 1,021 | ,786 |
| Οξείδιο του Καρυφυλλενίου | ,561 | ,411 |

Τα 49 φυτά *C. capitatus* διαχωρίστηκαν σε τρεις ομάδες ανάλογα με το έτος δειγματοληψίας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 27. Τα φυτά του 1^{ου} έτους (μπλε χρώμα) έλαβαν τη μικρότερη τιμή για τη δεύτερη διακρίνουσα συνάρτηση και ενδιάμεση τιμή για την πρώτη. Τα φυτά του 2^{ου} έτους (πράσινο χρώμα) έλαβαν τη μικρότερη τιμή για

την πρώτη συνάρτηση και την ενδιάμεση τιμή για τη δεύτερη. Τέλος, τα φυτά του τρίτου έτους (κόκκινο χρώμα) είχαν τη μεγαλύτερη τιμή τόσο για την πρώτη όσο και για τη δεύτερη συνάρτηση.



Εικόνα 27: Διακρίνουσα ανάλυση για τα 49 φυτά *C. capitatus* που συλλέχθηκαν τα τρία έτη. Το διαφορετικό χρώμα υποδηλώνει και διαφορετική ομάδα ταξινόμησης.

Τόσο από την εικόνα 27 όσο και από την αναταξινόμηση με τη διακρίνουσα ανάλυση (Πίνακας 27) φαίνεται ότι τα φυτά ομαδοποιήθηκαν με απόλυτα ορθό τρόπο ανά έτος. (Το ποσοστό της ορθής ταξινόμησης των 49 φυτών στις προβλεπόμενες ομάδες συνολικά ανέρχεται στο 100 %).

Πίνακας 27: Πίνακας αναταξινόμησης των 49 φυτών *C. capitatus* στις προβλεπόμενες ομάδες.

| | Αριθμός Ατόμων ανά Πραγματική Ομάδα | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------|--|-------------|-------------|-------------|
| 2008 | 13* | 13* | 0* | 0* |
| | | 100,00% | 0,00% | 0,00% |
| 2009 | 18* | 0* | 18* | 0* |
| | | 0,00% | 100,00% | 0,00% |
| 2010 | 18* | 0* | 0* | 18* |
| | | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

*Παρατίθεται ο πραγματικός των φυτών ανά ομάδα, καθώς και ο αριθμός ανά ομάδα (έτος) από την αναταξινόμηση

3.2.4 Χημειοταξινόμηση των ειδών για τα τρία έτη

Με τη χρήση της διακρίνουσας ανάλυσης και με βάση τη χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου κάθε φυτού και για κάθε έτος (2008,2009,2010) τα φυτά ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερις ομάδες ανάλογα με το είδος (*S. thymbra*, *O. onites*, *O. hirtum* και *C. capitatus*). Συνολικά λοιπόν 180 φυτά από τρεις δειγματοληψίες ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερις ομάδες ανάλογα με το είδος κάθε φυτού. Σαν μεταβλητές στην ανάλυσή μας χρησιμοποιήθηκαν όλα εκείνα τα χημικά συστατικά τα οποία είχαν μέση τιμή μεγαλύτερη από 0,05 % (Ιχνη) σε δυο τουλάχιστον από τα τέσσερα διαφορετικά είδη.

Τρεις διαχωριστικές συναρτήσεις προέκυψαν από την ταξινομική διαδικασία και με βάση αυτές ομαδοποιήθηκαν τα φυτά (Πίνακας 28). Η πρώτη διακρίνουσα συνάρτηση έχει ιδιοτιμή 33,602 και ερμηνεύει το 85,0 % της παραλλακτικότητας, η δεύτερη συνάρτηση έχει ιδιοτιμή 3,033 ερμηνεύοντας το 7,8 % της παραλλακτικότητας και η τρίτη έχει ιδιοτιμή 2,484 και ερμηνεύει το 6,3 % της παραλλακτικότητας. Οι τιμές του Λάμδα του Wilks ήταν 0,002 στην 1^η συνάρτηση, 0,071 στην 2^η συνάρτηση και 0,287 φανερώνοντας μεγάλες διαφορές μεταξύ των ομάδων, ιδίως για τις δύο πρώτες συναρτήσεις. Παράλληλα η τιμή p ήταν μικρότερη του 0,05 και για τις τρεις συναρτήσεις απορρίπτοντας την υπόθεση ότι οι μέσοι όλων των μεταβλητών ανά ομάδα είναι ίσοι και, άρα, η εφαρμογή της διακρίνουσας ανάλυσης ενδείκνυται για το σύνολο των αρωματικών φυτών που εξετάζουμε. Πρέπει να επισημανθεί ότι η πρώτη συνάρτηση είναι πιο σημαντική από τις άλλες δύο, καθώς έχει πολύ μεγαλύτερη ιδιοτιμή και ερμηνεύει το 85,9 % της συνολικής παραλλακτικότητας.

Πίνακας 28: Αποτελέσματα Διακρίνουσας Ανάλυσης για την κατάταξη 180 Α/Φ φυτών ανάλογα με το είδος.

| Διακρίνουσες Συναρτήσεις | Ιδιοτιμή | Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | Κανονική Συσχέτιση | Λάμδα του Wilks | X ² | Βαθμοί Ελευθερίας | p- τιμή |
|-----------------------------|----------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------------|------------|
| 1 | 33,602 | 85,9 | ,985 | ,002 | 1045,524 | 48 | ,000 |
| 2 | 3,033 | 7,8 | ,867 | ,071 | 446,602 | 30 | ,000 |
| 3 | 2,484 | 6,3 | ,844 | ,287 | 210,935 | 14 | ,000 |

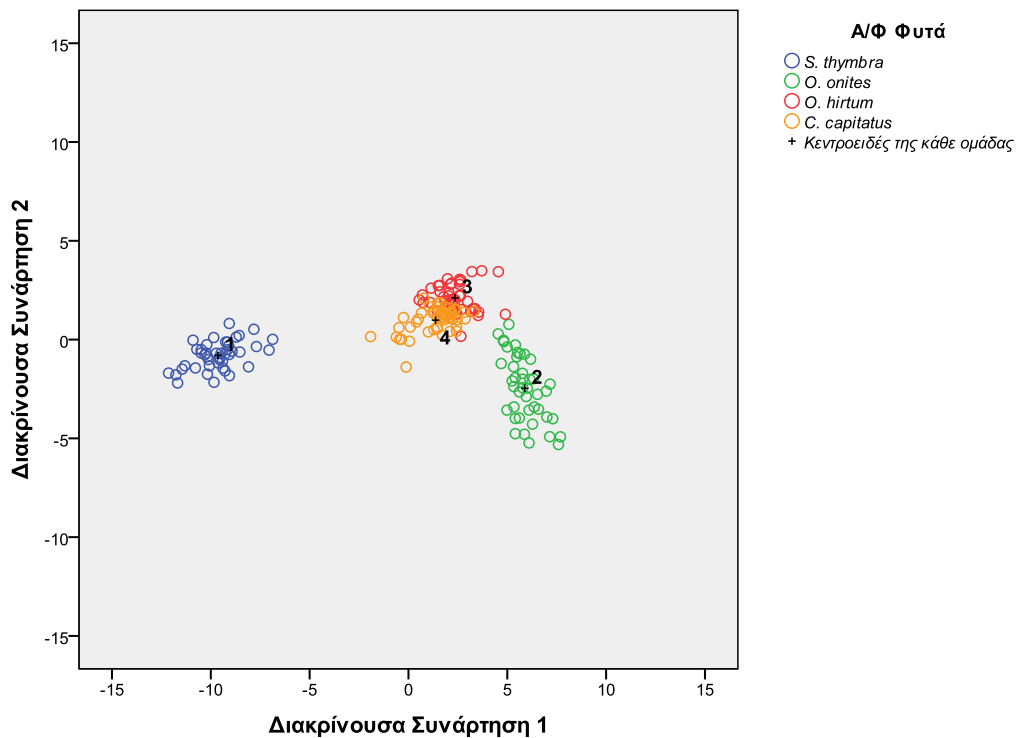
Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 29) παρατίθενται οι τυποποιημένοι συντελεστές των κοινωνικοποιημένων διακρινουσών συναρτήσεων. Είναι φανερό από τους συντελεστές ότι για την πρώτη και βασική συνάρτηση τη μεγαλύτερη συνεισφορά έχει πρωτίστως η καρβακρόλη και δευτερεύοντως το π-κυμένιο και η τερπινεν-4-όλη. Στη δεύτερη συνάρτηση η καρβακρόλη έχει πάλι τη μεγαλύτερη συνεισφορά ακολουθούμενη από το π-κυμένιο. Στην τρίτη και λιγότερο σημαντική συνάρτηση πάλι η καρβακρόλη έχει το μεγαλύτερο συντελεστή και έπονται το καρυοφυλλένιο και το α-καρυοφυλλένιο.

Πίνακας 29: Περιγραφή των κανονικοποιημένων διακρινουσών συναρτήσεων που παρήχθησαν από την διακρίνουσα ανάλυση με βάση τους τυποποιημένους συντελεστές για τα χημικά συστατικά των τεσσάρων ειδών.

| Χημικά Συστατικά | Διακρίνουσες Συναρτήσεις | | |
|---------------------------|--------------------------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| α-Θουγένιο | ,537 | -,009 | -,046 |
| α-Πινένιο | -,536 | ,393 | -,099 |
| β-Πινένιο | ,238 | ,230 | ,126 |
| β-Μυρκένιο | ,537 | ,390 | -,071 |
| δ-Καρένιο | -,085 | -,496 | ,784 |
| π-Κυμένιο | ,943 | ,626 | ,461 |
| γ-Τερπινένιο | ,204 | ,080 | ,197 |
| Υδροσαβινένιο | ,017 | -,080 | ,150 |
| Λιναλοόλη | -,253 | -,172 | ,308 |
| Βορνεόλη | ,425 | -,528 | ,055 |
| Τερπινεν-4-όλη | ,965 | -,309 | ,183 |
| Καρβακρόλη | 2,453 | ,720 | 1,578 |
| Καρυοφυλλένιο | ,058 | ,408 | 1,113 |
| α-Καρυοφυλλένιο | -,324 | ,171 | -1,103 |
| β-Μπισαμπολένιο | ,256 | -,217 | -,100 |
| Οξειδίο του Καρυφυλλενίου | -,107 | -,243 | ,503 |

Τα 180 αρωματικά φυτά που συλλέχθηκαν στα τρία χρόνια του πειράματος διαχωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες ανάλογα με το είδος τους (Εικόνα 28). Παρατηρείται ότι τα φυτά *S. thymbra* (μπλε χρώμα) συγκεντρώνονται στο αριστερό μέρος του γραφήματος λαμβάνοντας τη μικρότερη τιμή στην πρώτη διακρίνουσα συνάρτηση και ενδιάμεση τιμή για τη δεύτερη. Στο δεξί μέρος του γραφήματος εντοπίζονται τα φυτά *O. onites* έχοντας λάβει τη μεγαλύτερη τιμή στην πρώτη διακρίνουσα συνάρτηση και τη μικρότερη στη δεύτερη. Από την άλλη πλευρά τα φυτά *O. hirtum* και *C. capitatus* συγκεντρώνονται στο κέντρο του γραφήματος με τα φυτά *O. hirtum* να λαμβάνουν λίγο μεγαλύτερες τιμές τόσο για την πρώτη, όσο και για την δεύτερη διακρίνουσα συνάρτηση από αυτά του *C. capitatus*.

Τόσο από την εικόνα 28 όσο και από την αναταξινόμηση με τη διακρίνουσα ανάλυση (Πίνακας 30) φαίνεται ότι τα φυτά ομαδοποιήθηκαν ορθά ανά έτος σε πολύ μεγάλο βαθμό. Το ποσοστό των φυτών που ταξινομήθηκαν σωστά ήταν 98,9 % και, άρα, όλα σχεδόν τα φυτά καταχωρήθηκαν στην ομάδα που ανήκαν πραγματικά (Πίνακας 30). Στο *S. thymbra* όλα τα φυτά (44) ταξινομήθηκαν σωστά (100 %), ενώ στην *O. onites* 42 φυτά ταξινομήθηκαν σωστά (97,7 %) και ένα (2,3 %) ταξινομήθηκε λανθασμένα στην ομάδα *O. hirtum*. Στο *C. capitatus* και τα 49 φυτά (100 %) ταξινομήθηκαν σωστά, ενώ στην *O. hirtum* 43 φυτά ταξινομήθηκαν σωστά (97,7 %) και ένα (2,3 %) ταξινομήθηκε λανθασμένα στην ομάδα *C. capitatus*.



Εικόνα 28: Διακρίνουσα ανάλυση για τα 180 αρωματικά φυτά των τεσσάρων ειδών που συλλέχθηκαν τα τρία έτη. Το διαφορετικό χρώμα υποδηλώνει και διαφορετική ομάδα ταξινόμησης.

Πίνακας 30: Πίνακας αναταξινόμησης των 180 αρωματικών φυτών* στις προβλεπόμενες ομάδες. Παρατίθεται ο αριθμός των φυτών που ταξινομήθηκαν σωστά καθώς και το % ποσοστό αυτών.

| | Αριθμός Ατόμων ανά Πραγματική Ομάδα | <i>S. thymbra</i> | <i>O. onites</i> | <i>O. hirtum</i> | <i>C. capitatus</i> |
|---------------------|--|-------------------|------------------|------------------|---------------------|
| <i>S. thymbra</i> | 44* | 44* | 0* | 0* | 0* |
| | | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| <i>O. onites</i> | 43* | 0* | 42* | 1* | 0* |
| | | 0,00% | 97,70% | 2,30% | 0,00% |
| <i>O. hirtum</i> | 44* | 0* | 0* | 43* | 1* |
| | | 0,00% | 0,00% | 97,70% | 2,30% |
| <i>C. capitatus</i> | 49* | 0* | 0* | 0* | 49* |
| | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

*Παρατίθεται ο πραγματικός των φυτών ανά ομάδα, καθώς και ο αριθμός ανά ομάδα (είδος) από την αναταξινόμηση.

3.2.5 Συζήτηση

Η περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο, αν και παρουσίασε αρκετά μεγάλη διακύμανση μέσα σε κάθε είδος, δε διέφερε σημαντικά από έτος σε έτος για κάθε είδος, με εξαίρεση την *O. hirtum*, για την οποία παρατηρήθηκε μια σημαντική μεταβολή κατά το δεύτερο έτος.

Η *O. hirtum* υπερείχε σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη, όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από διάφορες άλλες μελέτες (Kokkini & Vokou, 1989; Kirimer, 1995). Όσον αφορά στα υπόλοιπα είδη, φαίνεται ότι κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο, με το *S. thymbra* να παρουσιάζει μια μικρή υπεροχή. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν μερικώς με αυτά των Kokkini & Vokou (1989) και Kirimer (1995), οι οποίοι δίνουν μια μικρή υπεροχή στα φυτά *O. onites*.

Αξίζει να αναφερθεί ότι οι τιμές της εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο που αναφέρονται στην παρούσα μελέτη ήταν υψηλότερες από αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για πλούσια σε καρβακρόλη φυτά στην Ελλάδα και την Τουρκία (Kokkini & Vokou, 1989; Kirimer *et al.*, 1995; Esen *et al.*, 2007). Ιδιαίτερα, οι μέγιστες τιμές κάθε έτους (10, 11 και 10,50 % v/w) για την *O. hirtum* χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικές σε σχέση με άλλα δεδομένα για το ίδιο είδος (Vokou *et al.*, 1993; Esen *et al.*, 2007). Επιπλέον, η ελάχιστη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο για την *O. onites* (2,70 % v/w), η οποία παρατηρήθηκε κατά το δεύτερο χρόνο (Πίνακας 9), είναι στα ανώτερα όρια των τιμών διαφόρων μελετών για το ίδιο είδος (Belhattab *et al.*, 2005; Sari *et al.*, 2006; Esen *et al.*, 2007).

Κυρίαρχο συστατικό του αιθέριου ελαίου των τεσσάρων φυτών και για τα τρία έτη ήταν η καρβακρόλη, ακολουθούμενη από το γ-τερπινένιο, το π-κυμένιο και το καρνοφυλλένιο, ενώ η ισομερής της θυμόλη δεν ανιχνεύτηκε καθόλου. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και από τους Vokou *et al.* (1993) σε φυτά *O. hirtum* από την Κω και το Γύθειο, όπου κύριο συστατικό του ελαίου ήταν η καρβακρόλη, χωρίς να ανιχνεύεται θυμόλη, ενώ σε άλλες περιοχές (Εύβοια, Κασσάνδρα, Κέρκυρα) κυρίαρχη ήταν η θυμόλη, σε άλλες η καρβακρόλη (Κρήτη, Αμοργός, Όλυμπος) και σε άλλες οι δύο φαινόλες είχαν σχεδόν το ίδιο ποσοστό (Λήμνος, Σαμοθράκη). 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 τη 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 του αιθέριου ελαίου της *O. onites*, τόσο στην Ελλάδα (Kokkini & Vokou, 1989), όσο και στην Τουρκία (Kirimer *et al.*, 1995) αναφέρεται η καρβακρόλη. Το αιθέριο έλαιο των φυτών “ρίγανης” αποτελείται από καρβακρόλη ή θυμόλη ως κύριο συστατικό και ακολουθούν το γ-τερπινένιο, το π-κυμένιο, η λιναλοόλη, η τερπινέν-4-όλη και το υδροσαβινένιο (D’Antuono *et al.*, 2000; Skoula & Harborne, 2002).

Είναι φανερό ότι σε αντίθεση με την περιεκτικότητα των φυτών σε έλαιο, η οποία δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές από έτος σε έτος (με εξαίρεση την *O. hirtum*), η περιεκτικότητα των συστατικών του αιθέριου ελαίου είχε σημαντικές διαφορές μεταξύ των ετών. Οι ετήσιες αυτές διακυμάνσεις των κυρίων συστατικών των αιθέριων ελαίων θα μπορούσαν να αποδοθούν στις διακυμάνσεις των κλιματικών παραμέτρων (Arrebola, 1992; Piccaglia & Marotti, 1993; Omer *et al.*, 1994; Omer *et al.*, 1998; Said-Al Ahl *et al.*, 2009). Παρατηρήθηκε επίσης ότι υπήρχε αύξηση των φαινολικών συστατικών (καρβακρόλη) με ταυτόχρονη μείωση των πρόδρομων ουσιών τους (π-κυμένιο, γ-τερπινένιο) κατά τα θερμά και ξηρά έτη (1^ο και 3^ο). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και από τους Arrebola (1992) και Said-Al Ahl *et al.* (2009).

Όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του ελαίου των φυτών σε καρβακρόλη, ήταν φανερή η υπεροχή των *O. hirtum*, *C. capitatus* και *O. onites* απέναντι στο *S. thymbra*, το οποίο με τη σειρά του υπερείχε ξεκάθαρα όσον αφορά στην περιεκτικότητα του ελαίου σε π-κυμένιο και γ-τερπινένιο. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και σε μελέτες στα ίδια φυτά σε διαφορες περιοχές της Ελλάδας (Kokkini and Volou, 1989) και της Τουρκίας (Kirimer, 1995). Επιπλέον, όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε καρβακρόλη η *O. hirtum* υπερείχε του *C. capitatus*, ενώ δε διέφερε με την *O. onites*. Γενικά, ενώ τα είδη *O. hirtum* και *O. onites* φαίνεται να υπερείχαν του *C. capitatus* όσον αφορά την καρβακρόλη, δεν ήταν ξεκάθαρο ποιο από τα δύο υπερερούσε μεταξύ τους. Οι Kokkini & Vokou (1989) αναφέρουν την *O. onites* ως το πιο σταθερό είδος όσον αφορά στην καρβακρόλη, ενώ στην παρούσα μελέτη η *O. onites* και η *O. hirtum* εμφανίζουν παραπλήσια παραλλακτικότητα.

Παρατηρήθηκε ότι τα υψηλά ποσοστά καρβακρόλης, στο αιθέριο έλαιο των *O. onites*, *O. hirtum* και *C. capitatus* χαρακτηρίζονταν από χαμηλά ποσοστά σε π-κυμένιο και γ-τερπινένιο. Από την άλλη πλευρά, το *S. thymbra* είχε σχετικά χαμηλό ποσοστό σε καρβακρόλη (48,24 %), υψηλό ποσοστό σε γ-τερπινένιο (25,58 %) και σχετικά υψηλό ποσοστό σε π-κυμένιο (8,48 %) (Πίνακας 15). Φαίνεται λοιπόν ότι υπάρχει μια αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην καρβακρόλη και το γ-τερπινένιο ($r = -0,928$, $p < 0,01$) και στην καρβακρόλη και το π-κυμένιο ($r = -0,687$, $p < 0,01$). Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και σε προγενέστερες μελέτες ειδών ρίγανης (Ravid & Putievsky, 1985; Vokou *et al.*, 1993; Sari *et al.*, 2006; Esen *et al.*, 2007; Bendahou *et al.*, 2008; Azizi *et al.*, 2009;). Αυτή η παρατηρούμενη αύξηση του ποσοστού της καρβακρόλης με ταυτόχρονη μείωση των ποσοστών του γ-τερπινενίου και του π-κυμενίου μπορεί να σχετίζεται με βιοχημικά μονοπάτια. Το γ-τερπινένιο και το π-κυμένιο θεωρούνται πρόδρομες ουσίες των φαινολικών συστατικών (καρβακρολη-θυμόλη) του αιθέριου ελαίου. Το γ-τερπινένιο μετατρέπεται μέσω αυτοοξειδωσης σε π-κυμένιο, το οποίο μέσω υδροξυλίωσης μετατρέπεται σε καρβακρόλη (Poulose & Croteau, 1978).

Τέλος, πρέπει να επισημανθεί το γεγονός ότι η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα όλων των φυτών σε καρβακρόλη ήταν για όλα τα έτη πολύ υψηλή σε σχέση με την υπάρχουσα βιβλιογραφία παρουσιάζοντας αξιοσημείωτη σταθερότητα. Πιο αναλυτικά, σε μελέτη σε διάφορες περιοχές της Τουρκίας η περιεκτικότητα του

αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη κυμάνθηκε από 69,00 έως 78,00 % για το *C. capitatus*, από 50,00 έως 82,00 % για την *O. onites*, από 44,00 έως 85,00 % για την *O. hirtum* και από 30,00 έως 49,00 % για το *S. thymbra* (Kirimer *et al.*, 1995) ενώ σε μελέτη σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη κυμάνθηκε από 44,60 έως 81,00 % για το *C. capitatus*, από 51,00 έως 84,50 % για την *O. onites*, από 2,40 έως 95,00 % για την *O. hirtum* και από 3,00 έως 21,00 % για το *S. thymbra* (Kokkini & Vokou, 1989). Συνεχίζοντας οι Karousou *et al.* (2005) σε μελέτη τους στη νήσο Κρήτη αναφέρουν ότι το ποσοστό της καρβακρόλης κυμάνθηκε από 8,30 έως 74,20 % για το *C. capitatus* και από 5,20 έως 61,80 % στο *S. thymbra*, ενώ οι Russo *et al.* (1998) αναφέρουν ότι το ποσοστό της καρβακρόλης στο αιθέριο έλαιο της *O. hirtum* από διάφορες περιοχές της Ιταλίας κυμάνθηκε από 0,47 έως 56,63 %. Είναι φανερό λοιπόν η υπέροχη και των τεσσάρων ειδών από την Ικαρία όσον αφορά στην περιεκτικότητα του ελαίου τους σε καρβακρόλη, γεγονός που καταδεικνύει την αξία και τη δυναμική του αναφερόμενου φυτικού υλικού.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τόσο στην παρούσα μελέτη, όσο και σε άλλες (Arrebola, 1992; Piccaglia & Marotti, 1993; Omer *et al.*, 1994; Omer *et al.*, 1998; Said-Al Ahl *et al.*, 2009) παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις όσον αφορά στην περιεκτικότητα των ελαίων στα διάφορα συστατικά. Με βάση τα αποτελέσματα της διακρίνουσας ανάλυσης, φαίνεται ότι οι διαφορές στο χημικό προφίλ των ειδών από έτος σε έτος ήταν σημαντικές και ικανές, ώστε να διαχωριστούν τα φυτά κάθε είδους ανά έτος. Σημαντικό ρόλο στον διαχωρισμό των φυτών έπαιξαν τόσο τα κύρια συστατικά (καρβακρόλη, γ-τερπινένιο, π-κυμένιο), αλλά και κάποια δευτερεύοντα (τερπινεν-4-ολη, α-θουγένιο, δ-καρένιο).

Επιπλέον, η διακρίνουσα ανάλυση φανέρωσε ότι υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο χημικό προφίλ των τεσσάρων ειδών, ικανές να διαχωρίσουν τα φυτά και των τριών ετών, ανά είδος, με βάση το χημικό τους προφίλ. Σημαντικό ρόλο αυτή τη φορά στο διαχωρισμό των ειδών έπαιξαν κυρίως τα κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου, με την καρβακρόλη να έχει τη μεγαλύτερη βαρύτητα ακολουθούμενη από το π-κυμένιο.

3.2.6 Συμπεράσματα

- Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των ειδών της παρούσας μελέτης σε αιθέριο έλαιο ήταν υψηλότερη από αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και φαίνεται ότι δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά από έτος σε έτος.
- Η *O. hirtum* υπερείχε σημαντικά των υπολοίπων ειδών όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο.
- Κυρίαρχο συστατικό του αιθέριου ελαίου των τεσσάρων ειδών και για τα τρία έτη ήταν η καρβακρόλη, ακολουθούμενη από το γ-τερπινένιο, το π-κυμένιο και το καρνοφυλλένιο, ενώ η ισομερής της θυμόλη δεν ανιχνεύτηκε καθόλου.
- Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των συστατικών του αιθέριου ελαίου κάθε είδους παρουσίασε σημαντικές διαφορές από έτος σε έτος.
- Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα όλων των ειδών σε καρβακρόλη ήταν για όλα τα έτη πολύ υψηλή παρουσιάζοντας αξιοσημείωτη σταθερότητα.
- Ήταν δυνατή, τόσο η χημειοταξινόμηση μεταξύ των ειδών για τα τρία έτη όσο και η ενδοειδική χημειοταξινόμηση μεταξύ των ετών.

3.3 Επίδραση αβιοτικών παραγόντων στην παραγωγή και στην σύσταση του αιθέριου ελαίου των ειδών *S. thymbra* L., *O. onites* L., *O. hirtum* Link και *C. capitatus* L. για τρία διαδοχικά έτη.

3.3.1 Κλιματικές Παράμετροι

Στον Πίνακα 31 παρουσιάζονται η μέση μηνιαία θερμοκρασία (TM), η μέση μηνιαία σχετική υγρασία (RHM) και η μηνιαία βροχόπτωση (RM) του μήνα πριν τη συγκομιδή για το *S. thymbra*, την *O. onites*, την *O. hirtum* και το *C. capitatus* για τρία διαδοχικά έτη.

Παρατηρείται ότι για το *S. thymbra* η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Απρίλιος) κυμάνθηκε από 15,8 °C (δεύτερο έτος) έως 16,8 °C (πρώτο και τρίτο έτος), ενώ η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κυμάνθηκε από 66,2 % το τρίτο έτος έως 69,5 % το δεύτερο έτος με το πρώτο έτος να παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή (66,9 %). Η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή κυμάνθηκε από 19,4 mm (τρίτο έτος) έως 85,8 mm (πρώτο έτος), με το δεύτερο έτος να έχει ενδιάμεση τιμή (39,3 mm) (Πίνακας 31).

Για την *O. onites* η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Μάιος) παρουσίασε τη μέγιστη τιμή της κατά το τρίτο έτος (20,4 °C), με τις τιμές του πρώτου και δεύτερου έτους να είναι σχεδόν ίσες (19,8 και 19,9 °C αντίστοιχα). Η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κυμάνθηκε από 61,8 % (πρώτο έτος) έως 65,6 % δεύτερο έτος με το τρίτο έτος να παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή (62,9 %). Η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή κατά το τρίτο έτος (13,2 mm) ήταν πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τη βροχόπτωση του πρώτου και δεύτερου έτους (0,8 και 1,5 mm αντίστοιχα) (Πίνακας 31).

Για την *O. hirtum* και το *C. capitatus* η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ήταν μεγαλύτερη κατά το πρώτο έτος (24,3 °C) σε σχέση με τα άλλα δύο έτη, τα οποία είχαν την ίδια θερμοκρασία (23,7 °C). Η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κυμάνθηκε από 61,5 % το πρώτο έτος έως 66,5 % το τρίτο έτος με το δεύτερο έτος να παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή (62,7 %). Βροχόπτωση κατά το μήνα πριν τη συγκομιδή παρατηρήθηκε μόνο το τρίτο έτος (13,8 mm) (Πίνακας 31).

Πίνακας 31: Μετεωρολογικά δεδομένα για το μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους για τα τρία διαδοχικά έτη. Παρατίθενται η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία σχετική υγρασία και η μηνιαία βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους.

| | Μέση Μηνιαία Σχετική Υγρασία (%) | | | Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (°C) | | | Μηνιαία Βροχόπτωση (mm) | | |
|------------------------------------|----------------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
| | 1° Έτος | 2° Έτος | 3° Έτος | 1° Έτος | 2° Έτος | 3° Έτος | 1° Έτος | 2° Έτος | 3° Έτος |
| <i>S. thymbra</i> | 66,9 | 69,5 | 66,2 | 16,8 | 15,8 | 16,8 | 85,8 | 39,3 | 19,4 |
| <i>O. onites</i> | 61,8 | 65,6 | 62,9 | 19,8 | 19,9 | 20,4 | 0,8 | 1,5 | 13,2 |
| <i>O hirtum & C. capitatus</i> | 61,5 | 62,7 | 66,5 | 24,3 | 23,7 | 23,7 | 0,0 | 0,0 | 13,8 |

Η μέση ετήσια θερμοκρασία (TA) και η ετήσια βροχόπτωση (RA) για το βιολογικό κύκλο κάθε είδους παρουσιάζονται στον Πίνακα 32. Η μέση ετήσια θερμοκρασία τόσο για το *S. thymbra* όσο και για την *O. onites* κυμάνθηκε από 18,2 °C το δεύτερο έτος έως 18,9 °C το τρίτο έτος, με το πρώτο έτος να παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή (18,6 °C). Στην *O. hirtum* και στο *C. capitatus* η μέση ετήσια θερμοκρασία παρουσίασε τις ίδιες τιμές με τα άλλα φυτά με εξαίρεση το πρώτο έτος, όπου η μέση ετήσια θερμοκρασία ήταν 18,5 °C. Η ετήσια βροχόπτωση για το *S. thymbra* κυμάνθηκε από 635,2 mm (τρίτο έτος) έως 825,8 mm (πρώτο έτος) με το δεύτερο έτος να παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή (687,6 mm). Στην *O. onites* η ετήσια βροχόπτωση κυμάνθηκε από 646 mm (τρίτο έτος) έως 688,3 mm (δεύτερο έτος) με το πρώτο έτος να παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή (670,5 mm). Τέλος, στην *O. hirtum* και στο *C. capitatus* η ετήσια βροχόπτωση κυμάνθηκε από 660,7 mm (τρίτο έτος) έως 688,3 mm (δεύτερο έτος) με το πρώτο έτος να παρουσιάζει ενδιάμεση τιμή (666,4 mm).

Πίνακας 32: Μετεωρολογικά δεδομένα για το βιολογικό κύκλο κάθε είδους για τα τρία διαδοχικά έτη. Παρατίθενται η μέση ετήσια θερμοκρασία και η ετήσια βροχόπτωση για κάθε είδος.

| | Μέση Ετήσια Θερμοκρασία (°C) | | | Ετήσια Βροχόπτωση (mm) | | |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| | 1 ^ο Έτος | 2 ^ο Έτος | 3 ^ο Έτος | 1 ^ο Έτος | 2 ^ο Έτος | 3 ^ο Έτος |
| <i>S. thymbra</i> | 18,6 | 18,2 | 18,9 | 825,8 | 687,6 | 635,2 |
| <i>O. onites</i> | 18,6 | 18,2 | 18,9 | 670,5 | 688,3 | 646,9 |
| <i>O. hirtum & C. capitatus</i> | 18,5 | 18,2 | 18,9 | 666,4 | 688,3 | 660,7 |

Τέλος, στον Πίνακα 33 παρουσιάζονται η μέση θερμοκρασία (T3M), η μέση σχετική υγρασία (RH3M) και η βροχόπτωση (R3M) για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή κάθε είδους.

Παρατηρείται ότι για το *S. thymbra* η μέση θερμοκρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή κυμάνθηκε από 12,6 °C (δεύτερο έτος) έως 14,9 °C (τρίτο έτος) με το πρώτο έτος να έχει τιμή παραπλήσια του τρίτου (14,3 °C). Η μέση σχετική υγρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή κυμάνθηκε από 66,1 % (τρίτο έτος) έως 68,7 % (πρώτο έτος) με το δεύτερο έτος να έχει ενδιάμεση τιμή (67,5 %). Η βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή παρουσίασε μέγιστη τιμή το δεύτερο έτος (216,5 mm), ενώ το πρώτο και το τρίτο έτος παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές (189,9 και 180,9 mm αντίστοιχα).

Στην *O. onites* τώρα η μέση θερμοκρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της το δεύτερο έτος (16,1 °C), με το πρώτο και το τρίτο έτος να έχουν σχεδόν την ίδια θερμοκρασία (17,3 και 17,2 °C αντίστοιχα). Η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή παρουσίασε ελάχιστη τιμή το τρίτο έτος (64,3 %) με το πρώτο και δεύτερο έτος να έχουν παραπλήσιες τιμές (66,3 και 66,6 % αντίστοιχα). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και για τη βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή, η οποία παρουσίασε ελάχιστη τιμή το τρίτο έτος (42,4 mm) με το με το πρώτο και δεύτερο έτος να έχουν παραπλήσιες τιμές (130,1 και 140,6 mm αντίστοιχα).

Τέλος, στην *O. hirtum* και στο *C. capitatus* η μέση θερμοκρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή παρουσίασε την ελάχιστη τιμή της το δεύτερο έτος (19,8 °C) με το πρώτο και το τρίτο έτος να έχουν την ίδια θερμοκρασία (20,3 °C). Από την άλλη πλευρά, η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή παρουσίασε ελάχιστη τιμή το πρώτο έτος (63,4 %) με το δεύτερο και τρίτο έτος να έχουν παραπλήσιες τιμές (65,9 και 65,2 αντίστοιχα). Η μέση βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κυμάνθηκε από 40,8 mm το δεύτερο έτος έως 86,6 mm το πρώτο έτος, με το τρίτο έτος να έχει παραπλήσια τιμή με το δεύτερο (46,4 mm).

Πίνακας 33: Μετεωρολογικά δεδομένα για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Παρατίθενται η μέση θερμοκρασία, η μέση σχετική υγρασία και η βροχόπτωση.

| | Μέση Σχετική Υγρασία (%) | | | Μέση Θερμοκρασία (°C) | | | Βροχόπτωση (mm) | | |
|--|--------------------------|---------|---------|-----------------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|
| | 1° Έτος | 2° Έτος | 3° Έτος | 1° Έτος | 2° Έτος | 3° Έτος | 1° Έτος | 2° Έτος | 3° Έτος |
| <i>S. thymbra</i> | 68,7 | 67,5 | 66,1 | 14,3 | 12,6 | 14,9 | 189,9 | 216,5 | 180,9 |
| <i>O. onites</i> | 66,3 | 66,6 | 64,3 | 17,3 | 16,1 | 17,2 | 130,1 | 140,6 | 42,4 |
| <i>O. hirtum</i> & <i>C. capitatus</i> | 63,4 | 65,9 | 65,2 | 20,3 | 19,8 | 20,3 | 86,6 | 40,8 | 46,4 |

3.3.2 Επίδραση εδαφολογικών παραμέτρων στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και στην % σύσταση αυτού.

Στο Κεφάλαιο 3.2 φάνηκε ξεκάθαρα ότι παρουσιάστηκε αρκετά μεγάλη παραλλακτικότητα όσον αφορά τόσο στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο μέσα σε κάθε είδος φυτού όσο και στην εκατοστιαία (%) σύσταση αυτού (Πίνακες 9,10,11,12,13,14). Επιπλέον οι εδαφικές παράμετροι των σταθμών μέσα σε κάθε φυτό παρουσίασαν επίσης μεγάλη παραλλακτικότητα (Πίνακας 5).

3.3.2.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Από την ανάλυση των δεδομένων και των τριών ετών δεν βρέθηκε για κάποιο είδος στατιστικώς σημαντική συσχέτιση μεταξύ της εκατοστιαίας περιεκτικότητας των ειδών σε αιθέριο έλαιο και των εδαφικών παραμέτρων. (Βλέπε Παράρτημα, Πίνακες 5,6,7,8).

3.3.2.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου

Όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) σύσταση του αιθέριου ελαίου, μελετήθηκαν ως προς τη σχέση τους με τις εδαφικές παραμέτρους τα τέσσερα κύρια συστατικά του (η καρβακρόλη, το γ-τερπινένιο, το π-κυμένιο και το καρυοφυλλένιο), τα οποία σε όλα τα είδη και όλα τα χρόνια αποτελούσαν τουλάχιστον το 86% της σύστασης του αιθέριου ελαίου (Πίνακας 15).

Στο *S. thymbra* (Παράρτημα, Πίνακας 5) η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη συσχετίστηκε αρνητικά με το ποσοστό του ολικού αζώτου ($r = -0,318^*$, $p < 0,05$) και με το κλάσμα της άμμου ($r = -0,310^*$, $p < 0,05$), ενώ θετικά

συσχετίστηκε με το διαθέσιμο νάτριο ($r= 0,298^*$, $p<0,05$), το διαθέσιμο κάλιο ($r= 0,314^*$, $p<0,05$), το κλάσμα ιλύος ($r= 0,357^*$, $p<0,05$) και το υψόμετρο ($r= 0,378^*$, $p<0,05$). Επίσης, η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο συσχετίστηκε θετικά με το ποσοστό αργίλου ($r= 0,323^*$, $p<0,05$) και αρνητικά με το ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου ($r= -0,401^{**}$, $p<0,01$).

Στο *C. capitatus* (Παράρτημα, Πίνακας 8) θετική συσχέτιση υπήρξε μεταξύ της περιεκτικότητας του ελαίου σε π-κυμένιο και της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων ($r= 0,312^*$, $p<0,05$). Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του ελαίου σε γ-τερπινένιο σχετίστηκε θετικά με το διαθέσιμο κάλιο ($r= 0,329^*$, $p<0,05$) και την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ($r= 0,287^*$, $p<0,05$). Η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη δεν συσχετίστηκε με καμιά εδαφική παράμετρο. Η περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο σχετίστηκε θετικά με το ανταλλάξιμο ασβέστιο ($r= 0,316^*$, $p<0,05$) και αρνητικά με το υψόμετρο ($r= 0,307^*$, $p<0,05$).

Στην *O. hirtum* η περιεκτικότητα του γ-τερπινενίου στο έλαιο σχετίστηκε θετικά με το ανταλλάξιμο μαγνήσιο ($r= 0,394^*$, $p<0,05$), ενώ δεν παρουσιάστηκε καμιά άλλη συσχέτιση (Παράρτημα, Πίνακας 7).

Τέλος καμιά συσχέτιση δεν υπήρξε ανάμεσα στις εδαφικές παραμέτρους και την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου στα τέσσερα κύρια συστατικά στην *O. onites* (Παράρτημα, Πίνακας 6)

3.3.3 Επίδραση κλιματικών παραμέτρων στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο και στην εκατοστιαία (%) σύσταση αυτού.

3.3.3.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Παρατηρήθηκε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα της *O. hirtum* σε αιθέριο έλαιο ανά έτος, ενώ όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των υπόλοιπων ειδών δεν υπήρχαν (Πίνακας 9). Πράγματι βρέθηκε ότι δεν υπήρχε καμιά συσχέτιση των μετεωρολογικών δεδομένων με την εκατοστιαία (%) απόδοση σε αιθέριο έλαιο των *S. thymbra*, *O. onites* και *C. capitatus* (Παράρτημα, Πίνακες 5,6,8). Αντίθετα, όσον αφορά στη εκατοστιαία (%) απόδοση σε έλαιο της *O. hirtum* αυτή συσχετίστηκε αρνητικά με τη μέση ετήσια θερμοκρασία ($r= -0,349^*$, $p<0,05$) και τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή της ($r= -0,354^*$, $p<0,05$), ενώ θετικά συσχετίστηκε με την ετήσια βροχόπτωση ($r= 0,365^*$, $p<0,05$) (Παράρτημα, Πίνακας 7).

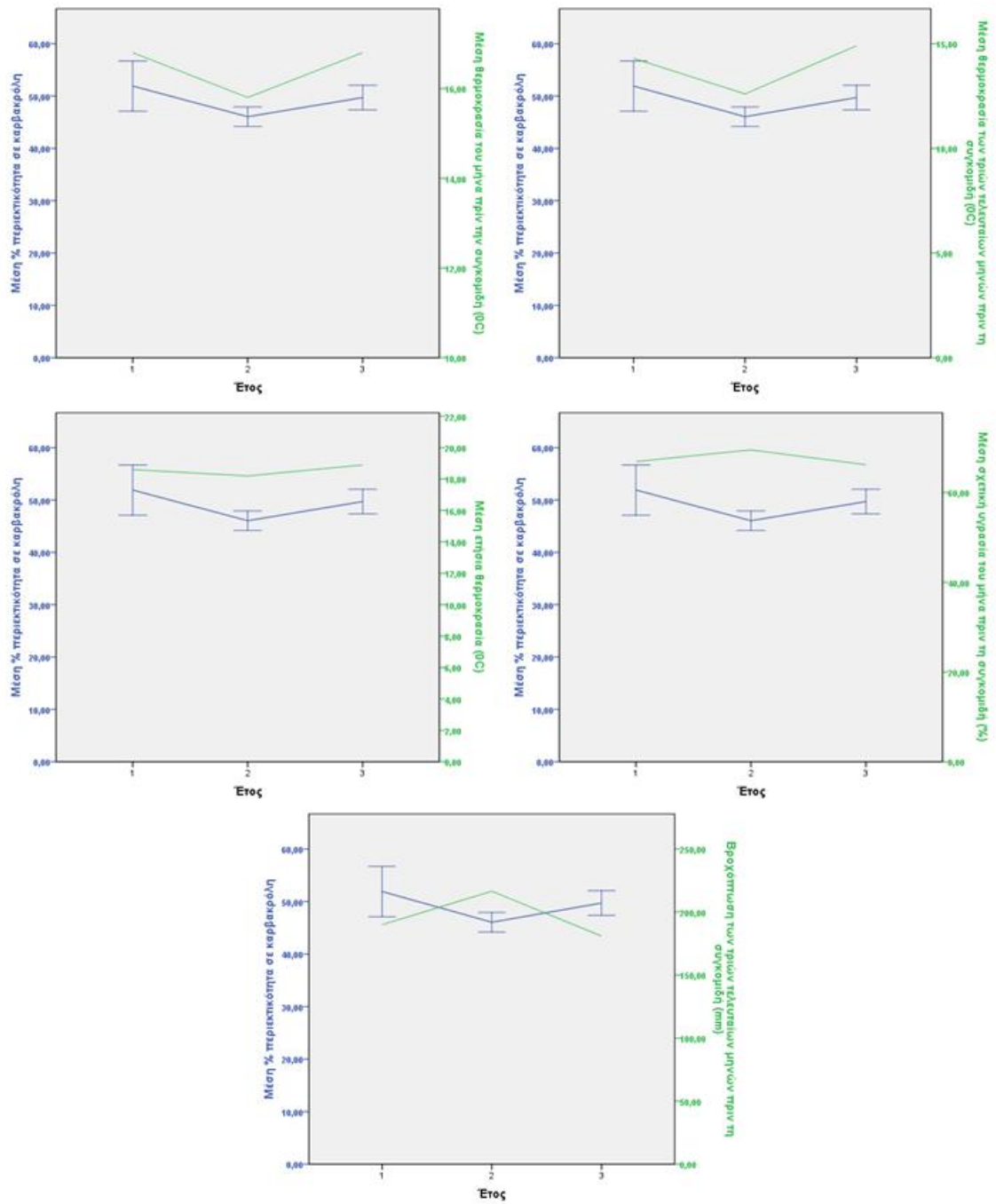
3.3.3.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου

Όσον αφορά στην περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου στα τέσσερα κύρια χαρακτηριστικά του (καρβακρόλη, γ-τερπινένιο, π-κυμένιο, καρυοφυλλένιο) αυτά συσχετίστηκαν και στα τέσσερα είδη με τις κλιματικές παραμέτρους.

3.3.3.2.1 *S. thymbra*

Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη φαίνεται να επηρεάστηκε από τις κλιματικές συνθήκες που επικράτησαν τόσο κατά τον μήνα πριν τη συγκομιδή (πλήρη άνθιση), όσο και κατά τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή. Στο Κεφάλαιο 3.2 είδαμε ότι το δεύτερο έτος η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη υστέρησε του πρώτου και του τρίτου έτους, τα οποία δε διέφεραν μεταξύ τους (Πίνακας 11). Παρατηρήθηκε ότι τόσο η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Απρίλιος) (Πίνακας 31) όσο και η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κατά το δεύτερο έτος (πίνακας 33) ήταν κατά έναν και δύο βαθμούς κελσίου αντίστοιχα, μεγαλύτερες από αυτές του πρώτου και τρίτου έτους και επηρέασαν θετικά τη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και για τη μέση ετήσια θερμοκρασία (Πίνακας 32), με τη θερμοκρασία του δεύτερου έτους να είναι μικρότερη από αυτές των δυο άλλων ετών. Από την άλλη πλευρά, η καρβακρόλη φαίνεται να επηρεάζεται αρνητικά από τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) και τη βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), οι οποίες ήταν για το πρώτο και το τρίτο έτος παραπλήσιες και μικρότερες από αυτές του δεύτερου έτους. Θα περιμέναμε η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή (Απρίλιος) να επηρεάζει αρνητικά την περιεκτικότητα σε καρβακρόλη, αλλά είναι φανερό ότι οι μεγάλες βροχοπτώσεις των δυο προηγούμενων μηνών επηρέασαν τα αποτελέσματα, αφού, όπως φαίνεται στον Πίνακα 33, οι βροχοπτώσεις των τελευταίων τριών μηνών πριν τη συγκομιδή ήταν μεγαλύτερες κατά το δεύτερο έτος.

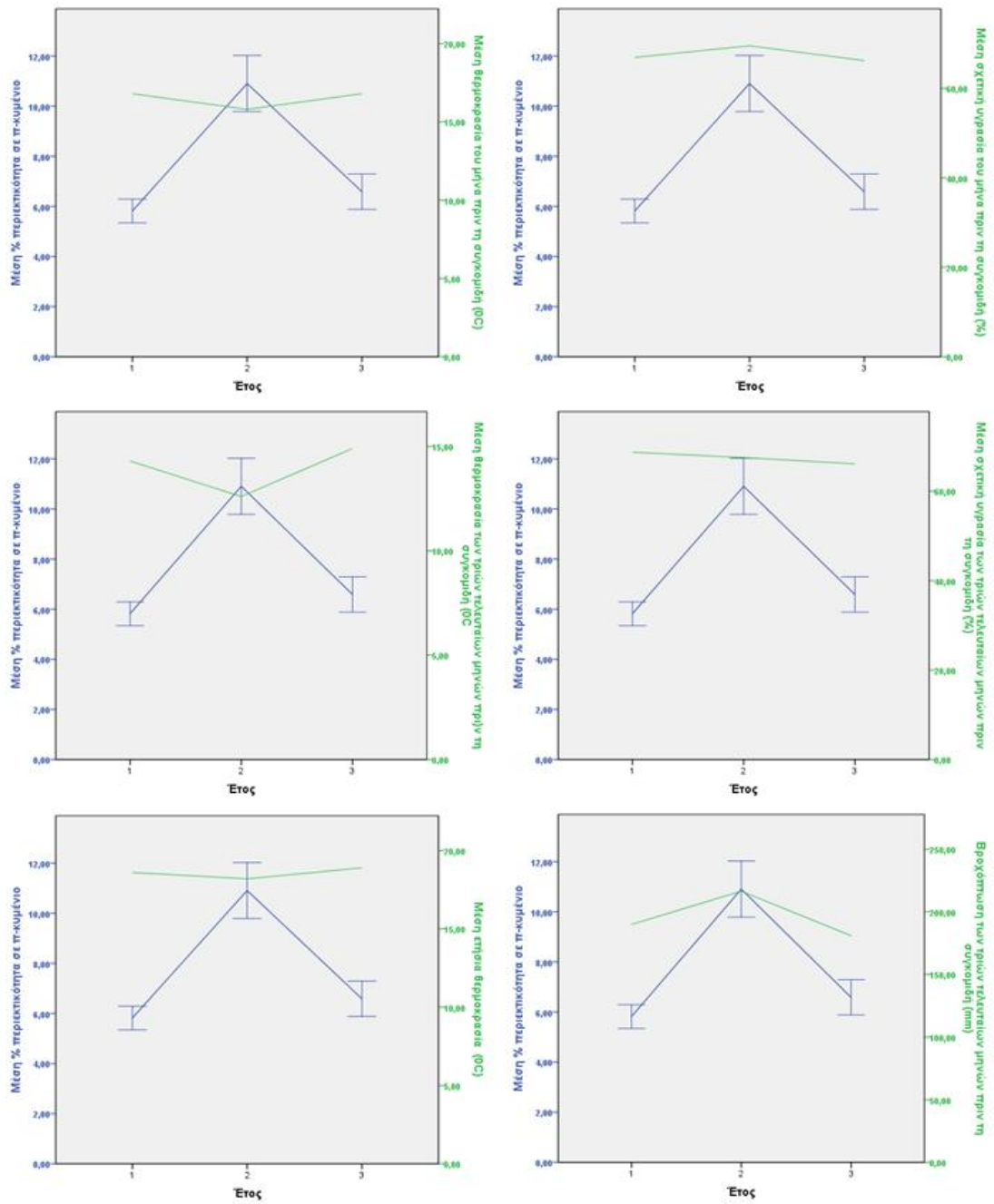
Πράγματι, στο *S. thymbra* (Παράρτημα, Πίνακας 5) η περιεκτικότητα σε καρβακρόλη συσχετίστηκε θετικά τόσο με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία (TM) του μήνα πριν τη συγκομιδή (Απρίλιος) ($r= 0,398^{**}$, $p<0,01$), όσο με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (T3M) ($r= 0,376^*$, $p<0,05$) και με την μέση ετήσια θερμοκρασία (TA) ($r= 0,356^*$, $p<0,05$). Αρνητικά συσχετίστηκε το ποσοστό της καρβακρόλης με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (RHM) ($r= -0,381^*$, $p<0,05$) και τη βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (R3M) ($r= -0,377^*$, $p<0,05$). Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης % περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου του *S. thymbra* σε καρβακρόλη ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 29.



Εικόνα 29: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε καρβακρόλη σε συνάρτηση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για το *S. thymbra*.

Συνεχίζοντας με την περιεκτικότητα του π-κυμενίου φαίνεται ότι επηρεάστηκε από τις κλιματικές συνθήκες που επικράτησαν κατά το βιολογικό κύκλο του φυτού. Αντίθετα αποτελέσματα από αυτά της καρβακρόλης παρατηρήθηκαν για το π-κυμένιο, όπου η μέση περιεκτικότητα σε π-κυμένιο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη το δεύτερο έτος σε σχέση με το πρώτο και το τρίτο έτος, τα οποία δε διέφεραν μεταξύ τους (Πίνακας 11). Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31), η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η μέση ετήσια θερμοκρασία (Πίνακας 32), οι οποίες ήταν μεγαλύτερες για το πρώτο και το τρίτο έτος, φαίνεται να επηρέασαν αρνητικά τη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του π-κυμενίου, η οποία ήταν μεγαλύτερη το δεύτερο έτος από τα άλλα δύο τα οποία δε διέφεραν μεταξύ τους (Πίνακας 11). Αντίθετα, η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Απρίλιος) (Πίνακας 31), η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) ήταν μεγαλύτερες το δεύτερο έτος και μικρότερες τα άλλα δύο, επηρεάζοντας θετικά την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε π-κυμένιο.

Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο συσχετίστηκε θετικά με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Απρίλιος) ($r = 0,735^{***}$, $p < 0,001$), με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,359^*$, $p < 0,05$) και την βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,731^{***}$, $p < 0,001$), ενώ αρνητικά συσχετίστηκε με την μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 1) ($r = -0,749^{***}$, $p < 0,001$), με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,730^{***}$, $p < 0,001$) και με τη μέση ετήσια θερμοκρασία ($r = 0,708^{***}$, $p < 0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 5). Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης % περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου του *S. thymbra* σε π-κυμένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 30.

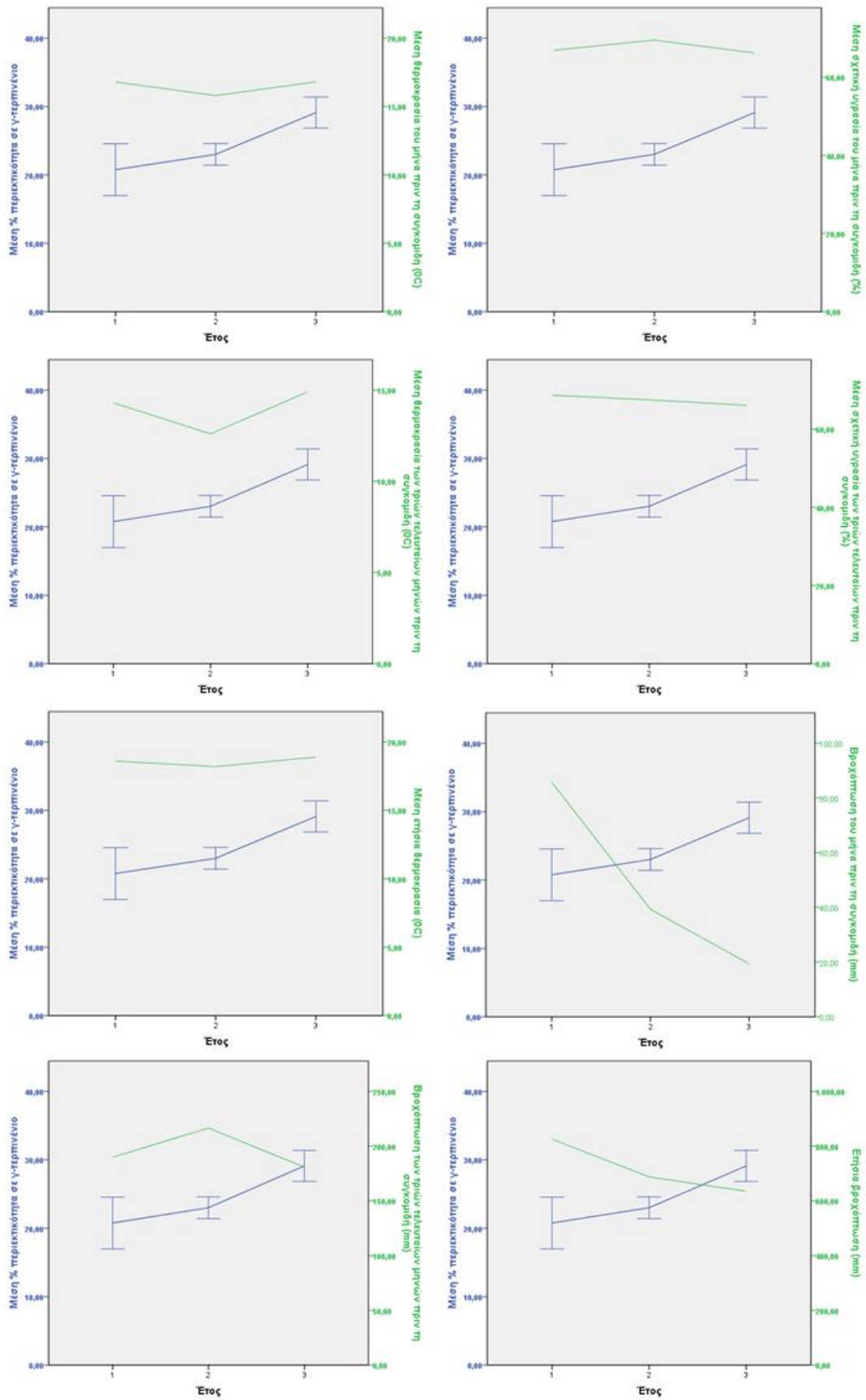


Εικόνα 30: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε π-κυμάνο σε συνάρτηση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για το *S. thymbra*.

Στο Κεφάλαιο 3.2 (Πίνακας 11) παρατηρήθηκε ότι η μέση περιεκτικότητα σε γ-τερπινένιο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη το τρίτο έτος σε σχέση με το πρώτο και το δεύτερο, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά.

Παρατηρώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα γίνεται αντιληπτό ότι η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η μέση ετήσια θερμοκρασία (Πίνακας 32) ήταν λίγο μεγαλύτερες το τρίτο έτος επηρεάζοντας έτσι πιθανόν θετικά το ποσοστό του γ-τερπινενίου, ενώ αντίθετα η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31), η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31), η ετήσια βροχόπτωση (Πίνακας 32), η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) είχαν μικρότερες τιμές κατά το τρίτο έτος επηρεάζοντας μάλλον αρνητικά το γ-τερπινένιο.

Οι κλιματικές συνθήκες φαίνεται να επηρέασαν και την περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο. Συγκεκριμένα, το ποσοστό του γ-τερπινενίου συσχετίστηκε θετικά με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r=0,441^{**}$, $p<0,01$), με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r=0,501^{**}$, $p<0,01$) και με τη μέση ετήσια θερμοκρασία ($r=0,534^{***}$, $p<0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 5). Αντίθετα, το ποσοστό του γ-τερπινενίου σχετίστηκε αρνητικά με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r=-0,490^{***}$, $p<0,001$), τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r=-0,604^{***}$, $p<0,001$), τη βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r=-0,522^{***}$, $p<0,001$), με τη βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Pearson= $-0,499^{***}$, $p<0,001$) και με την ετήσια βροχόπτωση ($r=-0,508^{***}$, $p<0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 5). Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης % περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου του *S. thymbra* σε γ-τερπινένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε γίνεται στην Εικόνα 31.

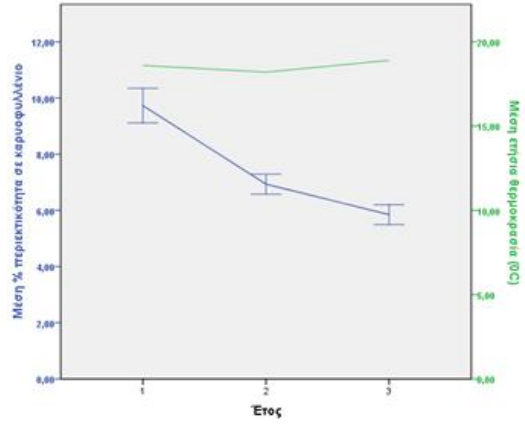
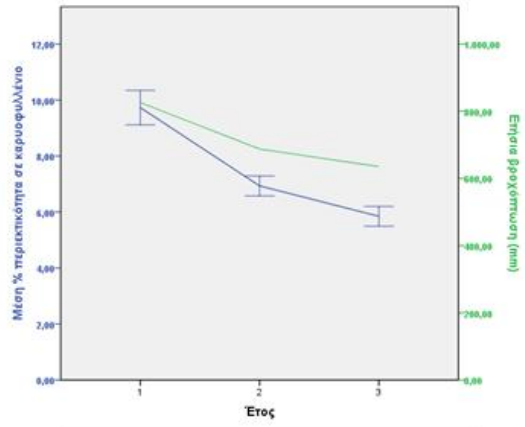
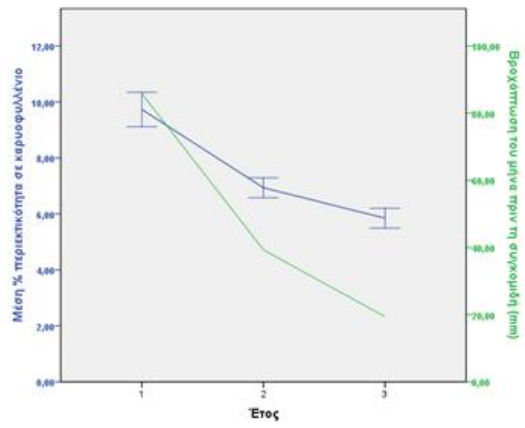
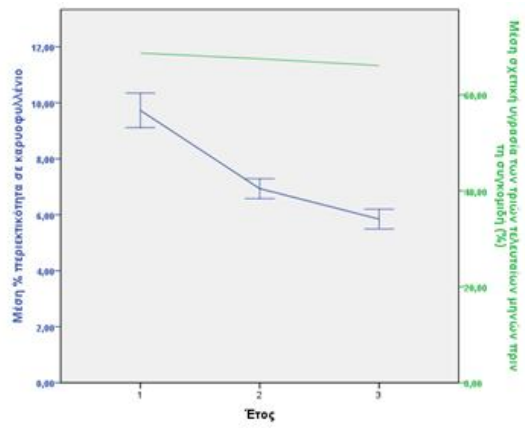


Εικόνα 31: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε γ-τερπινένιο σε συνάρτηση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για το *S. thymbra*.

Όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρυοφυλλένιο διαπιστώθηκε ότι ήταν σημαντικά μεγαλύτερη το πρώτο έτος (9,73 %) από τα άλλα δυο με αυτή του δεύτερου έτους (6,93 %) να υπερτερεί του τρίτου (5,85 %) (Πίνακας 11). Παρατηρήθηκε επιπλέον ότι η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) και η ετήσια βροχόπτωση (Πίνακας 32) ήταν μεγαλύτερες το πρώτο και το δεύτερο έτος από το τρίτο, με το πρώτο έτος να παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές από το τρίτο.

Η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου του *S. thymbra* σε καρυοφυλλένιο συσχετίστηκε θετικά με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r= 0,760^{***}$, $p<0,001$), τη βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r= 0,821^{***}$, $p<0,001$) και τη ετήσια βροχόπτωση ($r= 0,822^{***}$, $p<0,001$), ενώ συσχετίστηκε αρνητικά με τη μέση ετήσια θερμοκρασία ($r= -0,359^*$, $p<0,05$) (Παράρτημα, Πίνακας 5).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου του *S. thymbra* σε καρυοφυλλένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 32.



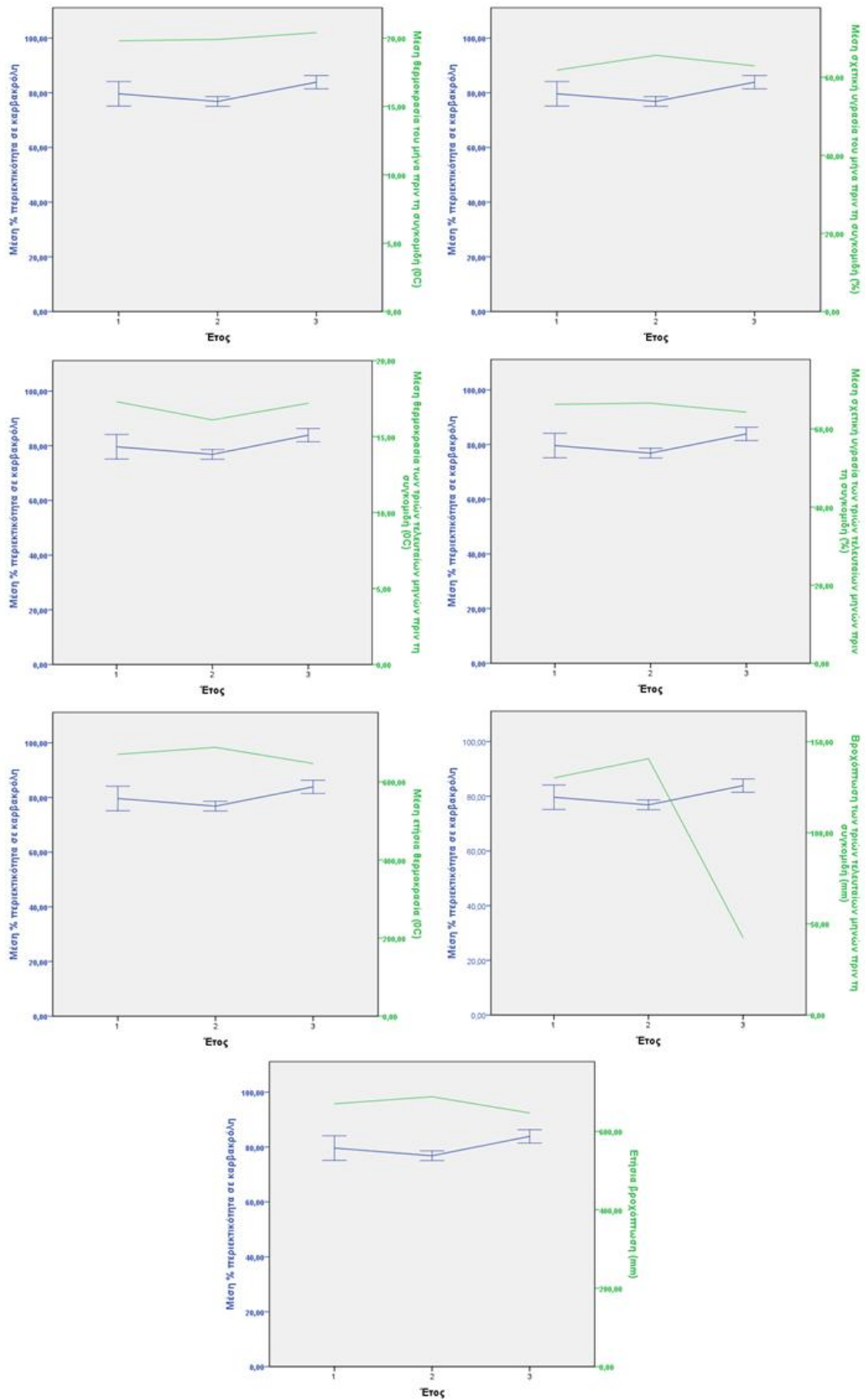
Εικόνα 32: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε καρβοϋλλάνιο σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για το *S. thymbra*.

3.3.3.2.2 *O. onites*

Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου της *O. onites* από έτος σε έτος με το ποσοστό της καρβακρόλης του τρίτου έτους να είναι σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό του δεύτερου έτους (Πίνακας 12). Η μέση περιεκτικότητα ήταν 79,63 % το πρώτο έτος, 76,84 % το δεύτερο και 83,88 % το τρίτο (Πίνακας 12). Οι κλιματικές συνθήκες φαίνεται να επηρέασαν την περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη. Συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) ήταν μεγαλύτερη το τρίτο έτος από τα άλλα δύο, ενώ η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η μέση ετήσια θερμοκρασία (Πίνακας 32) ήταν μεγαλύτερες το πρώτο και το τρίτο έτος από το δεύτερο επηρεάζοντας θετικά την περιεκτικότητα σε καρβακρόλη. Από την άλλη πλευρά, η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Μάιος) (Πίνακας 31) ήταν μικρότερη το τρίτο έτος από το δεύτερο και η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) ήταν μικρότερη το τρίτο έτος από τα άλλα δύο, φανερώνοντας έτσι την αρνητική τους επίδραση στην καρβακρόλη. Την ίδια επίδραση φαίνεται να είχε και η βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), η οποία το τρίτο έτος ήταν πολύ μικρότερη των άλλων δυο, με το δεύτερο έτος να υστερεί σε βροχοπτώσεις του τρίτου και η ετήσια βροχόπτωση που το τρίτο έτος ήταν μικρότερη από τα άλλα δύο.

Πράγματι, οι κλιματικές παράμετροι φαίνεται να επηρέασαν την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη. Συγκεκριμένα, το ποσοστό καρβακρόλης συσχετίστηκε θετικά τόσο με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Μάιος) ($r= 0,524^{***}$, $p<0,001$), όσο με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r= 0,498^{***}$, $p<0,001$) και με τη μέση ετήσια θερμοκρασία ($r= 0,571^{***}$, $p<0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 6). Αντίθετα, αρνητικά συσχετίστηκε με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Μάιος) ($r= -0,435^{**}$, $p<0,01$), τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r= -0,565^{***}$, $p<0,001$), τη βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r= -0,562^{***}$, $p<0,001$) και τη ετήσια βροχόπτωση ($r= -0,577^{***}$, $p<0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 6).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου της *O. onites* σε καρβακρόλη ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 33.

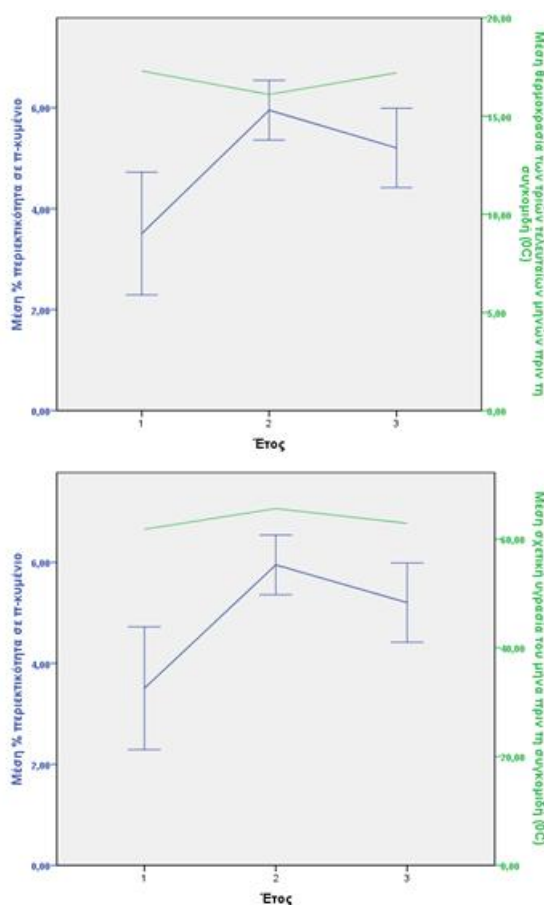


Εικόνα 33: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε καρβακρόλη σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για την *O. onites*.

Στο Κεφάλαιο 3.2 παρατηρήθηκε ότι, όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο, υπήρχαν σημαντικές διαφορές από έτος σε έτος, με τα δύο τελευταία έτη να έχουν σημαντικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από το πρώτο χωρίς να διαφέρουν μεταξύ τους (Πίνακας 12). Συγκεκριμένα, το ποσοστό του π-κυμενίου ήταν 3,51 % το πρώτο έτος, 5,95 % το δεύτερο έτος και 5,20 % το τρίτο έτος (Πίνακας 12). Παρατηρήθηκε ότι η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) ήταν μεγαλύτερη στο δεύτερο και το τρίτο έτος επηρεάζοντας θετικά το ποσοστό του π-κυμενίου, ενώ αντίθετα η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) ήταν μικρότερη το δεύτερο έτος από το πρώτο επιδρώντας αρνητικά στο π-κυμένιο.

Η περιεκτικότητα του ελαίου σε π-κυμένιο, σε αντίθεση με την καρβακρόλη, συσχετίστηκε αρνητικά με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = -0,382^*$, $p < 0,05$) και θετικά με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Μάιος) ($r = 0,436^{**}$, $p < 0,01$) (Παράρτημα, Πίνακας 6).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου της *O. onites* σε π-κυμένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζονται στην Εικόνα 34.



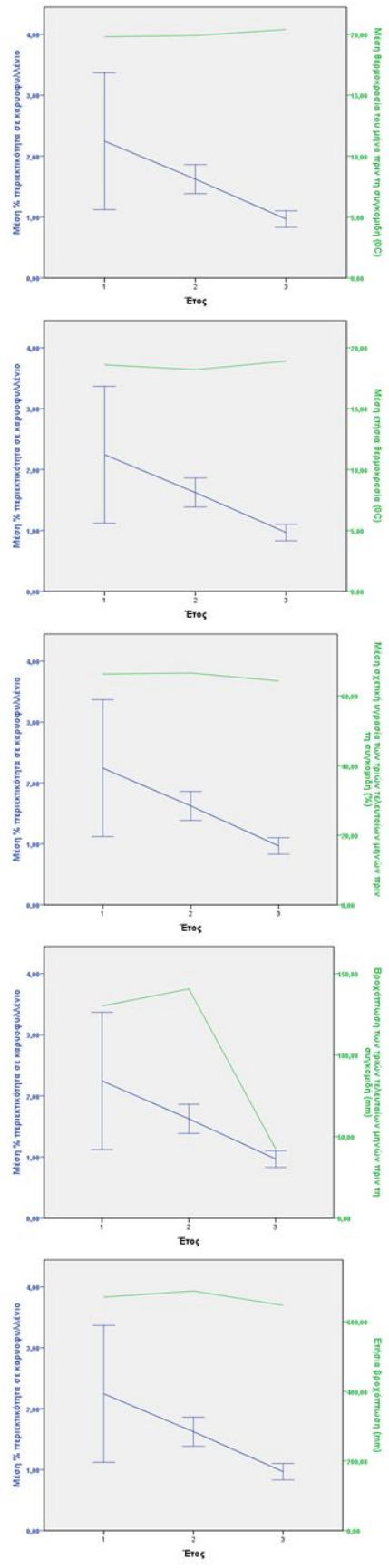
Εικόνα 34: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε π-κυμένιο σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για την *O. onites*.

Όσον αφορά στην περιεκτικότητα του γ-τερπινενίου δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές από έτος σε έτος (Πίνακας 12) ενώ επίσης δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση με κάποια από τις κλιματικές παραμέτρους (Παράρτημα, Πίνακας 6).

Τέλος, η περιεκτικότητα του καρνοφυλλενίου στην *O. onites* επέδειξε την ίδια συμπεριφορά με αυτή που είχε στο *S. thymbra*, αφού η περιεκτικότητα του πρώτου έτους (2,224 %) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτές των άλλων δύο ετών με την περιεκτικότητα του δεύτερου έτους (1,62 %) να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του τρίτου έτους (0,97 %) (Πίνακας 12). Παράλληλα, παρατηρήθηκε ότι η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) καθώς και η μέση ετήσια θερμοκρασία (Πίνακας 32), ήταν μεγαλύτερη το τρίτο έτος από τα άλλα δυο, όπου ήταν παρόμοιες επηρεάζοντας αρνητικά το ποσοστό του καρνοφυλλενίου. Αντίθετα, η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) ήταν μικρότερη το τρίτο έτος από αυτή του πρώτου και του δεύτερου επιδρώντας θετικά στην περιεκτικότητα του καρνοφυλλενίου. Θετικά φαίνεται να επέδρασαν επίσης οι βροχοπτώσεις των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η ετήσια βροχοπτώση (Πίνακας 32), οι οποίες ήταν μικρότερες το τρίτο έτος.

Η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου της *O. onites* σε καρνοφυλλένιο συσχετίστηκε θετικά με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r= 0,479^{***}$, $p<0,001$), τη βροχοπτώση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r= 0,485^{***}$, $p<0,001$) και την ετήσια βροχοπτώση ($r= 0,395^{**}$, $p<0,01$), ενώ συσχετίστηκε αρνητικά με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r= -0,536^{***}$, $p<0,001$) και τη μέση ετήσια θερμοκρασία ($r= -0,345^*$, $p<0,05$) (Παράρτημα, Πίνακας 6).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου της *O. onites* σε καρνοφυλλένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε γίνεται στην Εικόνα 35.



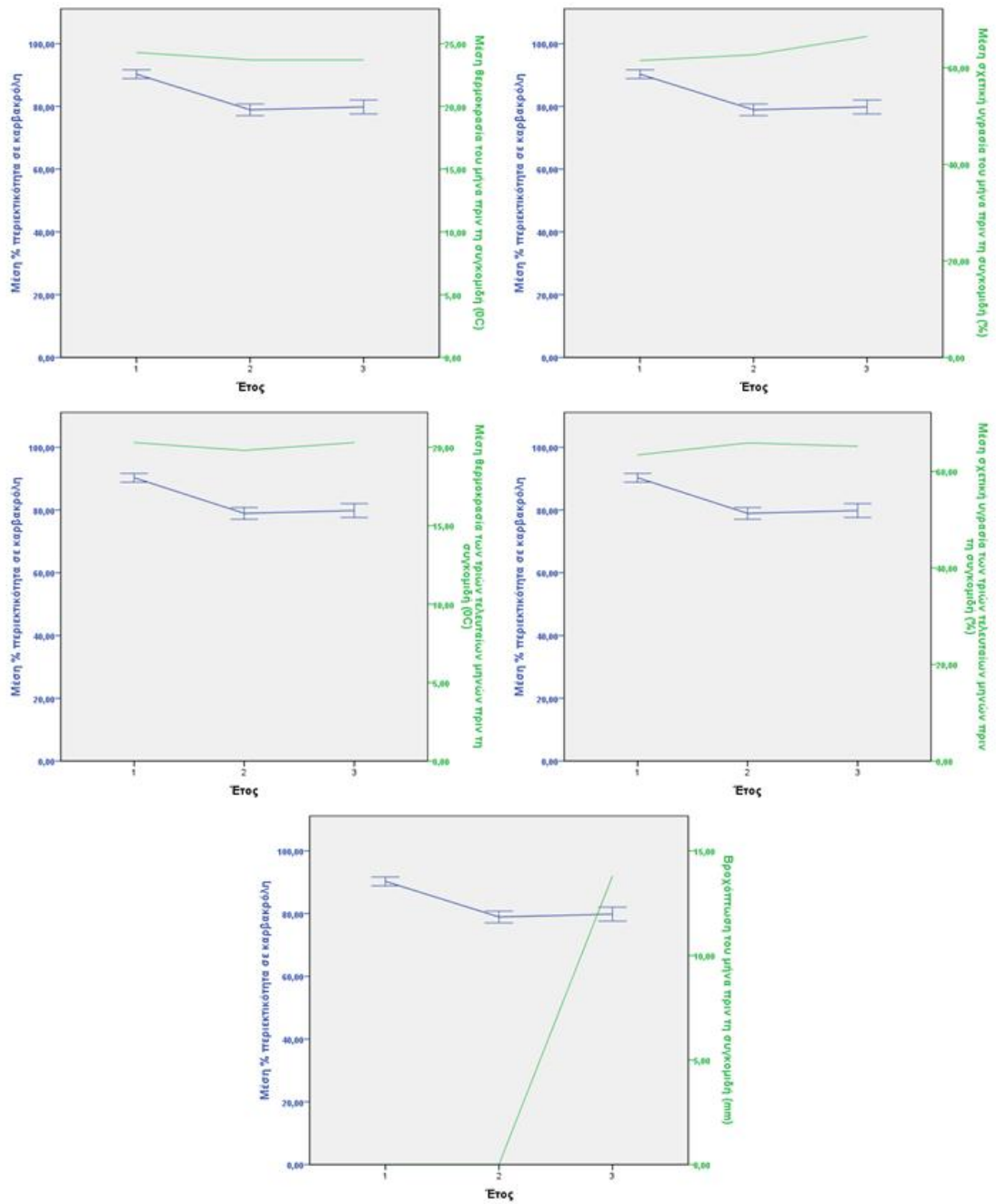
Εικόνα 35: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε καρβοϋλλάνιο σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για την *O. onites*.

3.3.3.2.3 *O. hirtum*

Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν από έτος σε έτος όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε καρβακρόλη. Το ποσοστό της καρβακρόλης του πρώτου έτους (90,29 %) ήταν σημαντικά μεγαλύτερο τόσο από αυτό του δεύτερου έτους (78,93 %) όσο και από αυτό του τρίτου έτους (79,83 %), τα οποία δε διέφεραν μεταξύ τους (Πίνακας 13). Παρατηρήθηκε ότι η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) το πρώτο έτος είναι μεγαλύτερη από αυτή των δύο τελευταίων ετών, με αποτέλεσμα να φαίνεται ότι επιδρά θετικά στο ποσοστό της καρβακρόλης. Αντίθετα, η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) και η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) ήταν μικρότερες το πρώτο έτος από τα άλλα δύο φανερώνοντας ότι πιθανόν επιδρούν αρνητικά στην περιεκτικότητα σε καρβακρόλη. Αρνητικά φαίνεται να επιδρά και η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31), η οποία ήταν μεγαλύτερη το τρίτο έτος.

Η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη συσχετίστηκε θετικά με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = 0,802^{***}$, $p < 0,001$) και τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,428^{**}$, $p < 0,01$) (Παράρτημα, Πίνακας 7). Αρνητικά συσχετίστηκε με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = -0,472^{***}$, $p < 0,001$), τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = -0,785^{***}$, $p < 0,001$) και τη βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = -0,315^*$, $p < 0,05$) (Παράρτημα, Πίνακας 7).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαία (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου της *O. hirtum* σε καρβακρόλη ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 36.

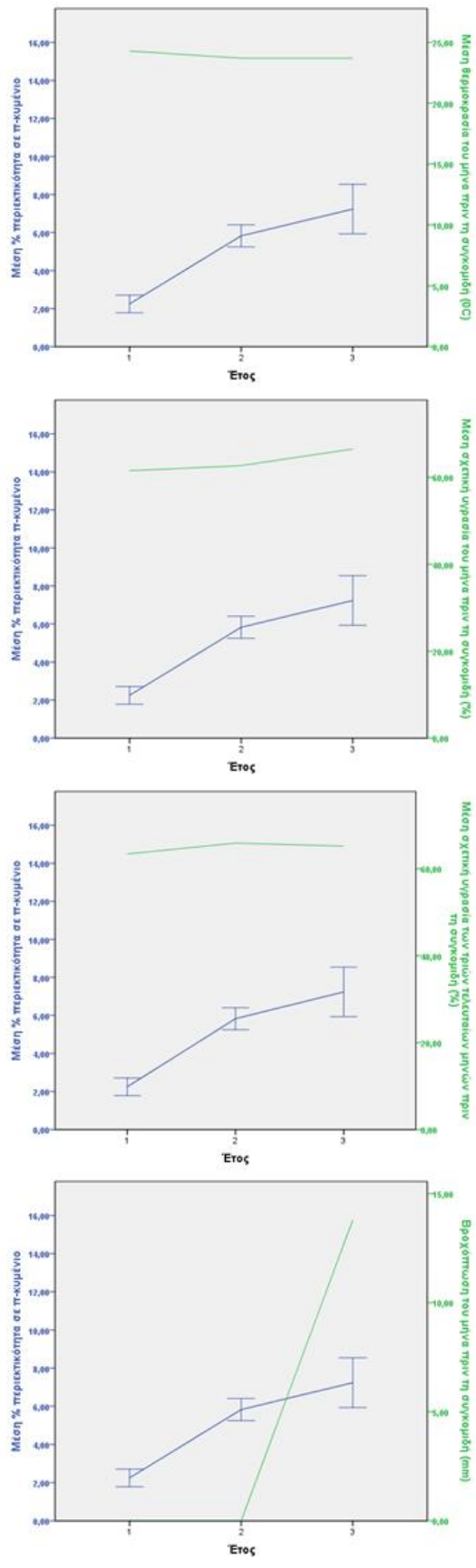


Εικόνα 36: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε καρβακρόλη σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για την *O. hirtum*.

Αντίθετα αποτελέσματα από αυτά της καρβακρόλης παρατηρήθηκαν για τη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε π-κυμένιο, αφού το ποσοστό του π-κυμενίου το πρώτο έτος ήταν σημαντικά μικρότερο (2,25 %) από αυτό του δεύτερου (5,83 %) και αυτό του τρίτου (7,24 %), τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (Πίνακας 13). Παρατηρώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα φαίνεται ότι η θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) ήταν υψηλότερη το πρώτο έτος από το δεύτερο και το τρίτο, επιδρώντας μάλλον αρνητικά στη συγκέντρωση του π-κυμενίου στο έλαιο. Αντίθετα, η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) και η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) φαίνεται να επηρέασαν θετικά το ποσοστό του π-κυμενίου, αφού ήταν μικρότερες το πρώτο έτος από τα άλλα δύο έτη. Παρόμοια επίδραση φαίνεται να είχαν και οι βροχοπτώσεις του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31), οι οποίες ήταν υψηλότερες το τρίτο έτος, το οποίο παρουσίασε και τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε π-κυμένιο.

Το ποσοστό του π-κυμενίου συσχετίστηκε αρνητικά με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = -0,725^{***}$, $p < 0,001$) και θετικά με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = 0,644^{***}$, $p < 0,001$) και τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,624^{***}$, $p < 0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 7). Θετικά συσχετίστηκε και με τη βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = 0,538^{***}$, $p < 0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 7).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου της *O.hirtum* σε π-κυμένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 37.

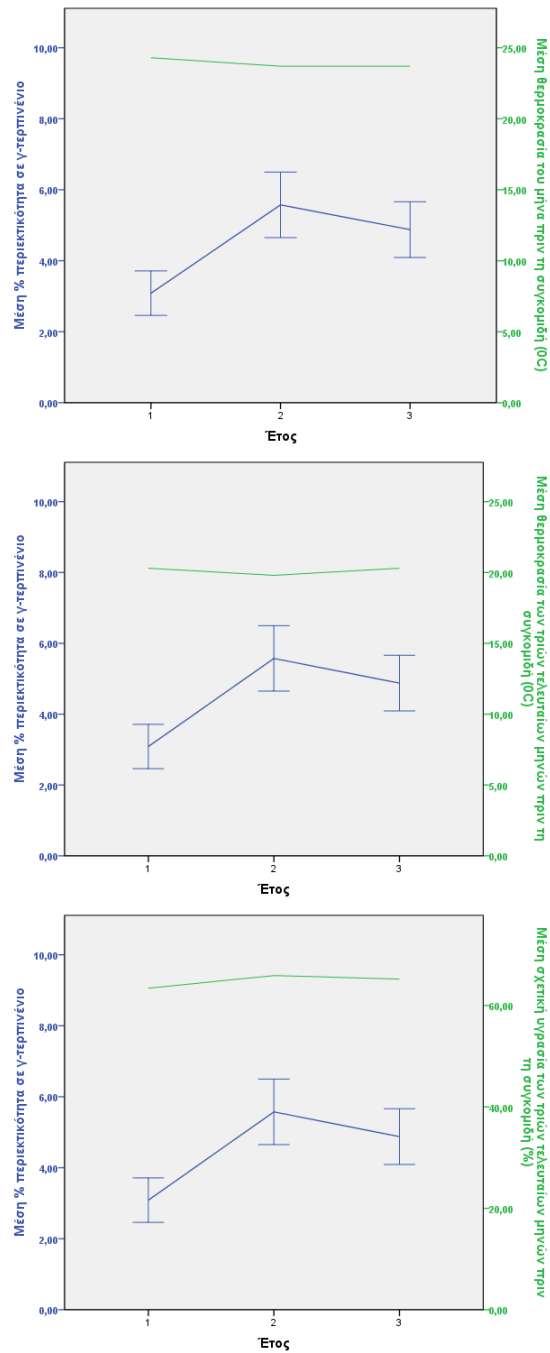


Εικόνα 37: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε π-κυμένο σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για την *O. hirtum*.

Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά για τη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του π-κυμενίου είχαμε και για την μέση % περιεκτικότητα του γ-τερπινένιου. Έτσι, το ποσοστό σε γ-τερπινένιο του πρώτου έτους (3,09 %) ήταν σημαντικά μικρότερο τόσο από το ποσοστό του δεύτερου (5,57 %), όσο και από το ποσοστό του τρίτου έτους (4,88 %), τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (Πίνακας 13). Παρατηρήθηκε ότι η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) ήταν υψηλότερη το πρώτο έτος από αυτή των δύο τελευταίων, επηρεάζοντας μάλλον αρνητικά τη συγκέντρωση σε γ-τερπινένιο. Αρνητικά φαίνεται να επηρέασε και η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), η οποία ήταν χαμηλότερη το δεύτερο έτος στο οποίο και παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη συγκέντρωση σε γ-τερπινένιο. Αντίθετα, θετικά φαίνεται να επηρέασε η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), η οποία ήταν μεγαλύτερη τα δύο τελευταία έτη από το πρώτο.

Πράγματι, η μέση περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο συσχετίστηκε αρνητικά τόσο με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = -0,525^{***}$, $p < 0,001$), όσο και με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = -0,388^{**}$, $p < 0,01$) (Παράρτημα, Πίνακας 7). Από την άλλη πλευρά, συσχετίστηκε θετικά με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,550^{***}$, $p < 0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 7).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου της *O.hirtum* σε γ-τερπινένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 38.

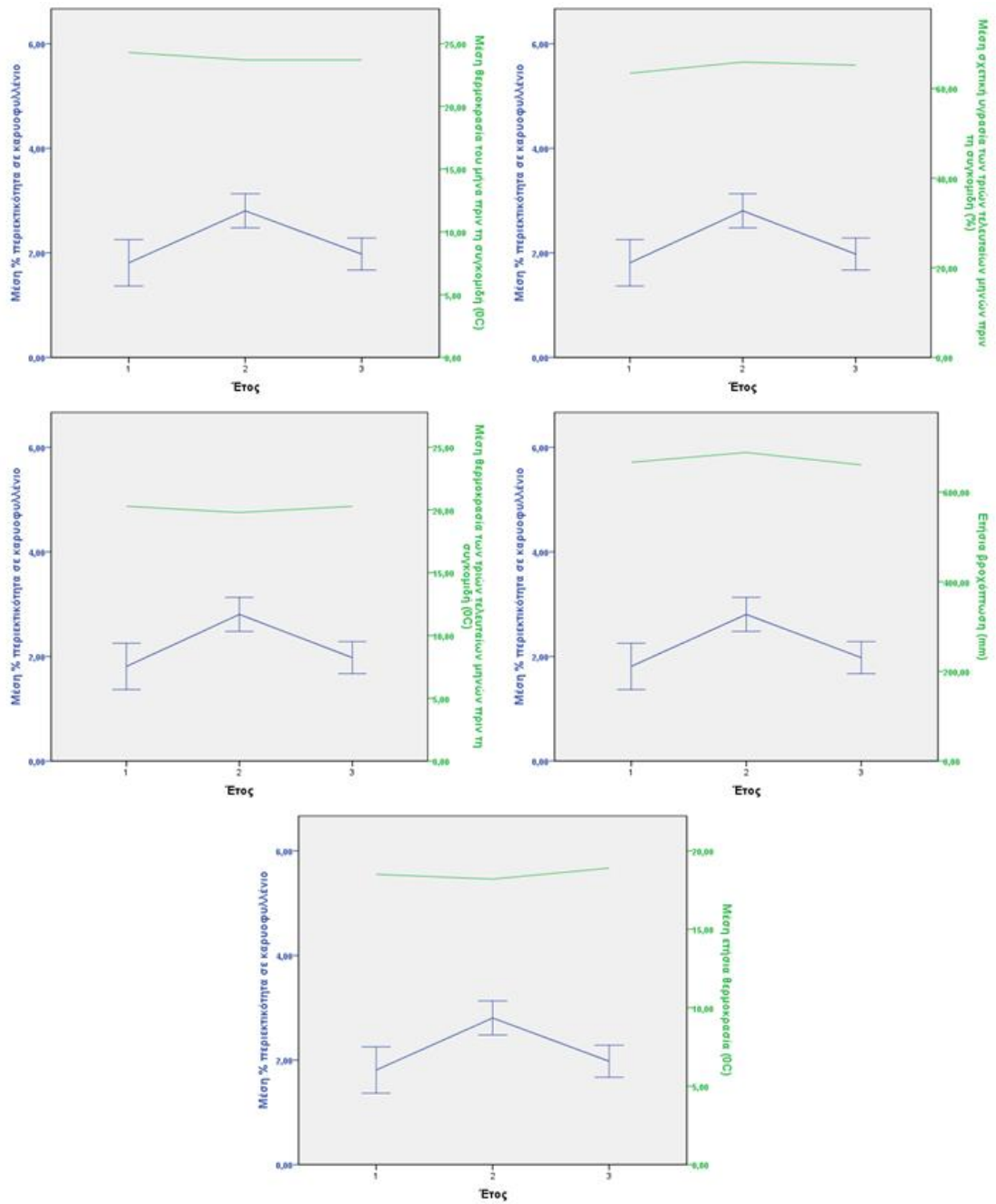


Εικόνα 38: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε γ-τερπινένιο σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για την *O. hirtum*.

Τέλος, όσον αφορά στην μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου της *O. hirtum* σε καρυοφυλλένιο αυτή ήταν σημαντικά μεγαλύτερη το δεύτερο έτος (2,80 %) από αυτές του πρώτου (1,81 %) και του τρίτου έτους (1,98 %) (Πίνακας 13). Παράλληλα παρατηρήθηκε ότι η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31), η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η μέση ετήσια θερμοκρασία (Πίνακας 32) ήταν χαμηλότερη στο έτος που είχε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε καρυοφυλλένιο (2^ο έτος) από τα άλλα δύο, φανερώνοντας ότι μάλλον επηρεάζει αρνητικά. Αντίθετα, θετικά φαίνεται να επηρεάζουν η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η ετήσια βροχόπτωση (Πίνακας 32) όντας μεγαλύτερες κατά το δεύτερο έτος από τα άλλα δύο.

Το ποσοστό του καρυοφυλλενίου συσχετίστηκε αρνητικά τόσο με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = -0,331^*$, $p < 0,05$), όσο με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,-552^{***}$, $p < 0,001$) και με τη μέση ετήσια θερμοκρασία ($r = 0,-425^{**}$, $p < 0,01$) (Παράρτημα, Πίνακας 7). Αντίθετα, συσχετίστηκε θετικά με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,450^{**}$, $p < 0,01$) και την ετήσια βροχόπτωση ($r = 0,528^{***}$, $p < 0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 7).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου της *O.hirtum* σε καρυοφυλλένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 39.



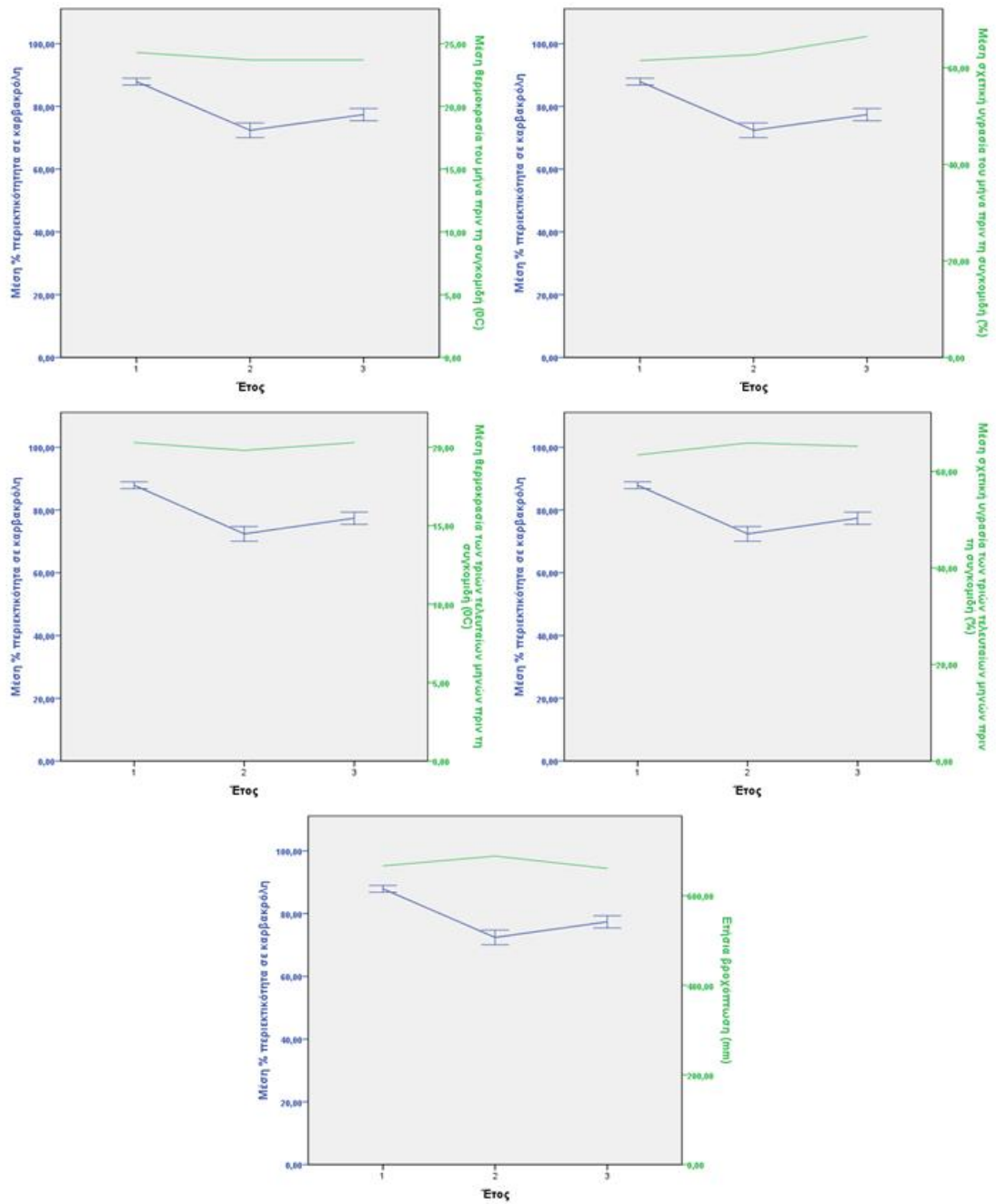
Εικόνα 39: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε καροφυλλάνιο σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για την *O. hirtum*.

3.3.3.2.4 *C. capitatus*

Σημαντικές διαφορές για τη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη παρατηρήθηκαν και στο *C. capitatus*. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της καρβακρόλης το πρώτο έτος (87,90 %) ήταν μεγαλύτερο τόσο από το ποσοστό του δεύτερου έτους (72,41 %), όσο και από το ποσοστό του τρίτου (77,39 %) (Πίνακας 14). Επιπλέον, το ποσοστό του τρίτου έτους ήταν σημαντικά μεγαλύτερο του δεύτερου. Θετική επίδραση στο ποσοστό της καρβακρόλης φαίνεται να είχαν τόσο η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) η οποία ήταν μεγαλύτερη για το πρώτο έτος από τα άλλα δύο, όσο και η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), αφού ήταν μεγαλύτερη κατά το πρώτο και τρίτο έτος. Αντίθετα, αρνητικά φαίνεται να επέδρασαν η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31), η οποία ήταν μικρότερη το πρώτο έτος από τα άλλα δύο, καθώς και η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η ετήσια βροχόπτωση (Πίνακας 32), οι οποίες ήταν μικρότερες το πρώτο και το τρίτο έτος σε σχέση με το δεύτερο.

Η συγκέντρωση λοιπόν του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη συσχετίστηκε θετικά τόσο με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r= 0,790^{***}$, $p<0,001$), όσο με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r= 0,623^{***}$, $p<0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 8). Αντίθετα, σχετίστηκε αρνητικά με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r= -0,283^*$, $p<0,05$), τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r= -0,842^{***}$, $p<0,001$) και την ετήσια βροχόπτωση ($r= -0,510^{***}$, $p<0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 8).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου του *C. capitatus* σε καρβακρόλη ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 40.

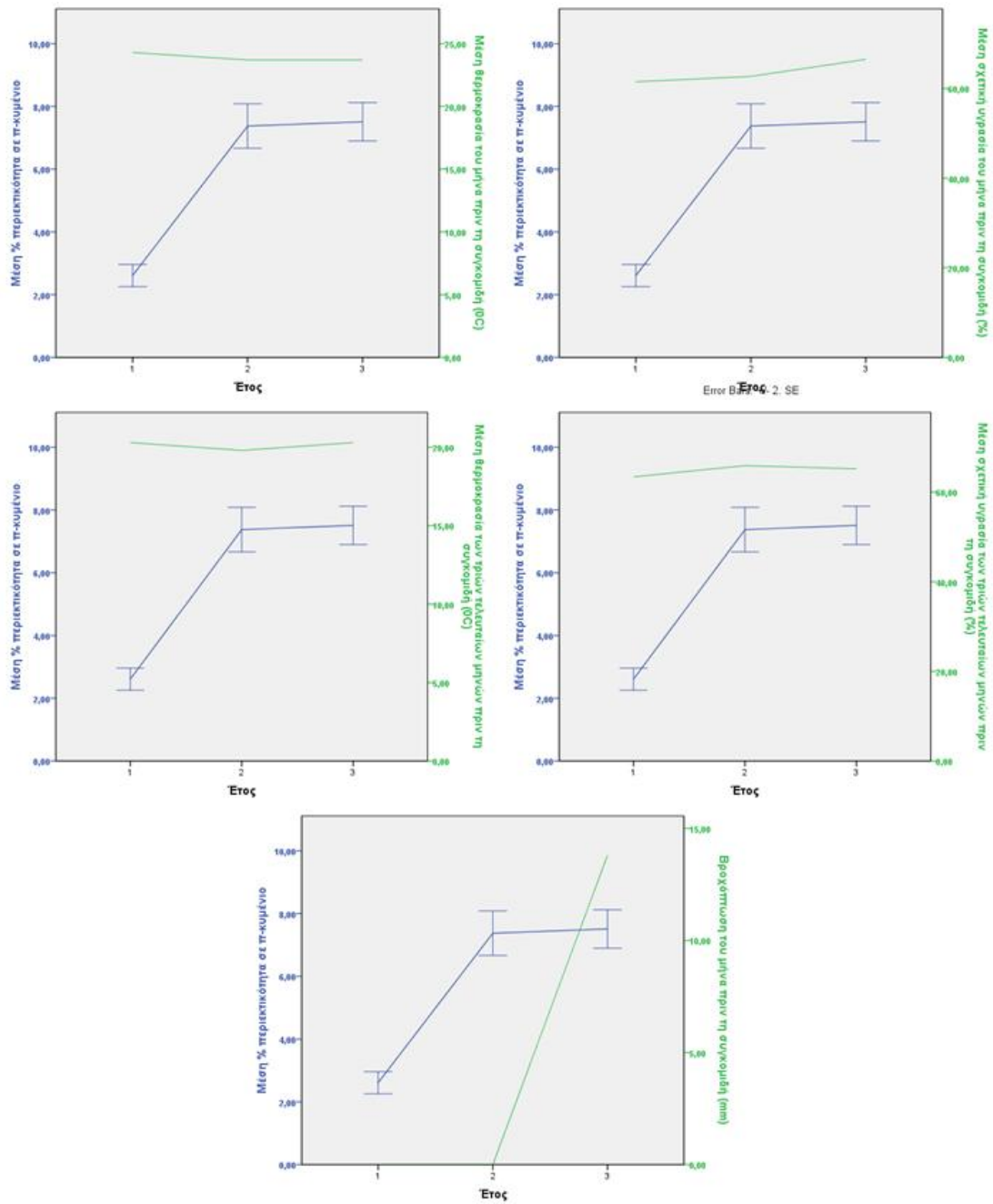


Εικόνα 40: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε καρβακρόλη σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για το *C. capitatus*.

Διαφορές παρατηρήθηκαν και στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο. Το ποσοστό του π-κυμένιου (Πίνακας 14) το πρώτο έτος (2,61 %) ήταν σημαντικά μικρότερο τόσο από αυτό του δεύτερου (7,38 %), όσο και από αυτό του τρίτου έτους (7,51 %) με τα ποσοστά των δυο τελευταίων ετών να μην διαφέρουν μεταξύ τους. Φαίνεται ότι η μέση % περιεκτικότητα επηρεάστηκε αρνητικά από τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31), η οποία για το δεύτερο και το τρίτο έτος ήταν μικρότερη από το πρώτο. Επιπλέον, αρνητικά φαίνεται να επηρέασε και η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), αφού κατά το δεύτερο έτος ήταν χαμηλότερη από το πρώτο. Από την άλλη πλευρά, θετικά φαίνεται να επηρέασαν η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31), καθώς και η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), αφού κατά το πρώτο έτος είχαν μεγαλύτερες τιμές από τα άλλα δύο. Τέλος, και η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) επηρέασε θετικά αφού έλαβε μεγαλύτερες τιμές το τρίτο έτος από τα άλλα δύο.

Διαπιστώθηκε ότι η μέση περιεκτικότητα σε π-κυμένιο συσχετίστηκε αρνητικά τόσο με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = -0,869^{***}$, $p < 0,001$), όσο με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = -0,377^{**}$, $p < 0,05$) (Παράρτημα, Πίνακας 8). Αντίθετα, συσχετίστηκε θετικά με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = 0,577^{***}$, $p < 0,001$), τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,822^{***}$, $p < 0,001$) και τη βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = 0,419^{**}$, $p < 0,01$) (Παράρτημα, Πίνακας 8).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου του *C. capitatus* σε π-κυμένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 41.

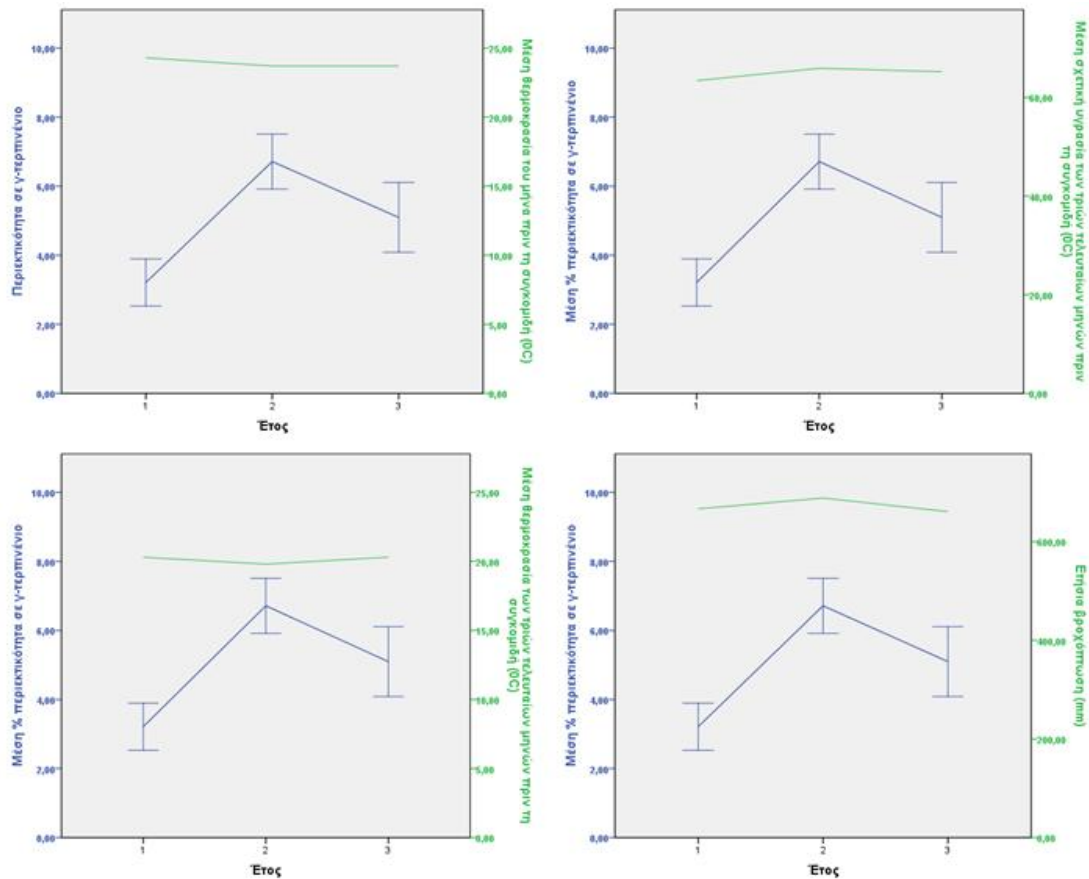


Εικόνα 41: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε π-κυμμένο σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για το *C. capitatus*.

Όσον αφορά τώρα στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του γ-τερπινενίου (Πίνακας 14), αυτή ήταν σημαντικά μεγαλύτερη το δεύτερο έτος (6,43 %) τόσο από αυτή του πρώτου έτους (3,21 %), όσο και από αυτή του τρίτου έτους (5,10 %), ενώ ταυτόχρονα η συγκέντρωση του γ-τερπινενίου κατά το τρίτο έτος υπερείχε σημαντικά αυτής του δεύτερου. Η μέση θερμοκρασία κατά το μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) ήταν υψηλότερη το πρώτο έτος από τα άλλα δύο φανερόντας ότι μάλλον επιδρά αρνητικά στη συγκέντρωση του γ-τερπινενίου. Επιπλέον, αρνητικά φαίνεται να επηρεάζει και η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), καθώς κατά το δεύτερο έτος ήταν χαμηλότερη από τα άλλα δύο έτη. Θετικά φαίνεται να επηρεάζει τόσο η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33), αφού τα δύο τελευταία έτη ήταν χαμηλότερη από το πρώτο, όσο και η ετήσια βροχόπτωση (Πίνακας 32) η οποία ήταν μεγαλύτερη κατά το δεύτερο έτος.

Πράγματι, η συγκέντρωση του γ-τερπινενίου σχετίστηκε αρνητικά τόσο με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = -0,540^{***}$, $p < 0,001$), όσο και με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = -0,527^{***}$, $p < 0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 8). Θετικά συσχετίστηκε με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = 0,609^{***}$, $p < 0,001$) και την ετήσια βροχόπτωση ($r = 0,458^{**}$, $p < 0,01$) (Παράρτημα, Πίνακας 8).

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου του *C. capitatus* σε γ-τερπινένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 42.



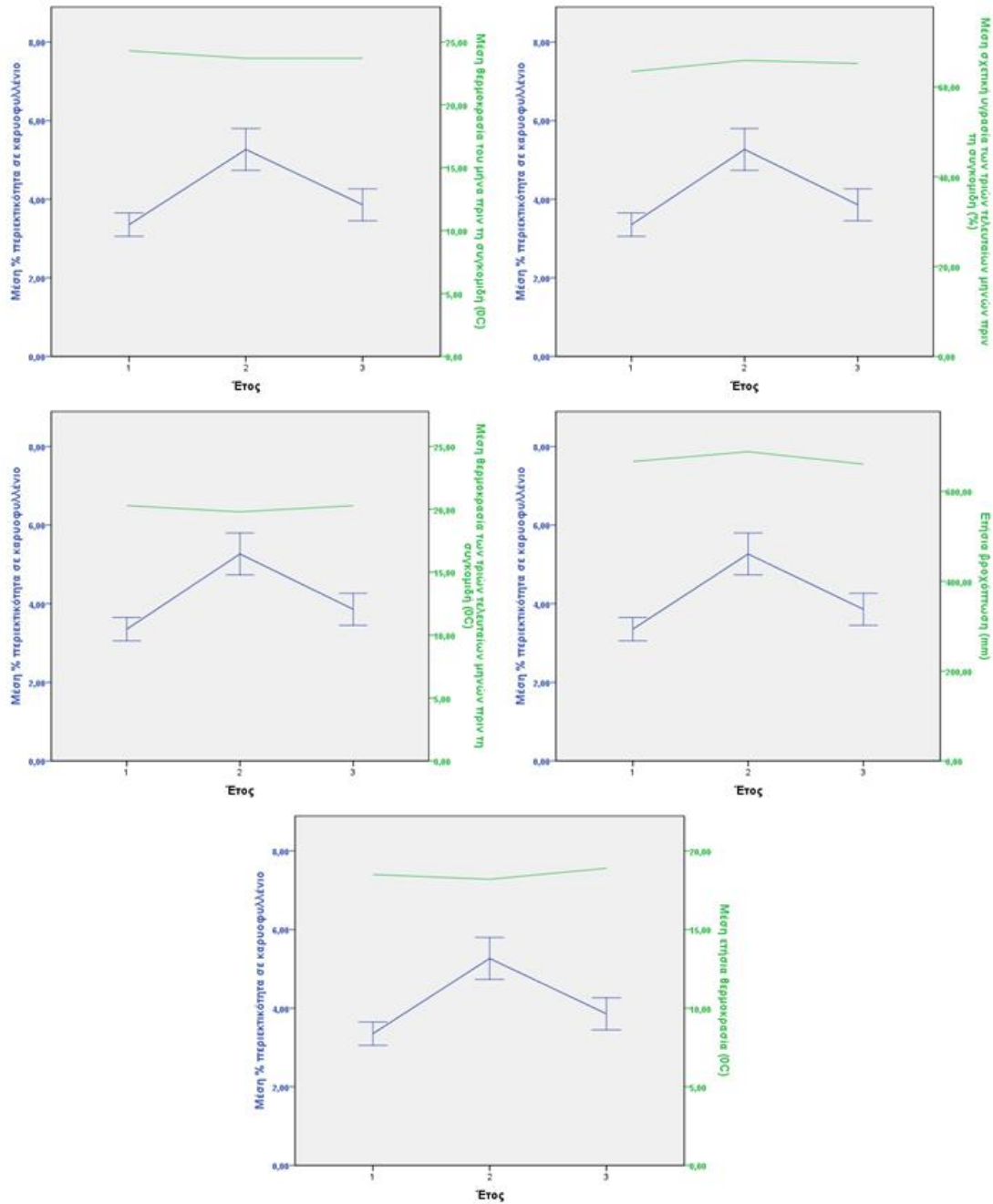
Εικόνα 42: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε γ-τερπινένιο σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους για το *C. capitatus*.

Τέλος, η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου του *C. capitatus* σε καρνοφυλλένιο (Πίνακας 14) κατά το δεύτερο έτος (5,27 %) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη τόσο από αυτή του πρώτου έτους (3,35 %), όσο και από αυτή του τρίτου (3,86 %). Η μέση % περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο κατά το τρίτο έτος ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του πρώτου. Παρατηρήθηκε ότι η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 31) ήταν υψηλότερη κατά το πρώτο έτος από τα άλλα δυο επηρεάζοντας μάλλον αρνητικά την περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο. Επιπλέον, η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η μέση ετήσια θερμοκρασία (Πίνακας 32) ήταν χαμηλότερη κατά το δεύτερο έτος από τα άλλα δύο, επιδρώντας μάλλον αρνητικά στο ποσοστό του καρνοφυλλενίου. Από την άλλη πλευρά, η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (Πίνακας 33) και η ετήσια βροχόπτωση (Πίνακας 2) είχαν μεγαλύτερες τιμές από τα άλλα δύο.

Η διαγραμματική απεικόνιση της μέσης περιεκτικότητας του αιθέριου ελαίου του *C. capitatus* σε καρνοφυλλένιο ανά έτος σε σχέση με τις κλιματικές παραμέτρους με τις οποίες συσχετίστηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 43.

Το ποσοστό του καρνοφυλλενίου στο αιθέριο έλαιο συσχετίστηκε αρνητικά τόσο με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή ($r = -0,448^{***}$, $p < 0,001$), όσο με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r = -0,654^{***}$, $p < 0,001$) και με τη μέση ετήσια θερμοκρασία ($r = -0,471^{***}$, $p < 0,001$)

(Παράρτημα, Πίνακας 8). Θετικά συσχετίστηκε το καρνοφυλλένιο με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή ($r= 0,579^{***}$, $p<0,001$) και την ετήσια βροχόπτωση ($r= 0,614^{***}$, $p<0,001$) (Παράρτημα, Πίνακας 8).



Εικόνα 43: Σχηματική απεικόνιση της μέσης εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε γ-τερπινένιο σε σχέση με διάφορες κλιματικές παραμέτρους.

3.3.4 Αλληλεπίδραση των αβιοτικών παραγόντων στην παραγωγή αιθέριου ελαίου και στην εκατοστιαία (%) σύσταση αυτού.

Είναι γνωστό ότι ο προσδιορισμός και η ποσοτικοποίηση των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο καθώς και την εκατοστιαία (%) σύσταση αυτού είναι ένα πολύ δύσκολο και συχνά αμφιλεγόμενο έργο. Η παραγωγή του αιθέριου ελαίου και η εκατοστιαία σύστασή του εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ήδη αναφέρθηκε. Το πιθανότερο σενάριο είναι ότι οι παράγοντες αυτοί δρουν συνεργιστικά. Για να προσδιοριστούν λοιπόν οι αβιοτικοί παράγοντες και η επίδρασή τους τόσο στην παραγωγή όσο και στη σύσταση του αιθέριου ελαίου χρησιμοποιήθηκαν η ορθογώνια παραγοντική ανάλυση με τη μέθοδο των κυρίων συνιστωσών (PCA) και την Varimax περιστροφή.

Η παραγοντική ανάλυση είναι μια στατιστική τεχνική με κύριο σκοπό τον καθορισμό των λιγότερων δυνατών θεωρητικών μεταβλητών (παράγοντες-factors) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή και κατανόηση των συσχετίσεων ενός μεγάλου αριθμού μεταβλητών (Holzinger & Harman, 1941).

Η παραγοντική ανάλυση γενικά έχει τους παρακάτω στόχους (Arrebola, 1997). Α) Την μελέτη των συσχετίσεων ενός μεγάλου αριθμού μεταβλητών ομαδοποιώντας τις σε κοινούς παράγοντες, έτσι ώστε οι μεταβλητές κάθε παράγοντα να έχουν μεγάλη συσχέτιση. Β) Την ερμηνεία του κάθε παράγοντα ανάλογα με τις μεταβλητές με μεγάλες επιβαρύνσεις που περιέχει.

Η εξαγωγή των παραγόντων στην παραγοντική ανάλυση γίνεται με διάφορες μεθόδους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Κυρίων Συνιστωσών, η οποία είναι μια μέθοδος που έχει σκοπό να δημιουργήσει γραμμικούς συνδυασμούς των αρχικών μεταβλητών, έτσι ώστε οι γραμμικοί αυτοί συνδυασμοί να είναι ασυσχέτιστοι μεταξύ τους, αλλά να περιέχουν όσο γίνεται μεγαλύτερο μέρος της παραλλακτικότητας των αρχικών μεταβλητών. Πρώτα αναζητείται ο γραμμικός συνδυασμός των μεταβλητών (Παράγοντας 1 - Π1), ο οποίος εξηγεί το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας των δεδομένων μας. Στη συνέχεια αναζητείται ο επόμενος γραμμικός συνδυασμός, ο οποίος εξηγεί το μεγαλύτερο ποσοστό της εναπομείνουσας παραλλακτικότητας (Παράγοντας 2 - Π2) και ούτω καθεξής. Οι παράγοντες που προκύπτουν είναι ασυσχέτιστοι.

Ένα από τα βασικά ερωτήματα στην Παραγοντική Ανάλυση είναι ο καθορισμός του αριθμού των παραγόντων που θα χρησιμοποιήσουμε. Ο αριθμός αυτός δεν είναι γνωστός και υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για να εκτιμηθεί. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε το **Κριτήριο του Kaiser**, σύμφωνα με το οποίο κρατάμε τόσες ιδιοτιμές (eigenvalues), όσες είναι μεγαλύτερες από τη μέση τιμή των ιδιοτιμών. Στην περίπτωση που δουλεύουμε με πίνακα συσχετίσεων, ισχύει $\lambda = 1$ και άρα διαλέγουμε τόσους παράγοντες όσες και οι ιδιοτιμές μεγαλύτερες της μονάδας. Το κριτήριο στηρίζεται στην εξής απλή υπόθεση. Αν οι μεταβλητές είναι ασυσχέτιστες και άρα δεν υπάρχει καμιά δομή στα δεδομένα, τότε ο πίνακας συσχετίσεων είναι ο μοναδιαίος και όλες οι ιδιοτιμές είναι ίσες με 1 (δουλεύουμε με

πίνακα συσχέτισης). Επομένως, κάθε ιδιοτιμή μεγαλύτερη της μονάδας δείχνει την παρουσία κάποιας δομής στα δεδομένα μας.

Η παραγοντική ανάλυση επιτρέπει στον ερευνητή να περιστρέψει τους άξονες των παραγόντων σε οποιαδήποτε πιο βολική θέση (Seal, 1964). Με την περιστροφή των παραγόντων προσπαθούμε να κάνουμε τους παράγοντες πιο ερμηνεύσιμους. Με την περιστροφή δεν αλλάζουν κάποια από τα χαρακτηριστικά του μοντέλου όπως η καλή του προσαρμοστικότητα και το ποσό της διακύμανσης-συνδιακύμανσης που ερμηνεύει το μοντέλο παρά μόνο οι τιμές των επιβαρύνσεων (factor loadings). Η σύγκριση μεταξύ των επιβαρύνσεων των περιστρεμμένων παραγόντων με αυτές των μη περιστρεμμένων φανέρωσε ότι οι μεγάλες επιβαρύνσεις έγιναν μεγαλύτερες και οι μικρές μικρότερες (Dixon *et al.*, 1990). Στην ορθογώνια περιστροφή η ιδιοτιμή (eigenvalue) είναι η παραλλακτικότητα των δεδομένων που ερμηνεύεται από κάθε παράγοντα και οι επιβαρύνσεις (Factor loadings) είναι οι συντελεστές συσχέτισης των μεταβλητών με τους παράγοντες (Takeuchi *et al.*, 1982; Dixon *et al.*, 1990). Το τετράγωνο της επιβάρυνσης (Factor loading) μιας συγκεκριμένης μεταβλητής σε ένα παράγοντα μας δείχνει το ποσοστό της διακύμανσης της συγκεκριμένης μεταβλητής, το οποίο εξηγείται από τον παράγοντα, ενώ το άθροισμα των τετραγώνων των επιβαρύνσεων μιας μεταβλητής για όλους τους παράγοντες ισούται με τη διακύμανση της μεταβλητής αυτής που ερμηνεύεται από την ανάλυση. Πρέπει να τονισθεί ότι οι συντελεστές κάθε παράγοντα, όταν εκφράζουμε τις μεταβλητές ως γραμμικό συνδυασμό των παραγόντων, καλούνται επιβαρύνσεις (Factor loadings), ενώ αντίστοιχα οι συντελεστές κάθε μεταβλητής, όταν εκφράζουμε κάθε παράγοντα ως γραμμικό συνδυασμό των μεταβλητών, καλούνται συντελεστές των σκορ (factor scores coefficients). Επιπλέον, τα πρόσημα των επιβαρύνσεων δεν είναι μοναδικά, καθώς, αν πολλαπλασιάσουμε με -1 , αυτό συνεχίζει να είναι λύση της εξίσωσης από την οποία ορίζονται οι επιβαρύνσεις. Επομένως, ανάλογα με το στατιστικό πακέτο οι επιβαρύνσεις μπορεί να έχουν αντίθετα πρόσημα. Τέλος, το άθροισμα των τετραγώνων των επιβαρύνσεων κάθε παράγοντα για συγκεκριμένη μεταβλητή ισούται με την εταιρικότητα – κοινή διακύμανση (Communality) της μεταβλητής που ερμηνεύεται από την ανάλυση.

Η μέθοδος ορθογώνιας περιστροφής Varimax είναι μια βολική αναλυτική επιλογή περιστροφής που προτάθηκε από τον Kaiser (1958). Στόχος της Varimax περιστροφής είναι να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των μεταβλητών με μεγάλες επιβαρύνσεις για κάθε παράγοντα (Mardia, *et al.*, 1979).

3.3.4.1 *S. thymbra*

3.3.4.1.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Με τη βοήθεια της παραγοντικής ανάλυσης (factor analysis) προσδιορίστηκαν οι εδαφικές και κλιματικές παράμετροι που επηρεάζουν την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του *S. thymbra* σε αιθέριο έλαιο.

Με την παραγοντική ανάλυση υπολογίστηκαν οι ιδιοτιμές (eigenvalues) και οι επιβαρύνσεις των παραγόντων (Πίνακας 35) καθώς και η εταιρικότητα - κοινή διακύμανση (communality) κάθε μεταβλητής (Πίνακας 34). Με βάση το κριτήριο του

Kaiser επιλέχθηκαν τόσοι παράγοντες όσοι είχαν ιδιοτιμή μεγαλύτερη της μονάδας (Καρλής, 2005). Με βάση λοιπόν αυτό το κριτήριο προσδιορίστηκαν έξι (6) παράγοντες, οι οποίοι εξηγούν το 84,11 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 35) και το 60,0 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης (Πίνακας 34).

Πίνακας 34: Εταιρικότητες (Διακυμάνσεις) που εξηγούν οι παράγοντες της παραγοντικής ανάλυσης για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στο *S. thymbra*.

| Μεταβλητές | Εταιρικότητες (Communalities) |
|-------------------|-------------------------------|
| Άμμος | 0,91 |
| Αργίλλος | 0,87 |
| Οργανική ουσία | 0,94 |
| pH | 0,78 |
| Na | 0,86 |
| K | 0,55 |
| Ca | 0,81 |
| Mg | 0,95 |
| CaCO ₃ | 0,70 |
| ΙΑΚ | 0,91 |
| Υψόμετρο | 0,92 |
| Απόδοση | 0,60 |
| TM4* | 0,99 |
| RH4* | 0,99 |
| N | 0,83 |

*TM4= Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν την συγκομιδή για το *S. thymbra*

*RH4= Η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν την συγκομιδή για το *S. thymbra*

Από τον Πίνακα 35 παρατηρείται ότι η απόδοση επηρεάζεται από τους παράγοντες Π2 και Π4 οι οποίοι μαζί ερμηνεύουν περίπου το 86 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης που ερμηνεύεται από την παραγοντική ανάλυση (60 %) (Πίνακας 34).

Ο παράγοντας με την μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση είναι ο Π4 (Πίνακας 35) ο οποίος εξηγεί το 10,93 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών και το 65,31 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης που εξηγείται από την παραγοντική ανάλυση. (Υπενθυμίζεται ότι το τετράγωνο της επιβάρυνσης (Factor loading) μιας συγκεκριμένης μεταβλητής σε ένα παράγοντα μας δείχνει το ποσοστό της διακύμανσης της συγκεκριμένης μεταβλητής το οποίο εξηγείται από τον παράγοντα). Ο παράγοντας Π4 φαίνεται ότι επηρεάζεται και από τις μεταβλητές Na, N, άμμο, pH και οργανική ουσία. Παρατηρείται ότι οι επιβαρύνσεις της απόδοσης και των N, άμμος, pH και οργανική ουσία έχουν το ίδιο πρόσημο (Θετικό), ενώ το Na αρνητικό, γεγονός που φανερώνει ότι οι πρώτες μεταβλητές σχετίζονται θετικά μεταξύ τους και αρνητικά με το Na. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι το Na είναι αυτό που σχετίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό με τον παράγοντα Π4 καθώς έχει τη μεγαλύτερη επιβάρυνση (-0,808) ακολουθούμενο από την απόδοση με επιβάρυνση (0,626) (Πίνακας 35).

Ο παράγοντας Π2 (Πίνακας 35) εξηγεί το 16,48 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών και το 15,4 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης που εξηγείται από την παραγοντική ανάλυση. Ο παράγοντας Π2 επηρεάζεται και από τις μεταβλητές Ca, CaCO₃, pH και K. Παρατηρείται ότι οι επιβαρύνσεις της απόδοσης και του K έχουν το ίδιο πρόσημο (αρνητικό), ενώ οι επιβαρύνσεις των Ca, CaCO₃ και pH έχουν θετικό πρόσημο γεγονός που φανερώνει ότι η απόδοση και το K σχετίζονται θετικά μεταξύ τους και αρνητικά με τις υπόλοιπες μεταβλητές. Τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις στον παράγοντα έχουν τα Ca (0,833), CaCO₃ (0,809) και pH (0,718) φανερώνοντας τη σημασία τους για αυτόν.

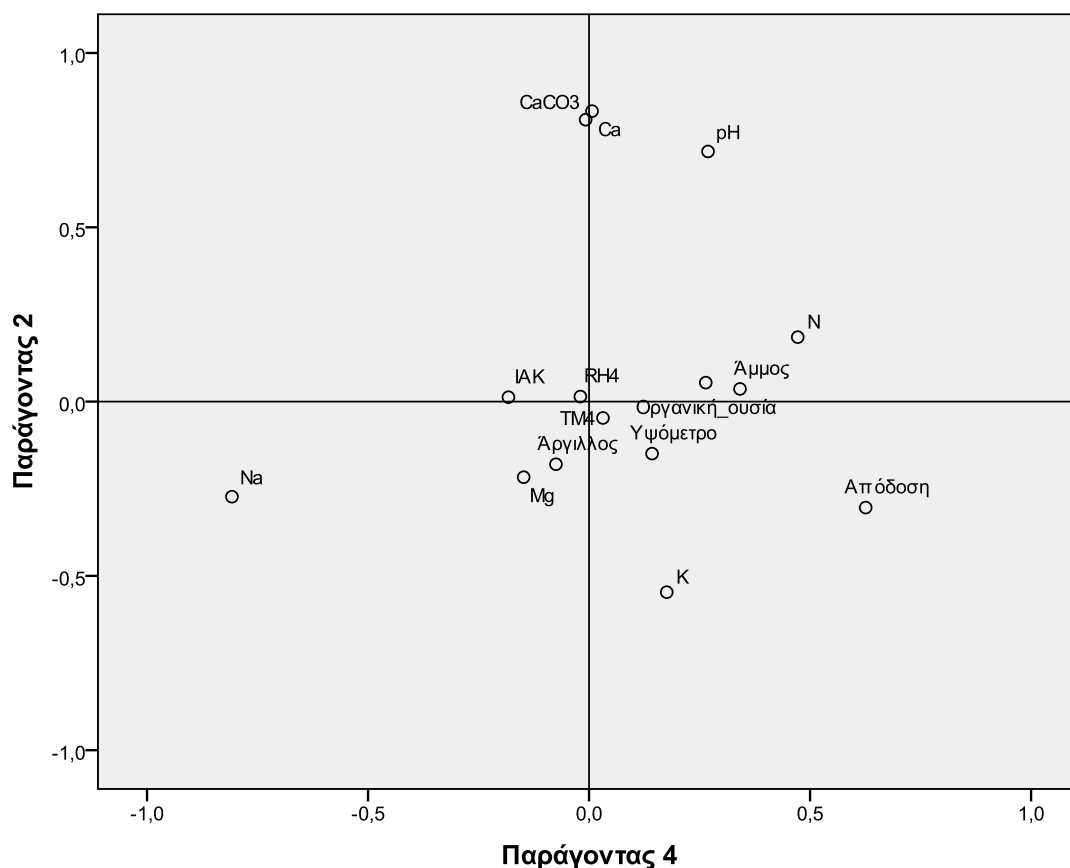
Πίνακας 35: Επιβαρύνσεις^α των επιμέρους παραγόντων σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση^{β,γ}, για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στο *S. thymbra*, στις διάφορες μεταβλητές. Παρατίθενται επίσης οι ιδιοτιμές, καθώς και το σχετικό και αθροιστικό ποσοστό παραλλακτικότητας.

| | Παράγοντες | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Ιδιοτιμές | 3,36 | 2,47 | 2,02 | 1,64 | 1,58 | 1,54 |
| Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 22,43 | 16,48 | 13,43 | 10,93 | 10,56 | 10,28 |
| Αθροιστικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 22,43 | 38,91 | 52,34 | 63,27 | 73,83 | 84,11 |
| Επιβαρύνσεις των Παραγόντων | | | | | | |
| Μεταβλητές | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Οργανική ουσία | ,930 | | | ,264 | | |
| Mg | ,927 | | | | | |
| ΙΑΚ | ,887 | | | | | ,253 |
| N | ,561 | | | ,472 | | ,482 |
| Ca | ,307 | ,833 | | | | |
| CaCO₃ | | ,809 | | | | |
| pH | | ,718 | | ,269 | -,306 | -,318 |
| K | | -,547 | | | ,402 | |
| RH4^δ | | | -,997 | | | |
| TM4^ε | | | ,995 | | | |
| Na | ,260 | | | -,808 | | |
| Απόδοση | | -,304 | | ,626 | | |
| Άμμος | -,262 | | | ,341 | -,824 | |
| Υψόμετρο | -,401 | | | | ,712 | -,457 |
| Άργιλλος | | | | | | ,905 |

^α Επιβαρύνσεις μικρότερες από 0.25 παραλήφθησαν. ^β Μέθοδος εξαγωγής πίνακα: PCA, ^γ Μέθοδος περιστροφής: Varimax με κανονικοποίηση του Kaiser. ^δTM4=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για το *S. thymbra*. ^εRH4=H μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για το *S. thymbra*

Πιο εύκολα θα φανεί η σχέση μεταξύ των μεταβλητών στην Εικόνα 44 όπου κάθε μεταβλητή αναπαριστάται με συντεταγμένες τις επιβαρύνσεις των παραγόντων που την επηρεάζουν περισσότερο (Π2 και Π4). Είναι φανερό ότι ως προς τον παράγοντα Π4 οι μεταβλητές, απόδοση και N, pH, άμμος και οργανική βρίσκονται στο δεξιό μέρος του γραφήματος και άρα σχετίζονται θετικά σε αντιδιαστολή με την

μεταβλητή Na που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του γραφήματος και φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την απόδοση σε έλαιο. Ως προς τον παράγοντα Π2 τώρα η απόδοση και το K βρίσκονται στο κάτω μέρος του γραφήματος σε αντιδιαστολή με τα Ca, CaCO₃ και pH που βρίσκονται στο επάνω.



Εικόνα 44: Γραφική απεικόνιση των παραγόντων Π2 και Π4 για κάθε μεταβλητή της παραγοντικής ανάλυσης για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στο *S. thymbra*.

3.3.4.1.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου

Η παραγοντική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε και για τον προσδιορισμό των διαφόρων αβιοτικών παραμέτρων που καθορίζουν το ποσοστό των τεσσάρων κύριων συστατικών στο αιθέριο έλαιο. Υπολογίστηκαν οι ιδιοτιμές (eigenvalues) και οι επιβαρύνσεις των παραγόντων (Πίνακας 37), καθώς και η εταιρικότητα – κοινή διακύμανση (communality) κάθε μεταβλητής (Πίνακας 36). Με βάση το κριτήριο του Kaiser προσδιορίστηκαν έξι (6) παράγοντες, οι οποίοι εξηγούν το 82,01 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 37) και το 84,0 % της παραλλακτικότητας της περιεκτικότητας σε καρβακρόλη, το 83,0 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου, το 88,0 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου και το 61,0 % της παραλλακτικότητας του καρυοφυλλενίου (Πίνακας 36).

Πίνακας 36: Εταιρικότητες (Διακυμάνσεις) που εξηγούν οι παράγοντες της παραγοντικής ανάλυσης για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου στο *S. thymbra*.

| Μεταβλητές | Εταιρικότητες (Communalities) |
|-------------------|-------------------------------|
| N | 0,87 |
| Άμμος | 0,72 |
| Αργίλλος | 0,87 |
| Οργανική ουσία | 0,95 |
| pH | 0,75 |
| Na | 0,78 |
| K | 0,74 |
| Ca | 0,79 |
| Mg | 0,93 |
| CaCO ₃ | 0,74 |
| ΙΑΚ | 0,92 |
| Υψόμετρο | 0,67 |
| π-κυμένιο | 0,83 |
| γ-τερπινένιο | 0,88 |
| καρβακρόλη | 0,84 |
| καρνοφυλλένιο | 0,61 |
| RH4* | 0,94 |
| TM4* | 0,92 |

*TM4= Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν την συγκομιδή για το *S. thymbra*

*RH4= Η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν την συγκομιδή για το *S. thymbra*

Παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες Π2, Π4 και Π5 οι οποίοι ερμηνεύουν το 41,71 %, το 12,3 % και το 33,17 % της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 37). Η περιεκτικότητα σε π-κυμένιο επηρεάζεται σχεδόν αποκλειστικά από τον παράγοντα Π2, ο οποίος και ερμηνεύει το 93,72 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου που εξηγείται από την ανάλυση (Πίνακας 37). Η περιεκτικότητα του ελαίου σε γ-τερπινένιο φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες Π5 και Π2 οι οποίοι ερμηνεύουν το 74,9 % και το 15,63 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 37). Τέλος, η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρνοφυλλένιο επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες Π3, Π5 και Π6 οι οποίοι ερμηνεύουν το 19,96 %, το 38,40 % και το 21,36 % της παραλλακτικότητας του καρνοφυλλενίου που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 37).

Ο παράγοντας Π2 (Πίνακας 37) εξηγεί το 17,73 % της συνολικής παραλλακτικότητας, το 41,71 % της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης, το 93,72 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου και το 15,63 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου (παραλλακτικότητα που εξηγείται από το μοντέλο). Φαίνεται λοιπόν ότι ο παράγοντας Π2 επηρεάζει θετικά το π-κυμένιο και αρνητικά την καρβακρόλη και το γ-τερπινένιο. Πρέπει να παρατηρηθεί ότι για τον παράγοντα Π2, η επιβάρυνση της μέσης θερμοκρασίας του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM4) έχει αρνητικό πρόσημο, ενώ η επιβάρυνση της μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη

συγκομιδή (RH4) έχει θετικό πρόσημο. Άρα, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η μέση θερμοκρασία του μήνα συγκομιδής σχετίζεται θετικά με την καρβακρόλη και το γ-τερπινένιο και αρνητικά με το π-κυμένιο, ενώ η μέση σχετική υγρασία του μήνα συγκομιδής έχει αντίστροφη σχέση με τα παραπάνω συστατικά. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί ότι το π-κυμένιο είναι πρόδρομη ουσία του γ-τερπινενίου, το οποίο με την σειρά του μετατρέπεται σε καρβακρόλη. Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM4) και η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (RH4) έχουν τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις στον παράγοντα Π2 (-0,948 και 0,947 αντίστοιχα), φανερώνοντας έτσι την σημασία τους για τον παράγοντα Π2. Ακολουθούν το π-κυμένιο με επιβάρυνση (0,882) και η καρβακρόλη με επιβάρυνση (-0,592) τα οποία φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά από το παράγοντα.

Πίνακας 37: Επιβαρύνσεις^α των επιμέρους παραγόντων σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση^{β,γ}, για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου στο *S. thymbra*, στις διάφορες μεταβλητές. Παρατίθενται επίσης οι ιδιοτιμές καθώς και το σχετικό και αθροιστικό ποσοστό παραλλακτικότητας.

| | Παράγοντες | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Ιδιοτιμές | 3,35 | 3,19 | 2,39 | 2,21 | 1,89 | 1,73 |
| Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 18,62 | 17,73 | 13,29 | 12,26 | 10,50 | 9,61 |
| Αθροιστικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 18,62 | 36,35 | 49,64 | 61,90 | 72,40 | 82,01 |
| Επιβαρύνσεις των Παραγόντων | | | | | | |
| Μεταβλητές | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Οργανική ουσία | ,966 | | | | | |
| Mg | ,882 | | | ,326 | | |
| ΙΑΚ | ,810 | | | ,424 | | ,283 |
| N | ,659 | | | -,439 | | ,454 |
| TM4^δ | | -,948 | | | | |
| RH4^ε | | ,947 | | | | |
| π-κυμένιο | | ,882 | | | | |
| καρβακρόλη | | -,592 | | ,321 | ,528 | |
| Ca | ,274 | | ,835 | | | |
| CaCO3 | | | ,827 | | | |
| pH | | | ,682 | -,452 | | |
| Na | | | | ,861 | | |
| Άμμος | | | | -,726 | -,354 | |
| γ-τερπινένιο | | -,371 | | | -,812 | |
| K | ,317 | | -,491 | | ,594 | |
| καρνοφυλλένιο | | | -,349 | | ,484 | ,361 |
| Αργύλλος | | | | | | ,898 |
| Υψόμετρο | -,338 | | | | ,359 | -,603 |

^α Επιβαρύνσεις μικρότερες από 0.25 παραλήφθησαν. ^β Μέθοδος εξαγωγής πίνακα: PCA, ^γ Μέθοδος περιστροφής: Varimax με κανονικοποίηση του Kaiser. ^δ TM4=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για το *S. thymbra*. ^ε RH4=H μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για το *S. thymbra*

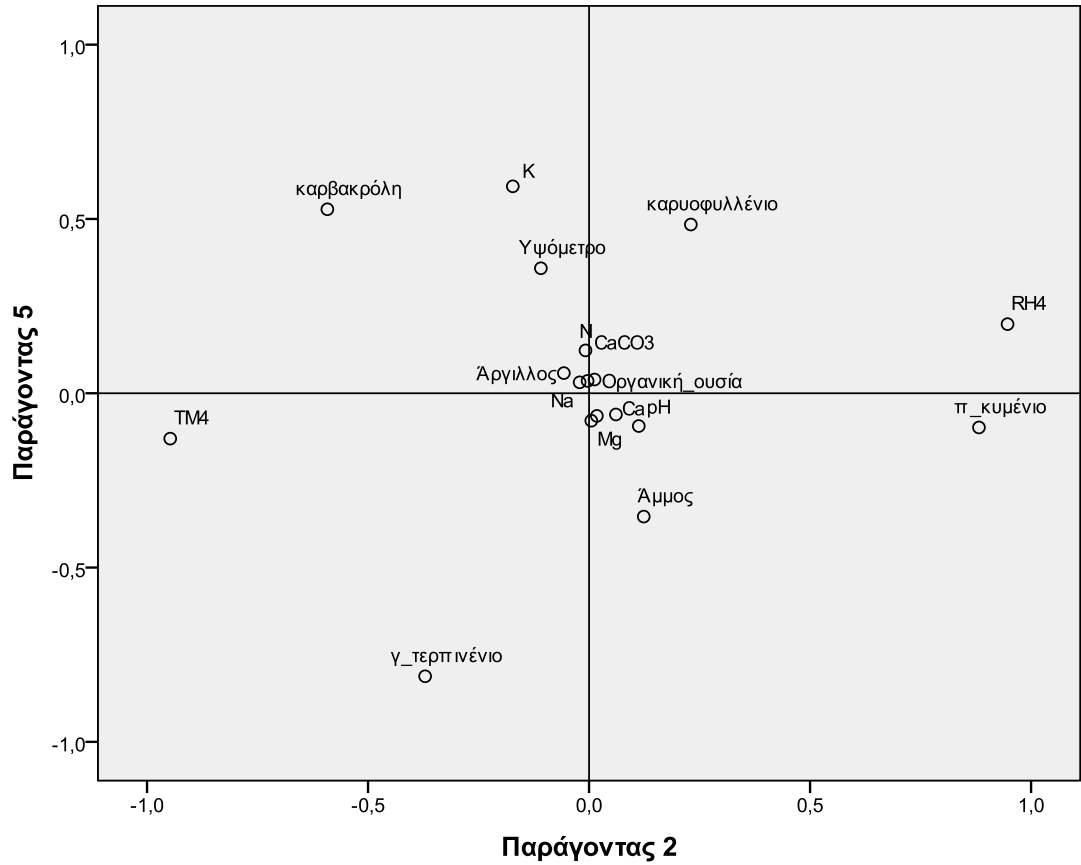
Ο παράγοντας Π5 (Πίνακας 37) εξηγεί το 10,49 % της συνολικής παραλλακτικότητας, το 33,17 % της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης, το 74,9 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου και το 38,40 % της παραλλακτικότητας του καρυοφυλλενίου (παραλλακτικότητα που εξηγείται από το μοντέλο). Φαίνεται λοιπόν ότι ο παράγοντας Π5 επηρεάζει θετικά την καρβακρόλη και το καρυοφυλλένιο και αρνητικά και το γ-τερπινένιο. Πρέπει να παρατηρηθεί ότι για τον παράγοντα Π5 η επιβάρυνση του κλάσματος της άμμου έχει αρνητικό πρόσημο και άρα σχετίζεται αρνητικά με την καρβακρόλη και το καρυοφυλλένιο και θετικά με το γ-τερπινένιο, ενώ οι επιβαρύνσεις του καλίου και του υψόμετρου έχουν θετικό πρόσημο και άρα σχετίζονται θετικά με την καρβακρόλη και το καρυοφυλλένιο και αρνητικά με το γ-τερπινένιο.

Ένα μικρό ποσοστό της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης (12,3 %) που ερμηνεύεται από την παραγοντική ανάλυση εξηγείται από τον παράγοντα Π4 (Πίνακας 37), ο οποίος και επιδρά θετικά στην περιεκτικότητα σε καρβακρόλη. Παρατηρείται ότι οι μεταβλητές περιεκτικότητα σε μαγνήσιο (Mg), ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (IAK) και περιεκτικότητα σε νάτριο (Na) έχουν θετικές επιβαρύνσεις και άρα σχετίζονται θετικά με την καρβακρόλη, ενώ οι μεταβλητές περιεκτικότητα σε άζωτο (N), pH και κλάσμα της άμμου έχουν αρνητικές επιβαρύνσεις και άρα σχετίζονται αρνητικά με την καρβακρόλη. Τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις (Πίνακας 37) έχουν το νάτριο (Na) (0,861) και το κλάσμα της άμμου (-0,726), τα οποία και καθορίζουν τον παράγοντα.

Τέλος, η περιεκτικότητα του καρυοφυλλενίου στο αιθέριο έλαιο του *S. thymbra* επηρεάζεται θετικά από τον παράγοντα Π6, ο οποίος εξηγεί το 21,36 % της παραλλακτικότητας του καρυοφυλλενίου που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 37) και αρνητικά από τον παράγοντα Π3 ο οποίος ερμηνεύει το 19,96 % της παραλλακτικότητας του καρυοφυλλενίου. Ο Π6 επηρεάζεται θετικά από την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (IAK), το ολικό άζωτο (N) και το κλάσμα άργιλλου και αρνητικά από το υψόμετρο, γεγονός που φανερώνει ότι το γ-τερπινένιο σχετίστηκε αρνητικά με το υψόμετρο και θετικά με τις υπόλοιπες μεταβλητές. Το κλάσμα της αργίλλου και το υψόμετρο παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες επιδράσεις 0,898 και -0,606 αντίστοιχα (Πίνακας 37). Ο παράγοντάς Π3 (Πίνακας 37) από την άλλη μεριά φανερώνει ότι το καρυοφυλλένιο σχετίζεται αρνητικά με την περιεκτικότητα σε ασβέστιο (Ca) και το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃), τα οποία έχουν και τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις (0,835, 0,827 αντίστοιχα), καθώς επίσης και με το pH του εδάφους. Αντίθετα, θετικά σχετίζεται το καρυοφυλλένιο με την περιεκτικότητα του εδάφους σε κάλιο (K).

Πιο εύκολα θα φανεί η σχέση μεταξύ των μεταβλητών στην Εικόνα 45, όπου κάθε μεταβλητή αναπαριστάται με συντεταγμένες τις επιβαρύνσεις των παραγόντων που τις επηρεάζουν περισσότερο (Π2 και Π5) και εξηγούν το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας. Είναι φανερό ότι ως προς τον παράγοντα Π2 οι μεταβλητές περιεκτικότητα σε καρβακρόλη, μέση μηνιαία θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM4) και το γ-τερπινένιο είναι στο αριστερό μέρος του γραφήματος σε αντιδιαστολή με τις μεταβλητές π-κυμένιο και σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (RH4) που βρίσκονται στο δεξί μέρος του γραφήματος. Ως προς τον

παράγοντα Π5 τώρα οι μεταβλητές περιεκτικότητα σε καρβακρόλη, περιεκτικότητα σε καρυοφυλλένιο, περιεκτικότητα του εδάφους σε κάλιο (K) και υψόμετρο βρίσκονται στο πάνω μέρος του γραφήματος (άρα σχετίζονται θετικά) και σε αντιδιαστολή με τις μεταβλητές γ-τερπινένιο και κλάσμα της άμμου με τις οποίες σχετίζονται αρνητικά.



Εικόνα 45: Γραφική απεικόνιση των παραγόντων Π2 και Π5 για κάθε μεταβλητή της παραγοντικής ανάλυσης για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου στο *S. thymbra*.

3.3.4.2 *O. onites*

3.3.4.2.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Με την παραγοντική ανάλυση υπολογίστηκαν οι ιδιοτιμές (eigenvalues) και οι επιβαρύνσεις των παραγόντων (factor loadings) (Πίνακας 39), καθώς και το ποσοστό της κοινής διακύμανσης (εταιρικότητα - communalities) κάθε μεταβλητής που εξηγείται από τους παράγοντες που προσδιορίστηκαν (Πίνακας 38). Οι έξι (6) παράγοντες, που προσδιορίστηκαν με βάση το κριτήριο του Kaiser, εξηγούν το 81,29 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 39) και το 75,0 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης (Πίνακας 38).

Πίνακας 38: Εταιρικότητες (Διακυμάνσεις) που εξηγούν οι παράγοντες της παραγοντικής ανάλυσης για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στην *O. onites*.

| Μεταβλητές | Εταιρικότητες (Communalities) |
|-------------------|----------------------------------|
| N | 0,80 |
| Άμμος | 0,85 |
| Άργιλος | 0,80 |
| Οργανική ουσία | 0,88 |
| pH | 0,88 |
| Na | 0,71 |
| K | 0,65 |
| Ca | 0,85 |
| Mg | 0,82 |
| CaCO ₃ | 0,87 |
| ΙΑΚ | 0,90 |
| Υψόμετρο | 0,84 |
| Απόδοση | 0,75 |
| RH5* | 0,78 |
| TM5* | 0,81 |

*TM5=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. onites*.

*RH5=H μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. onites*.

Από τον Πίνακα 39 παρατηρείται ότι η απόδοση φαίνεται να επηρεάζεται αποκλειστικά από τον παράγοντα Π6, ο οποίος εξηγεί το 8,15 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών και το 97,0 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης που εξηγείται από την παραγοντική ανάλυση.

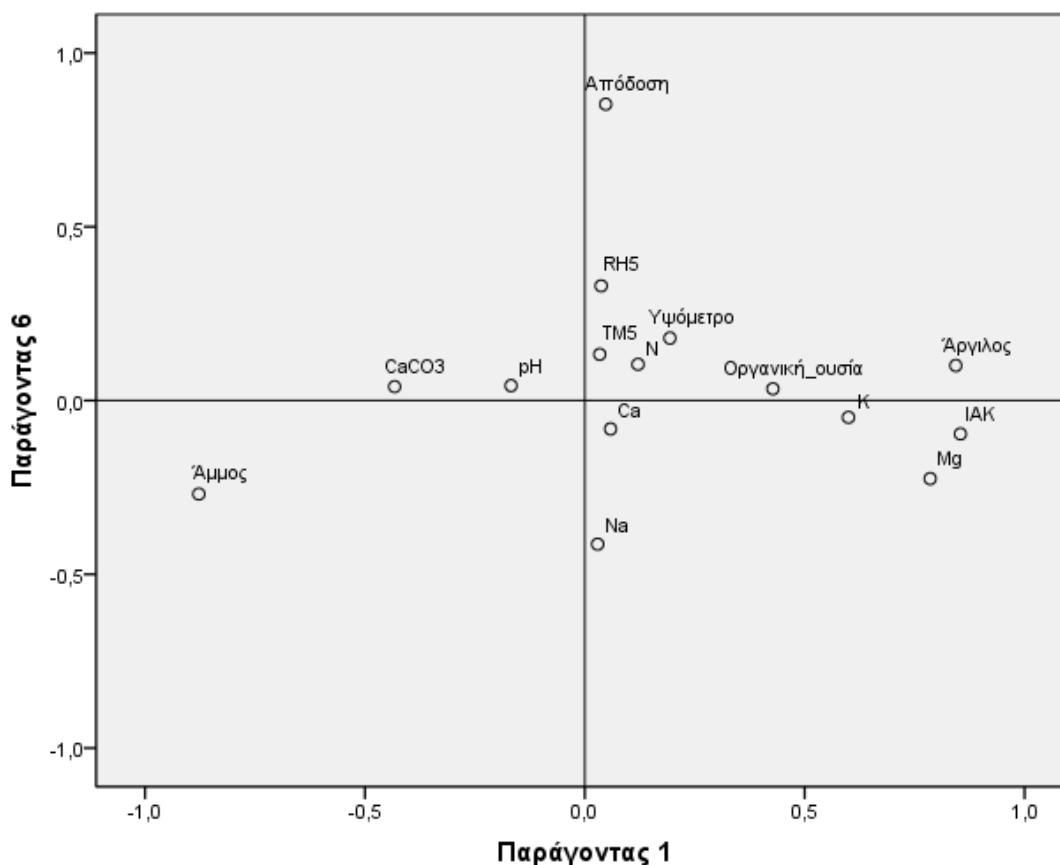
Ο παράγοντας Π6 επηρεάζεται από τις μεταβλητές κλάσμα της άμμου, περιεκτικότητα σε νάτριο (Na) και μέση υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (RH5). Παρατηρείται ότι οι επιβαρύνσεις της απόδοσης και της RH5 έχουν το ίδιο πρόσημο (θετικό), ενώ οι επιβαρύνσεις του Na και της άμμου αρνητικό, γεγονός που φανερώνει ότι οι δύο πρώτες σχετίζονται θετικά μεταξύ τους και αρνητικά με το Na και την άμμο. Τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις για τον παράγοντα Π6 έχουν η απόδοση (0,853) και το Na (-0,413) φανερώνοντας έτσι τη σημασία τους για τον παράγοντα. Αρνητική σχέση μεταξύ του Na και της απόδοσης παρατηρήθηκε για την παραγοντική ανάλυση και στα φυτά του *S. thymbra*.

Πίνακας 39: Επιβαρύνσεις^α των επιμέρους παραγόντων σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση^{β,γ}, για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στην *O. onites*, στις διάφορες μεταβλητές. Παρατίθενται επίσης οι ιδιοτιμές, καθώς και το σχετικό και το αθροιστικό ποσοστό παραλλακτικότητας.

| | Παράγοντες | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Ιδιοτιμές | 3,65 | 2,23 | 2,02 | 1,69 | 1,39 | 1,22 |
| Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 24,31 | 14,85 | 13,50 | 11,25 | 9,24 | 8,15 |
| Αθροιστικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 24,31 | 39,16 | 52,66 | 63,90 | 73,14 | 81,29 |
| Επιβαρύνσεις των Παραγόντων | | | | | | |
| Μεταβλητές | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Άμμος | -,878 | | | | | -,269 |
| ΙΑΚ | ,854 | -,250 | ,322 | | | |
| Αργίλος | ,844 | | | | | |
| Mg | ,785 | ,365 | | | | |
| K | ,599 | ,514 | | | | |
| pH | | -,909 | | | | |
| Na | | -,692 | | | | -,413 |
| Υψόμετρο | | | -,816 | | | |
| Οργανική ουσία | ,428 | ,436 | ,712 | | | |
| N | | | ,696 | ,498 | | |
| Ca | | | | ,904 | | |
| CaCO ₃ | -,433 | ,311 | -,337 | ,686 | | |
| TM5 ^δ | | | | | -,867 | |
| RH5 ^ε | | | | | ,781 | ,330 |
| Απόδοση | | | | | | ,853 |

^α Επιβαρύνσεις μικρότερες από 0.25 παραλήφθησαν. ^β Μέθοδος εξαγωγής πίνακα: PCA, ^γ Μέθοδος περιστροφής: Varimax με κανονικοποίηση του Kaiser. ^δ TM5=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. onites*. ^ε RH5=H μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. onites*.

Πιο παραστατικά, η σχέση μεταξύ των μεταβλητών παρουσιάζεται στην Εικόνα 46, όπου κάθε μεταβλητή αναπαριστάται με συντεταγμένες τις επιβαρύνσεις των παραγόντων Π6 (Ερμηνεύει το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας της απόδοσης) και Π1 (Ερμηνεύει το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας των μεταβλητών συνολικά). Είναι φανερό ότι ως προς τον παράγοντα Π6 οι μεταβλητές απόδοση και μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (RH5) βρίσκονται στο πάνω μέρος του γραφήματος σε αντιδιαστολή με τη μεταβλητή Na και το κλάσμα της άμμου που βρίσκεται στο κάτω μέρος του γραφήματος.



Εικόνα 46: Γραφική απεικόνιση των παραγόντων Π1 και Π6 για κάθε μεταβλητή της παραγοντικής ανάλυσης για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στην *O. onites*.

3.3.4.2.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου

Με τη βοήθεια της παραγοντικής ανάλυσης προσδιορίστηκαν οι αβιοτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την % περιεκτικότητα των τέσσρων κύριων συστατικών του αιθέριου ελαίου, καθώς και οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους. Υπολογίστηκαν οι ιδιοτιμές (eigenvalues) και οι επιβαρύνσεις των παραγόντων (factor loadings) (Πίνακας 41), καθώς και η εταιρικότητα - κοινή διακύμανση (communality) κάθε μεταβλητής (Πίνακας 40). Με βάση το κριτήριο του Kaiser, προσδιορίστηκαν έξι (6) παράγοντες οι οποίοι εξηγούν το 78,85 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 41) και το 92,0 % της παραλλακτικότητας της περιεκτικότητας σε καρβακρόλη, το 92,0 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου, το 79,0 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου και το 75,0 % της παραλλακτικότητας του καρυοφυλλενίου (Πίνακας 40).

Πίνακας 40: Εταιρικότητες (Διακυμάνσεις) που εξηγούν οι παράγοντες της παραγοντικής ανάλυσης για τη σύσταση του αιθέριου έλαιο στην *O. onites*.

| Μεταβλητές | Εταιρικότητες (Communalities) |
|-------------------|-------------------------------|
| N | 0,79 |
| Άμμος | 0,77 |
| Αργίλος | 0,79 |
| Οργανική ουσία | 0,86 |
| pH | 0,81 |
| Na | 0,66 |
| K | 0,63 |
| Ca | 0,89 |
| Mg | 0,74 |
| CaCO ₃ | 0,84 |
| ΙΑΚ | 0,91 |
| Υψόμετρο | 0,81 |
| RH5* | 0,50 |
| TM5* | 0,80 |
| π_κυμένιο | 0,92 |
| γ_τερπινένιο | 0,79 |
| καρβακρόλη | 0,92 |
| καρυοφυλλένιο | 0,75 |

*TM5=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. onites*.

*RH5=H μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. onites*.

Παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες Π2 και Π5, οι οποίοι ερμηνεύουν αντιστοίχως το 73,25 % και το 24,61 % της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 41). Η περιεκτικότητα σε π-κυμένιο επηρεάζεται σχεδόν αποκλειστικά από τον παράγοντα Π2, ο οποίος και ερμηνεύει το 94,80 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου που εξηγείται από την ανάλυση (Πίνακας 41). Η περιεκτικότητα του ελαίου σε γ-τερπινένιο φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες Π2 και Π4, οι οποίοι ερμηνεύουν αντιστοίχως το 84,28 % και το 12,70 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 41). Τέλος, η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρυοφυλλένιο φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τον παράγοντα Π5, ο οποίος ερμηνεύει το 75,23 % της παραλλακτικότητας του καρυοφυλλενίου που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 41).

Ο παράγοντας δύο (Π2) (Πίνακας 41) εξηγεί το 14,22 % της συνολικής παραλλακτικότητας, το 73,25 % της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης, το 94,80 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου και το 84,28 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου (παραλλακτικότητα που εξηγείται από την ανάλυση). Φαίνεται ότι ο παράγοντας Π2 επηρεάζει θετικά το π-κυμένιο και το γ-τερπινένιο και αρνητικά την καρβακρόλη. Πρέπει να παρατηρηθεί ότι για τον παράγοντα Π2, η επιβάρυνση της μέσης σχετικής υγρασίας του μήνα πριν τη συγκομιδή (RH5) θετικό πρόσημο έχει. Άρα, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη

συγκομιδή σχετίζεται αρνητικά με την καρβακρόλη και θετικά με το π-κυμένιο και το γ-τερπινένιο. Τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις για τον παράγοντα Π2 παρουσιάζουν το π-κυμένιο (0,934), η καρβακρόλη (-0,821), το γ-τερπινένιο (0,816) και η σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (0,522) φανερώνοντας ότι καθορίζουν τον παράγοντα. Είναι φανερό, αν συγκρίνουμε τον παράγοντα Π2 των πινάκων 37 και 41, ότι η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν την συγκομιδή σχετίζεται αρνητικά με την καρβακρόλη και το γ-τερπινένιο και θετικά με το π-κυμένιο στο *S. thymbra*, ενώ στην *O. onites* σχετίζεται αρνητικά με την καρβακρόλη και θετικά με το γ-τερπινένιο και το π-κυμένιο. Στην περίπτωση όμως του *S. thymbra* (Πίνακας 37) μικρότερο ποσοστό της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου εξηγείται από τον παράγοντα Π2.

Ο παράγοντας Π5 (Πίνακας 41) (φαίνεται να είναι και αυτός σημαντικός στην σύσταση του αιθέριου ελαίου αφού εξηγεί το 10,50 % της συνολικής παραλλακτικότητας, καθώς και το 24,61 % της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης και του 75,23 % της παραλλακτικότητας του καρυοφυλλενίου (παραλλακτικότητα που εξηγείται από την παραγοντική ανάλυση). Στον παράγοντα Π5, οι επιβαρύνσεις της μέσης θερμοκρασίας του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM5) και της καρβακρόλης παρουσιάζουν θετικό πρόσημο, ενώ η επιβάρυνση του καρυοφυλλενίου αρνητικό, φανερώνοντας πιθανή θετική σχέση της μέσης θερμοκρασίας του μήνα πριν τη συγκομιδή με την καρβακρόλη και αρνητική με το καρυοφυλλένιο. Τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις για τον παράγοντα Π5 παρουσιάζουν το καρυοφυλλένιο (-0,832) και η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM5) (0,874), φανερώνοντας ότι αυτές οι δύο μεταβλητές καθορίζουν τον παράγοντα.

Τέλος, ο παράγοντας Π4 (Πίνακας 41), που εξηγεί το 11,57 % της συνολικής παραλλακτικότητας, ερμηνεύει το 12,70 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου που εξηγείται από την παραγοντική ανάλυση. Από τα πρόσημα των επιβαρύνσεων των μεταβλητών φαίνεται ότι η περιεκτικότητα σε γ-τερπινένιο σχετίζεται θετικά με το υψόμετρο και αρνητικά με το άζωτο (N), την οργανική ουσία και το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃). Ο παράγοντας Π4 φαίνεται να καθορίζεται από το υψόμετρο, το άζωτο (N) και την οργανική ουσία, τα οποία παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις (-0,825, 0,688 και 0,682 αντίστοιχα).

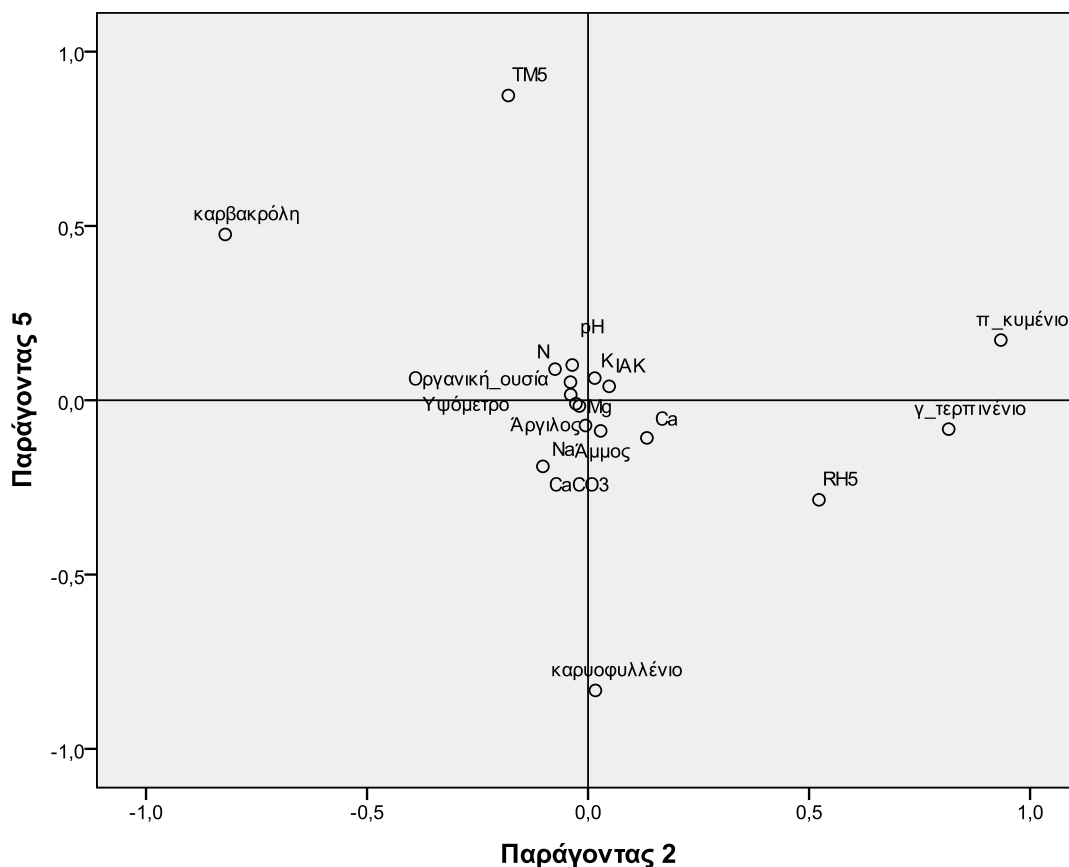
Πίνακας 41: Επιβαρύνσεις^α των επιμέρους παραγόντων σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση^{β,γ}, για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου στην *O. onites*, στις διάφορες μεταβλητές. Παρατίθενται επίσης οι ιδιοτιμές καθώς και το σχετικό και το αθροιστικό ποσοστό παραλλακτικότητας.

| | Παράγοντες | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Ιδιοτιμές | 3,78 | 2,56 | 2,20 | 2,08 | 1,89 | 1,68 |
| Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 20,99 | 14,22 | 12,21 | 11,57 | 10,50 | 9,36 |
| Αθροιστικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 20,99 | 35,21 | 47,43 | 59,00 | 69,49 | 78,85 |
| Επιβαρύνσεις των Παραγόντων | | | | | | |
| Μεταβλητές | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Άμμος | -,868 | | | | | |
| Αργίλος | ,850 | | | | | |
| ΙΑΚ | ,840 | | -,312 | ,317 | | |
| Mg | ,815 | | | | | |
| K | ,635 | | ,453 | | | |
| π-κυμένιο | | ,934 | | | | |
| καρβακρόλη | | -,821 | | | ,476 | |
| γ-τερπινένιο | | ,816 | | -,317 | | |
| RH5 ^δ | | ,522 | | | -,286 | -,295 |
| pH | | | -,847 | | | |
| Na | | | -,797 | | | |
| Υψόμετρο | | | ,253 | -,825 | | |
| N | | | ,263 | ,688 | | ,467 |
| Οργανική ουσία | ,465 | | ,418 | ,682 | | |
| TM5 ^δ | | | | | ,874 | |
| καρνοφυλλένιο | | | | | -,832 | |
| Ca | | | | | | ,914 |
| CaCO ₃ | -,415 | | ,357 | -,300 | | ,637 |

^α Επιβαρύνσεις μικρότερες από 0,25 παραλήφθησαν. ^β Μέθοδος εξαγωγής πίνακα: PCA, ^γ Μέθοδος περιστροφής: Varimax με κανονικοποίηση του Kaiser. ^δ TM5=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. onites*. ^ε RH5=H μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. onites*.

Πιο παραστατικά, η σχέση μεταξύ των μεταβλητών παρουσιάζεται στην Εικόνα 47 όπου κάθε μεταβλητή αναπαριστάται με συντεταγμένες τις επιβαρύνσεις των παραγόντων Π2 και Π5, οι οποίοι επηρεάζουν περισσότερο τη σύσταση του αιθέριου ελαίου και εξηγούν το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας των συστατικών του. Συγκεκριμένα ως προς τον παράγοντα Π2 οι μεταβλητές π-κυμένιο, γ-τερπινένιο και μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (RH5) βρίσκονται στο δεξί μέρος του γραφήματος και σχετίζονται θετικά μεταξύ τους. Αντίθετα, η καρβακρόλη βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά του γραφήματος φανερώνοντας την αρνητική της σχέση με τις παραπάνω μεταβλητές. Ως προς τον παράγοντα Π5 τώρα η καρβακρόλη και η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM5) βρίσκονται στο πάνω μέρος του γραφήματος και άρα σχετίζονται θετικά, ενώ η μεταβλητή καρνοφυλλένιο βρίσκεται στο κάτω μέρος του γραφήματος

φανερώνοντας αρνητική σχέση με την καρβακρόλη και τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή.



Εικόνα 47: Γραφική απεικόνιση των παραγόντων Π2 και Π5 για κάθε μεταβλητή της παραγοντικής ανάλυσης για την σύσταση του αιθέριου ελαίου στην *O. onites*.

3.3.4.3 *O. hirtum*

3.3.4.3.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Με τη χρήση της παραγοντικής ανάλυσης προσδιορίστηκαν οι αβιοτικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την % περιεκτικότητα των φυτών *O. hirtum* σε αιθέριο έλαιο. Υπολογίστηκαν οι ιδιοτιμές (eigenvalues) και οι επιβαρύνσεις των παραγόντων (factor loadings) (Πίνακας 43), καθώς και η εταιρικότητα – κοινή διακύμανση (communality) κάθε μεταβλητής που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 42). Με βάση το κριτήριο του Kaiser προσδιορίστηκαν έξι (6) παράγοντες με ιδιοτιμή μεγαλύτερη της μονάδας, οι οποίοι εξηγούν το 82,36 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 43) και το 39,0 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης (Πίνακας 42).

Πίνακας 42: Εταιρικότητες (Διακυμάνσεις) που εξηγούν οι παράγοντες της παραγοντικής ανάλυσης για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στην *O. hirtum*.

| Μεταβλητές | Εταιρικότητες (Communalities) |
|-------------------|-------------------------------|
| N | 0,94 |
| Άμμος | 0,67 |
| Άργιλος | 0,83 |
| Οργανική ουσία | 0,90 |
| pH | 0,77 |
| Na | 0,82 |
| K | 0,79 |
| Ca | 0,89 |
| Mg | 0,88 |
| CaCO ₃ | 0,87 |
| IAK | 0,88 |
| Υψόμετρο | 0,80 |
| Απόδοση | 0,39 |
| TM6* | 0,95 |
| RH3M* | 0,97 |

*TM6=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum*.

*RH3M= H μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum*.

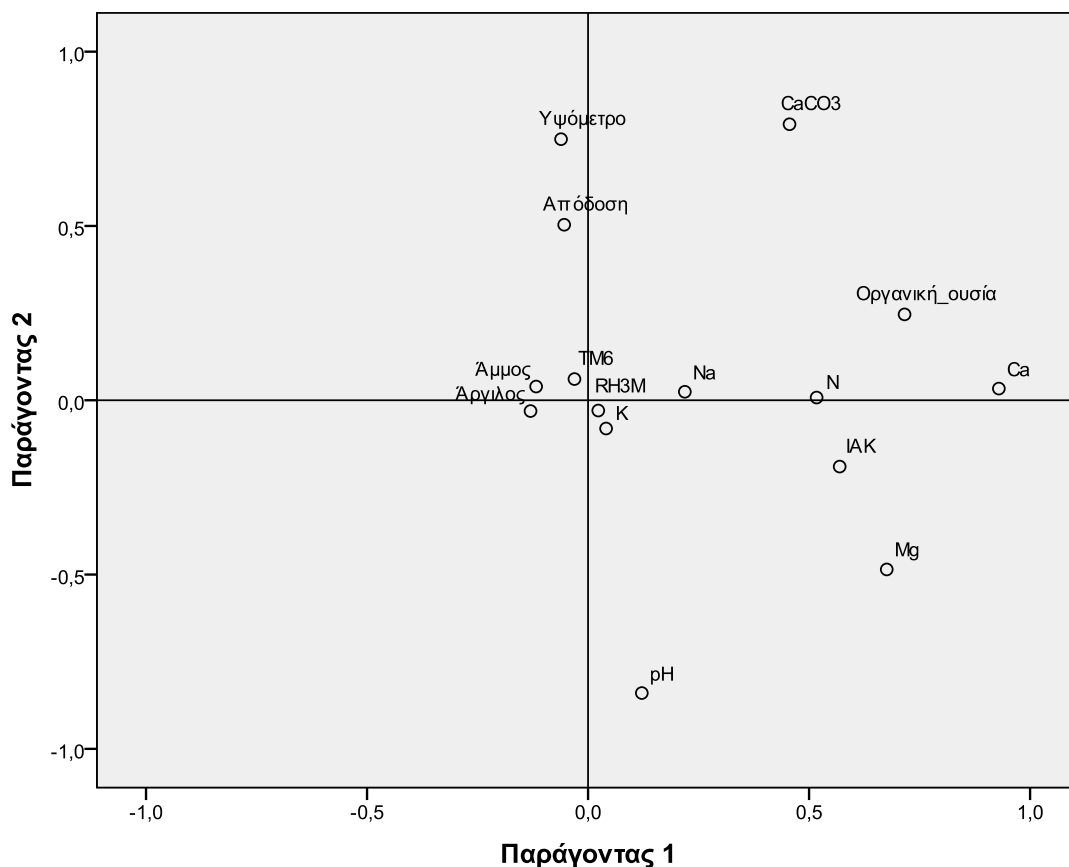
Παρατηρείται ότι ο παράγοντας Π2 (Πίνακας 43) φαίνεται να είναι ο μοναδικός που επιδρά στην απόδοση (%) των φυτών σε αιθέριο έλαιο εξηγώντας το 90,51 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης η οποία ερμηνεύεται από τη παραγοντική ανάλυση. Πρέπει να αναφερθεί ότι ο παράγοντας Π2 ερμηνεύει και το 16,63 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας. Από τον Πίνακα 43 φαίνεται επίσης ότι οι επιβαρύνσεις των μεταβλητών, ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃), υψόμετρο και απόδοση έχουν το ίδιο πρόσημο γεγονός που φανερώνει ότι σχετίζονται θετικά μεταξύ τους και αρνητικά με τις μεταβλητές pH και μαγνήσιο (Mg), οι οποίες έχουν αντίθετο πρόσημο. Τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις στον παράγοντα Π2 είχαν το pH (-0,840), το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃) (0,792), το υψόμετρο (0,749) και η απόδοση (0,463), φανερώνοντας τη σημασία τους για τον παράγοντα.

Πίνακας 43: Επιβαρύνσεις^α των επιμέρους παραγόντων σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση^{β,γ}, για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στην *O. hirtum*, στις διάφορες μεταβλητές. Παρατίθενται επίσης οι ιδιοτιμές, το σχετικό και το αθροιστικό ποσοστό παραλλακτικότητας.

| | Παράγοντες | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Ιδιοτιμές | 2,74 | 2,49 | 2,03 | 1,78 | 1,72 | 1,59 |
| Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 18,24 | 16,63 | 13,56 | 11,90 | 11,45 | 10,59 |
| Αθροιστικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 18,24 | 34,87 | 48,43 | 60,33 | 71,77 | 82,36 |
| Επιβαρύνσεις των Παραγόντων | | | | | | |
| Μεταβλητές | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Ca | ,929 | | | | | |
| Οργανική ουσία | ,716 | | | ,539 | | |
| Mg | ,676 | -,485 | | | | ,304 |
| pH | | -,840 | | | | |
| CaCO ₃ | ,456 | ,792 | | | | |
| Υψόμετρο | | ,749 | | | -,439 | |
| Απόδοση | | ,503 | | | | |
| RH3M ^δ | | | ,984 | | | |
| TM6 ^ε | | | -,969 | | | |
| K | | | | ,876 | | |
| ΙΑΚ | ,569 | | | ,669 | | |
| Άργιλος | | | | | ,891 | |
| Άμμιο | | | | | -,613 | -,492 |
| Na | | | | | | ,870 |
| N | ,517 | | | ,337 | ,440 | -,603 |

^α Επιβαρύνσεις μικρότερες από 0,25 παραλήφθησαν. ^β Μέθοδος εξαγωγής πίνακα: PCA, ^γ Μέθοδος περιστροφής: Varimax με κανονικοποίηση του Kaiser. ^δ TM6=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum*. ^ε RH3M= H μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum*.

Πιο παραστατικά, η σχέση μεταξύ των μεταβλητών παρουσιάζεται στην Εικόνα 48, όπου κάθε μεταβλητή αναπαριστάται με συντεταγμένες τις επιβαρύνσεις των παραγόντων Π2 (ερμηνεύει το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας της απόδοσης) και Π1 (ερμηνεύει το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας των μεταβλητών συνολικά). Παρατηρείται ότι ως προς τον παράγοντα Π2 οι μεταβλητές απόδοση, ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃) και υψόμετρο βρίσκονται στο επάνω μέρος του γραφήματος και άρα σχετίζονται θετικά, ενώ οι μεταβλητές pH και μαγνήσιο (Mg) βρίσκονται στο κάτω μέρος του γραφήματος φανερώνοντας αρνητική σχέση με την % απόδοση των φυτών σε έλαιο.



Εικόνα 48: Γραφική απεικόνιση των παραγόντων Π2 και Π1 για κάθε μεταβλητή της παραγοντικής ανάλυσης για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στην *O. hirtum*.

3.3.4.3.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου

Από την παραγοντική ανάλυση προσδιορίστηκαν οι αβιοτικοί παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν την % περιεκτικότητα των τεσσάρων κύριων συστατικών του αιθέριου ελαίου, καθώς και οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους. Υπολογίστηκαν οι ιδιοτιμές (eigenvalues) και οι επιβαρύνσεις των παραγόντων (factor loadings) (Πίνακας 45), καθώς και η εταιρικότητα - κοινή διακύμανση κάθε μεταβλητής (communality) (Πίνακας 44). Με βάση το κριτήριο του Kaiser προσδιορίστηκαν έξι (6) παράγοντες, οι οποίοι εξηγούν το 81,73 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 45) και το 94,0 % της παραλλακτικότητας της περιεκτικότητας σε καρβακρόλη, το 71,0 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου, το 66,0 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου και το 76,0 % της παραλλακτικότητας του καρνοφυλλενίου (Πίνακας 44).

Πίνακας 44: Εταιρικότητες (Διακυμάνσεις) που εξηγούν οι παράγοντες της παραγοντικής ανάλυσης για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου στην *O. hirtum*.

| Μεταβλητές | Εταιρικότητες (communalities) |
|-------------------|-------------------------------|
| N | 0,94 |
| Άμμος | 0,76 |
| Άργιλος | 0,81 |
| Οργανική ουσία | 0,89 |
| pH | 0,80 |
| Na | 0,81 |
| K | 0,66 |
| Ca | 0,88 |
| Mg | 0,90 |
| CaCO ₃ | 0,87 |
| ΙΑΚ | 0,88 |
| Υψόμετρο | 0,76 |
| TM6* | 0,85 |
| RH3M* | 0,84 |
| π-κυμένιο | 0,71 |
| γ-τερπινένιο | 0,66 |
| καρβακρόλη | 0,94 |
| καρυοφυλλένιο | 0,76 |

*TM6=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν την συγκομιδή για την *O. hirtum*.

* RH3M= H μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum*.

Παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη, π-κυμένιο και γ-τερπινένιο φαίνεται να επηρεάζεται αποκλειστικά από τον παράγοντα Π1, ο οποίος ερμηνεύει το 97,22 %, το 91,04 και το 88,19 % αντίστοιχα, της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης, του π-κυμενίου και του γ-τερπινενίου που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 45). Η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρυοφυλλένιο φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες Π1 και Π4, οι οποίοι ερμηνεύουν αντιστοίχως το 31,60 % και το 61,73 % της παραλλακτικότητας του καρυοφυλλενίου, που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 45).

Ο παράγοντας ένα (Π1) (Πίνακας 45) εξηγεί το 23,16 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας, το 97,22 % της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης, το 91,04 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου, το 88,19 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου και το 31,60 % της παραλλακτικότητας του καρυοφυλλενίου (παραλλακτικότητα που εξηγείται από την ανάλυση). Από τις επιβαρύνσεις των μεταβλητών για τον παράγοντα Π1 προκύπτει ότι η % περιεκτικότητα σε καρβακρόλη φαίνεται να σχετίζεται θετικά με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM6) και αρνητικά με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (RH3M), ενώ αντίθετα οι περιεκτικότητες των υπολοίπων κύριων συστατικών σχετίζονται αρνητικά με μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM6) και θετικά με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (RH3M). Ο παράγοντας Π1 καθορίζεται αποκλειστικά από την καρβακρόλη, το π-κυμένιο, το γ-τερπινένιο, τη

μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM6) και τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (RH3M), καθώς αυτά παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις για τον παράγοντα (Πίνακας 45).

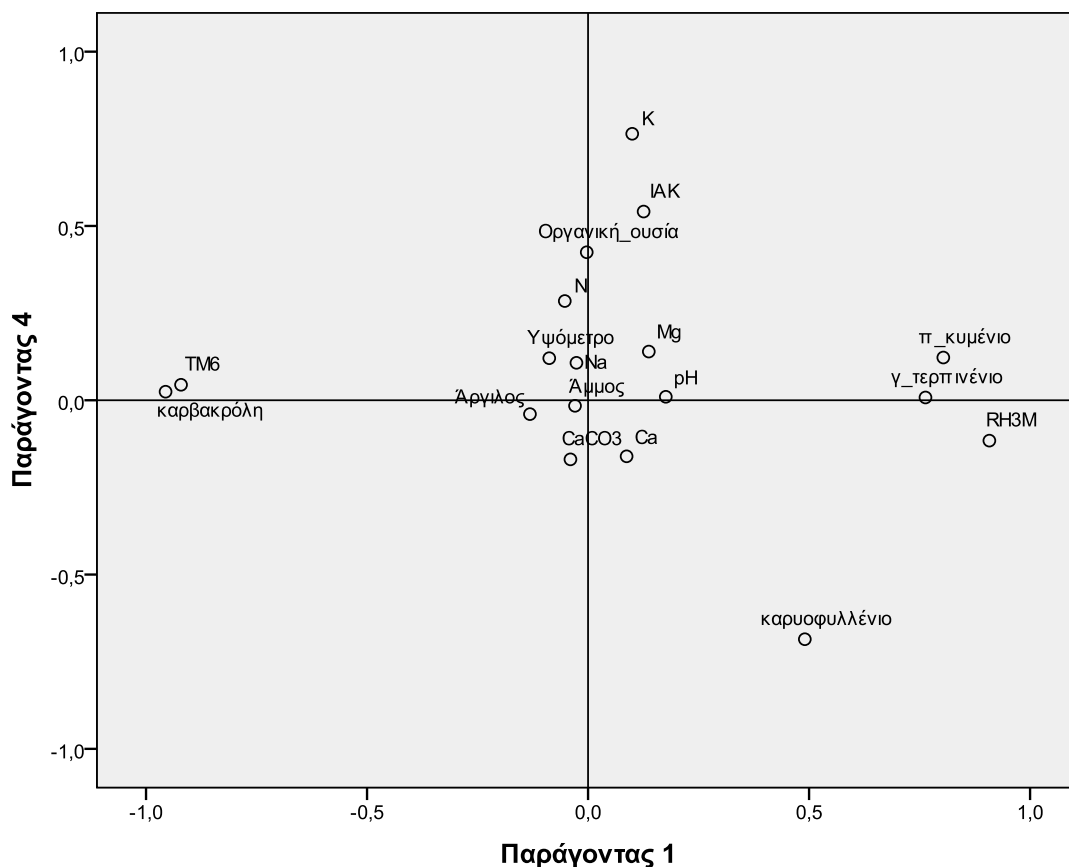
Το καρνοφυλλένιο είναι το μόνο συστατικό το οποίο φαίνεται να επηρεάζεται και από έναν άλλο παράγοντα, τον Π4 (Πίνακας 45). Ο παράγοντας Π4 ερμηνεύει το 9,68 % της συνολικής παραλλακτικότητας και το 61,73 % της παραλλακτικότητας του καρνοφυλλενίου που εξηγείται από την παραγοντική ανάλυση. Από τις επιβαρύνσεις του παράγοντα Π4, προκύπτει ότι η % περιεκτικότητα σε καρνοφυλλένιο φαίνεται να σχετίζεται αρνητικά με την περιεκτικότητα του εδάφους σε κάλιο (K), την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (IAK), την οργανική ουσία και το ολικό άζωτο (N), με το κάλιο να έχει μάλλον τον πιο σημαντικό ρόλο, αφού μαζί με το καρνοφυλλένιο έχουν τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις (0,764 και -0,685 αντίστοιχα) (Πίνακας 45).

Πίνακας 45: Επιβαρύνσεις^α των επιμέρους παραγόντων σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση^{β,γ}, για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου στην *O. hirtum*, στις διάφορες μεταβλητές. Παρατίθενται επίσης οι ιδιοτιμές, καθώς και το σχετικό και το αθροιστικό ποσοστό παραλλακτικότητας.

| | Παράγοντες | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Ιδιοτιμές | 4,17 | 3,08 | 2,41 | 1,74 | 1,69 | 1,62 |
| Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 23,16 | 17,09 | 13,40 | 9,68 | 9,38 | 9,02 |
| Αθροιστικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 23,16 | 40,25 | 53,65 | 63,33 | 72,71 | 81,73 |
| Επιβαρύνσεις των Παραγόντων | | | | | | |
| Μεταβλητές | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| καρβακρόλη | -,956 | | | | | |
| TM6 ^δ | -,921 | | | | | |
| RH3M ^ε | ,908 | | | | | |
| π-κυμένιο | ,804 | | | | | |
| γ-τερπινένιο | ,763 | | | | | |
| Ca | | ,902 | | | | |
| Οργανική ουσία | | ,785 | | ,425 | | |
| Mg | | ,684 | -,484 | | ,301 | ,260 |
| ΙΑΚ | | ,665 | | ,541 | | ,262 |
| N | | ,602 | | ,285 | -,465 | -,528 |
| pH | | | -,854 | | | |
| CaCO ₃ | | ,395 | ,826 | | | |
| Υψόμετρο | | | ,769 | | ,383 | |
| K | | | | ,764 | | |
| καρνοφυλλένιο | ,490 | | | -,685 | | |
| Άργιλος | | | | | -,877 | |
| Άμμος | | | | | ,606 | -,601 |
| Na | | | | | | ,873 |

^α Επιβαρύνσεις μικρότερες από 0,25 παραλήφθησαν. ^β Μέθοδος εξαγωγής πίνακα: PCA, ^γ Μέθοδος περιστροφής: Varimax με κανονικοποίηση του Kaiser. ^δ TM6=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum*. ^ε RH3M= H μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum*.

Πιο παραστατικά, η σχέση μεταξύ των μεταβλητών παρουσιάζεται στην Εικόνα 49, όπου κάθε μεταβλητή αναπαριστάται με συντεταγμένες τις επιβαρύνσεις των παραγόντων Π1 και Π4, οι οποίοι εξηγούν το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας των συστατικών του αιθέριου ελαίου. Παρατηρείται ότι ως προς τον παράγοντα Π1, οι μεταβλητές καρβακρόλη και μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM6) βρίσκονται στο αριστερό μέρος και άρα σχετίζονται θετικά μεταξύ τους, ενώ αρνητικά σχετίζονται με τις μεταβλητές μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (RH3M), π-κυμένιο, γ-τερπινένιο και καρνοφυλλένιο που βρίσκονται στο δεξί μέρος του γραφήματος. Ως προς τον παράγοντα Π4 τώρα, παρατηρείται ότι η μεταβλητή καρνοφυλλένιο βρίσκεται στο κάτω μέρος του γραφήματος και άρα σχετίζεται αρνητικά με τις μεταβλητές K, ΙΑΚ, Οργανική ουσία και N που βρίσκονται στο επάνω τμήμα του γραφήματος.



Εικόνα 49: Γραφική απεικόνιση των παραγόντων Π1 και Π4 για κάθε μεταβλητή της παραγοντικής ανάλυσης για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου στην *O. hirtum*.

3.3.4.4 *C. capitatus*

3.3.4.4.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Με τη χρήση της παραγοντικής ανάλυσης προσδιορίστηκαν οι αβιοτικοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την % περιεκτικότητα των φυτών *C. capitatus* σε αιθέριο έλαιο. Υπολογίστηκαν οι ιδιοτιμές (eigenvalues) και οι επιβαρύνσεις των παραγόντων (factor loadings) (Πίνακας 47), καθώς και η εταιρικότητα – κοινή διακύμανση (communality) κάθε μεταβλητής (Πίνακας 46). Με βάση το κριτήριο του Kaiser προσδιορίστηκαν πέντε (5) παράγοντες με ιδιοτιμή μεγαλύτερη της μονάδας οι οποίοι εξηγούν το 77,35 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 47) και το 51,0 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης (Πίνακας 46).

Πίνακας 46: Εταιρικότητες (Διακυμάνσεις) που εξηγούν οι παράγοντες της παραγοντικής ανάλυσης για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στο *C. capitatus*.

| Μεταβλητές | Εταιρικότητες (Communalities) |
|-------------------|-------------------------------|
| N | 0,70 |
| Άμμος | 0,83 |
| Άργιλος | 0,71 |
| Οργανική ουσία | 0,84 |
| pH | 0,75 |
| Na | 0,71 |
| K | 0,78 |
| Ca | 0,84 |
| Mg | 0,63 |
| CaCO ₃ | 0,71 |
| ΙΑΚ | 0,91 |
| Υψόμετρο | 0,74 |
| Απόδοση | 0,51 |
| TM6* | 0,97 |
| RH3M* | 0,97 |

*TM6=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για το *C. capitatus*.

*RH3M= H μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για το *C. capitatus*.

Παρατηρείται ότι η απόδοση (%) των φυτών σε αιθέριο έλαιο επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες Π5 και Π2 (Πίνακας 47), οι οποίοι ερμηνεύουν αντίστοιχα το 75,84 % και το 16,13 % της παραλλακτικότητας της απόδοσης, η οποία ερμηνεύεται από τη παραγοντική ανάλυση.

Ο παράγοντας Π5 ερμηνεύει το 11,0 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών, καθώς και το μεγαλύτερο ποσοστό (75,84 %) της παραλλακτικότητας της απόδοσης των φυτών *C. capitatus* σε αιθέριο έλαιο που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 47). Παρατηρείται επιπλέον ότι οι επιβαρύνσεις της απόδοσης και του αζώτου (N), έχουν το ίδιο πρόσημο μεταξύ τους, γεγονός που σημαίνει ότι σχετίζονται θετικά και διαφορετικό πρόσημο με την επιβάρυνση του pH με το οποίο σχετίζονται αρνητικά. Τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις για τον παράγοντα Π5 έχουν το pH, η απόδοση και το ολικό άζωτο (N) (-0,868, 0,622 και 0,568 αντίστοιχα) φανερώνοντας έτσι τη σημασία τους για τον παράγοντα.

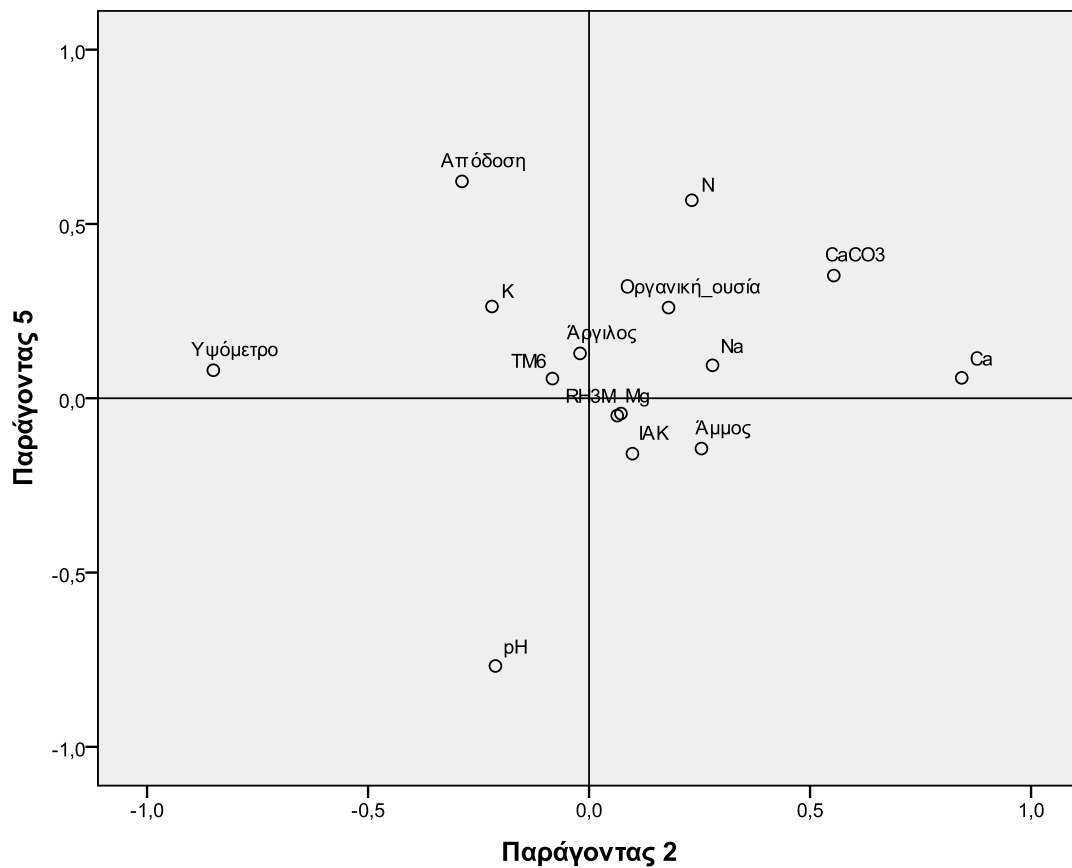
Ένα μικρό ποσοστό της παραλλακτικότητας της απόδοσης που εξηγείται από την ανάλυση (16,13 %) ερμηνεύεται από τον παράγοντα (Π2), ο οποίος ερμηνεύει και το 14,47 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 47). Παρατηρείται ότι η απόδοση φαίνεται να σχετίζεται θετικά με την περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστιο (Ca) και ανθρακικό ασβέστιο CaCO₃, ενώ αρνητικά σχετίζεται με το υψόμετρο. Μικρότερη επίδραση, αλλά πάλι θετική, φαίνεται να έχουν στην απόδοση η περιεκτικότητα σε νάτριο (Na) και το κλάσμα άμμου. Ο παράγοντας Π2 φαίνεται να καθορίζεται από το υψόμετρο, το ασβέστιο (Ca) και το ανθρακικό ασβέστιο CaCO₃, τα οποία παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις (-0,850, 0,843 και 0,554 αντίστοιχα) (Πίνακας 47).

Πίνακας 47: Επιβαρύνσεις^α των επιμέρους παραγόντων σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση^{β,γ}, για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στο *C. caritatus*, στις διάφορες μεταβλητές. Παρατίθενται επίσης οι ιδιοτιμές, καθώς και το σχετικό και το αθροιστικό ποσοστό παραλλακτικότητας.

| | Παράγοντες | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|
| | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 |
| Ιδιοτιμές | 3,86 | 2,17 | 1,99 | 1,94 | 1,65 |
| Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 25,72 | 14,47 | 13,24 | 12,93 | 11,00 |
| Αθροιστικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 25,72 | 40,19 | 53,43 | 66,36 | 77,35 |
| Επιβαρύνσεις των Παραγόντων | | | | | |
| Μεταβλητές | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 |
| ΙΑΚ | ,896 | | | ,265 | |
| Οργανική ουσία | ,857 | | | | ,260 |
| Mg | ,788 | | | | |
| K | ,784 | | | | ,263 |
| Άργιλος | ,657 | | | ,514 | |
| Υψόμετρο | | -,850 | | | |
| Ca | ,308 | ,843 | | | |
| CaCO ₃ | -,251 | ,554 | | -,461 | ,352 |
| RH3M | | | ,977 | | |
| TM6 | | | -,977 | | |
| Na | | ,279 | | ,786 | |
| Άμμος | -,374 | ,254 | | -,768 | |
| pH | | | | -,337 | -,768 |
| Απόδοση | | -,287 | | | ,622 |
| N | ,563 | | | | ,568 |

^α Επιβαρύνσεις μικρότερες από 0,25 παραλήφθησαν. ^β Μέθοδος εξαγωγής πίνακα: PCA, ^γ Μέθοδος περιστροφής: Varimax με κανονικοποίηση του Kaiser. ^δ TM6=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για το *C. caritatus*. ^ε RH3M= Η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για το *C. caritatus*.

Πιο παραστατικά, η σχέση μεταξύ των μεταβλητών παρουσιάζεται στην Εικόνα 50, όπου κάθε μεταβλητή αναπαριστάται με συντεταγμένες τις επιβαρύνσεις των παραγόντων Π5 και Π2, οι οποίοι και εξηγούν το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας της απόδοσης σε αιθέριο έλαιο. Παρατηρείται ότι ως προς τον παράγοντα Π2, οι μεταβλητές απόδοση και υψόμετρο βρίσκονται στο αριστερό μέρος του γραφήματος, γεγονός που φανερώνει θετική σχέση μεταξύ τους και αρνητική σχέση με τις μεταβλητές ασβέστιο (Ca), ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃), νάτριο (Na) και κλάσμα άμμου. Ως προς τον παράγοντα Π5, οι μεταβλητές απόδοση, άζωτο (N), οργανική ουσία και περιεκτικότητα σε κάλιο (K) βρίσκονται στο επάνω τμήμα του γραφήματος και σχετίζονται θετικά μεταξύ τους. Αντίθετα, η μεταβλητή pH βρίσκεται στο κάτω μέρος του γραφήματος και σχετίζεται αρνητικά με την απόδοση σε έλαιο.



Εικόνα 50: Γραφική απεικόνιση των παραγόντων Π2 και Π5 για κάθε μεταβλητή της παραγοντικής ανάλυσης για την απόδοση σε αιθέριο έλαιο στο *C. capitatus*.

3.3.4.4.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου

Από την παραγοντική ανάλυση προσδιορίστηκαν οι αβιοτικοί παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν την % περιεκτικότητα των τεσσάρων κύριων συστατικών του αιθέριου ελαίου, καθώς και οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους. Υπολογίστηκαν οι ιδιοτιμές (eigenvalues) και οι επιβαρύνσεις των παραγόντων (factor loadings) (Πίνακας 49), καθώς και η εταιρικότητα – κοινή διακύμανση (communality) κάθε μεταβλητής (Πίνακας 48). Με βάση το κριτήριο του Kaiser προσδιορίστηκαν έξι (6) παράγοντες, οι οποίοι εξηγούν το 83,45 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 49) και το 94,0 % της παραλλακτικότητας της περιεκτικότητας σε καρβακρόλη, το 88,0 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου, το 76,0 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου και το 68,0 % της παραλλακτικότητας του καρνοφυλλενίου (Πίνακας 48).

Πίνακας 48: Εταιρικότητες (Διακυμάνσεις) που εξηγούν οι παράγοντες της παραγοντικής ανάλυσης για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου στο *C. capitatus*.

| Μεταβλητές | Εταιρικότητες (Communalities) |
|-------------------|-------------------------------|
| N | 0,92 |
| Άμμος | 0,87 |
| Αργίλος | 0,75 |
| Οργανική ουσία | 0,90 |
| pH | 0,89 |
| Na | 0,79 |
| K | 0,81 |
| Ca | 0,82 |
| Mg | 0,78 |
| CaCO ₃ | 0,83 |
| ΙΑΚ | 0,89 |
| Υψόμετρο | 0,76 |
| π-κυμένιο | 0,88 |
| γ-τερπινένιο | 0,76 |
| καρβακρόλη | 0,94 |
| καρνοφυλλένιο | 0,68 |
| TM6* | 0,85 |
| RH3M* | 0,90 |

*TM6=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για το *C. capitatus*.

*RH3M= Η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για το *C. capitatus*.

Παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη, π-κυμένιο και γ-τερπινένιο φαίνεται να επηρεάζεται αποκλειστικά από τον παράγοντα Π1, ο οποίος ερμηνεύει το 97,42 %, το 93,68 % και το 82,73 % αντίστοιχως, της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης, του π-κυμενίου και του γ-τερπινενίου που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 49). Η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρνοφυλλένιο φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες Π1, Π3 και Π5 οι οποίοι ερμηνεύουν αντίστοιχως το 43,51 %, το 31,38 % και το 22,25 % της παραλλακτικότητας του καρνοφυλλενίου που ερμηνεύεται από την ανάλυση (Πίνακας 49). Πρέπει να επισημανθεί ότι παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και για τα κύρια συστατικά της *O. hirtum* με τον παράγοντα Π1 (Πίνακας 45) να ερμηνεύει πάλι την παραλλακτικότητα στα κύρια συστατικά.

Πιο συγκεκριμένα, ο παράγοντας Π1 (Πίνακας 49) εξηγεί το 24,92 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας, το 97,42 % της παραλλακτικότητας της καρβακρόλης, το 93,68 % της παραλλακτικότητας του π-κυμενίου, το 82,73 % της παραλλακτικότητας του γ-τερπινενίου και το 43,51 % της παραλλακτικότητας του καρνοφυλλενίου (παραλλακτικότητα που εξηγείται από την ανάλυση). Από τις επιβαρύνσεις των μεταβλητών για τον παράγοντα Π1, προκύπτει ότι η % περιεκτικότητα σε καρβακρόλη φαίνεται να σχετίζεται θετικά με την μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM6) και αρνητικά με την μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (RH3M), ενώ αντίθετα οι περιεκτικότητες των υπολοίπων κύριων συστατικών σχετίζονται αρνητικά με τη μέση

θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM6) και θετικά με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (RH3M). Ο παράγοντας Π1 φαίνεται να επηρεάζεται αποκλειστικά από τα συστατικά του ελαίου, τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM6) τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (RH3M), αφού οι μεταβλητές αυτές παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις (Πίνακας 49).

Το καρυφυλλένιο είναι το μόνο συστατικό το οποίο φαίνεται να επηρεάζεται και από δύο άλλους παράγοντες, τον Π3 και τον Π5 (Πίνακας 49). Ο παράγοντας Π3 ερμηνεύει το 12,59 % της συνολικής παραλλακτικότητας και το 31,38 % της παραλλακτικότητας του καρυφυλλενίου που εξηγείται από την παραγοντική ανάλυση. Από τις επιβαρύνσεις των μεταβλητών για τον παράγοντα Π3, προκύπτει ότι η % περιεκτικότητα σε καρυφυλλένιο φαίνεται να σχετίζεται αρνητικά με το υψόμετρο και θετικά με την περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστιο (Ca), νάτριο (Na) και ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), καθώς και με το κλάσμα της άμμου. Σημαντικότερο ρόλο φαίνεται να έχουν το υψόμετρο και η περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστιο (Ca), αφού έχουν τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις για τον παράγοντα (-0,860 και 0,823 αντίστοιχα) (Πίνακας 49).

Επιπλέον, ένα μικρό ποσοστό (22,25 %) της παραλλακτικότητας του καρυφυλλενίου που εξηγείται από την ανάλυση ερμηνεύεται από τον παράγοντα Π5 ο οποίος ερμηνεύει επίσης το 8,67 % της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών μας (Πίνακας 49). Από τις επιβαρύνσεις των μεταβλητών για τον παράγοντα Π5, φαίνεται ότι η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρυφυλλένιο σχετίζεται αρνητικά με το ολικό άζωτο και την οργανική ουσία του εδάφους, καθώς και την περιεκτικότητα του σε κάλιο. Τις μεγαλύτερες επιβαρύνσεις και άρα και τη μεγαλύτερη επίδραση έχουν το ολικό άζωτο και η οργανική ουσία (0,869 και 0,622 αντίστοιχα) (Πίνακας 49).

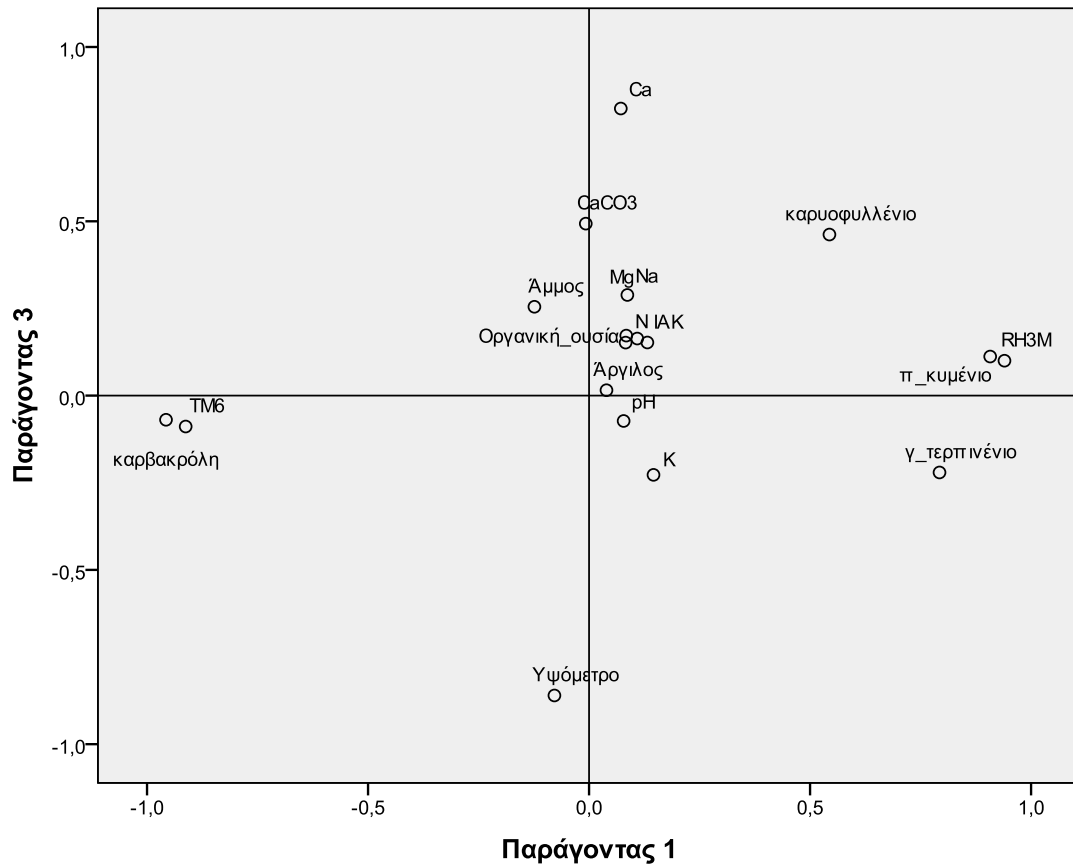
Πίνακας 49: Επιβαρύνσεις^α των επιμέρους παραγόντων σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση^{β,γ}, για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου στο *C. capitatus*, στις διάφορες μεταβλητές. Παρατίθενται επίσης οι ιδιοτιμές, τα σχετικό και το αθροιστικό ποσοστό παραλλακτικότητας.

| | Παράγοντες | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| Ιδιοτιμές | 4,49 | 3,70 | 2,27 | 1,66 | 1,56 | 1,35 |
| Σχετικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 24,92 | 20,54 | 12,59 | 9,21 | 8,66 | 7,53 |
| Αθροιστικό Ποσοστό Παραλλακτικότητας | 24,92 | 45,46 | 58,05 | 67,26 | 75,92 | 83,45 |
| Επιβαρύνσεις των Παραγόντων | | | | | | |
| Μεταβλητές | Π1 | Π2 | Π3 | Π4 | Π5 | Π6 |
| καρβακρόλη | -,957 | | | | | |
| RH3M | ,940 | | | | | |
| TM6 | -,913 | | | | | |
| π-κυμένιο | ,907 | | | | | |
| γ-τερπινένιο | ,793 | | | | | |
| καρνοφυλλένιο | ,544 | | ,462 | | -,389 | |
| IAK | | ,839 | | | | |
| Mg | | ,839 | | | | |
| K | | ,787 | | | ,285 | |
| Άργιλος | | ,751 | | ,376 | | |
| Οργανική ουσία | | ,687 | | | ,622 | |
| Υψόμετρο | | | -,860 | | | |
| Ca | | ,258 | ,823 | | | |
| Na | | | ,289 | ,824 | | |
| Άμμος | | -,561 | ,255 | -,616 | | ,288 |
| CaCO ₃ | | | ,493 | -,564 | | -,463 |
| N | | ,302 | | | ,869 | |
| pH | | | | | | ,899 |

^α Επιβαρύνσεις μικρότερες από 0,25 παραλήφθησαν. ^β Μέθοδος εξαγωγής πίνακα: PCA, ^γ Μέθοδος περιστροφής: Varimax με κανονικοποίηση του Kaiser. ^δ TM6=H μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή για το *C. capitatus*. ^ε RH3M= H μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για το *C. capitatus*.

Πιο παραστατικά, η σχέση μεταξύ των μεταβλητών παρουσιάζεται στην Εικόνα 51, όπου κάθε μεταβλητή αναπαριστάται με συντεταγμένες τις επιβαρύνσεις των παραγόντων Π1 και Π3, οι οποίοι και εξηγούν το μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας των συστατικών του αιθέριου ελαίου. Παρατηρείται ότι ως προς τον παράγοντα Π1 οι μεταβλητές καρβακρόλη και μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή (TM6) βρίσκονται στο αριστερό μέρος και άρα σχετίζονται θετικά μεταξύ τους, ενώ αρνητικά σχετίζονται με τις μεταβλητές μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή (RH3M), π-κυμένιο, γ-τερπινένιο και καρνοφυλλένιο που βρίσκονται στο δεξί μέρος του γραφήματος. Ως προς τον παράγοντα Π3 τώρα παρατηρείται ότι η μεταβλητή καρνοφυλλένιο βρίσκεται στο

επάνω μέρος του γραφήματος, όπως και η περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστιο (Ca), νάτριο (Na) και ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃), καθώς και το κλάσμα άμμου και άρα σχετίζονται θετικά μεταξύ τους. Αντίθετα, η μεταβλητή υψόμετρο βρίσκεται στο κάτω μέρος του γραφήματος φανερώνοντας αρνητική σχέση με το καρνοφυλλένιο.



Εικόνα 51: Γραφική απεικόνιση των παραγόντων Π1 και Π3 για κάθε μεταβλητή της παραγοντικής ανάλυσης για την σύσταση του αιθέριου ελαίου για το *C. capitatus*..

3.3.5 Συζήτηση

3.3.5.1 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Παρατηρήθηκε ότι όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο, αυτή δε συσχετίστηκε με καμία από τις εδαφικές παραμέτρους ούτε και με το υψόμετρο, για κανένα από τα τέσσερα είδη. Σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση όμως, παρατηρήθηκε σχέση της περιεκτικότητας των φυτών σε έλαιο με τις εδαφικές παραμέτρους και το υψόμετρο. Πιο αναλυτικά, το ολικό άζωτο φαίνεται να σχετίστηκε θετικά με το ποσοστό του αιθέριου ελαίου στο *S. thymbra* και στο *C. capitatus* και αρνητικά στην *O. hirtum*, ενώ στην *O. onites* δεν είχε καμία επίδραση. Το διαθέσιμο νάτριο σχετίστηκε αρνητικά με το ποσοστό του ελαίου στο *S. thymbra*, στην *O. onites* και στο *C. capitatus*, ενώ δεν είχε καμία επίδραση στην *O. hirtum*. Το κλάσμα άμμου σχετίστηκε θετικά με τη συγκέντρωση του ελαίου του *S. thymbra* και αρνητικά με το ποσοστό του ελαίου στην *O. onites* και στο *C. capitatus*, ενώ δεν είχε καμία επίδραση στην *O. hirtum*. Το pH φαίνεται να σχετίστηκε αρνητικά με την περιεκτικότητα των *S. thymbra*, *O. hirtum* και *C. capitatus* σε έλαιο, ενώ δεν παρουσίασε καμία επίδραση στην *O. onites*. Η οργανική ουσία σχετίστηκε θετικά με την περιεκτικότητα σε έλαιο των *S. thymbra* και *C. capitatus*, χωρίς να επηρεάζει τη συγκέντρωση του ελαίου των άλλων δύο ειδών. Το υψόμετρο σχετίστηκε θετικά με την περιεκτικότητα του ελαίου στα *O. hirtum* και *C. capitatus*, χωρίς να επηρεάζει τη συγκέντρωση του ελαίου των άλλων δύο ειδών. Το ανθρακικό ασβέστιο φαίνεται να σχετίστηκε θετικά με την περιεκτικότητα σε έλαιο της *O. hirtum* και αρνητικά με την περιεκτικότητα σε έλαιο των *S. thymbra* και *C. capitatus*, ενώ δεν είχε καμία επίδραση στην *O. onites*. Το διαθέσιμο ασβέστιο φαίνεται να σχετίστηκε αρνητικά με την περιεκτικότητα σε έλαιο του *C. capitatus* και του *S. thymbra*, ενώ δεν παρουσίασε κάποια σχέση με τα άλλα είδη. Τέλος το διαθέσιμο κάλιο σχετίστηκε θετικά με το ποσοστό του ελαίου στο *C. capitatus* και στο *S. thymbra*, ενώ δεν είχε κάποια επίδραση στα άλλα είδη. Το διαθέσιμο μαγνήσιο σχετίστηκε αρνητικά με το ποσοστό του ελαίου στην *O. hirtum* χωρίς να επιδρά στα άλλα είδη.

Αναφέρεται ότι ο συνδυασμός άρδευσης φυτών *Origanum vulgare* L. στο 80 % της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας και η αζωτούχος λίπανση τους με 1,2 g/γλάστρα αύξησε την % περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέριο έλαιο (Said-Al Ahl *et al.*, 2009a). Οι Omidbaigi & Arjmandi (2002) αναφέρουν ότι λίπανση με άζωτο και φώσφορο σε φυτά *Thymus vulgaris* επηρέασε σημαντικά την % περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο. Επιπλέον, σε μελέτη σε φυτά *Origanum syriacum* η αζωτούχος λίπανση με πάνω από 2g/γλάστρα μείωσε σημαντικά την περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο (Omer, 1999). Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και για το *Rosmarinus officinalis* (Boyle *et al.*, 1991). Η χρήση πλήρους λιπάσματος 1500 mg/φυτό αύξησε την % περιεκτικότητα του *Satureja hortensis* σε αιθέριο έλαιο (Alizadeh *et al.*, 2010), ενώ και η διαφυλλική λίπανση με κάλιο επηρέασε θετικά τη συγκέντρωση του αιθέριου ελαίου σε φυτά *Origanum vulgare* (Said-Al Ahl *et al.*, 2009b).

Από την άλλη πλευρά, η αζωτούχος λίπανση δεν είχε καμία επίδραση στην περιεκτικότητα φυτών *Origanum hirtum* σε αιθέριο έλαιο (Sotiropoulou and Karamanos, 2010), ενώ και η περιεκτικότητα σε έλαιο φυτών *Thymus vulgaris* δεν επηρεάστηκε από τη λίπανση με πλήρες λίπασμα (Shalaby & Razin, 1992). Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και από τους Baranauskiene et al. (2003) οι οποίοι αναφέρουν ότι η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων σε φυτά *Thymus vulgaris* δεν επηρέασε την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο, ενώ η λίπανση του *Pogostemon cablin* (Πατσουλί) με διάφορες δόσεις αζώτου και καλίου δεν είχε καμία επίδραση στην περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέριο έλαιο (Singh and Rao, 2009). Η λίπανση φυτών *Origanum hirtum* με ασβέστιο και μαγνήσιο δεν επηρέασε την % περιεκτικότητα των φυτών σε αιθέριο έλαιο (Dordas, 2009).

Η περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο δε σχετίστηκε ούτε με τις κλιματικές παραμέτρους, με εξαίρεση την *O. hirtum*, για την οποία η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο συσχετίστηκε αρνητικά με τη μέση ετήσια θερμοκρασία και τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή της, ενώ θετικά συσχετίστηκε με την ετήσια βροχόπτωση. Από την παραγοντική ανάλυση, από την άλλη πλευρά, προέκυψε ότι η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των ειδών σε έλαιο δε σχετίστηκε με τα κλιματικά δεδομένα, εκτός από την περίπτωση της *O. onites*, όπου η μέση σχετική υγρασία του μήνα συγκομιδής φαίνεται να σχετίζεται θετικά με το ποσοστό του αιθέριου ελαίου.

Σύμφωνα με τους Sangwan et al. (2001), κλιματικοί παράγοντες, όπως η ατμοσφαιρική θερμοκρασία και η βροχόπτωση, επηρεάζουν τη συγκέντρωση του ελαίου στα φυτά, καθώς και τη σύσταση αυτού. Αύξηση της θερμοκρασίας προκάλεσε μείωση της συγκέντρωσης του ελαίου σε φυτά *Pelargonium* spp. (γεράνι) και αύξηση της κίτρινολης στο έλαιο (Prakasa Rao et al., 1995). Αναφέρεται ότι μέτρια υδατική καταπόνηση σε φυτά *Origanum vulgare* L. (60% της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας) προώθησε την παραγωγή αιθέριων ελαίων, ενώ έντονη υδατική καταπόνηση (40 % της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας) μείωσε τη βιοσύνθεση τους (Said-Al Ahl et al., 2009a). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και από τους Singh et al. (1997) και Fatima et al. (2000). Μέτρια υδατική καταπόνηση αύξησε και την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα φυτών *Salvia officinalis* σε αιθέριο έλαιο, καθώς και το ποσοστό των κύριων συστατικών του (Bettaieb et al., 2009). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και σε καλλιεργούμενα φυτά *Lippia berlandieri* (Dunford and Vasquez, 2005). Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο φυτών *Satureja hortensis* αυξήθηκε σημαντικά κάτω από έντονη υδατική καταπόνηση κατά την άνθιση (mean leaf water potential from -0,5 to -1,6 MPa) (Baher et al., 2002).

3.3.5.2 Σύσταση του αιθέριου ελαίου

Η περιεκτικότητα του ελαίου του *S. thymbra* σε καρβακρόλη συσχετίστηκε θετικά με το διαθέσιμο νάτριο, το κάλιο και το υψόμετρο, ενώ αρνητικά συσχετίστηκε με το ολικό άζωτο και το κλάσμα άμμου. Στα υπόλοιπα είδη η καρβακρόλη δε συσχετίστηκε με καμία εδαφική παράμετρο, ούτε με το υψόμετρο.

Το π-κυμένιο και το γ-τερπινένιο συσχετίστηκαν θετικά στο *C. capitatus* με την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, με το γ-τερπινένιο να συσχετίζεται επιπλέον θετικά με το διαθέσιμο κάλιο. Στην *O. hirtum* η περιεκτικότητα του γ-τερπινενίου στο έλαιο σχετίστηκε θετικά με το ανταλλάξιμο μαγνήσιο. Τα π-κυμένιο και γ-τερπινένιο στα άλλα είδη δε φαίνεται να επηρεάστηκαν από τις διάφορες παραμέτρους.

Τέλος, το καρνοφυλλένιο στο *S. thymbra* συσχετίστηκε θετικά με το ποσοστό αργίλου και αρνητικά με το ανθρακικό ασβέστιο, ενώ στο *C. capitatus* σχετίστηκε θετικά με το ανταλλάξιμο ασβέστιο.

Η παραγοντική ανάλυση (Factor analysis), από την άλλη πλευρά, έδειξε ότι όσον αφορά στο ποσοστό της καρβακρόλης στο *S. thymbra*, αυτό φαίνεται να επηρεάστηκε θετικά από το κάλιο, το νάτριο, το μαγνήσιο και την ΙΑΚ και αρνητικά από το κλάσμα άμμου, το pH και το ολικό άζωτο. Για τα άλλα τρία είδη δεν υπήρχε καμία επίδραση στο ποσοστό της καρβακρόλης.

Το ποσοστό του π-κυμενίου δε φαίνεται να επηρεάστηκε από καμία από τις υπό μελέτη παραμέτρους και για κανένα από τα υπό μελέτη είδη. Το ποσοστό του γ-τερπινενίου στο *S. thymbra* επηρεάστηκε θετικά από το κλάσμα άμμου και αρνητικά από το υψόμετρο, ενώ στην *O. onites* επηρεάστηκε θετικά από το υψόμετρο και το ανθρακικό ασβέστιο και αρνητικά από το ολικό άζωτο, την οργανική ουσία και την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Στα άλλα δύο είδη το ποσοστό του γ-τερπινενίου δε φαίνεται να επηρεάστηκε από κάποια από τις παραμέτρους.

Η περιεκτικότητα του καρνοφυλλενίου στο έλαιο του *S. thymbra* φαίνεται να σχετίστηκε θετικά με το διαθέσιμο κάλιο, το υψόμετρο, το κλάσμα αργίλου, το ολικό άζωτο και την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αρνητικά με το κλάσμα άμμου, το διαθέσιμο ασβέστιο, το ανθρακικό ασβέστιο και το pH. Στην *O. hirtum* το καρνοφυλλένιο σχετίστηκε αρνητικά με το διαθέσιμο κάλιο, το ολικό άζωτο, την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και την οργανική ουσία, ενώ στο *C. capitatus* σχετίστηκε αρνητικά με το υψόμετρο, το ολικό άζωτο, την οργανική ουσία και το διαθέσιμο κάλιο και θετικά με το διαθέσιμο ασβέστιο, το ανθρακικό ασβέστιο, το διαθέσιμο νάτριο και το κλάσμα άμμου.

Οι φαινόλες (καρβακρόλη-θυμόλη) σχηματίζουν υδατοδιαλυτά άλατα με αλκαλικά μέταλλα, τα οποία μπορούν να εξαχθούν από τα αιθέρια έλαια με διαλυτά αλκαλικά υδροξείδια. Αυτή η ιδιότητα θα έπρεπε να εξεταστεί σε σχέση με τη μεταφορά ιόντων στα φυτά. Η συγκέντρωση φαινολών στα φυτά θα μπορούσε να συσχετιστεί με την περιεκτικότητα των ιόντων στο έδαφος (Martonfi *et al.*, 1994). Ως σημαντικός παράγοντας για τη σύσταση του αιθέριου ελαίου αναφέρονται τα ιχνοστοιχεία, καθώς είναι γνωστό ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των φυτών (Bonner & Varner, 1975). Είναι επιπλέον γνωστό ότι το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο επηρεάζουν την ανάπτυξη και τη σύνθεση του αιθέριου ελαίου στα φαρμακευτικά φυτά. Αυτά τα στοιχεία επηρεάζουν τα επίπεδα ενζύμων, τα οποία

είναι σημαντικά στη βιοσύνθεση τερπενοειδών, όπως η καρβακρόλη (Sell, 2003). Επίσης, αναφέρεται ότι η συχνότητα εμφάνισης χημειοτύπων τύπου καρβακρόλης σχετίστηκε αρνητικά με την περιεκτικότητα του εδάφους σε ολικό άζωτο και σε ανθρακικό ασβέστιο (Martonfi *et al.*, 1994).

Σε μελέτη σε φυτά *Thymus kotschyanus* αναφέρεται ότι το ποσοστό της θυμόλης στο έλαιο εξαρτάται από το υψόμετρο της περιοχής, το ποσοστό της οργανικής ουσίας, την απορρόφηση Na, το ολικό άζωτο και το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου. Συγκεκριμένα, υπήρχε γραμμική θετική συσχέτιση με το υψόμετρο της περιοχής, το ποσοστό της οργανικής ουσίας, την απορρόφηση Na και αρνητική σχέση με το άζωτο και το ανθρακικό ασβέστιο (Aminzadeh *et al.*, 2010). Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με αυτά της παρούσας μελέτης όσον αφορά στην επίδραση του υψομέτρου, του Na και του ολικού αζώτου στο ποσοστό της καρβακρόλης (ισομερές της θυμόλης) στο έλαιο του *S. thymbra*. Η λίπανση του *Satureja hortensis* με πλήρες λίπασμα (0-500-1000-1500mg/φυτό) επηρέασε το ποσοστό στο έλαιο κάποιων συστατικών, όπως η καρβακρόλη, το γ-τερπινένιο και το α-τερπινένιο. Συγκεκριμένα, μειώθηκε το ποσοστό της καρβακρόλης, ενώ αυξήθηκε το ποσοστό του α-τερπινενίου (Alizadeh *et al.*, 2010). Επίσης, η αζωτούχος λίπανση επηρέασε τη σύσταση του αιθέριου ελαίου σε φυτά *Origanum syriacum*, αυξάνοντας το ποσοστό της θυμόλης και της καρβακρόλης με μια στιγμιαία μείωση του ποσοστού του γ-τερπινενίου και του π-κυμενίου (Omer, 1999). Τέλος, η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου του *Thymus transpcaspicus* σε θυμόλη σχετίστηκε θετικά με την οργανική ουσία, το νάτριο, το κάλιο, το μαγνήσιο και το κάδμιο του εδάφους (Tabrizi *et al.*, 2010). Σε μελέτη στα φυτά *Rosmarinus officinalis* και *Pinus halepensis* παρατηρήθηκε ότι τα N, P, Ca²⁺ και τα N, P, K⁺ και Ca²⁺ αντίστοιχα επηρεάζουν θετικά την παραγωγή μονοτερπενίων (γ-τερπινένιο) (Ormeno *et al.*, 2006)

Από την άλλη πλευρά, αναφέρεται ότι η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων σε φυτά *Thymus vulgaris* (Baranauskiene *et al.*, 2002) και *Origanum vulgare* (Azizi *et al.*, 2009) δεν επηρέασε την εκατοστιαία (%) σύσταση αυτού. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και από τους Omidbaigi & Arjmandi (2002), οι οποίοι αναφέρουν ότι λίπανση με άζωτο και φώσφορο σε φυτά *Thymus vulgaris* δεν είχε καμία επίδραση στην περιεκτικότητα αυτού σε θυμόλη.

Οι διακυμάνσεις από έτος σε έτος στην εκατοστιαία (%) σύσταση του αιθέριου ελαίου για κάθε είδος μπόρεσαν να ερμηνευτούν με τη βοήθεια των κλιματικών παραμέτρων.

Συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους και η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους φαίνεται να επηρέασαν θετικά το ποσοστό της καρβακρόλης σε όλα τα είδη. Η μέση ετήσια θερμοκρασία για κάθε είδος σχετίστηκε θετικά με την καρβακρόλη μόνο στο *S. thymbra* και στην *O. onites*. Από την άλλη πλευρά, το ποσοστό της καρβακρόλης συσχετίστηκε αρνητικά με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους για όλα τα είδη και με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους για όλα τα είδη εκτός του *S. thymbra*. Αρνητικά επηρέασαν το ποσοστό της καρβακρόλης η μέση βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum* και η μέση βροχόπτωση των τριών τελευταίων

μηνών πριν τη συγκομιδή για την *O. onites* και το *S. thymbra*. Τέλος, αρνητικά συσχετίστηκε το ποσοστό της καρβακρόλης στην *O. onites* και στο *C. capitatus* με την ετήσια βροχόπτωση για κάθε είδος.

Το ποσοστό του π-κυμενίου συσχετίστηκε θετικά με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους για όλα τα είδη. Θετικά συσχετίστηκε το ποσοστό του π-κυμενίου όλων των ειδών, εκτός της *O. onites* και με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Επιπλέον, θετικά επηρέασαν το π-κυμένιο στο *S. thymbra* η βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή του και στο *C. capitatus* η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή του. Αντίθετα, η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους επηρέασε αρνητικά το ποσοστό του π-κυμενίου σε όλα τα είδη εκτός από την *O. onites*, ενώ η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους επηρέασε αρνητικά το ποσοστό του π-κυμενίου σε όλα τα είδη εκτός της *O. hirtum*. Αρνητικά επηρέασε το ποσοστό του π-κυμενίου, μόνο στο *S. thymbra*, η μέση ετήσια θερμοκρασία του βιολογικού του κύκλου.

Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους και η μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους, συσχετίστηκαν θετικά με το ποσοστό του γ-τερπινενίου στο *S. thymbra* και αρνητικά με το ποσοστό του γ-τερπινενίου στην *O. hirtum* και στο *C. capitatus*. Αντίθετα, η μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους επηρέασε το γ-τερπινένιο αρνητικά στο *S. thymbra* και θετικά στην *O. hirtum* και στο *C. capitatus*. Η μέση σχετική υγρασία και η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή, καθώς και η βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή, επηρέασαν αρνητικά το γ-τερπινένιο μόνο στο *S. thymbra*. Η βροχόπτωση κατά το βιολογικό κύκλο κάθε είδους, επηρέασε θετικά το γ-τερπινένιο στο *C. capitatus* και αρνητικά στο *S. thymbra*. Πρέπει να τονισθεί ότι το ποσοστό του γ-τερπινενίου στο έλαιο της *O. onites* δε συσχετίστηκε με καμία μεταβλητή.

Τέλος, το ποσοστό του καρυοφυλλενίου σε όλα τα είδη εκτός του *S. thymbra* συσχετίστηκε αρνητικά με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Αρνητικά συσχετίστηκε επίσης το καρυοφυλλένιο σε όλα τα είδη με τη μέση ετήσια θερμοκρασία κατά το βιολογικό κύκλο κάθε είδους και με τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους για την *O. hirtum* και το *C. capitatus*. Αντίθετα, το καρυοφυλλένιο σχετίστηκε θετικά σε όλα τα είδη με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους και με την ετήσια βροχόπτωση για κάθε είδος. Η βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή και η βροχόπτωση των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή επηρέασαν θετικά το ποσοστό του καρυοφυλλενίου στο *S. thymbra* και στην *O. onites* αντίστοιχα.

Τα παραπάνω αποτελέσματα επαληθεύτηκαν και από την παραγοντική ανάλυση. Το ποσοστό της καρβακρόλης φαίνεται να σχετίστηκε αρνητικά με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή στο *S. thymbra* και την *O. onites* και με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum* και το *C. capitatus*. Αντίθετα, το ποσοστό της καρβακρόλης σχετίστηκε θετικά σε όλα τα είδη με τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους.

Το ποσοστό του π-κυμενίου φαίνεται να εξαρτάται αποκλειστικά από τα κλιματικά δεδομένα. Συγκεκριμένα, το π-κυμένιο σε όλα τα είδη εκτός της *O. onites* επηρεάστηκε αρνητικά από τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Αντίθετα, θετικά σχετίστηκε το π-κυμένιο με τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή στο *S. thymbra* και την *O. onites* και με τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή για την *O. hirtum* και το *C. capitatus*.

Όσον αφορά στο ποσοστό του γ-τερπινενίου στο αιθέριο έλαιο, αυτό φαίνεται να επηρεάστηκε αρνητικά από τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή στην *O. hirtum* και το *C. capitatus* και θετικά στο *S. thymbra*. Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή δεν είχε καμία επίδραση στην *O. onites*. Θετικά φαίνεται να επηρεάστηκε το γ-τερπινένιο στην *O. hirtum* και το *C. capitatus* από τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή επηρέασε θετικά την συγκέντρωση του γ-τερπινενίου στην *O. onites* και αρνητικά στο *S. thymbra*.

Τέλος, το ποσοστό του καρυοφυλλενίου σε όλα τα είδη, εκτός του *S. thymbra*, επηρεάστηκε αρνητικά από τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Θετικά φαίνεται να επηρεάστηκε το καρυοφυλλένιο από τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή στην *O. onites* και από τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους στην *O. hirtum* και το *C. capitatus*.

Οι Gouyon et al. (1986) υποστήριζαν ότι, όταν το *T. vulgaris* βρισκόταν σε ξηρά οικοσυστήματα (Home environment), εξέφραζε τους πιο σύνθετους χημειότυπους (θυμόλης – καρβακρόλης) και παρουσίαζε μικρή γενετική παραλλακτικότητα. Αντίθετα, όταν αναπτυσσόταν σε λιγότερο ευνοϊκά περιβάλλοντα (π.χ μεγαλύτερη υγρασία), υπήρχε μεγαλύτερη γενετική παραλλακτικότητα και εμφανίζονταν και άλλοι χημειότυποι. Επιπλέον, οι Tucker & Maciarelllo (1994) αναφέρουν ότι η διάρκεια της ημέρας, η θερμοκρασία και η υδατική καταπόνηση επηρεάζουν τη σύσταση του αιθέριου ελαίου φυτών ρίγανης. Οι ετήσιες διακυμάνσεις των κυρίων συστατικών των αιθέριων ελαίων θα μπορούσαν να αποδοθούν στις διακυμάνσεις των κλιματικών παραμέτρων, με το ποσοστό της καρβακρόλης να παίρνει τις μέγιστες τιμές του κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Toncer et al., 2010; Soliman et al., 2007). Σε φυτά μέντας (*Mentha piperita* L.) παρατηρήθηκε ότι οι μικρές και ψυχρές νύχτες με πλήρη ένταση φωτός κατά την ημέρα επηρέασαν την εκατοστιαία (%) σύσταση των μονοτερπενίων (Burbott & Loomis, 1967).

Οι Said-Al Ahl et al. (2009a) αναφέρουν ότι τα φαινολικά συστατικά (καρβακρόλη-θυμόλη) αυξάνονται τις θερμές περιόδους σε βάρος των πρόδρομων ουσιών τους (π-κυμένιο, γ-τερπινένιο). Συγκεκριμένα, το ποσοστό της καρβακρόλης σε μελέτη σε φυτά *Origanum vulgare* L. ήταν υψηλότερο τη δεύτερη χρόνια, η οποία ήταν και η πιο θερμή. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται για φυτά *Thymus Serpyllodes* στην Ισπανία (Arrebola, 1992), για φυτά *Origanum syriacum* (Omer et al., 1998), για φυτά *Majorana hortensis* (Omer et al., 1994), για φυτά *Thymus vulgaris* (Razin et al., 1993) και για διάφορα αρωματικά φυτά (Piccaglia & Marotti, 1993). Αυτή η αύξηση της καρβακρόλης πιθανόν να ερμηνεύεται από το γεγονός ότι

οι ξηροθερμικές συνθήκες ευνοούν το μετασχηματισμό του γ-τερπινενίου και του π-κυμενίου σε φαινολικά συστατικά (Said-Al Ahl *et al.*, 2009a).

Το ποσοστό της καρβακρόλης του αιθέριου ελαίου φυτών *Satureja hortensis* αυξήθηκε κάτω από μέτριο υδατικό στρες, ενώ το γ-τερπινένιο μειώθηκε κάτω από τις ίδιες συνθήκες (Baher *et al.*, 2002). Μέτριο υδατικό στρες αύξησε το ποσοστό των κύριων συστατικών του ελαίου της *Salvia officinalis* (Bettaieb *et al.*, 2009). Από την άλλη πλευρά το νερό που λήφθηκε από φυτά *Lippia berlandieri* (Μεξικάνικη ρίγανη) δεν είχε σημαντική επίδραση στο ποσοστό της θυμόλης και της καρβακρόλης (Dunford & Vasquez, 2005; Vazquez & Dunford, 2005), ενώ και σε μελέτη σε φυτά *Origanum vulgare* η σύσταση του αιθέριου ελαίου δεν επηρεάστηκε από την υδατική καταπόνηση (Azizi *et al.*, 2009).

3.3.6 Συμπεράσματα

- Η επίδραση των εδαφικών παραγόντων τόσο στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο όσο και στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των διάφορων συστατικών στο αιθέριο έλαιο φαίνεται ότι ήταν μικρή, αλλά με εμφάνιση συνεργισμού μεταξύ των παραγόντων.
- Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα και για την επίδραση των κλιματικών παραμέτρων στην περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο.
- Αντίθετα, η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των κύριων συστατικών του αιθέριου ελαίου φαίνεται να επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές παραμέτρους. Το ποσοστό της καρβακρόλης σε όλα τα είδη επηρεάστηκε θετικά από τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή και τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Αντίθετα, αρνητικά επηρεάστηκε από τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή και από τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους.

3.4 Αξιολόγηση της προσαρμοστικότητας αυτοφύων βιοτύπων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών τύπου καρβακρόλης (*S. thymbra* L., *O. onites* L., *O. hirtum* Link και *C. capitatus* L.) σε συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας σε δυο διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές.

3.4.1 Κλιματικές παράμετροι για τις περιοχές των πειραματικών αγρών

Στον Πίνακα 50 παρατίθενται η μέση θερμοκρασία, η μέση σχετική υγρασία και η βροχόπτωση στις περιοχές των πειραματικών αγρών (Αρέθουσα Ικαρίας και Αγρός ΓΠΑ στην Αθήνα). Παρατηρείται ότι οι συνθήκες στους αγρούς είναι παραπλήσιες, με την περιοχή της Ικαρίας όμως να παρουσιάζει σχεδόν όλους τους μήνες μεγαλύτερη μέση σχετική υγρασία και βροχόπτωση, ενώ η περιοχή της Αθήνας να έχει μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και μικρότερη κατά τους χειμερινούς.

Πίνακας 50: Μετεωρολογικά δεδομένα για τις περιοχές των πειραματικών αγρών. Παρατίθενται η μέση θερμοκρασία, η μέση σχετική υγρασία και η βροχόπτωση.

| | Μέση Σχετική Υγρασία (%) | | Μέση Θερμοκρασία (°C) | | Βροχόπτωση (mm) | |
|------------------|--------------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------|--------|
| | ΑΘΗΝΑ | ΙΚΑΡΙΑ | ΑΘΗΝΑ | ΙΚΑΡΙΑ | ΑΘΗΝΑ | ΙΚΑΡΙΑ |
| Απρίλιος 2009 | 64,9 | 69,5 | 15,9 | 15,8 | 28,2 | 39,3 |
| Μάιος 2009 | 57,4 | 65,6 | 20,8 | 19,9 | 0,0 | 1,5 |
| Ιούνιος 2009 | 49,4 | 62,7 | 25,6 | 23,7 | 0,0 | 0,0 |
| Ιούλιος 2009 | 48,6 | 63,2 | 28,7 | 26,5 | 1,4 | 0,0 |
| Αύγουστος 2009 | 42,4 | 69,0 | 28,1 | 24,6 | 17,9 | 0,0 |
| Σεπτέμβριος 2009 | 61,4 | 68,4 | 23,0 | 22,3 | 48,1 | 11,2 |
| Οκτώβριος 2009 | 69,5 | 71,2 | 19,8 | 20,6 | 53,7 | 70,7 |
| Νοέμβριος 2009 | 75,1 | 69,9 | 15,2 | 17,0 | 22,3 | 83,6 |
| Δεκέμβριος 2009 | 76,7 | 73,6 | 13,9 | 15,0 | 78,4 | 135,4 |
| Ιανουάριος 2010 | 70,1 | 71,2 | 11,3 | 12,3 | 31,2 | 151,9 |
| Φεβρουάριος 2010 | 68,2 | 68,3 | 12,8 | 13,6 | 36,1 | 151,7 |
| Μάρτιος 2010 | 66,0 | 63,8 | 13,5 | 14,4 | 8,3 | 9,8 |
| Απρίλιος 2010 | 56,3 | 66,2 | 21,6 | 16,8 | 0,6 | 19,4 |
| Μάιος 2010 | 60,5 | 62,9 | 20,7 | 20,4 | 21,3 | 13,2 |
| Ιούνιος 2010 | 58,6 | 66,5 | 25,2 | 23,7 | 11,4 | 13,8 |
| Ιούλιος 2010 | 51,4 | 67,2 | 28,7 | 26,3 | 0,0 | 0,0 |

3.4.2 Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Η ανάλυση της διασποράς (ANOVA), όσον αφορά στην εκατοστιαία περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο κάθε βιότυπου ανά περιοχή, έδειξε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για ένα βιότυπο από κάθε είδος (Πίνακας 51). Πιο συγκεκριμένα, σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα του ελαίου ανά περιοχή παρατηρήθηκαν στο βιότυπο 2 των *S. thymbra*, *O. onites* και *O. hirtum* και στο βιότυπο 1 του *C. capitatus* (Πίνακας 51).

Πίνακας 51: Οι τιμές των πιθανοτήτων (p-values) της ανάλυσης της διασποράς (ANOVA) σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο των βιοτύπων κάθε είδους στις διάφορες περιοχές (Αρέθουσα, ΓΠΑ, Αυτοφύες).

| % Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|
| | <i>S. thymbra</i> | <i>O. onites</i> | <i>O. hirtum</i> | <i>C. capitatus</i> |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 1 | 0,302 | 0,377 | 0,971 | 0,031 |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 2 | 0,004 | 0,001 | 0,021 | 0,238 |

Σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD) (Πίνακας 52) για τη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο προέκυψε ότι στο *S. thymbra*, όσον αφορά στο βιότυπο 2, τα καλλιεργούμενα φυτά υπερτερούσαν των αυτοφύων χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p < 0,05$). Στον βιότυπο 1, όπως αναφέρθηκε, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τη μεγαλύτερη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε έλαιο παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 2 (6,27 % v/w), με μέγιστη περιεκτικότητα 6,80 % (v/w), ενώ τη μικρότερη περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 2 (4,22 % v/w), με ελάχιστη τιμή 4,15 % (v/w). Τα υπόλοιπα φυτά παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές. Η μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσιάστηκε στα φυτά ΑΡ 2 (12 %) και η μικρότερη στα φυτά ΑΥΤ 2 (2 %) (Πίνακας 52).

Στην *O. onites*, όσον αφορά στο βιότυπο 1, δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές, ενώ στο βιότυπο 2 τα αυτοφυή υπερτερούσαν των καλλιεργούμενων, με αυτά του ΓΠΑ να είναι αποδοτικότερα αυτών της Αρέθουσας (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 52). Η μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε έλαιο παρουσιάστηκε στα φυτά ΑΥΤ 2 (5,23 % v/w) με μέγιστη τιμή 5,4 % (v/w), ενώ η μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσιάστηκε στα φυτά ΑΡ 2 (2,97 % v/w) με ελάχιστη τιμή 2,9 % (v/w) (πίνακας 52). Τα υπόλοιπα φυτά παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές. Τα καλλιεργούμενα φυτά ΑΡ 1 και ΓΠΑ 1 παρουσίασαν τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (6 %) ενώ τα φυτά ΓΠΑ 2 τη μικρότερη (1 %) (Πίνακας 52).

Στην *O. hirtum*, όσον αφορά στο βιότυπο 1, δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές, ενώ στο βιότυπο 2 τα καλλιεργούμενα φυτά του ΓΠΑ υπερτερούσαν τόσο των καλλιεργούμενων φυτών της Αρέθουσας, όσο και των αυτοφύων φυτών, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 52). Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 2 (10,77 % v/w) με μέγιστη τιμή 12,40 % v/w, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 1 (7,77 % v/w) με ελάχιστη τιμή 7,00 % v/w (Πίνακας 52).

Η μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσιάστηκε στα φυτά ΓΠΑ 1 (36 %) και AP 1 (28 %), ενώ η μικρότερη στα φυτά ΑΥΤ 2 (2 %).

Τέλος, στο *C. capitatus* τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 1 (AP 1 και ΓΠΑ 1) δε διέφεραν μεταξύ τους και είτε υπερτερούσαν των αυτοφυών τους (AP 1) είτε δε διέφεραν από αυτά (ΓΠΑ 1) (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 52). Από την άλλη πλευρά, τα φυτά του βιότυπου 2 δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (Πίνακας 52). Την μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 2 (5,62 % v/w) με μέγιστη τιμή 5,45 % v/w, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 1 (4,60 % v/w) με ελάχιστη τιμή 4,30 % v/w (Πίνακας 52). Η μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσιάστηκε στα φυτά AP 1 (21 %), ενώ η μικρότερη στα φυτά ΑΥΤ 2 (3 %)

Πίνακας 52: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο ανά βιότυπο Α\Φ φυτού σε κάθε περιοχή. Παρατίθενται οι μέσοι, τα τυπικά σφάλματα, το εύρος τιμών και οι συντελεστές παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά γράμματα (a,b,c) δίπλα στους μέσους φανερώνουν στατιστικά διαφορές μέσα σε κάθε βιότυπο ανάλογα με την περιοχή ($p < 0,05$).

| | % Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|--------|------|-------------|------|
| | ΠΕΡΙΟΧΗ | ΜΕΣΟΣ | Σχ | ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ | CV % |
| <i>S. thymbra</i> | ΑΡ 1 | 5,33 | 0,33 | 5,00-6,00 | 11 |
| | ΓΠΑ 1 | 5,53 | 0,24 | 5,20-6,00 | 8 |
| | ΑΥΤ 1 | 5,90 | 0,10 | 5,75-6,10 | 3 |
| | ΑΡ 2 | 5,53a | 0,37 | 4,80-6,00 | 12 |
| | ΓΠΑ 2 | 6,27a | 0,27 | 6,00-6,80 | 7 |
| | ΑΥΤ 2 | 4,22b | 0,04 | 4,15-4,30 | 2 |
| <i>O. onites</i> | ΑΡ 1 | 3,10 | 0,10 | 2,90-3,20 | 6 |
| | ΓΠΑ 1 | 3,30 | 0,12 | 3,10-3,50 | 6 |
| | ΑΥΤ 1 | 3,21 | 0,05 | 3,12-3,30 | 3 |
| | ΑΡ 2 | 2,97c | 0,07 | 2,90-3,10 | 4 |
| | ΓΠΑ 2 | 3,50b | 0,03 | 3,45-3,55 | 1 |
| | ΑΥΤ 2 | 5,23a | 0,12 | 5,00-5,40 | 4 |
| <i>O. hirtum</i> | ΑΡ 1 | 8,10 | 1,29 | 5,60-9,90 | 28 |
| | ΓΠΑ 1 | 8,17 | 1,70 | 5,00-10,80 | 36 |
| | ΑΥΤ 1 | 8,50 | 0,20 | 8,15-8,85 | 4 |
| | ΑΡ 2 | 7,77b | 0,43 | 7,00-8,50 | 10 |
| | ΓΠΑ 2 | 10,77a | 0,88 | 9,40-12,40 | 14 |
| | ΑΥΤ 2 | 8,30b | 0,12 | 8,10-8,50 | 2 |
| <i>C. capitatus</i> | ΑΡ 1 | 5,30a | 0,66 | 4,00-6,10 | 21 |
| | ΓΠΑ 1 | 4,60ab | 0,21 | 4,30-5,00 | 8 |
| | ΑΥΤ 1 | 3,28b | 0,10 | 3,10-3,45 | 5 |
| | ΑΡ 2 | 4,83 | 0,43 | 4,00-5,40 | 15 |
| | ΓΠΑ 2 | 5,10 | 0,26 | 4,70-5,60 | 9 |
| | ΑΥΤ 2 | 5,62 | 0,08 | 5,45-5,70 | 3 |

ΑΡ 1 = Βιότυπος 1- Αρέθουσα, ΑΡ 2 = Βιότυπος 2- Αρέθουσα, ΓΠΑ 1 = Βιότυπος 1- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΓΠΑ 2 = Βιότυπος 2- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΑΥΤ 1 = Αυτοφυής Βιότυπος 1, ΑΥΤ 2 = Αυτοφυής Βιότυπος 2.

3.4.3 Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη

Όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (ANOVA) ($p < 0,05$) προέκυψε ότι υπήρχαν σημαντικές διαφορές τουλάχιστον σε ένα βιότυπο για τα είδη *S. thymbra*, *O. hirtum* και *C. capitatus* (Πίνακας 53). Αντίθετα, δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές σε κανένα βιότυπο της *O. onites*. Πιο αναλυτικά, στο *S. thymbra* και στο *C. capitatus* σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν μόνο στο βιότυπο 1, ενώ στην *O. hirtum* σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν και στους δύο βιότυπους (Πίνακας 53).

Πίνακας 53: Οι τιμές των πιθανοτήτων (p-values) της ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των βιοτύπων κάθε είδους σε καρβακρόλη στις διάφορες περιοχές (Αρέθουσα, ΓΠΑ, Αυτοφύες).

| % Περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη | | | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|---------------------|
| | <i>S. thymbra</i> | <i>O. onites</i> | <i>O. hirtum</i> | <i>C. capitatus</i> |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 1 | 0,005 | 0,998 | 0,004 | 0,003 |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 2 | 0,331 | 0,141 | 0,049 | 0,081 |

Στο *S. thymbra*, όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη, τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 1 υπερτερούσαν των αυτοφύων χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (LSD) ($p < 0,05$), ενώ τα φυτά του βιότυπου 2 δε διέφεραν μεταξύ τους (Πίνακας 54). Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε καρβακρόλη παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 1 (49,22 %) με μέγιστη τιμή 51,16 %, ενώ τη μικρότερη περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 (41,71 %) με ελάχιστη τιμή 40,08 % (Πίνακας 54). Τα φυτά του βιότυπου 2 (ΑΡ 2 και ΓΠΑ 2) παρουσίασαν τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (8 και 9 % αντίστοιχα), ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 2 (1 %) (Πίνακας 54).

Στην *O. onites* δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά στην μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των φυτών σε καρβακρόλη. Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε καρβακρόλη παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 2 (80,43 %) με μέγιστη τιμή 83,24 %, ενώ τη μικρότερη περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 2 (74,86 %) με ελάχιστη τιμή 73,20 % (Πίνακας 54). Τα φυτά ΑΡ 1 παρουσίασαν τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (6 %), ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 (1 %) (Πίνακας 54).

Στην *O. hirtum*, όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη, τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 1 υπερτερούσαν των αυτοφύων χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 54). Στο βιότυπο 2 τα φυτά της Αρέθουσας υπερτερούσαν των φυτών του ΓΠΑ, ενώ δε διέφεραν από τα αυτοφύη τους. Επιπλέον, τα φυτά του ΓΠΑ δεν διέφεραν από τα αυτοφύη τους (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 54). Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε καρβακρόλη παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 2 (82,61 %) με μέγιστη τιμή 86,24 %, ενώ τη μικρότερη περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 (72,32 %) με ελάχιστη τιμή 70,15 % (Πίνακας 54). Τα φυτά του ΑΡ 2 παρουσίασαν τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (4 %), ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 1 και ΓΠΑ 2 (1 %) (Πίνακας 54).

Στο *C. capitatus*, όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη, τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 1 υπερτερούσαν των αυτοφύων, ενώ δε διέφεραν μεταξύ τους (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 54). Τα φυτά του βιότυπου 2 δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε καρβακρόλη παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 1 (77,78 %) με μέγιστη τιμή 78,83 %, ενώ τη μικρότερη περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 2 (72,03 %) με ελάχιστη τιμή 70,37 % (Πίνακας 54). Τα φυτά ΑΡ 1

παρουσίασαν τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (5 %) ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 1 (1 %) (Πίνακας 54).

Πίνακας 54: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη ανά βιότυπο Α\Φ φυτού σε κάθε περιοχή. Παρατίθενται οι μέσοι, τα τυπικά σφάλματα, το εύρος τιμών και οι συντελεστές παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά γράμματα (a,b) δίπλα στους μέσους φανερώνουν στατιστικά διαφορές μέσα σε κάθε βιότυπο ανάλογα με την περιοχή ($p < 0,05$).

| | % Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρβακρόλη | | | | |
|---------------------|--|---------------------|-------------|-------------|------|
| | ΠΕΡΙΟΧΗ | ΜΕΣΟΣ | Σ \bar{x} | ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ | CV % |
| <i>S. thymbra</i> | ΑΡ 1 | 48,61 ^a | 1,33 | 47,25-51,27 | 5 |
| | ΓΠΑ 1 | 49,22 ^a | 0,99 | 47,91-51,16 | 3 |
| | ΑΥΤ 1 | 41,71 ^b | 0,90 | 40,08-43,20 | 4 |
| | ΑΡ 2 | 44,02 | 1,99 | 40,12-46,64 | 8 |
| | ΓΠΑ 2 | 47,17 | 2,36 | 42,53-50,27 | 9 |
| | ΑΥΤ 2 | 47,91 | 0,15 | 47,68-48,20 | 1 |
| <i>O. onites</i> | ΑΡ 1 | 79,87 | 2,77 | 75,47-84,98 | 6 |
| | ΓΠΑ 1 | 79,76 | 1,88 | 76,13-82,44 | 4 |
| | ΑΥΤ 1 | 79,92 | 0,62 | 78,85-81,00 | 1 |
| | ΑΡ 2 | 80,43 | 2,55 | 75,34-83,24 | 5 |
| | ΓΠΑ 2 | 74,86 | 1,03 | 73,20-76,75 | 2 |
| | ΑΥΤ 2 | 75,36 | 1,66 | 72,56-78,32 | 4 |
| <i>O. hirtum</i> | ΑΡ 1 | 80,01 ^a | 0,35 | 79,33-80,47 | 1 |
| | ΓΠΑ 1 | 78,97 ^a | 1,26 | 76,46-80,27 | 3 |
| | ΑΥΤ 1 | 72,32 ^b | 1,26 | 70,15-74,50 | 3 |
| | ΑΡ 2 | 82,61 ^a | 2,02 | 79,28-86,24 | 4 |
| | ΓΠΑ 2 | 77,05 ^b | 0,20 | 76,69-77,39 | 1 |
| | ΑΥΤ 2 | 78,68 ^{ab} | 0,80 | 77,50-80,20 | 2 |
| <i>C. capitatus</i> | ΑΡ 1 | 73,54 ^a | 1,91 | 70,50-77,07 | 5 |
| | ΓΠΑ 1 | 77,78 ^a | 0,45 | 76,88-78,33 | 1 |
| | ΑΥΤ 1 | 66,58 ^b | 1,13 | 64,58-68,50 | 3 |
| | ΑΡ 2 | 72,03 | 1,07 | 70,37-74,03 | 3 |
| | ΓΠΑ 2 | 76,62 | 1,05 | 74,69-78,31 | 2 |
| | ΑΥΤ 2 | 75,69 | 1,49 | 73,00-78,15 | 3 |

ΑΡ 1 = Βιότυπος 1- Αρέθουσα, ΑΡ 2 = Βιότυπος 2- Αρέθουσα, ΓΠΑ 1 = Βιότυπος 1- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΓΠΑ 2 = Βιότυπος 2- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΑΥΤ 1 = Αυτοφυής Βιότυπος 1, ΑΥΤ 2 = Αυτοφυής Βιότυπος 2.

3.4.4 Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης της διασποράς για την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου κάθε βιότυπου ανά περιοχή σε π-κυμένιο (ANOVA) ($p < 0,05$), προέκυψε ότι παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε ένα βιότυπο από κάθε είδος (Πίνακας 55). Πιο αναλυτικά, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στο βιότυπο 1 των *S. thymbra* και *C. capitatus* και στο βιότυπο 2 των *O. onites* και *O. hirtum* (Πίνακας 55).

Πίνακας 55: Οι τιμές των πιθανοτήτων (p-values) της ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου έλαιου των βιοτύπων κάθε είδους σε π-κυμένιο στις διάφορες περιοχές (Αρέθουσα, ΓΠΑ, Αυτοφυές).

| % Περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο | | | | |
|---|-------------------|------------------|------------------|---------------------|
| | <i>S. thymbra</i> | <i>O. onites</i> | <i>O. hirtum</i> | <i>C. capitatus</i> |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 1 | 0,002 | 0,206 | 0,348 | 0,001 |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 2 | 0,461 | 0,001 | 0,001 | 0,125 |

Σύμφωνα με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων (LSD) για την μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο (Πίνακας 56) προέκυψε ότι στο *S. thymbra* τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 1 υπερτερούσαν των αυτοφυών, χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p < 0,05$). Αντίθετα, τα φυτά του βιότυπου 2 δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε π-κυμένιο παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 (8,28 %) με μέγιστη τιμή 8,35 %, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 1 (5,63 %) με ελάχιστη τιμή 5,39 % (Πίνακας 56). Τα φυτά ΓΠΑ 2 παρουσίασαν τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (24 %), ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 (1 %) (Πίνακας 56).

Στην *O. onites*, τα φυτά του βιότυπου 1 δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (Πίνακας 56). Αντίθετα, στο βιότυπο 2 τα καλλιεργούμενα φυτά υστερούσαν των αυτοφυών χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 56). Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε π-κυμένιο παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 2 (7,76 %) με μέγιστη τιμή 7,82 %, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 2 (4,47 %) με ελάχιστη τιμή 3,77 % (Πίνακας 56). Τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά της Αρέθουσας (ΑΡ 1 και ΑΡ 2) με τιμές 26 και 22 % αντίστοιχα, ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 2 και ΑΥΤ 2 (1 %) (Πίνακας 56).

Στην *O. hirtum*, τα φυτά του βιότυπου 1 δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Στο βιότυπο 2 τα καλλιεργούμενα φυτά υστερούσαν των αυτοφυών τους, με τα φυτά του ΓΠΑ να υπερéχουν αυτών της Αρέθουσας (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 56). Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε π-κυμένιο παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 (8,38 %) με μέγιστη τιμή 8,90 %, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 2 (4,61 %) με ελάχιστη τιμή 3,67 % (Πίνακας 56). Τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά της ΓΠΑ 1 (28 %), ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 2 (3 %) (Πίνακας 56).

Στο *C. capitatus*, στο βιότυπο 1 τα φυτά του ΓΠΑ υστερούσαν των φυτών της Αρέθουσας και των αυτοφυών, τα οποία δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 56). Αντίθετα, στο βιότυπο 2 δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε π-κυμένιο παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 1 (8,52 %) με μέγιστη τιμή 9,31 %, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 1 (5,42 %) με ελάχιστη τιμή 4,90 % (Πίνακας 56). Τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά της ΑΡ 2 (22 %), ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 2 (2 %) (Πίνακας 56).

Πίνακας 56: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο ανά βιότυπο Α\Φ φυτού σε κάθε περιοχή. Παρατίθενται οι μέσοι, τα τυπικά σφάλματα, το εύρος τιμών και οι συντελεστές παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά γράμματα (a,b,c) δίπλα στους μέσους φανερώνουν στατιστικά διαφορές μέσα σε κάθε βιότυπο ανάλογα με την περιοχή ($p < 0,05$).

| | % Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε π-κυμένιο | | | | |
|---------------------|---|-------------------|-------------|-------------|------|
| | ΠΕΡΙΟΧΗ | ΜΕΣΟΣ | Σ \bar{x} | ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ | CV % |
| <i>S. thymbra</i> | AP 1 | 6,01 ^b | 0,53 | 4,96-6,65 | 15 |
| | ΓΠΑ 1 | 5,63 ^b | 0,18 | 5,39-5,98 | 6 |
| | ΑΥΤ 1 | 8,28 ^a | 0,04 | 8,20-8,35 | 1 |
| | AP 2 | 6,31 | 0,35 | 5,71-6,92 | 10 |
| | ΓΠΑ 2 | 5,98 | 0,84 | 4,91-7,65 | 24 |
| | ΑΥΤ 2 | 6,96 | 0,07 | 6,84-7,08 | 2 |
| <i>O. onites</i> | AP 1 | 6,59 | 0,97 | 4,94-8,30 | 26 |
| | ΓΠΑ 1 | 4,88 | 0,33 | 4,26-5,37 | 12 |
| | ΑΥΤ 1 | 5,7 | 0,05 | 5,69-5,86 | 2 |
| | AP 2 | 4,47 ^b | 0,57 | 3,77-5,60 | 22 |
| | ΓΠΑ 2 | 4,91 ^b | 0,03 | 4,85-4,97 | 1 |
| | ΑΥΤ 2 | 7,76 ^a | 0,04 | 7,69-7,82 | 1 |
| <i>O. hirtum</i> | AP 1 | 6,63 | 0,45 | 5,74-7,13 | 12 |
| | ΓΠΑ 1 | 7,99 | 1,31 | 5,58-10,08 | 28 |
| | ΑΥΤ 1 | 8,38 | 0,30 | 7,85-8,90 | 6 |
| | AP 2 | 4,61 ^c | 0,52 | 3,67-5,46 | 19 |
| | ΓΠΑ 2 | 6,77 ^b | 0,25 | 6,31-7,17 | 6 |
| | ΑΥΤ 2 | 7,98 ^a | 0,13 | 7,75-8,20 | 3 |
| <i>C. capitatus</i> | AP 1 | 8,52 ^a | 0,51 | 7,57-9,31 | 10 |
| | ΓΠΑ 1 | 5,42 ^b | 0,36 | 4,90-6,11 | 11 |
| | ΑΥΤ 1 | 9,45 ^a | 0,22 | 9,05-9,80 | 4 |
| | AP 2 | 8,47 | 1,08 | 6,42-10,08 | 22 |
| | ΓΠΑ 2 | 6,27 | 0,22 | 5,87-6,61 | 6 |
| | ΑΥΤ 2 | 7,22 | 0,09 | 7,06-7,35 | 2 |

AP 1 = Βιότυπος 1- Αρέθουσα, AP 2 = Βιότυπος 2- Αρέθουσα, ΓΠΑ 1 = Βιότυπος 1- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΓΠΑ 2 = Βιότυπος 2- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΑΥΤ 1 = Αυτοφυής Βιότυπος 1, ΑΥΤ 2 = Αυτοφυής Βιότυπος 2.

3.4.5 Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο

Όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου κάθε βιότυπου σε γ-τερπινένιο, σύμφωνα με την παραγοντική ανάλυση της διασποράς (ANOVA) ($p < 0,05$) προέκυψε ότι παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές τουλάχιστον σε ένα βιότυπο από κάθε είδος (Πίνακας 57). Πιο αναλυτικά, στα *S. thymbra* και *C. capitatus* στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν και στους δύο βιότυπους. Αντίθετα, στην *O. onites* και στην *O. hirtum* σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν μόνο σε ένα βιότυπο (βιότυπος 2 και βιότυπος 1 αντίστοιχα).

Πίνακας 57: Οι τιμές των πιθανοτήτων (p-values) της ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου έλαιου των βιοτύπων κάθε είδους σε γ -τερπινένιο στις διάφορες περιοχές (Αρέθουσα, ΓΠΑ, Αυτοφυές).

| % Περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου σε γ -τερπινένιο | | | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|---------------------|
| | <i>S. thymbra</i> | <i>O. onites</i> | <i>O. hirtum</i> | <i>C. capitatus</i> |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 1 | 0,011 | 0,553 | 0,001 | 0,005 |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 2 | 0,030 | 0,012 | 0,316 | 0,029 |

Όπως προέκυψε από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων (LSD) (Πίνακας 58) για την μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε γ -τερπινένιο στο *S. thymbra*, τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 1 υστερούσαν των αυτοφυών χωρίς να διαφέρουν μεταξύ τους, ενώ τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 2 υπερτερούσαν των αυτοφυών χωρίς να διαφέρουν μεταξύ τους ($p < 0,05$) (Πίνακας 58). Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε γ -τερπινένιο παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 (29,47 %) με μέγιστη τιμή 29,60 %, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 2 (23,58 %) με ελάχιστη τιμή 23,05 % (Πίνακας 58). Τα φυτά ΓΠΑ 2 παρουσίασαν τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (10%), ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 1 και ΑΥΤ 1 (1 %) (Πίνακας 58).

Στην *O. onites*, στο βιότυπο 1 τα φυτά δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ στο βιότυπο 2 τα φυτά της Αρέθουσας υστερούσαν τόσο αυτών του ΓΠΑ όσο και των αυτοφυών, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (LSD, $p < 0,05$) (πίνακας 58). Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε γ -τερπινένιο παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 2 (5,41 %) με μέγιστη τιμή 5,52 %, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 2 (2,98 %) με ελάχιστη τιμή 1,89 % (Πίνακας 58). Τα φυτά ΑΡ 1 και ΑΡ 2 παρουσίασαν τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (44 και 39 % αντίστοιχα) ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 2 (1 %) (Πίνακας 58).

Στην *O. hirtum*, τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 1 υστερούσαν των αυτοφυών χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 58). Στα φυτά του βιότυπου 2 δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε γ -τερπινένιο παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 2 (6,00 %) με μέγιστη τιμή 6,68 %, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 1 (4,11 %) με ελάχιστη τιμή 3,06 % (Πίνακας 58). Τα φυτά ΑΡ 2 και ΓΠΑ 1 παρουσίασαν την μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (31 και 24 % αντίστοιχα), ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 και ΑΥΤ 2 (5 %) (Πίνακας 58).

Στο *C. capitatus*, τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 1 υστερούσαν των αυτοφυών χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ του (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 58). Στο βιότυπο 2, τα φυτά της Αρέθουσας υπερείχαν αυτών του ΓΠΑ, ενώ κανένα από αυτά δε διέφερε σημαντικά από τα αυτοφυή (LSD, $p < 0,05$) (Πίνακας 58). Τη μεγαλύτερη μέση περιεκτικότητα σε γ -τερπινένιο παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 (9,84 %) με μέγιστη τιμή 9,95 %, ενώ τη μικρότερη μέση περιεκτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 1 (4,30 %) με ελάχιστη τιμή 4,18 % (Πίνακας 58). Τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα (32 %) παρουσίασαν τα φυτά ΑΡ 1, ενώ τη μικρότερη

παραλλακτικότητα (1 και 2 %) παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 και ΓΠΑ 1 αντίστοιχα (Πίνακας 58).

Πίνακας 58: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο ανά βιότυπο Α\Φ φυτού σε κάθε περιοχή. Παρατίθενται οι μέσοι, τα τυπικά σφάλματα, το εύρος τιμών και οι συντελεστές παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά γράμματα (a,b) δίπλα στους μέσους φανερώνουν στατιστικά διαφορές μέσα σε κάθε βιότυπο ανάλογα με την περιοχή ($p < 0,05$).

| | % Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε γ-τερπινένιο | | | | |
|---------------------|--|--------------------|-------------|-------------|------|
| | ΠΕΡΙΟΧΗ | ΜΕΣΟΣ | Σ \bar{x} | ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ | CV % |
| <i>S. thymbra</i> | ΑΡ 1 | 26,36 ^b | 1,03 | 24,31-27,56 | 7 |
| | ΓΠΑ 1 | 25,88 ^b | 0,10 | 25,77-26,08 | 1 |
| | ΑΥΤ 1 | 29,47 ^a | 0,07 | 29,35-29,60 | 1 |
| | ΑΡ 2 | 28,69 ^a | 0,80 | 27,14-29,82 | 5 |
| | ΓΠΑ 2 | 27,52 ^a | 1,58 | 25,49-30,62 | 10 |
| | ΑΥΤ 2 | 23,58 ^b | 0,33 | 23,05-24,20 | 2 |
| <i>O. onites</i> | ΑΡ 1 | 4,55 | 1,16 | 3,07-6,83 | 44 |
| | ΓΠΑ 1 | 3,35 | 0,56 | 2,53-4,43 | 29 |
| | ΑΥΤ 1 | 3,84 | 0,06 | 3,73-3,92 | 3 |
| | ΑΡ 2 | 2,98 ^b | 0,67 | 1,89-4,21 | 39 |
| | ΓΠΑ 2 | 5,41 ^a | 0,06 | 5,30-5,52 | 2 |
| | ΑΥΤ 2 | 4,71 ^a | 0,04 | 4,65-4,78 | 1 |
| <i>O. hirtum</i> | ΑΡ 1 | 4,31 ^b | 0,20 | 3,93-4,62 | 8 |
| | ΓΠΑ 1 | 4,11 ^b | 0,57 | 3,06-5,02 | 24 |
| | ΑΥΤ 1 | 8,06 ^a | 0,22 | 7,69-8,46 | 5 |
| | ΑΡ 2 | 4,65 | 0,84 | 3,22-6,14 | 31 |
| | ΓΠΑ 2 | 6,00 | 0,59 | 4,83-6,68 | 17 |
| | ΑΥΤ 2 | 5,73 | 0,17 | 5,45-6,03 | 5 |
| <i>C. capitatus</i> | ΑΡ 1 | 6,67 ^b | 1,23 | 4,32-8,50 | 32 |
| | ΓΠΑ 1 | 4,30 ^b | 0,06 | 4,18-4,37 | 2 |
| | ΑΥΤ 1 | 9,84 ^a | 0,06 | 9,76-9,95 | 1 |
| | ΑΡ 2 | 7,19 ^a | 0,47 | 6,34-7,97 | 11 |
| | ΓΠΑ 2 | 4,84 ^b | 0,59 | 4,13-6,01 | 21 |
| | ΑΥΤ 2 | 6,35 ^{ab} | 0,24 | 5,97-6,80 | 7 |

ΑΡ 1 = Βιότυπος 1- Αρέθουσα, ΑΡ 2 = Βιότυπος 2- Αρέθουσα, ΓΠΑ 1 = Βιότυπος 1- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΓΠΑ 2 = Βιότυπος 2- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΑΥΤ 1 = Αυτοφυής Βιότυπος 1, ΑΥΤ 2 = Αυτοφυής Βιότυπος 2.

3.4.6 Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο

Όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των βιοτύπων σε καρυφυλλένιο σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (ANOVA) ($p < 0,05$) προέκυψε ότι μόνο στο βιότυπο 1 της *O. onites* και στο βιότυπο 2 του *C. capitatus* παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Πίνακας 59).

Πίνακας 59: Οι τιμές των πιθανοτήτων (p-values) της ανάλυσης της διασποράς (ANOVA), σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$, όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου των βιοτύπων κάθε είδους σε καρυφυλλένιο στις διάφορες περιοχές (Αρέθουσα, ΓΠΑ, Αυτοφύες).

| % Περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο | | | | |
|--|-------------------|------------------|------------------|---------------------|
| | <i>S. thymbra</i> | <i>O. onites</i> | <i>O. hirtum</i> | <i>C. capitatus</i> |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 1 | 0,510 | 0,001 | 0,427 | 0,375 |
| ΒΙΟΤΥΠΟΣ 2 | 0,565 | 0,444 | 0,157 | 0,041 |

Στο *S. thymbra*, η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο κυμάνθηκε από 5,99 % στα φυτά ΓΠΑ 2 (ελάχιστο 4,89 %) έως 7,34 % στα φυτά AP 1 (μέγιστο 8,16 %) (Πίνακας 11). Τα υπόλοιπα φυτά παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές. Τη μέγιστη παραλλακτικότητα στην περιεκτικότητα του ελαίου σε καρυφυλλένιο παρουσίασαν τα φυτά ΓΠΑ 2 (22 %) και τη μικρότερη τα φυτά ΑΥΤ 2 (2 %) (Πίνακας 60).

Στην *O. onites*, όσον αφορά στα φυτά του βιότυπου 1, όπως προέκυψε από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων (LSD) για τη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο (Πίνακας 60), τα φυτά της Αρέθουσας υστερούσαν των φυτών του ΓΠΑ και των αυτοφύων τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ($p < 0,05$). Στο βιότυπο 2 δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τη μεγαλύτερη μέση % περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο παρουσίασαν τα φυτά AP 2 (2,85 %) με μέγιστη τιμή 3,63 % και τη μικρότερη τα φυτά AP 1 (0,76 %) με ελάχιστη τιμή 0,65 % (Πίνακας 60). Τα φυτά AP 2 παρουσίασαν και τη μεγαλύτερη παραλλακτικότητα καρυφυλλενίου στο έλαιο τους (24 %), ενώ τη μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσίασαν τα φυτά ΑΥΤ 1 και ΑΥΤ 2 (5 %) (Πίνακας 60).

Στην *O. hirtum*, η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο κυμάνθηκε από 1,64 % στα φυτά ΑΥΤ 2 (ελάχιστο 1,54 %) έως 2,78 % στα φυτά ΑΥΤ 1 (μέγιστο 3,05%) (Πίνακας 60). Τα υπόλοιπα φυτά παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές. Τα φυτά AP 1 παρουσίασαν τη μέγιστη παραλλακτικότητα στην περιεκτικότητα του ελαίου σε καρυφυλλένιο (77 %) και τη μικρότερη τα φυτά ΑΥΤ 2 (6 %) (Πίνακας 60).

Στο *C. capitatus* όσον αφορά στα φυτά του βιότυπου 2, όπως προέκυψε από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων (LSD) για την μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο (Πίνακας 60), τα φυτά του ΓΠΑ υπερτερούσαν αυτών της Αρέθουσας και των αυτοφύων, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ($p < 0,05$). Στο βιότυπο 1 δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τέλος, στο *C. capitatus* η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο κυμάνθηκε από 2,89 % στα φυτά ΑΥΤ 2 (ελάχιστο 2,75 %) έως 4,67 % στα φυτά ΑΥΤ 1 (μέγιστο 4,78 %) με τα

υπόλοιπα φυτά να παρουσιάζουν ενδιάμεσες τιμές (Πίνακας 60). Τα φυτά AP 1 παρουσίασαν τη μέγιστη παραλλακτικότητα στην περιεκτικότητα του ελαίου σε καρυφυλλένιο (30 %) και τη μικρότερη τα φυτά ΑΥΤ 1 (5 %) (Πίνακας 60).

Πίνακας 60: Μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο ανά βιότυπο Α\Φ φυτού σε κάθε περιοχή. Παρατίθενται οι μέσοι, τα τυπικά σφάλματα, το εύρος τιμών και οι συντελεστές παραλλακτικότητας. Τα διαφορετικά γράμματα (a,b) δίπλα στους μέσους φανερώνουν στατιστικά διαφορές μέσα σε κάθε βιότυπο ανάλογα με την περιοχή ($p < 0,05$).

| | % Περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου σε καρυφυλλένιο | | | | |
|---------------------|--|-------------------|-------------|-------------|------|
| | ΠΕΡΙΟΧΗ | ΜΕΣΟΣ | Σ \bar{x} | ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ | CV % |
| <i>S. thymbra</i> | AP 1 | 7,34 | 0,42 | 6,78-8,16 | 10 |
| | ΓΠΑ 1 | 6,78 | 0,33 | 6,36-7,43 | 8 |
| | ΑΥΤ 1 | 7,06 | 0,16 | 6,82-7,35 | 4 |
| | AP 2 | 6,75 | 0,32 | 6,35-7,38 | 8 |
| | ΓΠΑ 2 | 5,99 | 0,77 | 4,89-7,47 | 22 |
| | ΑΥΤ 2 | 6,32 | 0,07 | 6,25-6,45 | 2 |
| <i>O. onites</i> | AP 1 | 0,76 ^b | 0,07 | 0,65-0,90 | 17 |
| | ΓΠΑ 1 | 1,38 ^a | 0,10 | 1,20-1,56 | 13 |
| | ΑΥΤ 1 | 1,48 ^a | 0,04 | 1,41-1,56 | 5 |
| | AP 2 | 2,85 | 0,40 | 2,30-3,63 | 24 |
| | ΓΠΑ 2 | 1,25 | 0,04 | 1,19-1,32 | 5 |
| | ΑΥΤ 2 | 1,23 | 0,15 | 0,97-1,50 | 21 |
| <i>O. hirtum</i> | AP 1 | 1,93 | 0,86 | 0,44-3,42 | 77 |
| | ΓΠΑ 1 | 1,84 | 0,23 | 1,43-2,23 | 22 |
| | ΑΥΤ 1 | 2,78 | 0,15 | 2,55-3,05 | 9 |
| | AP 2 | 2,14 | 0,09 | 1,98-2,28 | 7 |
| | ΓΠΑ 2 | 1,87 | 0,25 | 1,58-2,36 | 23 |
| | ΑΥΤ 2 | 1,64 | 0,06 | 1,54-1,75 | 6 |
| <i>C. capitatus</i> | AP 1 | 3,60 | 0,62 | 2,78-4,82 | 30 |
| | ΓΠΑ 1 | 4,14 | 0,59 | 2,96-4,83 | 25 |
| | ΑΥΤ 1 | 4,67 | 0,06 | 4,56-4,78 | 2 |
| | AP 2 | 3,19 ^b | 0,23 | 2,91-3,65 | 13 |
| | ΓΠΑ 2 | 4,33 ^a | 0,49 | 3,58-5,25 | 20 |
| | ΑΥΤ 2 | 2,89 ^b | 0,09 | 2,75-3,05 | 5 |

AP 1 = Βιότυπος 1- Αρέθουσα, AP 2 = Βιότυπος 2- Αρέθουσα, ΓΠΑ 1 = Βιότυπος 1- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΓΠΑ 2 = Βιότυπος 2- Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΑΥΤ 1 = Αυτοφυής Βιότυπος 1, ΑΥΤ 2 = Αυτοφυής Βιότυπος 2.

3.4.7 Συζήτηση

Από την έως τώρα αναζήτηση της βιβλιογραφίας, αρκετοί ερευνητές έχουν επιχειρήσει τον πολλαπλασιασμό και την καλλιέργεια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών προερχόμενων από αυτοφυείς πληθυσμούς. Οι περισσότεροι από αυτούς έχουν ασχοληθεί με τον εγγενή πολλαπλασιασμό (Putievsky *et al.*, 1997; Bernath, 1997; Pasquier, 1997; Goliaris *et al.*, 2002;), ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις δημιουργίας αγενούς πολλαπλασιαστικού υλικού (Putievsky *et al.*, 1997; Leto & Salamone, 1997;). Η εγκατάσταση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε διάφορα περιβάλλοντα με φυτικό υλικό προερχόμενο από αυτοφυείς πληθυσμούς, είναι μία αρκετά διαδεδομένη πρακτική. Εν τούτοις, η εκτίμηση της προσαρμοστικότητάς τους στο νέο τους περιβάλλον γίνεται κυρίως με τη σύγκριση των δεδομένων τους με στοιχεία τεκμηριωμένα από τη διεθνή βιβλιογραφία (Bernath, 1997; Leto & Salamone, 1997; Pasquier, 1997; Putievsky *et al.*, 1997; Goliaris *et al.*, 2002;). Υπάρχουν όμως λίγες περιπτώσεις καλλιέργειας αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών με φυτικό υλικό προερχόμενο αγενώς από αυτοφυείς πληθυσμούς, όπου έγινε σύγκριση των παραγόμενων προϊόντων με τα αντίστοιχα των αυτοφυών (Economakis *et al.*, 1999; Economakis *et al.*, 2002; Loziene & Venskutonis, 2005).

Οι μέσες τιμές της εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο που αναφέρονται στην παρούσα μελέτη, για όλα τα είδη που καλλιεργήθηκαν, είναι από τις υψηλότερες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για είδη πλούσια σε καρβακρόλη (Kokkini & Vokou, 1989; Kirimer *et al.*, 1995; Sari *et al.*, 2006; Esen *et al.*, 2007) και παραπλήσιες των αυτοφυών φυτών της νήσου Ικαρίας (Economou *et al.*, 2010). Ιδιαίτερα, οι μέγιστες τιμές της περιεκτικότητας των καλλιεργούμενων φυτών *O. hirtum* σε αιθέριο έλαιο (9,90, 10,80 και 12,40 % v/w) (Πίνακας 52) μπορούν να χαρακτηριστούν ως πολύ υψηλές σε σχέση με άλλα δεδομένα προερχόμενα τόσο από καλλιεργούμενα αρωματικά φυτά (Leto & Salamone, 1997; Goliaris *et al.*, 2002; Sotiropoulou & Karamanos, 2010), όσο και από αυτοφυή φυτά του ίδιου είδους (Vokou *et al.*, 1993; Esen *et al.*, 2007). Επιπλέον, η ελάχιστη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο για την *O. onites* (2,90 % v/w) (Πίνακας 52) βρίσκεται στα ανώτερα όρια των τιμών που έχουν προκύψει από διάφορες μελέτες για το ίδιο είδος (Belhattab *et al.*, 2005; Sari *et al.*, 2006; Esen *et al.*, 2007).

Το αιθέριο έλαιο όλων των ειδών είχε ως κύρια συστατικά σε όλα τα είδη την καρβακρόλη, το γ-τερπινένιο και το π-κυμένιο, δεδομένα που συμφωνούν με αυτά αντίστοιχων αναφορών για φυτά «ρίγανης» (Kokkini & Vokou, 1989; Kirimer *et al.*, 1995; Kokkini *et al.*, 1997; D'Antuono *et al.*, 2000; Skoula & Harborne, 2002).

Κυρίαρχο συστατικό του αιθέριου ελαίου όλων των καλλιεργούμενων φυτών ήταν η καρβακρόλη, με την ισομερή της θυμόλη να μην ανιχνεύεται καθόλου. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται για τα καλλιεργούμενα φυτά *O. hirtum*, όπου η καρβακρόλη αποτελεί κύριο συστατικό και η θυμόλη ανιχνεύεται σε ίχνη (Goliaris *et al.*, 2002). Αντίθετα, ο Pasquier (1997) αναφέρει σύνθετους χημειότυπους σε καλλιεργούμενα φυτά *O. hirtum*, ενώ σε αντίθεση οι Leto και Salamone (1997) αναφέρουν χημειότυπους θυμόλης. Επιπλέον, τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται

σε πλήρη συμφωνία με αυτά που προέκυψαν από την ανάλυση αυτοφυών φυτών της νήσου Ικαρίας, τα οποία ήταν όλα τύπου καρβακρόλης (Economou *et al.*, 2010) και σε μερική συμφωνία με τα αποτελέσματα των Vokou *et al.* (1993) που ανέφεραν εναλλαγή της θυμόλης και της καρβακρόλης ως κύριο 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 τη θυμόλη ως κύριο συστατικό του αιθέριου ελαίου του *S. thymbra* (Karousou *et al.*, 2005). Αντίθετα, 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 κάρβακρόλη.

Παρατηρήθηκε ότι τα υψηλά ποσοστά καρβακρόλης στο αιθέριο έλαιο των *O. onites*, *O. hirtum* και *C. capitatus* συνδυάζονταν με χαμηλά ποσοστά σε π-κυμένιο και γ-τερπινένιο. Αντίθετα, το *S. thymbra* παρουσίασε σχετικά χαμηλό ποσοστό σε καρβακρόλη, υψηλό ποσοστό σε γ-τερπινένιο και σχετικά υψηλό ποσοστό σε π-κυμένιο. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και σε προγενέστερες μελέτες τόσο αυτοφυών ειδών ρίγανης (Ravid & Putievsky, 1985; Vokou *et al.*, 1993; Sari *et al.*, 2006; Esen *et al.*, 2007; Bendahou *et al.*, 2008; Azizi *et al.*, 2009;), όσο και καλλιεργούμενων (Putievsky *et al.*, 1997; Bernath, 1997; Leto & Salamone, 1997; Pasquier, 1997; Goliaris *et al.*, 2002; Loziene & Venskutonis, 2005).

Αξίζει να αναφερθεί ότι τα ποσοστά της καρβακρόλης στο έλαιο όλων των ειδών ανεξαρτήτως περιοχής ήταν υψηλά σε σχέση με δεδομένα από την υπάρχουσα βιβλιογραφία για είδη πλούσια σε καρβακρόλη, παρουσιάζοντας αξιοσημείωτη σταθερότητα (Kokkini & Vokou, 1989; Kirimer *et al.*, 1995; Karousou *et al.*, 2005).

Όσον αφορά στην προσαρμοστικότητα των ειδών, φαίνεται ότι όλα τα φυτά έδειξαν υψηλή προσαρμοστικότητα στο νέο τους περιβάλλον (φυτείες Αρέθουσας και ΓΠΑ). Η μέση εκατοστιαία περιεκτικότητα των καλλιεργούμενων φυτών σε αιθέριο έλαιο είτε υπερέιχε είτε δε διέφερε από αυτή των αυτοφυών φυτών από τη νήσο Ικαρία. Μοναδική εξαίρεση αποτέλεσε ο βióτυπος 2 της *O. onites*, για τον οποίο τα καλλιεργούμενα φυτά και στις δυο περιοχές (Αρέθουσα και ΓΠΑ) υστέρησαν των αυτοφυών, όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται σε μελέτες υδροπονικής καλλιέργειας φυτών *Origanum dictamnus*, τα οποία προέκυψαν με αγενή πολλαπλασιασμό των αυτοφυών (Economakis *et al.*, 1999; Economakis *et al.*, 2002;). Σύμφωνα με τις μελέτες αυτές, η περιεκτικότητα των καλλιεργούμενων φυτών σε αιθέριο έλαιο ήταν υψηλότερη από αυτή των αυτοφυών.

Όλα τα καλλιεργούμενα φυτά διατήρησαν το χημειότυπο που είχαν ως αυτοφυή, δηλαδή παρέμειναν τύπου καρβακρόλης. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν οι Loziene και Venskutonis (2005), οι οποίοι μελέτησαν τη χημειοτυπική προσαρμοστικότητα των φυτών *Thymus pulegioides* πολλαπλασιασμένων αγενώς από

αυτοφυή από διάφορες περιοχές της Λιθουανίας. Συγκεκριμένα, αναφέρουν την παρουσία δύο τύπων φυτών με διαφορετικό πρότυπο προσαρμογής, αυτών που διατηρούν σταθερό το χημειότυπό τους σε σχέση με τα αυτοφυή και αυτών που αλλάζουν χημειότυπο. Οι Economakis et al. (1999) και (2002) αναφέρουν ότι υδροπονικά καλλιεργούμενα φυτά *Origanum dictamnus* διατήρησαν σταθερό το χημειότυπό τους σε σχέση με τα αυτοφυή, αλλά το αιθέριο έλαιο τους ήταν πιο πλούσιο σε χημικά συστατικά.

Όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία περιεκτικότητα του ελαίου των φυτών σε καρβακρόλη, όλα τα καλλιεργούμενα φυτά ανεξαρτήτως είδους προσαρμόστηκαν ικανοποιητικά, καθώς είτε υπερέιχαν είτε δε διέφεραν από τα αυτοφυή. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί για φυτά *Origanum dictamnus*, τα οποία καλλιεργήθηκαν με υδροπονία (Economakis et al., 1999; Economakis et al., 2002;), καθώς και για φυτά *Thymus pulegioides* χημειότυπου καρβακρόλης, τα οποία καλλιεργήθηκαν στον αγρό (Loziene & Venskutonis, 2005).

Η μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του ελαίου σε π-κυμένιο στα καλλιεργούμενα φυτά είτε ήταν μεγαλύτερη είτε δε διέφερε από αυτή στα αντίστοιχα αυτοφυή. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του ελαίου των φυτών σε γ-τερπινένιο. Όλα τα καλλιεργούμενα φυτά υστερούσαν ή δε διέφεραν από τα αυτοφυή τους. Εξαιρέση αποτέλεσαν τα καλλιεργούμενα φυτά του βιότυπου 2 στο *S. thymbra*, τα οποία υπερέιχαν των αντίστοιχων αυτοφυών. Τα αποτελέσματα αυτά δικαιολογούνται απόλυτα λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές της καρβακρόλης και το γεγονός ότι το π-κυμένιο και το γ-τερπινένιο αποτελούν πρόδρομες ουσίες της καρβακρόλης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Τέλος, όσον αφορά στη μέση εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα του ελαίου σε καρνοφυλλένιο, παρατηρήθηκε σταθερότητα σε όλα τα είδη. Στα είδη *S. thymbra* και *O. hirtum* δεν παρουσιάστηκε σε κανένα βιότυπο στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών περιοχών, ενώ στα *C. capitatus* και *O. onites* μόνο στον ένα από τους δύο βιότυπους παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Συγκεκριμένα, στην *O. onites*, στο βιότυπο 1, τα φυτά της Αρέθουσας υστερούσαν των φυτών του ΓΠΑ και των αυτοφυών, ενώ τα δύο τελευταία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Στο *C. capitatus*, στο βιότυπο 2, τα καλλιεργούμενα φυτά του ΓΠΑ υπερέιχαν αυτών της Αρέθουσας και των αυτοφυών, ενώ τα δύο τελευταία δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

Φαίνεται λοιπόν ότι το γενετικό υλικό της αρωματικής και φαρμακευτικής χλωρίδας, τύπου καρβακρόλης, προερχόμενο από την Ικαρία παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα κατά την εγκατάστασή του σε νέο περιβάλλον, με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του να παραμένουν σταθερά ή να βελτιώνονται. Το υλικό αυτό θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, από βελτιωτικής άποψης, για τη δημιουργία ποικιλιών με το συγκεκριμένο χημειότυπο και την υψηλή απόδοση σε αιθέριο έλαιο. Επιπλέον, η Ικαρία και ιδιαίτερα οι περιοχές προέλευσης των συγκεκριμένων γενοτύπων αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών χρήζουν ιδιαίτερης προστασίας για τη διατήρηση και την αξιοποίηση αυτού του πολύτιμου γενετικού υλικού.

3.4.8 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της μελέτης επιτρέπουν την εξαγωγή των παρακάτω συμπερασμάτων:

- Όλα τα υπό μελέτη είδη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών (*S. thymbra*, *O. onites*, *O. hirtum* και *C. capitatus*) φαίνεται να προσαρμόστηκαν ικανοποιητικά κατά τη μεταφορά τους σε περιβάλλον διαφορετικό από εκείνο της περιοχής προέλευσής τους και υπό συνθήκες εκτατικής καλλιέργειας, φανερώνοντας ότι ο γονότυπος καθορίζει περισσότερο, σε σχέση με το περιβάλλον, τη συμπεριφορά των συγκεκριμένων φυτών.
- Όλα τα είδη που καλλιεργήθηκαν διατήρησαν τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά που είχαν ως αυτοφυή (υψηλή περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο και υψηλή περιεκτικότητα ελαίου σε καρβακρόλη).
- Το γενετικό υλικό της νήσου Ικαρίας φαίνεται να είναι υψηλών προδιαγραφών, κάνοντας έτσι επιτακτική τη διατήρηση και αξιοποίησή του.

4. Γενικά συμπεράσματα

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά της παρούσας μελέτης (*S. thymbra*, *O. onites*, *O. hirtum* και *C. capitatus*) διαφοροποιήθηκαν ως προς την έκθεση των σημείων συλλογής τους. Συγκεκριμένα, τα φυτά της *O. hirtum* εμφανίστηκαν συχνότερα σε περιοχές με βόρεια έκθεση, δηλαδή περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία, μικρότερη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και με επικράτηση της τυπικής χλωρίδας της ηπειρωτικής Ελλάδας. Τα φυτά *O. onites* εντοπίστηκαν κυρίως σε περιοχές με ανατολική και δυτική έκθεση, δίχως καμία παρουσία σε περιοχές με βόρεια έκθεση. Παρόμοια συμπεριφορά παρουσίασαν και τα φυτά *C. capitatus*, ενώ τα φυτά *S. thymbra* εντοπίστηκαν σε περιοχές με όλες σχεδόν τις εκθέσεις, παρουσιάζοντας την τάση να εμφανίζονται συχνότερα σε περιοχές με νότια έκθεση. Ως προς τις εδαφικές απαιτήσεις τους, τα είδη της παρούσας μελέτης έδειξαν να προτιμούν τα αμμοπηλώδη και πηλοαμμώδη εδάφη, ενώ σπάνια εντοπίστηκαν σε βαριά εδάφη. Η εμφάνιση των ειδών φαίνεται να μην επηρεάστηκε από την οργανική ουσία και το ολικό άζωτο του εδάφους, καθώς όλα τα είδη εντοπίστηκαν σε περιοχές που χαρακτηρίζονταν από μεγάλο εύρος τιμών για τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Αντίθετα, το pH του εδάφους φαίνεται να ήταν καθοριστικό, καθώς όλα τα είδη εντοπίστηκαν σε περιοχές με ελαφρώς όξινα έως ουδέτερα εδάφη. Στα εδάφη των περιοχών όπου εντοπίστηκε η *O. onites* η μέση τιμή του pH (7,02) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα *S. thymbra* (6,74) και *O. hirtum* (6,69). Η μέση τιμή του pH για τα εδάφη που εντοπίστηκε το *C. capitatus* (6,94) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τη μέση τιμή του pH των εδαφών που εντοπίστηκε η *O. hirtum*, ενώ δε διέφερε σημαντικά από τη μέση τιμή των εδαφών που εντοπίστηκαν τα δύο άλλα είδη. Από τα ανταλλάξιμα κατιόντα μόνο το μαγνήσιο φαίνεται ότι έπαιξε κάποιο ρόλο στην εμφάνιση των ειδών, αφού όλα τα είδη έδειξαν να προτιμούν εδάφη με υψηλές περιεκτικότητες εδαφικού μαγνησίου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η μέση συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca) στα εδάφη των περιοχών όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μικρότερη από αυτή των εδαφών των περιοχών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ως προς το παραπάνω χαρακτηριστικό. Επιπλέον, η μέση συγκέντρωση σε κάλιο (K) για τα εδάφη όπου εντοπίστηκε η *O. hirtum* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή των εδαφών όπου εντοπίστηκαν τα υπόλοιπα είδη, τα οποία δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ως προς το παραπάνω χαρακτηριστικό. Όσον αφορά στο ανθρακικό ασβέστιο, αυτό φάνηκε να επηρέασε μόνο την *O. hirtum*, η οποία έδειξε να προτιμά εδάφη φτωχά σε ανθρακικό ασβέστιο. Αξίζει να αναφερθεί ότι μετά τη χαρτογράφηση της σύστασης του αιθέριου ελαίου των ειδών με βάση τον σταθμό δειγματοληψίας, παρατηρήθηκε ότι στα είδη *S. thymbra* και *O. onites* η περιεκτικότητα του ελαίου σε καρβακρόλη ήταν μεγαλύτερη στα φυτά του νότιου τμήματος του νησιού σε σχέση με αυτά του βορείου τμήματος. Αντιθέτως, τα ίδια είδη στο νότιο τμήμα του νησιού υστερούσαν στην περιεκτικότητα του ελαίου σε γ-τερπινένιο και π-κυμένιο, σε σχέση με τα φυτά του βορείου τμήματος

Όλα τα παραπάνω δεδομένα αποτελούν στοιχεία της προσαρμογής των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες και αποτελούν χρήσιμο εργαλείο για τους ερευνητές στην επιλογή των κατάλληλων συνθηκών για την εκτατική καλλιέργεια των αρωματικών φαρμακευτικών φυτών και τη βελτιστοποίηση των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών τους. Επιπλέον, η δημιουργία βάσεως δεδομένων με τα παραπάνω στοιχεία και η χαρτογράφηση τους με τη χρήση των ΣΓΠ (GIS) μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην παρακολούθηση, διατήρηση και αξιοποίηση του πολύτιμου γενετικού υλικού της νήσου Ικαρίας.

Όσον αφορά στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των ειδών της παρούσας μελέτης σε αιθέριο έλαιο, αυτή ήταν υψηλότερη από αυτές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, κατά την έως τώρα αναζήτηση, ενώ οι τιμές δε διαφοροποιήθηκαν σημαντικά από έτος σε έτος. Αξίζει να σημειωθεί η υπεροχή της *O. hirtum* σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο. Κυρίαρχο συστατικό του αιθέριου ελαίου των τεσσάρων ειδών και τα τρία έτη ήταν η καρβακρόλη, ακολουθούμενη από το γ-τερπινένιο, το π-κυμένιο και το καρυοφυλλένιο, ενώ η ισομερής της θυμόλη δεν ανιχνεύτηκε καθόλου και σε κανένα είδος. Η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των συστατικών του αιθέριου ελαίου κάθε είδους παρουσίασε σημαντικές διαφορές από έτος σε έτος. Παρόλα αυτά όμως, η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα όλων των ειδών σε καρβακρόλη ήταν για όλα τα έτη πολύ υψηλή σε σχέση με τις καταγεγραμμένες τιμές από την έως τώρα αναζήτηση της βιβλιογραφίας, παρουσιάζοντας επίσης αξιοσημείωτη σταθερότητα. Επιπλέον, με βάση τη χημική ανάλυση, επιτεύχθηκε τόσο η χημειοταξινόμηση μεταξύ των ειδών και για τα τρία έτη, όσο και η ενδοειδική χημειοταξινόμηση μεταξύ των ετών.

Η επίδραση των εδαφικών παραγόντων τόσο στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο, όσο και στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των διάφορων συστατικών στο αιθέριο έλαιο, φαίνεται να ήταν μικρή, αλλά με εμφάνιση συνεργισμού μεταξύ των παραγόντων. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα και για την επίδραση των κλιματικών παραμέτρων στην εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των ειδών σε αιθέριο έλαιο. Αντίθετα, η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα των κύριων συστατικών του αιθέριου ελαίου φαίνεται να επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της καρβακρόλης σε όλα τα φυτά επηρεάστηκε θετικά από τη μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους και τη μέση θερμοκρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Αντιθέτως, το ποσοστό της καρβακρόλης επηρεάστηκε αρνητικά από τη μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή κάθε είδους και από τη μέση σχετική υγρασία των τριών τελευταίων μηνών πριν τη συγκομιδή κάθε είδους. Τα παραπάνω στοιχεία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο της επιλογής των καταλληλότερων συνθηκών για την καλλιέργεια των συγκεκριμένων αρωματικών φαρμακευτικών φυτών και τη βελτιστοποίηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους.

Τέλος, όλα τα υπό μελέτη είδη φαίνεται να προσαρμόστηκαν ικανοποιητικά υπό συνθήκες καλλιέργειας και στις δύο περιοχές (Αθήνα – Ικαρία) φανερώνοντας ότι ο γονότυπος καθορίζει περισσότερο, σε σχέση με το περιβάλλον, τη συμπεριφορά των συγκεκριμένων φυτών. Τα είδη που καλλιεργήθηκαν διατήρησαν τα ποιοτικά και

ποσοτικά χαρακτηριστικά που είχαν ως αυτοφυή (υψηλή περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο και υψηλή περιεκτικότητα ελαίου σε καρβακρόλη), φανερώνοντας ότι το φυτικό υλικό της νήσου Ικαρίας είναι υψηλών προδιαγραφών, κάνοντας έτσι επιτακτική τη διατήρησή του και την αξιοποίησή του ως πολλαπλασιαστικού υλικού και ως εναλλακτική καλλιέργεια για την παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας.

Βιβλιογραφία

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^η Έκδοση. Εκδόσεις: Δ.Κ. Σαλονικίδης, 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 γονιδιωματικής 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. 349 σελ.
- 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^{ου} Συνεδρίου «Βελτίωση Φυτών: Συμβολή στην αντιμετώπιση της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και του φάσματος της πείνας». σ: 243-247.
- Πολυσίου, Μ. (επιμέλεια) 2002. *Επενδυτικές δυνατότητες στον τομέα αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα*, Υ.Ε.Ο., Γ.Π.Α., Αθήνα. 218 σελ.
- Πολυσίου, 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 Πανεπιστήμιου 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).

Ξένη Βιβλιογραφία

- Adams, R.P. 1995. *Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*. Allured Pub. Corp., Illinois.
- 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. Fadaei 2010. Factors Affecting on Essential Chemical Composition of *Thymus kotschyianus* in Iran. *World Appl. Sci. J.* **8(7)**: 847-856.
- 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.
- 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.
- 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.
- Baranauskiene, R., R.P. Venskutonis, P. Viskelis and E. Dambrauskiene, 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). *J. Agric. Food Chem.* **41**: 7751-7758
- 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.
- 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.
- 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.
- Bonner, J. and A.J. Varner 1975. *Plant Biochemistry*, Academic Press, New York, London.
- 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.
- Burdon, J.T. 1980. Intra-specific diversity in a natural population of *Trifolium repens*. *J. Ecology* **68**: 717-735.
- 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.
- 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 Batanic 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.

- 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
- 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. Ebtesam 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
- 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., 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.

- 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.
- Economakis, C., C. Demetzos, Th. Anastassaki, V. Papazoglou, M. Gazouli, A. Loukis, C.A. Thanos and K. Harvala 1999. Volatile Constituents of Bracts and Leaves of Wild and Cultivated *Origanum dictamnus*. *Planta Med.* **65**: 189-191
- Economakis, C., H. Skaltsa, C. Demetzos, M. Socovic and C.A. Thanos 2002. Effect of Phosphorus Concentration of the Nutrient Solution on the Volatile Constituents of Leaves and Bracts of *Origanum dictamnus*. *J. Agric. Food Chem.* **50**: 6276-6280
- Economou, G., G. Panagopoulos, P. Tarantilis, D. Kalivas, V. Kotoulas, I.S. Travlos, M. Polysiou and A. Karamanos 2010. 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
- 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.
- 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) letsvaart from the Marmara region, Turkey. *Flavour Frag. J.* **22**: 371–376.
- 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 (B₉) 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.

- 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(1B)**: 563-567.
- 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.
- 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., PH. Vernet, J.L. Guillerm and G. Valdeyron 1986. Polymorphisms and environment: the adaptive value of the oil polymorphisms in *Thymus vulgaris* L. *Heredity* **57**: 59-66.
- Harborne, J.B. 1998. *Phytochemical methods: a guide of modern techniques of plant analysis*. Chapman & Hall, London. p. 302.
- Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London. p. 892.
- 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.
- Hegnauer, R. 1962. *Chemotaxonomie der Pflanzen. Basel*, Vol. 1. p. 114, Birkhauser Verlag, Stuttgart
- 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.
- 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. Smirnoff 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.
- Hulseman, 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 Lybian aromatic plants. *Planta medica* **56**: 644-645.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.
- 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.
- Kaufmann B. and Christen P. 2002. Recent Techniques for Natural Products: Microwave assisted Extraction and Pressurised Solvent Extraction. *Phytochem. Anal.* **13**: 105-113.
- 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 terpenew 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.
- 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.
- Kirimer, N., K.H. Baser and G. Tumen 1995. Carvacrol rich plants in Turkey. *Chem. Nat. Comp.* **31(1)**: 37-41.
- 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., 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.
- 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 entkaurene 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.

- Loziene, K. and P.R. Venskutonis 2005. Influence of environmental and genetic factors on the stability of essential oil composition of *Thymus pulegioides*. *Biochem. Syst. Ecol.* **33**: 517-525
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.: *Labiatae*). *Acta Hort.* **96(187)**: 35-39.
- 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.
- 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.

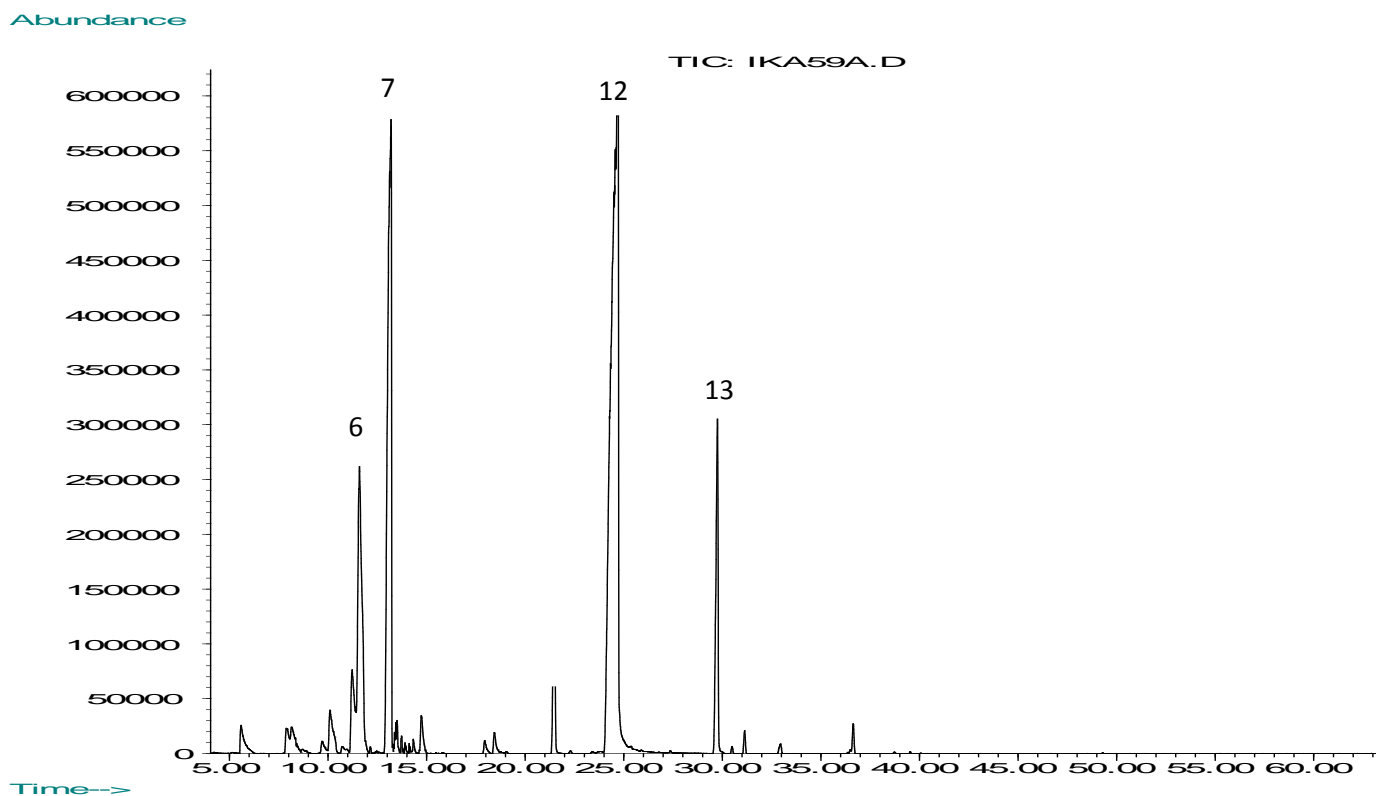
- Ravid, U. and E. Putievsky 1985. Composition of essential oils of *Thymbra spicata* and *Satureja thymbra* chemotypes. *Planta Med.* **53**: 337–338.
- Razin, A.M., E.A. Omer, A.M. Refaat and H.E. Ouda 1992. Response of thyme *Thymus vulgaris* L. to foliar fertilization with some micronutrients. *Egypt. J. Appl. Sci.* **7(6)**: 614-624.
- 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.
- 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.
- 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.
- Sander mann, 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*. 2^{ed}, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Schilcher, H. 1977. Vorschlag zu einer biologisch orientierten Definition der atherischen Ole. *Dtsche. Apoth. Ztg.* **117**: 89-91.
- 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 Hortic.* **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.
- 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.
- Stahl, Eg. 1957. Chemische Rassen bei Pflanzen mit terpenoiden Inhaltstoffen. *Pharm. Weekbl.* **92**: 829-842.
- Tabrizi, L., A. Koocheki, P. Rezvani and M. Nassiri 2010. Chemical composition of the essential oils from *Thymus transpascicus* 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.
- 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., 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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
- 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.

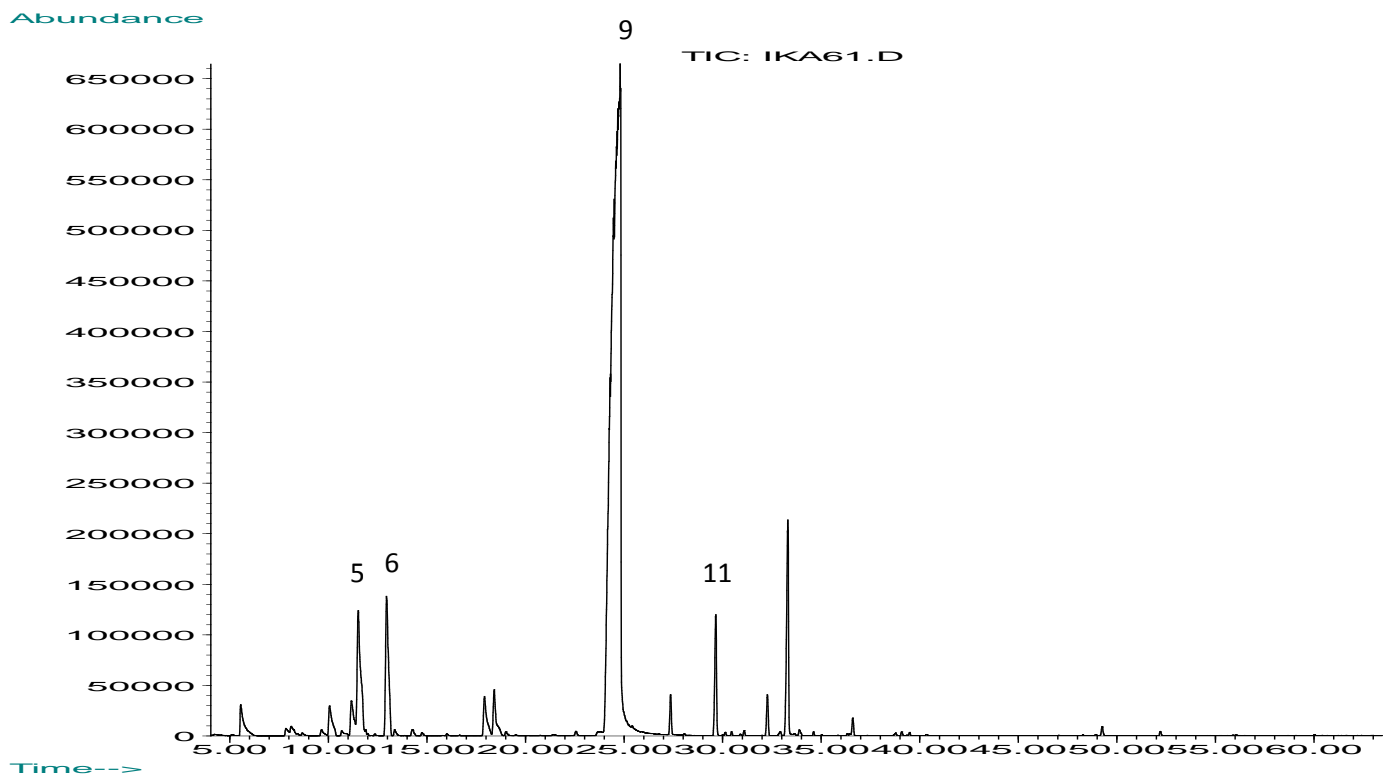
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 1: Χαρακτηριστικό Χρωματογράφημα για το είδος *S. thymbra*. Οι αριθμοί στις διάφορες κορυφές φανερώνουν τον αύξοντα αριθμό (A/A) του πίνακα 1 και αντιστοιχούν στις 4 κύριες ουσίες του αιθέριου ελαίου.

Πίνακας 1: Αναγνώριση των συστατικών του αιθέριου ελαίου του *S. thymbra*. A/A είναι ο αύξων αριθμός των συστατικών του ελαίου βάση του χρόνου κατακράτησής τους.

| A/A | Χρόνος Κατακράτησης (min) | Ουσία | Ποσοστιαία (%) Σύσταση |
|-----|---------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | 7.892 | α-Θουγένιο | 0,75 |
| 2 | 8.156 | α-Πινένιο | 10,85 |
| 3 | 9.705 | β-Πινένιο | 0,38 |
| 4 | 10.107 | β-Μυρκένιο | 1,60 |
| 5 | 11.225 | δ-Καρένιο | 2,71 |
| 6 | 11.600 | π-Κυμένιο | 10,79 |
| 7 | 13.197 | γ-Τερπινένιο | 21,90 |
| 8 | 13.503 | Υδροσαβινένιο | 0,75 |
| 9 | 14.739 | Λιναλοόλη | 0,89 |
| 10 | 17.954 | Βορνεόλη | 0,30 |
| 11 | 18.447 | Τερπινεν-4-όλη | 0,47 |
| 12 | 24.703 | Καρβακρόλη | 45,11 |
| 13 | 29.751 | Καρυοφυλλένιο | 6,69 |
| 14 | 31.133 | α-Καρυοφυλλένιο | 0,32 |
| 15 | 32.959 | β-Γερμακρένιο | 0,19 |
| 16 | 36.646 | Οξείδιο του Καρυοφυλλενίου | 0,44 |

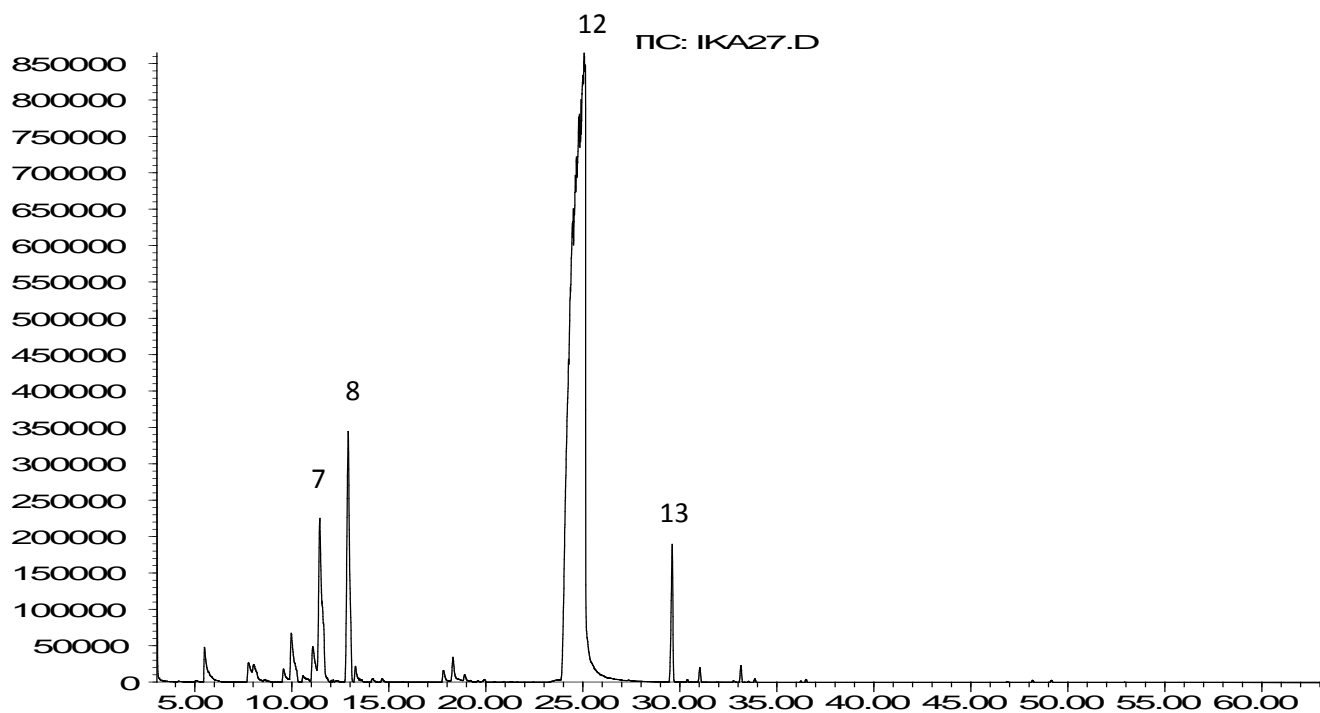


Εικόνα 2: Χαρακτηριστικό Χρωματογράφημα για το είδος *O. onites*. Οι αριθμοί στις διάφορες κορυφές φανερώνουν τον αύξοντα αριθμό (A/A) του πίνακα 2 και αντιστοιχούν στις 4 κύριες ουσίες του αιθέριου ελαίου.

Πίνακας 2: Αναγνώριση των συστατικών του αιθέριου ελαίου του *O. onites*. A/A είναι ο αύξων αριθμός των συστατικών του ελαίου βάση του χρόνου κατακράτησής τους.

| A/A | Χρόνος Κατακράτησης (min) | Ουσία | Ποσοστιαία (%) Σύσταση |
|-----|---------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | 7.853 | α-Θουγένιο | 0,24 |
| 2 | 8.123 | α-Πινένιο | 0,32 |
| 3 | 10.068 | β-Μυρκένιο | 1,25 |
| 4 | 11.179 | δ-Καρένιο | 1,13 |
| 5 | 11.519 | π-Κυμένιο | 5,02 |
| 6 | 12.956 | γ-Τερπινένιο | 4,91 |
| 7 | 17.921 | Βορνεόλη | 1,51 |
| 8 | 18.414 | Τερπινεν-4-όλη | 1,60 |
| 9 | 24.802 | Καρβακρόλη | 72,96 |
| 10 | 27.364 | Εστέρας της Καρβακρόλης | 0,73 |
| 11 | 29.656 | Καρυοφυλλένιο | 2,51 |
| 12 | 32.274 | δ-Γερμακρένιο | 0,78 |
| 13 | 33.308 | β-Μπισαμπολένιο | 4,94 |
| 14 | 36.607 | Οξείδιο του καρυοφυλλενίου | 0,33 |

Abundance



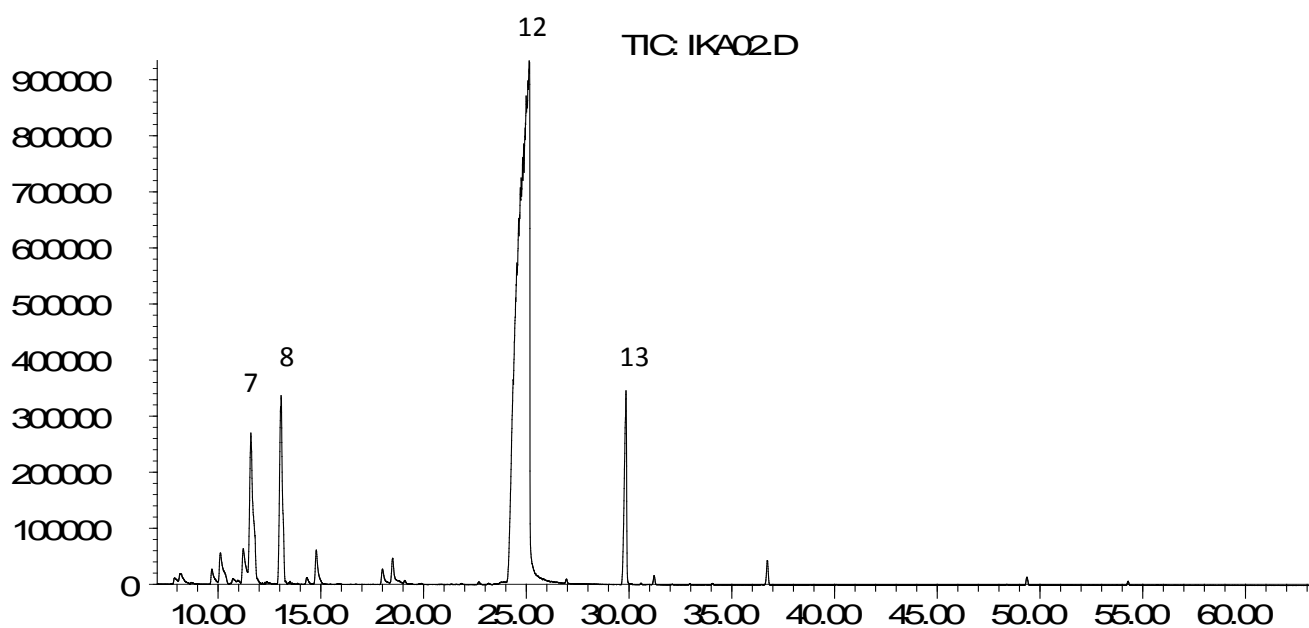
Time-->

Εικόνα 3: Χαρακτηριστικό Χρωματογράφημα για το είδος *O. hirtum*. Οι αριθμοί στις διάφορες κορυφές φανερώνουν τον αύξοντα αριθμό (A/A) του πίνακα 3 και αντιστοιχούν στις 4 κύριες ουσίες του αιθέριου ελαίου.

Πίνακας 3: Αναγνώριση των συστατικών του αιθέριου ελαίου της *O. hirtum*. A/A είναι ο αύξων αριθμός των συστατικών του ελαίου βάση του χρόνου κατακράτησής τους.

| A/A | Χρόνος Κατακράτησης (min) | Ουσία | Ποσοστιαία (%) Σύνσταση |
|-----|---------------------------|-----------------|-------------------------|
| 1 | 7.772 | α-Θουγένιο | 0,53 |
| 2 | 8.036 | α-Πινένιο | 0,65 |
| 3 | 9.577 | β-Πινένιο | 0,34 |
| 4 | 9.972 | β-Μυρκενίο | 1,52 |
| 5 | 10.583 | α-Φελανδρένιο | 0,10 |
| 6 | 11.083 | δ-Καρένιο | 0,93 |
| 7 | 11.444 | π-Κυμένιο | 5,09 |
| 8 | 12.909 | γ-Τερπινένιο | 6,13 |
| 9 | 13.283 | Υδροσαβινένιο | 0,30 |
| 10 | 17.816 | Βορνεόλη | 0,24 |
| 11 | 18.309 | Τερπινεν-4-όλη | 0,54 |
| 12 | 25.077 | Καρβακρόλη | 79,98 |
| 13 | 29.610 | Καρυοφυλλένιο | 2,17 |
| 14 | 31.033 | α-Καρυοφυλλένιο | 0,20 |
| 15 | 33.150 | β-Μπισαμπολένιο | 0,22 |

Abundance



Time-->

Εικόνα 4: Χαρακτηριστικό Χρωματογράφημα για το είδος *C.capitatus*. Οι αριθμοί στις διάφορες κορυφές φανερώνουν τον αύξοντα αριθμό (A/A) του πίνακα 4 και αντιστοιχούν στις 4 κύριες ουσίες του αιθέριου ελαίου.

Πίνακας 4: Αναγνώριση των συστατικών του αιθέριου ελαίου του *C.capitatus*. A/A είναι ο αύξων αριθμός των συστατικών του ελαίου βάση του χρόνου κατακράτησής τους.

| A/A | Χρόνος Κατακράτησης (min) | Ουσία | Ποσοστιαία (%) Σύσταση |
|-----|---------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | 7.889 | α-Θουγένιο | 0,25 |
| 2 | 8.153 | α-Πινένιο | 0,56 |
| 3 | 9.708 | β-Πινένιο | 0,55 |
| 4 | 10.117 | β-Μυρκένιο | 1,46 |
| 5 | 10.735 | α-Φελανδρένιο | 0,22 |
| 6 | 11.228 | δ-Καρένιο | 1,39 |
| 7 | 11.603 | π-Κυμένιο | 6,60 |
| 8 | 13.074 | γ-Τερπινένιο | 6,56 |
| 9 | 14.782 | Λιναλοόλη | 1,10 |
| 10 | 18.003 | Βορνεόλη | 0,51 |
| 11 | 18.496 | Τερπινεν-4-όλη | 0,86 |
| 12 | 25.146 | Καρβακρόλη | 73,51 |
| 13 | 29.852 | Καρυοφυλλένιο | 5,19 |
| 14 | 31.227 | α-Καρυοφυλλένιο | 0,17 |
| 15 | 36.731 | Οξείδιο του Καρυοφυλλενίου | 0,51 |

Πίνακας 5: Συντελεστές συσχέτισης (κατά Pearson) των αβιοτικών παραγόντων με την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, καθώς και με τα 4 κύρια συστατικά του ελαίου για το *S. thymbra*.

| | % Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο | π-Κυμένιο | γ-Τερπινένιο | Καρβακρόλη | Καρυοφυλλένιο |
|----------------------------|--|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| Ολικό Αζωτο (%) | 0,106 | 0,128 | 0,147 | -0,318* | 0,229 |
| Κλάσμα Άμμου (%) | 0,086 | 0,167 | 0,210 | -0,310* | -0,275 |
| Κλάσμα Άργιλλου (%) | -0,033 | -0,075 | 0,008 | -0,100 | 0,323* |
| Κλάσμα Πλύος (%) | -0,068 | -0,126 | -0,210 | 0,357* | 0,103 |
| Οργανική Ουσία (%) | 0,254 | 0,047 | 0,180 | -0,247 | 0,219 |
| pH | -0,063 | 0,269 | 0,017 | -0,176 | -0,268 |
| Na (meq/100g) | -0,215 | -0,123 | -0,188 | 0,298* | 0,215 |
| K (meq/100g) | 0,140 | -0,175 | -0,276 | 0,314* | 0,278 |
| Ca (meq/100g) | -0,083 | 0,155 | 0,003 | -0,095 | -0,157 |
| Mg (meq/100g) | 0,157 | -0,054 | 0,164 | -0,075 | 0,246 |
| CaCO₃ | -0,281 | 0,183 | -0,093 | 0,062 | -0,401** |
| ΙΑΚ (meq/100g) | 0,100 | 0,020 | 0,128 | -0,135 | 0,281 |
| Υψόμετρο (m) | 0,156 | -0,191 | -0,252 | 0,378* | -0,037 |
| RHM (%) | -0,130 | 0,735*** | -0,490*** | -0,381* | 0,261 |
| TM (°C) | 0,156 | -0,749*** | 0,441** | 0,398** | -0,165 |
| RM (mm) | 0,164 | 0,106 | -0,522*** | 0,024 | 0,821*** |
| TA (°C) | 0,100 | -0,708*** | 0,534*** | 0,356* | -0,359* |
| RA (mm) | 0,172 | 0,074 | -0,508*** | 0,041 | 0,822*** |
| RH3M (%) | 0,084 | 0,359* | -0,604*** | -0,123 | 0,760*** |
| T3M (°C) | 0,124 | -0,730*** | 0,501** | 0,376* | -0,283 |
| R3M (mm) | -0,125 | 0,731*** | -0,499*** | -0,377* | 0,280 |

TM= Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή.

RHM= Η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή.

RM= Η μηνιαία βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή.

TA= Η μέση ετήσια θερμοκρασία κατά το βιολογικό κύκλο.

RA= Η ετήσια βροχόπτωση κατά το βιολογικό κύκλο.

T3M= Η μέση θερμοκρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.

RH3M= Η μέση σχετική υγρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.

R3M= Η βροχόπτωση για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.

Πίνακας 6: Συντελεστές συσχέτισης (κατά Pearson) των αβιοτικών παραγόντων με την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, καθώς και με τα 4 κύρια συστατικά του ελαίου για την *O. onites*.

| | % Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο | π-Κυμένιο | γ-Τερπινένιο | Καρβακρόλη | Καρυοφυλλένιο |
|----------------------------|--|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| Ολικό Άζωτο (%) | -0,025 | 0,036 | -0,274 | 0,044 | -0,104 |
| Κλάσμα Αμμου (%) | -0,185 | -0,007 | 0,076 | -0,109 | 0,202 |
| Κλάσμα Αργίλλου (%) | 0,084 | 0,034 | -0,129 | 0,100 | -0,112 |
| Κλάσμα Ιλύος (%) | 0,206 | -0,009 | -0,035 | 0,094 | -0,214 |
| Οργανική Ουσία (%) | 0,029 | 0,073 | -0,223 | 0,083 | -0,14 |
| pH | -0,134 | -0,105 | -0,017 | 0,058 | -0,059 |
| Na (meq/100g) | -0,179 | -0,045 | 0,057 | 0,000 | 0,068 |
| K (meq/100g) | 0,096 | 0,090 | -0,049 | 0,046 | -0,200 |
| Ca (meq/100g) | -0,085 | 0,143 | 0,147 | -0,235 | 0,216 |
| Mg (meq/100g) | -0,004 | 0,085 | -0,138 | 0,057 | -0,112 |
| CaCO₃ | 0,087 | -0,088 | 0,023 | -0,069 | 0,287 |
| ΙΑΚ (meq/100g) | -0,064 | 0,090 | -0,125 | -0,018 | -0,125 |
| Υψόμετρο (m) | 0,107 | 0,099 | 0,266 | -0,006 | 0,008 |
| RHM (%) | 0,219 | 0,436** | 0,161 | -0,435** | 0,044 |
| TM (°C) | 0,009 | 0,047 | -0,214 | 0,524*** | -0,536*** |
| RM (mm) | -0,013 | 0,002 | -0,220 | 0,544** | -0,516** |
| TA (°C) | -0,125 | -0,231 | -0,223 | 0,571*** | -0,345* |
| RA (mm) | 0,100 | 0,179 | 0,227 | -0,577*** | 0,395** |
| RH3M (%) | 0,046 | 0,065 | 0,226 | -0,565*** | 0,479*** |
| T3M (°C) | -0,195 | -0,382* | -0,188 | 0,498*** | -0,149 |
| R3M (mm) | 0,041 | 0,057 | 0,226 | -0,562*** | 0,485*** |

TM= Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή.

RHM= Η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή.

RM= Η μηνιαία βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή.

TA= Η μέση ετήσια θερμοκρασία κατά το βιολογικό κύκλο.

RA= Η ετήσια βροχόπτωση κατά το βιολογικό κύκλο.

T3M= Η μέση θερμοκρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.

RH3M= Η μέση σχετική υγρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.

R3M= Η βροχόπτωση για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.

Πίνακας 7: Συντελεστές συσχέτισης (κατά Pearson) των αβιοτικών παραγόντων με την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, καθώς και με τα 4 κύρια συστατικά του ελαίου για την *O. hirtum*.

| | % Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο | π-Κυμένιο | γ-Τερπινένιο | Καρβακρόλη | Καρυοφυλλένιο |
|----------------------------|--|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| Ολικό Άζωτο (%) | -0,112 | -0,082 | 0,043 | 0,046 | -0,238 |
| Κλάσμα Αμμου (%) | 0,050 | 0,005 | -0,055 | 0,050 | -0,158 |
| Κλάσμα Αργίλλου (%) | 0,057 | -0,124 | -0,136 | 0,159 | -0,082 |
| Κλάσμα Ιλύος (%) | -0,080 | 0,053 | 0,123 | -0,128 | 0,206 |
| Οργανική Ουσία (%) | 0,099 | -0,041 | 0,096 | -0,020 | -0,183 |
| pH | -0,221 | 0,291 | 0,144 | -0,263 | 0,188 |
| Na (meq/100g) | 0,113 | -0,046 | 0,025 | -0,003 | 0,025 |
| K (meq/100g) | -0,119 | -0,020 | 0,140 | -0,075 | -0,277 |
| Ca (meq/100g) | -0,044 | 0,004 | 0,278 | -0,188 | 0,178 |
| Mg (meq/100g) | -0,105 | 0,139 | 0,394* | -0,270 | 0,021 |
| CaCO₃ | 0,220 | -0,159 | -0,059 | 0,075 | 0,040 |
| ΙΑΚ (meq/100g) | -0,036 | 0,155 | 0,251 | -0,187 | -0,148 |
| Υψόμετρο (m) | 0,260 | -0,185 | -0,007 | 0,097 | -0,010 |
| RHM (%) | -0,218 | 0,644*** | 0,216 | -0,472*** | -0,129 |
| TM (°C) | -0,082 | -0,725*** | -0,525*** | 0,802*** | -0,331* |
| RM (mm) | -0,278 | 0,538*** | 0,098 | -0,315* | -0,246 |
| TA (°C) | -0,349* | 0,281 | -0,124 | 0,003 | -0,425** |
| RA (mm) | 0,365* | -0,006 | 0,310* | -0,296 | 0,528*** |
| RH3M (%) | 0,185 | 0,624*** | 0,550*** | -0,785*** | 0,450** |
| T3M (°C) | -0,354* | -0,133 | -0,388** | 0,428** | -0,552*** |

TM= Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή.

RHM= Η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή.

RM= Η μηνιαία βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή.

TA= Η μέση ετήσια θερμοκρασία κατά το βιολογικό κύκλο.

RA= Η ετήσια βροχόπτωση κατά το βιολογικό κύκλο.

T3M= Η μέση θερμοκρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.

RH3M= Η μέση σχετική υγρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.

Πίνακας 8: Συντελεστές συσχέτισης (κατά Pearson) των αβιοτικών παραγόντων με την εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, καθώς και με τα 4 κύρια συστατικά του ελαίου για το *C. capitatus*.

| | % Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο | π-Κυμένιο | γ-Τερπινένιο | Καρβακρόλη | Καρυοφυλλένιο |
|----------------------------|--|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| Ολικό Άζωτο (%) | 0,259 | 0,201 | 0,141 | -0,130 | -0,098 |
| Κλάσμα Αμμου (%) | -0,193 | -0,183 | -0,272 | 0,155 | 0,019 |
| Κλάσμα Αργίλλου (%) | 0,134 | 0,206 | 0,138 | -0,143 | 0,129 |
| Κλάσμα Ιλύος (%) | 0,138 | 0,073 | 0,231 | -0,085 | -0,117 |
| Οργανική Ουσία (%) | 0,182 | 0,237 | 0,255 | -0,201 | 0,047 |
| pH | -0,177 | 0,091 | 0,109 | -0,078 | 0,057 |
| Na (meq/100g) | 0,057 | 0,206 | 0,014 | -0,124 | 0,165 |
| K (meq/100g) | 0,261 | 0,230 | 0,329* | -0,183 | -0,114 |
| Ca (meq/100g) | -0,127 | 0,238 | -0,074 | -0,136 | 0,316* |
| Mg (meq/100g) | 0,165 | 0,222 | 0,255 | -0,213 | 0,152 |
| CaCO₃ | -0,016 | 0,003 | -0,215 | 0,006 | 0,094 |
| ΙΑΚ (meq/100g) | 0,014 | 0,312* | 0,287* | -0,245 | 0,166 |
| Υψόμετρο (m) | 0,116 | -0,174 | 0,056 | 0,125 | -0,307* |
| RHM (%) | -0,147 | 0,577*** | 0,106 | -0,283* | -0,099 |
| TM (°C) | 0,161 | -0,869*** | -0,540*** | 0,790*** | -0,448*** |
| RM (mm) | -0,124 | 0,419** | -0,033 | -0,100 | -0,245 |
| TA (°C) | -0,069 | 0,087 | -0,274 | 0,235 | -0,471*** |
| RA (mm) | 0,008 | 0,229 | 0,458** | -0,510*** | 0,614*** |
| RH3M (%) | -0,136 | 0,822*** | 0,609*** | -0,842*** | 0,579*** |
| T3M (°C) | 0,023 | -0,377** | -0,527*** | 0,623*** | -0,654*** |

TM= Η μέση θερμοκρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή.

RHM= Η μέση σχετική υγρασία του μήνα πριν τη συγκομιδή.

RM= Η μηνιαία βροχόπτωση του μήνα πριν τη συγκομιδή.

TA= Η μέση ετήσια θερμοκρασία κατά το βιολογικό κύκλο.

RA= Η ετήσια βροχόπτωση κατά το βιολογικό κύκλο.

T3M= Η μέση θερμοκρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.

RH3M= Η μέση σχετική υγρασία για τους τρεις τελευταίους μήνες πριν τη συγκομιδή.