ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ, ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Θέμα: «Επίδραση διαφορετικών επιπέδων άρδευσης στην καλλιέργεια της ρίγανης (*Origanum x intercedens*) στα μορφολογικά, αποδοτικά και χημειοτυπικά χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων. Παρακολούθηση της φυτείας με χρήση Γεωγραφικών και Πληροφοριακών Συστημάτων.»

Κωνσταντίνα Χ. Λόντου

ΑΘΗΝΑ

2020

Επιβλέπουσα Οικονόμου Γαρυφαλιά

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Θέμα: «Επίδραση διαφορετικών επιπέδων άρδευσης στην καλλιέργεια της ρίγανης (*Origanum x intercedens*) στα μορφολογικά, αποδοτικά και χημειοτυπικά χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων. Παρακολούθηση της φυτείας με χρήση Γεωγραφικών και Πληροφοριακών Συστημάτων.»

"The effect of different levels of irrigation on oregano cultivation (*Origanum x intercedens*) concerning morphological, yield and chemotypic characteristics of essential oils. Monitoring of cultivation with Geographic and Information System."

Κωνσταντίνα Χ. Λόντου

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Επιβλέπουσα

Οικονόμου Γαρυφαλιά – Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Μέλη

Καλύβας Διονύσιος – Καθηγητής Γ.Π.Α.

Ταραντίλης Πέτρος – Καθηγητής Γ.Π.Α.

Αθήνα

2020

Στην οικογένειά μου

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα Καθηγήτρια κα. Οικονόμου Γαρυφαλιά, τόσο για την ανάθεση της παρούσας μελέτης, όσο και για την κριτική επίβλεψη και τις παρατηρήσεις της, αλλά και την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράσταση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής μελέτης.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή Γενικής Χημείας Ταραντίλη Πέτρο, αλλά και τον καθηγητή Καλύβα Διονύσιο από το Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας για την καθοριστικής σημασίας συμβολή τους κατά την διάρκεια διεξαγωγής της παρούσας διατριβής. Πολύ σημαντική ήταν και η βοήθεια της κυρίας Δαφερέρα Δήμητρας, μέλος ΕΔΙΠ του εργαστηρίου Γενικής Χημείας, στη μεθοδολογία ανάλυσης των δειγμάτων.

Επιπλέον, ξεχωριστά θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους Βαχαμίδη Πέτρο, Γαβριήλ Ελισσάβετ και Κατσίκη Ιωάννη για τις πολλές γνώσεις που μου μετέδωσαν, τις χρήσιμες συμβουλές, την ουσιαστική βοήθεια και την αμέριστη συμπαράστασή τους καθ΄ όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξή της καθ΄ όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου, καθώς και όλους τους ανθρώπους που αποτέλεσαν στήριγμα για μένα. Ιδιαίτερη αναφορά, μάλιστα, θα ήθελα να κάνω στους συναδέλφους μα πάνω απ' όλα φίλους μου Καραχάλιου Ανδριάνα και Ασσαριωτάκη Αλέξανδρο για την ηθική και όχι μόνο υποστήριξή τους, αλλά και στην φίλη μου Καραχάλιου Αλεξάνδρα.

Κ.Λ.

Α. Περίληψη

Τα Φαρμακευτικά και Αρωματικά Φυτά (ΦΑΦ) χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο ήδη από πολύ παλιά γνωρίζοντας τις ευεργετικές τους ιδιότητες. Η Ελλάδα διαθέτει ορισμένα από τα πλέον εξαιρετικά και γνωστά ΦΑΦ, ένα από τα οποία είναι η ρίγανη, η οποία ανήκει στο γένος *Origanum* και την οικογένεια Lamiaceae. Λόγω του μεγάλου υβριδισμού του γένους *Origanum*, από τη σταυρογονιμοποίηση μεταξύ των ειδών *Origanum vulgare ssp. hirtum* και *Origanum onites* προέκυψε το υβρίδιο *Origanum x intercedens*.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών επιπέδων άρδευσης στην καλλιέργεια της ρίγανης (*Origanum x intercedens*) στα μορφολογικά, αποδοτικά και χημειοτυπικά χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε παρακολούθηση της φυτείας με χρήση Γεωγραφικών και Πληροφοριακών Συστημάτων.

Μετά από εκτεταμένες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στην Ικαρία επιλέχθηκαν οι καλύτεροι βιότυποι του είδους *Origanum x intercedens*, μεταφέρθηκαν στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Γ.Π.Α.) και δημιουργήθηκε μητρική φυτεία. Με αγενή πολλαπλασιασμό δημιουργήθηκαν μοσχεύματα από τα οποία έγινε εγκατάσταση της καλλιέργειας στο αγρόκτημα του Γ.Π.Α. στα Σπάτα Αττικής. Από την ημέρα της μεταφύτευσης έως την συγκομιδή λαμβάνονταν μορφολογικές μετρήσεις, ενώ την ημέρα της συγκομιδής έγιναν επιπρόσθετες μορφολογικές μετρήσεις που αφορούσαν στον βλαστό, τα φύλλα και την ταξιανθία. Παράλληλα, και μέχρι την εφαρμογή των επεμβάσεων άρδευσης, πραγματοποιήθηκαν πτήσεις παρακολούθησης της φυτείας με UAV (Unmanned Aerial Vehicle) εξοπλισμένο με πολυφασματικό αισθητήρα Parrot sequoia με 4 κανάλια (Green, Red, Red edge, Near Infra Red). Με βάση τα κανάλια αυτά, στα ορθομωσαϊκά που δημιουργήθηκαν, έγινε εξαγωγή του δείκτη βλάστησης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Η επεξεργασία των δεδομένων αυτών έγινε σε επίπεδο φυτού (σημειακά). Επιπλέον, έγινε αντιστοίχιση των μετρήσεων πεδίου στα αντίστοιχα σημεία των ορθομωσαϊκών με σκοπό την ανάπτυξη θεματικών χαρτών.

Η συγκομιδή των φυτών πραγματοποιήθηκε στο στάδιο της πλήρους άνθισης, ακολούθησε ξήρανση των φυτών υπό σκιά σε καλά αεριζόμενο χώρο για 15 ημέρες και, τέλος, έγινε παραλαβή των αιθέριων ελαίων με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με

συσκευή Clevenger. Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν από τις μορφολογικές μετρήσεις η αύξηση της άρδευσης επηρέασε αρνητικά των αριθμό των βλαστών ανά φυτό, ενώ δεν επηρέασε τα υπόλοιπα μορφολογικά χαρακτηριστικά ανάπτυξης των βλαστών, των ταξιανθιών και των φύλλων. Για το νωπό και ξηρό βάρος φυτού δεν αναδείχθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, αν και παρατηρήθηκε μια τάση αύξησης αυτών στα φυτά που εφαρμόστηκε αυξημένη άρδευση. Όσον αφορά στην περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, αυτή δεν επηρεάστηκε από την άρδευση, ενώ, όσον αφορά στα χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων, ως κύρια συστατικά αυτών αναδείχθηκαν σε κάθε περίπτωση η καρβακρόλη, το π-κυμένιο και το γ-τερπινένιο. Μετά την ποσοτικοποίηση των συστατικών αυτών ανά 100g ξηρού φυτικού υλικού, η καρβακρόλη δεν επηρεάστηκε από την άρδευση που εφαρμόστηκε, ενώ στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στις ποσότητες του π-κυμενίου και γ-τερπινενίου μεταξύ των φυτών που δεν δέχθηκαν άρδευση και των υπόλοιπων φυτών.

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τις μορφολογικες μετρήσεις πεδίου, αλλά και την παρακολούθηση της φυτείας ρίγανης με UAV πριν την εφαρμογή των επεμβάσεων άρδευσης συμπεραίνουμε πως κατά την πρώτη χρονιά εγκατάστασης και εγκλιματισμού ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης NDVI δεν αποδείχθηκε ιδιαίτερα αξιόπιστος. Περαιτέρω έρευνα πρέπει να διεξαχθεί με χρήση άλλων δεικτών ανάπτυξης και διαφορετικές ρυθμίσεις πτήσης, καθώς κατά την έναρξη της άνθισης υπήρχαν ενθαρρυντικές ενδείξεις.

Λέξεις κλειδιά: άρδευση, *Origanum x intercedens*, αιθέριο έλαιο, καρβακρόλη, GIS

B. Abstract

Medicinal Aromatic Plants (MAPs) have been used for their beneficial characteristics by man from the very old times. Greece has many of the most qualified and known MAPs, one of them is Oregano which belongs to the Origanum genus and the Lamiaceae family. Due to the great hybridism of the Origanum genus, the cross propagation between the Origanum vulgare ssp. hirtum and the Origanum onites species resulted in the formation of the Origanum x intercedens hybrid.

The aim of this study was to investigate the effect of different levels of irrigation on the cultivation of oregano (*Origanum x intercedens*) in terms of morphological, quantitative and chemotypic characteristics of essential oils. In addition, the plantation was monitored using Geographic and Information Systems.

After extensive research in Ikaria island, the best biotypes of *Origanum x intercedens* were selected, transferred to the Agricultural University of Athens (AUA) and a maternal plantation was established. Cuttings derived from this maternal plantation (vegetative propagation) were used in order to form the plantation of interest which was established at the farm of AUA at Spata region, Athens. Morphological measurements were taken from the day of transplanting to the day of harvesting, while additional morphological measurements were taken on the day of harvesting regarding shoot, leaf and inflorescence characteristics. At the same time, until the implementation of the irrigation interventions, UAV (Unmanned Aerial Vehicle) plantation monitoring flights that was equipped with a 4-channel Parrot sequoia multi-spectrum sensor (Green, Red, Red edge, Near Infra Red) were carried out. Based on these channels, in the created ortho-mosaics, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was extracted. These data were processed at plant (point) level. In addition, field measurements were matched with the corresponding points of the ortho-mosaics in order to develop theme maps.

The plants were harvested at full bloom, shade dried in a well-ventilated area for 15 days, and the essential oils were extracted with hydro-distillation method using Clevenger apparatus. According to the data obtained from the morphological measurements, the increase in irrigation had a negative effect on the number of shoots per plant, while it did not affect the other morphological characteristics of the shoots, inflorescences and leaves. As for the fresh and dry plant weights, there were no

statistically significant differences between the different irrigation treatments, although a tendency of increase was observed in plants that increased irrigation was applied. With regard to the essential oil content, it was not affected by irrigation, while carvacrol, p-cymene and γ-terpinene were identified as the main constituents of the essential oils regardless of the applied irrigation. After quantification of these constituents per 100 g of dry plant material, carvacrol was proved not affected by the applied irrigation, while statistically significant differences were observed in the amounts of p-cymene and γ-terpinene between the non-irrigated plants and the rest of the plants.

The data obtained from field morphological measurements and the monitoring of oregano plantation with UAV prior to the implementation of irrigation interventions conclude that during the first year of establishment and acclimatization, the NDVI vegetation index was not proved particularly reliable. Further research should be conducted using other growth indicators and other flight arrangements as there were encouraging signs at the start of the bloom.

Key-words: irrigation, *Origanum x intercedens*, essential oil, carvacrol, GIS

Περιεχόμενα

A. Περίληψη 5

B. Abstract 7

C. Εισαγωγή 14

1. Φαρμακευτικά και Αρωματικά Φυτά 14

1.1. Ιστορικά στοιχεία περί Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών 14

1.2. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα 15

2. Οικογένεια Lamiaceae 17

2.1. Φαρμακευτικά και Αρωματικά Φυτά πλούσια σε καρβακρόλη 17

2.2. Κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά 18

3. Βοτανική περιγραφή – Γεωγραφική εξάπλωση του υπό μελέτη είδους *Origanum x intercedens* 19

4. Η καλλιέργεια των Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών 22

4.1. Κλιματικές απαιτήσεις 22

4.2. Χρήσεις Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών 23

4.2.1. Αντιμυκητιακή δράση 23

4.2.2. Αντιβακτηριδιακή δράση 23

4.2.3. Αντιοξειδωτική δράση 24

4.2.4. Εντομοκτόνος, νηματοδοκτόνος και ζιζανιοκτόνος δράση 24

4.3. Πολλαπλασιασμός 25

4.3.1. Εγγενής πολλαπλασιασμός 25

4.3.2. Αγενής πολλαπλασιασμός 25

4.4. Τεχνικός σχεδιασμός για την εγκατάσταση και την καλλιέργεια των φαρμακευτικών και αρωματικών φυτών 26

4.4.1. Προετοιμασία αγρού 26

4.4.2. Εγκατάσταση φυτείας 26

4.4.3. Έλεγχος ζιζανίων 27

4.4.4. Συγκομιδή Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών 27
4.4.5. Ξήρανση 28
5. Αιθέρια έλαια 29
5.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την Παραγωγή και το Χημειοτυπικό πρότυπο των Αιθέριων Ελαίων των Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών 30
5.1.1. Οντογένεση των φυτών 30
5.1.2. Φωτοσύνθεση 31
5.1.3. Φωτοπερίοδος 31
5.1.4. Ποιότητα φωτός 31
5.1.5. Εποχή και κλίμα 32
5.1.6. Εδαφικοί παράγοντες 32
5.1.7. Επιπτώσεις αβιοτικής καταπόνησης 33
5.2. Χαρακτηριστικά αιθέριων ελαίων 35
5.3. Ρόλος και χρήσεις αιθέριων ελαίων 36
5.4. Παραλαβή αιθέριων ελαίων 37
5.4.1. Απόσταξη 38
5.5. Ποιοτικός & ποσοτικός προσδιορισμός της χημικής σύστασης των αιθέριων ελαίων 39
5.5.1. Φασματομετρία μαζών 42
6. Γεωργία ακριβείας 43
7. Χωρική αποτύπωση Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών με τη χρήση Γεωγραφικών Πληροφορικών Συστημάτων 44
7.1. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) 44
7.2. Γεωγραφικές Πληροφορίες 44
7.3. Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) 45
7.4. Η μέθοδος της τηλεπισκόπησης 46
7.5. Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI) 47

7.6. Εφαρμογές των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης 49
8. Σκοπός της μελέτης 49
D. Υλικά και Μέθοδοι 50
1. Περιοχή μελέτης: Σπάτα Αττικής 50
2. Μετεωρολογικά δεδομένα 51
3. Περιοχή προέλευσης φυτικού υλικού 51
4. Επιλογή Φυτικού Υλικού 52
5. Εγκατάσταση πειραματικού αγρού 53
6. Στοιχεία για τον πειραματικό αγρό 54
7. Καλλιεργητικές φροντίδες του πειραματικού αγρού 55
8. Μετρήσεις πριν τη συγκομιδή 55
8.1. Μορφολογικά χαρακτηριστικά (Μετρήσεις Πεδίου) 55
8.2. Παρακολούθηση φυτείας με γεωχωρικές τεχνολογίες (GIS, τηλεπισκόπηση) 56
9. Μετρήσεις μετά τη συγκομιδή 59
10. Παραλαβή Αιθέριων Ελαίων 60
11. Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων 61
12. Στατιστική ανάλυση 63
E. Αποτελέσματα 64
1. Μετεωρολογικά δεδομένα 64
2. Φυτικά χαρακτηριστικά 65
2.1. Πριν τη συγκομιδή 65
2.1.1. Ύψος φυτού 65
2.1.2. Μέση Επιφάνεια Κάλυψης του Φυτού (Canopy) 66
2.2. Μετά τη Συγκομιδή 67
2.2.1. Ανάπτυξη βλαστού 67
2.2.2. Ανάπτυξη φύλλων 68

2.2.3. Χαρακτηριστικά ταξιανθίας 70
2.2.4. Νωπό βάρος φυτού 73
2.2.5. Ξηρό βάρος φυτού 74
2.2.6. Ρυθμοί Ανάπτυξης 75
3. Εκατοστιαία Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο 77
4. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA, Principal Components Analysis) 78
5. Ποιοτικός Προσδιορισμός των Αιθέριων Ελαίων 80
5.1. Περιεκτικότητα σε καρβακρόλη 84
5.2. Περιεκτικότητα σε π-Κυμένιο 84
5.3. Περιεκτικότητα σε γ-Τερπινένιο 85
6. Παρακολούθηση της ανάπτυξης της φυτείας με UAV 87
6.1. Ανάλυση δεδομένων πριν τις επεμβάσεις Διαχρονικά 87
6.1.1. Δεδομένα πεδίου Διαχρονικά 87
6.1.2. Δεδομένα τηλεπισκόπησης (GIS) Διαχρονικά 89
6.2. Ανάλυση δεδομένων πριν τις επεμβάσεις Διατοπικά 90
6.2.1. Δεδομένα πεδίου Διατοπικά 90
6.2.2. Δεδομένα τηλεπισκόπησης (GIS) Διατοπικά 91
6.3. Συσχετίσεις Μέσου NDVI 96
F. Συζήτηση 97
1. Μορφολογική παραλλακτικότητα 97
2. Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο 97
3. Ποιοτικός Προσδιορισμός των Αιθέριων Ελαίων 98
4. Παρακολούθηση της ανάπτυξης της φυτείας με UAV 100
G. Συμπεράσματα 103
H. Βιβλιογραφία 104
I. Παράρτημα 114

C. Εισαγωγή

1. Φαρμακευτικά και Αρωματικά Φυτά

1.1.Ιστορικά στοιχεία περί Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών

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

Αξίζει να σημειωθεί ότι όλες οι παραμεσόγειες χώρες είναι εξαιρετικά πλούσιες σε αυτοφυή αρωματικά φυτά, πολλά από τα οποία καλλιεργούνται και σε συστηματικό επίπεδο. Τα κυριότερα αρωματικά φυτά ανήκουν στις οικογένειες Lamiaceae (Χειλανθή), Umbelliferae (Σκιαδοφόρα), Lauraceae (Δαφνοειδή), Myrtaceae (Μυρτώδη) και Asteraceae (πρώην Compositae, Σύνθετα) (Karousou *et al.*, 2005).

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

Τα πρώτα στοιχεία θεραπευτικών εφαρμογών των φυτών και των αρωματικών ελαίων ανάγονται χιλιάδες χρόνια πριν και στην π.Χ. εποχή. Ένα από τα παλαιότερα θεραπευτικά εγχειρίδια στον κόσμο που χρονολογείται από το έτος 2000 π.Χ. είναι αυτό του αυτοκράτορα Hang Ti. Πρόκειται για το κινέζικο βιβλίο με τίτλο «Το Βιβλίο Εσωτερικής Ιατρικής του Κίτρινου Αυτοκράτορα», που αναφέρεται στις αιτίες και τις θεραπείες ασθενειών δια της βελονοθεραπείας, των μαλλάξεων (massage) και των αρωματικών ελαίων (Figueiredo *et al.*, 2008). Στην αρχαία Ελλάδα η χρήση τέτοιων φυτών ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη καθώς υπάρχουν γραπτές αναφορές σε αρχαία κείμενα. Η πιο ολοκληρωμένη εργασία πραγματοποιήθηκε από τον Ιπποκράτη, που στα

400 π.Χ. έδωσε μια λίστα με περισσότερα από 400 φάρμακα που βασίζονται στις θεραπευτικές ιδιότητες των βοτάνων. Οι Ρωμαίοι κατά την ακμή της αυτοκρατορίας τους εμπορεύονταν μεγάλες ποσότητες μπαχαρικών και αρωματικών φυτών, η διακίνηση των οποίων μειώθηκε κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα για να αποτελέσει το κλειδί της ανάπτυξης του διεθνούς εμπορίου στα χρόνια της αναγέννησης, όπου το εμπόριο μπαχαρικών αποτέλεσε έναν από τους λόγους της εξερεύνησης του κόσμου τον 15ο και 16ο αιώνα.

Είναι πλέον διεθνώς εξακριβωμένο και αποδεκτό από πολλές μελέτες ότι φυτικά είδη με αυτές τις ιδιότητες συνθέτουν έναν πολύτιμο χλωριδικό πλούτο, ενώ ταυτόχρονα αποτελούν και ένα ισχυρό «οπλοστάσιο» εκκίνησης για τη δημιουργία νέων δραστικών ουσιών στις επιστήμες της Φαρμακευτικής και της Ιατρικής.

1.2. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα

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

Η Ελλάδα διαθέτει ορισμένα από τα πλέον εξαιρετικά και γνωστά φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά. Τα κυριότερα είναι: ο βασιλικός (*Ocinum basilicum*), το γιασεμί (*Jasminum grandiflorum*), ο γλυκάνισος (*Pimpinella anisum*), η δάφνη (*Laurus nobilis*), το δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*), ο δίκταμος (*Origanum dictamus*), τα εσπεριδοειδή (*Citrus sp. Fortunella*), ο ευκάλυπτος (*Eucalyptus spp.*), το θυμάρι (*Thymus spp.*), η κάππαρη (*Capparis spinosa*), ο κορίανδρος (*Coriandrum sativum*), ο κρίνος (*Lilium candidum*), ο κρόκος (*Crocus sativus*), το κύμινο (*Cuminum cyminum*), η λεβάντα (*Lavandula sp.*), οι λειχήνες (*Evernia prunastri*), ο μάραθος (*Foeniculum vulgare*), η μαντζουράνα (*Origanum majorana*), το μελισσόχορτο (*Melissa officinalis*), η μέντα (*Mentha piperita*), η ρίγανη (*Origanum heracleoticum*), η σάλβια σκλάρεα (*Salvia sclarea*), το σπάρτο (*Spartum junceum*), η τριανταφυλλιά (*Rosa damascena*), το τσάι του βουνού (*Sideritis spp.*), ο ύσσωπος (*Hyssopus officinalis*), το φασκόμηλο (*Salvia officinalis*), η φλαμουριά (*Tilia cordata*) και το χαμομήλι (*Matricaria chamomilla*) (Σκρουμπής, 1998).

Σύμφωνα με στοιχεία του Οργανισμού Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (ΟΠΕΚΕΠΕ), βάσει των δηλώσεων ΟΣΔΕ, το 2014 οι καλλιεργούμενες εκτάσεις των ΦΑΦ στην Ελλάδα ανέρχονταν σε 29.000 στρέμματα που έως σήμερα έχουν αυξηθεί τουλάχιστον κατά 30%. Από αυτά την μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνει η καλλιέργεια της ρίγανης (11.000 στρέμματα). Άλλα είδη που καλλιεργούνται σήμερα σε αρκετά μεγάλες εκτάσεις εκτός της ρίγανης είναι η λεβάντα, το τσάι του βουνού (*Sideritis sp*), ο κρόκος ή σαφράν (*Crocus sativus*), και πολύ λιγότερο το φασκόμηλο (*Salvia fruticosa* και *Salvia officinalis*), το μελισσόχορτο (*Melissa officinalis*), το κρίταμο (*Crithmum maritimum*), ο δυόσμος (*Mentha spicata*), το χαμομήλι (*Matricaria chamomilla*) κλπ. (Υπ.Α.Α.Τ. 2017).

Σημαντικοί εμπορικοί και εξαγωγικοί φορείς στον τομέα των ΦΑΦ δεν έχουν καταγραφεί, όμως υπάρχουν ορισμένοι εμπορικοί οίκοι στην Ελλάδα, οι όποιοι δεν εμπορεύονται αποκλειστικά Φαρμακευτικά και Αρωματικά Φυτά, αλλά διαχειρίζονται και άλλα παρεμφερή προϊόντα, όπως μπαχαρικά ή άλλα είδη, τα οποία είναι ξενικά και χρησιμοποιούνται για παρόμοιες χρήσεις, δηλαδή είτε σαν καρυκεύματα, είτε στη μαγειρική. Κάποιοι από αυτούς εξάγουν, π.χ. ρίγανη στην Αμερική. Εξάγονται κατά κύριο λόγο τα αποσταζόμενα αιθέρια έλαια στην Ελλάδα, είτε σε χώρες της Ε. Ε, είτε εκτός αυτής.

Η οργάνωση της παραγωγής, επεξεργασίας, παραγωγής τελικών προϊόντων και διάθεσης βρίσκεται σε εμβρυακή κατάσταση. Η δυναμικότητα είναι μικρή, τα παραγόμενα προϊόντα στην Ελλάδα λίγα και κυρίως ότι παράγεται, παράγεται με τρόπο μη τυποποιημένο. Οι επενδύσεις του μεγάλου κεφαλαίου είναι ελάχιστες, Ωστόσο είναι σήμερα σχετικά ασαφής (από 25.000 έως 40.000 στρέμματα) και υπό εξέλιξη, ο αριθμός των καλλιεργούμενων εκτάσεων ή των παραγόμενων προϊόντων που διατίθενται.

Οι ελληνικές εξαγωγές εμφανίζονται αρκετά χαμηλές σε σχέση με τη διεθνή αγορά, καθώς αντιπροσωπεύουν ποσοστό κάτω από το 0,1% των παγκόσμιων εξαγωγών.

Κύριες αγορές - στόχοι των ελληνικών εξαγωγών αποτελούν η Αλβανία (χώρα που επανεξάγει ποσότητες ΦΑΦ) και η Γερμανία (με τη σημαντική βιομηχανία χρήσης ΦΑΦ). Είναι εμφανές ότι ακόμα και αυτή η μικρή εξαγωγική προσπάθεια απολαμβάνει

πλέον υψηλότερες τιμές με την τάση να καταγράφεται ανοδική για το διάστημα μέχρι το 2025.

2. Οικογένεια Lamiaceae

Ιδιαίτερο υπήρξε το ενδιαφέρον κατά το παρελθόν για τα φυτικά είδη της οικογένειας Lamiaceae. Η οικογένεια των χειλανθών είναι από τις πλουσιότερες σε είδη οικογένειες, τα μέλη της οποίας απαντώνται σε όλες τις περιοχές της Ελλάδας. Επίσης η οικογένεια Lamiaceae θεωρείται η δεύτερη πλουσιότερη σε ενδημικά taxa της ελληνικής χλωρίδας μετά των αντίστοιχων της οικογένειας των Asteraceae. Πιο αναλυτικά, πρόκειται για μια οικογένεια με 7.200 είδη, τα οποία είναι ταξινομημένα σε 240 περίπου γένη. Αρκετοί αντιπρόσωποί της απαντώνται σε ξηρές και θερμές περιοχές, όπως οι παραμεσόγειες. Περιλαμβάνει αρκετά αρωματικά-φαρμακευτικά και αρτυματικά, καθώς επίσης καλλωπιστικά και μελισσοτροφικά φυτά (Ζερλέντης, 1981; Βαρδακάκης, 1993). Θεωρείται από τις σημαντικότερες οικογένειες της Μεσογείου γιατί: 1) τα περισσότερα μέλη της έχουν τη δυνατότητα να παράγουν αρωματικά (αιθέρια) έλαια, 2) είναι ικανά να εγκλιματίζονται και να εξαπλώνονται σε διαφορετικές κλιματικά περιοχές και 3) πολλά από τα μέλη της συγκεκριμένης οικογένειας αποτελούν ενδημικά είδη. Αντιπροσωπευτικά γένη για την Ελλάδα είναι τα εξής: *Teucrium, Mentha, Rosmarinus, Salvia, Sideritis, Satureja, Origanum, Thymus* κ.ά. (Στεφανάκη- Νικηφοράκη, 1999).

Τα περισσότερα αιθέρια έλαια αυτής της οικογένειας παρουσιάζουν αντιμικροβιακή και αντιμυκητιακή δράση, η οποία θα μπορούσε να αποδοθεί στην περιεκτικότητά τους σε καρβακρόλη και θυμόλη (Baydar *et al.*, 2004; Bozin *et al.*, 2006). Οι ιδιότητες και περισσότερες πληροφορίες για τα αιθέρια έλαια, ιδιαίτερα της οικογένειας Lamiaceae, θα αναφερθούν με περισσότερη λεπτομέρεια στην αντίστοιχη παράγραφο.

2.1.Φαρμακευτικά και Αρωματικά Φυτά πλούσια σε καρβακρόλη

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία υπάρχουν 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*, στο οποίο περιλαμβάνονται τα πιο γνωστά φυτά ρίγανης (Ελληνική και Τούρκικη) (Makri, 2002). Ο όρος «ρίγανη» αναφέρεται κυρίως στο χαρακτηριστικό άρωμα και τη χαρακτηριστική γεύση που έχουν κάποια φυτά των οποίων το αιθέριο έλαιο

χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά καρβακρόλης (μη κρυσταλλοποιούμενης φαινόλης) (Kokkini *et al.*, 2003). Σε παγκόσμιο επίπεδο, τέσσερα είναι τα είδη που υπάγονται στην ονομασία της ρίγανης: η Ελληνική ρίγανη (*Origanum vulgare ssp. hirtum* (Link) Ietswaart), η Ισπανική ρίγανη (*Coridothymus capitatus* L.), η Τούρκικη ή Νησιώτικη 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).

2.2.Κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά

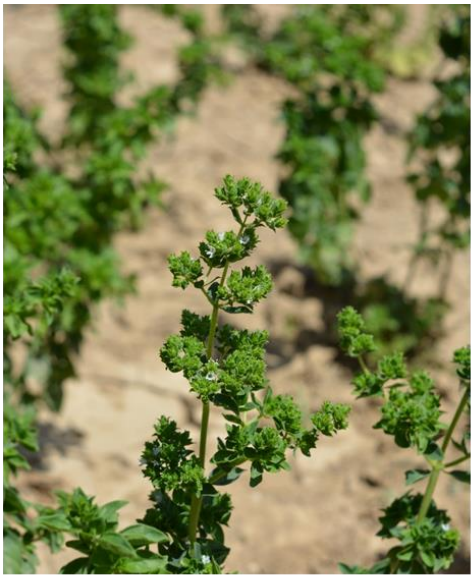
Τα είδη της οικογένειας Lamiaceae είναι ετήσια ή πολυετή ποώδη φυτά ή φρύγανα, καμιά φορά θάμνοι και σπανιότατα δένδρα ή αναρριχώμενα. Τα φυτά αυτά ευδοκιμούν σε θερμά και ξηρά κλίματα και φέρουν αδενώδεις τρίχες. Οι τρίχες αυτές εκκρίνουν αιθέρια έλαια. Οι βλαστοί τους είναι συνήθως τετράγωνοι και φέρουν φύλλα αντίθετα, σταυρωτά ή κατά σπονδύλους, 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 βότρεις ή στάχεις). Ο κάλυκας είναι σωληνοειδής ή κωδωνοειδής αποτελούμενος συνήθως από 5 δόντια ή δίχειλος. Η στεφάνη είναι σωληνοειδής, συμπέταλη, αποτελούμενη από 4-5 λοβούς, δίχειλη, σπάνια μονόχειλη ή ακτινόμορφη. Οι στήμονες είναι συνήθως τέσσερις (σπάνια δύο) με το οπίσθιο ζεύγος να είναι συνήθως κοντύτερο από το πρόσθιο. Η ωοθήκη είναι επιφυής, αποτελούμενη από δύο ενωμένα καρπόφυλλα, τα οποία σχηματίζουν τέσσερις ξεχωριστούς χώρους. Σε κάθε χώρο περιέχεται μια ανάτροπη σπερμοβλάστη. Ο στύλος είναι απλός και καταλήγει σε ένα δισχιδές στίγμα. Ο καρπός είναι σχιζοκάρπιο και αποτελείται από τέσσερα μονόσπερμα κάρυα (Βαρδακάκης, 1993).

Όσον αφορά στη βλάστηση των σπόρων των αρωματικών φυτών, στο θυμάρι είναι φωτο-αδιάφορη, ενώ οι σπόροι ρίγανης έχουν απόλυτη ανάγκη από φως. Στο θρούμπι, ένα τμήμα των σπόρων βλαστάνει στο σκοτάδι και η βλαστική ικανότητα μπορεί είτε να αυξηθεί, είτε να μειωθεί από τον κατάλληλο φωτισμό. Και τα τρία είδη παρουσιάζουν μεγαλύτερη βλάστηση σε ένα σχετικά χαμηλό εύρος θερμοκρασίας, ένα

μεσογειακό χαρακτηριστικό, με βέλτιστο εύρος αυτό των 15-20°C. Το ποσοστό της βλαστικότητας είναι σημαντικά υψηλότερο στους μικροσκοπικούς σπόρους του θυμαριού και της ρίγανης από ότι στους μεγαλύτερους σπόρους από το θρούμπι. Επιπλέον, η βλάστηση εξαρτάται από την ηλικία των σπόρων. Παλιοί σπόροι βλαστάνουν σε ένα υψηλότερο ποσοστό από ότι οι νεότεροι, όπως έχει ήδη παρατηρηθεί από τον Θεόφραστο, πιθανώς ως αποτέλεσμα της πτητικότητας των αιθέριων ελαίων που υπάρχουν στον κάλυκα. Τα αιθέρια έλαια στον κάλυκα παρεμποδίζουν σημαντικά τη βλάστηση των κλειστών σπόρων. Η βλάστηση καταστέλλεται στο θυμάρι και σε μικρότερο βαθμό στο θρούμπι και τη ρίγανη. Αυτός ο λήθαργος που προκαλείται από τα αιθέρια έλαια προφανώς μπορεί να ξεπεραστεί κάτω από φυσικές συνθήκες, με έκπλυση των αιθέριων ελαίων με βρόχινο νερό. Υποστηρίζεται ότι με αυτό τον τρόπο υπάρχει μια στρατηγική προσαρμογής που καθυστερεί τη βλάστηση. Με τον τρόπο αυτό, η βλάστηση των σπόρων παρεμποδίζεται κατά την αρχική φάση της περιόδου των βροχοπτώσεων, η οποία συνήθως διακόπτεται από περιόδους ξηρασίας στο Μεσογειακό κλίμα (Thanos *et al.*, 1995).

3. Βοτανική περιγραφή – Γεωγραφική εξάπλωση του υπό μελέτη είδους *Origanum x intercedens*

Το είδος *Origanum x intercedens* είναι το υβρίδιο που προέκυψε από την σταυρογονιμοποίηση μεταξύ των ειδών *Origanum vulgare ssp. hirtum και Origanum onites (Εικόνα 1)*. Το *O. intercedens* έχει βρεθεί στην Εύβοια, τη Λέσβο, τη Μύκονο, τη Νίσυρο (Kokkini & Vokou, 1993), καθώς και στη Δυτική, Ανατολική και Κεντρική Κρήτη (Gounaris *et al*., 2002). Φύεται σε αειθαλείς μεσογειακούς θαμνώνες, φρύγανα, ελαιώνες ή ασβεστολιθικές βραχώδεις θέσεις σε υψόμετρα 100-400 μέτρα. Στις περισσότερες περιπτώσεις λίγα, υβριδικής προελεύσεως, άτομα εντοπίστηκαν σε μικτούς πληθυσμούς των γονικών taxa. Εξαίρεση αποτελούν η Νίσυρος, όπου το *O. intercedens* βρέθηκε ανάμεσα σε πληθυσμό *O.onites* και η Μύκονος, όπου το υβρίδιο εντοπίστηκε ανάμεσα σε άτομα *O. vulgare ssp. hirtum*. Στα νησιά αυτά το δεύτερο από τα γονικά taxa δεν έχει αναφερθεί. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί είτε στην εξαφάνιση του ενός γονέα ή, πιθανότερα, στην έλλειψη πληροφορίας σχετικά με την παρουσία των γονικών ειδών.



Origanum vulgare ssp. hirtum

Origanum onites

Origanum x intercedens

Εικόνα 1. Τα γονικά είδη (Origanum vulgare ssp. hirtum και Origanum onites) του υπό μελέτη υβριδίου Origanum x intercedens.

Το υβρίδιο αυτό, το οποίο δημιουργήθηκε στη φύση εμφανίζει ταξιανθία ενδιάμεση μεταξύ της σκιαδόμορφης ταξιανθίας της νησιώτικης ρίγανης (*O. onites*) και της σπονδυλωτής ταξιανθίας της ελληνικής ρίγανης (*O. vulgare ssp. hirtum).* Ωστόσο, μελέτες έχουν δείξει πως η γενικότερη μορφολογία του υβριδίου

προσομοιάζει περισσότερο προς το είδος *O. onites*, ενώ η σύσταση του αιθέριου ελαίου προσομοιάζει περισσότερο προς το είδος *O. vulgare* (Gounaris *et al.*, 2002).

Το υβρίδιο *O. intercedens* είναι πολυετής αρωματικός θάμνος, όρθιας ανάπτυξης και το ύψος του κυμαίνεται συνήθως από 30 – 80 εκατοστά. Τα φύλλα είναι σχετικά μικρά σε σύγκριση με αυτά της *O. vulgare ssp. hirtum* με έντονες νευρώσεις στην κατω επιφάνεια του φύλλου. Είναι αντίθετα, έμμισχα, ωοειδούς σχήματος και τριχωτά κυρίως στην άνω επιφάνειά τους. Η ταξιανθία είναι βοτρυοειδής, παρόμοια με εκείνη της ελληνικής ρίγανης με τη διαφορά ότι οι στάχεις της ταξιανθίας είναι πιο επιμήκεις από τους αντίστοιχους της *O. vulgare ssp. hirtum*, συχνά φέρει τρίχωμα παρόμοιο με αυτό του *O.onites*. Οι κάλυκες ειναι δίχειλοι, με τρεις οδόντες στο ανώτερο χείλος και δυο στο κατώτερο. Η έναρξη της ανθοφορίας λαμβάνει χώρα από τέλη Μαΐου – αρχές Ιουνίου, ενώ μπορεί να διαρκέσει μέχρι αρχές Ιουλίου.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα το υπέργειο τμήμα του φυτού ξεραίνεται, ενώ το υπόγειο διατηρείται και αναβλαστάνει την άνοιξη. Συνήθως παρατηρείται παραλλακτικότητα μεταξύ ή ακόμα και στους ίδιους ανθοφόρους βλαστούς, με τα άνθη να μην ωριμάζουν ταυτόχρονα. Έτσι, μπορεί το κάτω μέρος του στάχυ να φέρει σπόρους, ενώ το πάνω μέρος να βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της πλήρους άνθισης (Kokkini *et al.*, 2003). Φύλλα και κάλυκες ξεχωρίζουν για τα εμφανή – ακόμα και με γυμνό οφθαλμό - αδενικά τριχίδια που είναι αποκλειστικά υπεύθυνα για τη βιοσύνθεση του αιθέριου ελαίου (Δόρδας, 2012).

Η εκατοστιαία απόδοση του υβριδίου σε αιθέριο έλαιο βρίσκεται ανάμεσα στα γονικά του είδη πλησιάζοντας περισσότερο την ελληνική ρίγανη (*O. vulgare ssp. hirtum*) με ποσοστά από 4,5 – 7,25 % (Gounaris *et al*., 2002). Όσον αφορά στις περιεχόμενες ουσίες του αιθέριου ελαίου, η *Origanum x intercedens* θεωρείται ότι παράγει υψηλής ποιότητας έλαιο εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε καρβακρόλη (Bosabalidis A. *et al.*, 1997) που μπορεί να φτάσει και το 97% σε ορισμένες περιπτώσεις. Αξιοσημείωτο είναι επίσης, το γεγονός ότι το υβρίδιο αυτό εμφανίζει αύξηση στην απόδοση βιομάζας, με οικονομική σημασία για τα φυτά αυτών των ειδών (Kokkini and Vokou, 1993).

Εικόνα 2. Origanum x intercedens

4. Η καλλιέργεια των Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών

4.1. Κλιματικές απαιτήσεις

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

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

Για τα φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος έχουν το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος μιας περιοχής. Η *O.onites* αναπτύσσεται σε εδάφη με pH από 4,9 έως 8,7 και σε θερμοκρασίες από 6 έως 28°C (Makri, 2002). Η *O. hirtum* αναπτύσσεται σε εδάφη με πολύ υψηλότερες τιμές pH, με ιδανικό pH εδάφους το 6,8 και σε 18-22°C με όρια ανάπτυξης 4-33°C (Κουτσός, 2006). Σε γενικές γραμμές και τα δύο είδη ρίγανης που προαναφέραμε είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά φυτά, αφού αντέχουν στις χαμηλές θερμοκρασίες, ευδοκιμούν σε

μέσης έως μέτριας σύστασης ημιορεινά εδάφη και είναι λιτοδίαιτα στις κλιματικές συνθήκες (Γκόλιαρης, 1992).

Αναντίρρητα, για την πλειονότητα των αρωματικών φυτών κρίνεται πρόσφορο το έδαφος με μέση σύσταση και καλή αποστράγγιση, η οξύτητα και η γονιμότητα του οποίου μπορούν να επηρεάσουν τις καλλιέργειες ως προς τις ανάγκες τους σε άρδευση (Γκόλιαρης, 1992).

4.2.Χρήσεις Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών

Τα φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά καθώς και τα αιθέρια έλαιά τους έχουν τις ακόλουθες χρήσεις (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010) :

- Μαγειρική: Χρησιμοποιούνται ως φρέσκα ή αποξηραμένα αρτύματα, ως βότανα, ως καρυκεύματα και μπαχαρικά.
- Ζαχαροπλαστική, ποτοποιία, βιομηχανία τροφίμων: Χρησιμοποιούνται ως αρωματικά και βελτιωτικά.
- Αρωματοποιία: Χρησιμοποιούνται είτε απευθείας, είτε σαν πρώτες ύλες για την εκχύλιση και τη σύνθεση ειδικών αρωματικών ουσιών σε καλλυντικά και προϊόντα προσωπικής υγιεινής.
- Ιατρική, Κτηνιατρική: Χρησιμοποιούνται ως συστατικά σκευασμάτων.
- Γεωργία: Χρησιμοποιούνται ως φυσικά προστατευτικά μέσα.

4.2.1. Αντιμυκητιακή δράση

Η αντιμυκητιακή δράση των αιθέριων ελαίων σχετίζεται με τον τύπο του ελαίου, δηλαδή με τα συστατικά που περιέχει καθώς και τη συγκέντρωσή τους (Deans & Svoboda, 1990; Biondi *et al*.,1993). Θεωρείται ότι οι φαινόλες έχουν μεγαλύτερη αντιμικροβιακή δράση σε σύγκριση με τις αλκοόλες, τις κετόνες, τους αιθέρες και τους υδρογονάνθρακες (Bullerman, 1977; Hitokoto *et al*., 1980; Hussein, 1990, Daw *et al*., 1994; Charai *et al*., 1996). Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης μειώνει την αναπνευστική δραστηριότητα του *Saccharomyces cerevisiae*, καθώς παρατηρήθηκε μείωση παραγωγής CO_2 και αιθανόλης (Conner *et al*., 1984).

4.2.2. Αντιβακτηριδιακή δράση

Η αντιβακτηριδιακή δράση των αιθέριων ελαίων των φυτών *O.hirtum* και *O.dictamus* αποδίδεται κυρίως στην παρουσία των φαινολικών συστατικών που

περιέχουν, της καρβακρόλης και της θυμόλης, αντίστοιχα (Pellequer *et al*., 1980; Gergis *et al*., 1990; Sivropoulou *et al*., 1996). Τα αιθέρια έλαια πλούσια σε καρβακρόλη της *O. vulgare* παρουσιάζουν αντιβακτηριδιακή δράση έναντι στα *Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Bacillus megaterium* και *Salmonella badar* (Remmal *et al*., 1993).

4.2.3. Αντιοξειδωτική δράση

Οι μελέτες που διερευνούν την αντιοξειδωτική δράση των αιθέριων ελαίων είναι περιορισμένες. Από τις διαθέσιμες στη βιβλιογραφία μελέτες διαπιστώνεται ότι τα φαινολικά συστατικά είναι εκείνα που οφείλονται στην αντιοξειδωτική δράση των ελαίων (Madsen *et al*., 1997; Moure *et al.* 2001). Σύμφωνα με τους Moure *et al.* (2001) τα πολυφαινολικά συστατικά παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση σε σύγκριση με τα φαινολικά συστατικά.

4.2.4. Εντομοκτόνος, νηματοδοκτόνος και ζιζανιοκτόνος δράση

Τα φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά αποτελούν δυνητική πηγή νέων εντομοκτόνων. Τα αιθέρια έλαια των φυτών της οικογένειας Lamiaceae παρουσιάζουν καλύτερη εντομοκτόνο δράση έναντι του *Acanthoscellides obtectus* (εχθρού των φασολιών) (Regnault – Roger & Hamraoui, 1993). Τα έλαια της *O.hirtum* τα οποία είναι πλούσια σε καρβακρόλη παρουσιάζουν εντομοκτόνο δράση επαφής καθώς και καπνιστική δράση στο *Acanthoscellides obtectus* (Baricevic *et al*., 2001) και στη *Drosophila melanogaster* (Karpouhtsis *et al*., 1998) καθώς και έναντι των ωών εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων *Tribolium confusum* και *Ephestia cautella* (Shaaya *et al*., 1993).

Η ανθεκτικότητα και τοξικότητα των φαρμακευτικών και αρωματικών φυτών έναντι των νηματωδών είναι μια ιδιότητα, η οποία θα προσφέρει νέες εφαρμογές στον τομέα της φυτοπροστασίας και ιδιαίτερα για τις ανθεκτικές ποικιλίες ή για τις καλλιέργειες εκείνες για τις οποίες δεν υπάρχουν νηματοδοκτόνα (Barisevic & Bartol, 2002). Σε πειράματα εργαστηρίων τα αιθέρια έλαια των *Origanum vulgare, Origanum majorana* και *Origanum syriacum* επηρέασαν την εξάπλωση του γένους *Meloidogyne* είτε παρεμποδίζοντας την εκκόλαψη ωών (Ramraj *et al*. 1991, Oka *et al*. 2000), είτε δρώντας σε νεαρά άτομα τοξικά (Hashim *et al.*, 1999, Oka *et al.*, 2000).

Τα τερπενικά συστατικά των αιθέριων ελαίων θεωρούνται ανασταλτικά της βλάστησης και της ανάπτυξης (Fischer, 1986, Muller, 1986, Elakovich, 1988).

Σύμφωνα με τους Kotoulas *et al*. (2009), τα αιθέρια έλαια των φυτών *O. hirtum* και *O. onites* φαίνεται να παρεμποδίζουν τη βλάστηση και την ανάπτυξη σπόρων αγριοβρώμης.

4.3.Πολλαπλασιασμός

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

4.3.1. Εγγενής πολλαπλασιασμός

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

4.3.2. 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. Επιπλέον η μέθοδος αυτή δίνει τη δυνατότητα λήψης φυτών πανομοιότυπων με το μητρικό. Οι συνηθέστεροι τρόποι αγενούς πολλαπλασιασμού που εφαρμόζονται είναι:

- Με χρήση παραφυάδων
- Με διαίρεση φυτών
- Με μοσχεύματα
- Με μικροπολλαπλασιασμό (Κουτσός, 2006; Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010).

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.

4.4.Τεχνικός σχεδιασμός για την εγκατάσταση και την καλλιέργεια των φαρμακευτικών και αρωματικών φυτών

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

4.4.1. Προετοιμασία αγρού

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

4.4.2. Εγκατάσταση φυτείας

Η καταλληλότερη εποχή για την εγκατάσταση της καλλιέργειας των φαρμακευτικών και αρωματικών φυτών είναι το φθινόπωρο ή η άνοιξη. Πιο συγκεκριμένα, η ιδανικότερη εποχή για τη φύτευση της ρίγανης θεωρείται το φθινόπωρο (Οκτώβριος- Νοέμβριος) και η άνοιξη (Φεβρουάριος - Μάρτιος). Μετά τις πρώτες βροχές, το φθινόπωρο είναι η πλέον κατάλληλη εποχή για τις ελληνικές ρίγανες. Οι αποστάσεις φύτευσης είναι 60- 80 cm μεταξύ των γραμμών και 30- 40 cm

επί της γραμμής, τόσο στην *O. onites*, όσο και στην *O. hirtum* (Κουτσός, 2006; Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010).

4.4.3. Έλεγχος ζιζανίων

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

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

4.4.4. Συγκομιδή Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών

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

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 & Χατζοπούλου, 2010).

4.4.5. Ξήρανση

Ξήρανση είναι η γρήγορη απομάκρυνση του νερού από τα κύτταρα που προλαμβάνει, κατά ένα μεγάλο μέρος, την αποικοδόμηση των κυτταρικών συστατικών, ενώ με την ξήρανση 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 έως ποσοστό 10%. Κατά συνέπεια, η επίτευξη του παραπάνω στόχου επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της ξήρανσης. Παρακάτω δίνονται αναλυτικά οι μορφές ξήρανσης σύμφωνα με τους Demos *et al.* (1998):

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

5. Αιθέρια έλαια

Ως αιθέρια έλαια χαρακτηρίζονται τα κύρια αρωματοφόρα συστατικά που περιέχονται στα φυτά, τα οποία είναι δυνατό να παραληφθούν μέσω απόσταξης, εκπίεσης 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 & Χατζοπούλου, 2010).

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

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

Τα αιθέρια έλαια μπορεί να βρίσκονται σε οποιοδήποτε φυτικό κυτταρικό ιστό ή σε ειδικά κύτταρα, αδένες ή αγωγούς που απαντώνται σε διάφορα μέρη του φυτού όπως στα φύλλα (ευκάλυπτος, δάφνη), τις ρίζες (καρότα, τζίντζερ), τα άνθη (γαρδένια, τριαντάφυλλα), τους καρπούς (κάρδαμο) ή τους σπόρους (μοσχοκάρυδο). Οι τύποι των δομών στα φυτικά μέρη που περιέχεται το αρωματικό έλαιο είναι διαφορετικοί και εξαρτώνται από τον τύπο του φυτού και την οικογένεια του είδους. Για παράδειγμα, τα είδη των οικογενειών Lamiaceae, Verbenaceae και Geraniaceae διαθέτουν προεξέχοντα αδενικά τριχίδια, τα οποία είναι υπεύθυνα για την παρουσία του αιθέριου ελαίου, ενώ των Apiaceae διαθέτουν ελαιοαγωγούς στους καρπούς και σε εσωτερικές εκκριτικές κοιλότητες, γνωστές ως σχιζογενείς κοιλότητες, στα φύλλα και τις ρίζες τους (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2013). Οι εκκριτικές δομές μπορούν να

καταταχθούν σε δύο κατηγορίες, στις επιφανειακές και υποδόριες δομές. Μετά βεβαιότητας μπορεί να ειπωθεί ότι σε διάφορα φυτικά μέρη των ειδών της οικογένειας Lamiaceae -συγκεκριμένα στα αδενώδη τριχίδια- υφίστανται επιφανειακά αιθέρια έλαια (Werker, 2000).

Τα αδενώδη τριχίδια (grandular hairs) διαφέρουν στη χημική σύσταση των ουσιών που εκκρίνουν ή βιοσυνθέτουν, στη δομή τους, στη θέση που εντοπίζονται στο φυτό, αλλά και στη λειτουργία τους. Όπως ισχύει και για τα μη αδενώδη τριχώματα, υπάρχουν μονοκύτταρα ή πολυκύτταρα με μία ή πολλές σειρές κυττάρων. Μια τυπική αδενώδης πολυκύτταρη τρίχα αποτελείται από: 1) Μία εκκριτική κεφαλή, η οποία περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα εκκριτικά κύτταρα, 2) Ένα μίσχο μονοκύτταρο ή πολυκύτταρο, 3) Ένα ή περισσότερα κύτταρα βάσης και 4) Ένα ή περισσότερα κύτταρα λαιμού ανάμεσα στα κύτταρα του μίσχου και της κεφαλής.

Η κύρια λειτουργία των αδενωδών τριχωμάτων είναι η παραγωγή και η απέκκριση δευτερογενών μεταβολιτών, οι οποίοι είτε είναι τοξικοί για τα παθογόνα και τα φυτοφάγα ζώα, είτε μεσολαβούν στην επικονίαση. Τα προϊόντα αυτά είναι συνήθως πτητικά μίγματα (αιθέρια έλαια) μονοτερπενίων και διτερπενίων (Καραμπουρνιώτης, 2003). 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 και σε όλα τα εναέρια μέρη των ειδών της οικογένειας Lamiaceae, όπως στον κάλυκα, τη στεφάνη, τους στήμονες και τα καρπόφυλλα (Modenesi *et al.*, 1984; Servettaz *et al.*, 1994).

5.1.Παράγοντες που επηρεάζουν την Παραγωγή και το Χημειοτυπικό πρότυπο των Αιθέριων Ελαίων των Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών

5.1.1. 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 *Origamum 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 Lemberkovics *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.

5.1.2. 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).

5.1.3. 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 φαινυλοπροπανοειδών), 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).

5.1.4. Ποιότητα φωτός

Η ποιότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας επηρεάζει τη βιοσύνθεση του αιθέριου ελαίου. Η υπέρυθρη 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 θουγινόνης στο έλαιο σε σχέση με φυτά που αναπτύχτηκαν σε άλλα επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας. Στο *Thymus vulgaris* τα φυτά που αναπτύχτηκαν σε πλήρη ηλιακή ακτινοβολία είχαν τόσο τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σε αιθέριο έλαιο, όσο και το μεγαλύτερο ποσοστό θυμόλης και μυρκενίου στο έλαιο.

5.1.5. 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 vulgare ssp. hirtum* παρατήρησαν εποχική διακύμανση τόσο στην εκατοστιαία (%) συγκέντρωση του αιθέριου ελαίου, όσο και στην εκατοστιαία (%) 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-κυμενίου 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*., 2009).

5.1.6. Εδαφικοί παράγοντες

Πολλοί συγγραφείς θεωρούν τον τύπο και τη σύσταση του εδάφους ως έναν 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 διίστανται. 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 vulgare ssp. 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).

5.1.7. Επιπτώσεις αβιοτικής καταπόνησης

i 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 καταπονήσεις.

Οι εδαφικοί παράγοντες, μεταξύ των διαφόρων περιβαλλοντικών παραγόντων, έχουν ιδιαίτερη σημασία όσον αφορά στην ανάπτυξη των φυτών. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στα φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά περισσότερη βάση για την αύξηση των αποδόσεων δόθηκε στη διαχείριση του νερού (άρδευση) και της θρέψης των φυτών

(λίπανση). Δεδομένου ότι πλέον έχουν αναπτυχθεί περισσότερες απλές αναλυτικές μέθοδοι για την ανίχνευση δευτερευουσών ουσιών, ειδικά μέθοδοι χρωματογραφίας, όλο και περισσότερες είναι οι έρευνες που διερευνούν την επίδραση του νερού ή της άρδευσης και λίπανσης στην αύξηση των δευτερευουσών αυτών ουσιών σε αριθμό. Τέτοιες μελέτες είναι αυτές των Penka (1978) και Ruminska (1978).

Παρόλο που το νερό δεν αποτελεί θρεπτικό συστατικό για τα φυτά, είναι υψίστης σημασίας για την ανάπτυξή τους καθώς είναι το μέσο μεταφοράς όλων των διαλυτών συστατικών και είναι απαραίτητο για όλες τις βιοχημικές διεργασίες.

Αρχικά οι έρευνες στράφηκαν στην εύρεση του χαμηλότερου δυνατού επιπέδου διαθέσιμου εδαφικού νερού. Εν τω μεταξύ οι δόσεις νερού και τα συστήματα άρδευσης, τα οποία εξασφάλιζαν υψηλότερες αποδόσεις τέθηκαν σε πρώτο πλάνο. Αυτό οδήγησε στην αναγκαιότητα διερεύνησης τρόπου σωστής διαχείρισης του παρεχόμενου νερού. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση του νερού εξαρτάται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, την διαθεσιμότητα εδαφικού νερού της περιοχής ανάπτυξης της καλλιέργειας, αλλά και από τις ανάγκες τις καλλιέργειας στα διάφορα στάδια ανάπτυξής της (Franz, 1983).

ii 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.

iii 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 υποστήριξαν 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 χρόνια, η οποία ήταν και η πιο θερμή. (Sarlis, 1994).

5.2.Χαρακτηριστικά αιθέριων ελαίων

Το αποτέλεσμα της ευχάριστης οσμής ολοκληρώνεται στους χλωροπλάστες των φύλλων. Στο όργανο αυτό του φυτού συνενώνονται με διάφορα σάκχαρα σχηματίζοντας γλυκοζίτες που μεταφέρονται σε όλο το μήκος της δομής του φυτού. Διαλύονται στην αλκοόλη, τον αιθέρα και σε άλλα έλαια. Τα περισσότερα αιθέρια έλαια είναι υγρά, λαμπερά και διαφανή. Υπάρχουν όμως και μερικά έγχρωμα: κόκκινο (βενζόης- βαλσαμική ρητίνη, φυτό *Styrax benzoin*), πρασινωπό (τριαντάφυλλο), κίτρινο (λεμόνι) και μπλε (χαμομήλι). Τα αιθέρια έλαια περιέχονται στα φυτά υπό μορφή μικροσκοπικών σταγονιδίων και μπορεί να βρεθούν στις ρίζες (*Calamus*), στα φύλλα (*Rosmarinus*), στα άνθη (*Lavandula*) και στο φλοιό των φρούτων (*Citrus*). Το άρωμα των ανθέων οφείλεται στο αιθέριο έλαιο όπως και το άρωμα των μπαχαρικών. Η περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων δεν είναι ίδια και κυμαίνεται από 0,01 έως 10%. Πολλά είδη της οικογένειας Lamiaceae είναι πλούσια σε αιθέριο έλαιο, ενώ τα ροδοπέταλα περιέχουν πολύ λίγο, χρειάζονται περισσότεροι από 1 τόνος φυτικού υλικού για 0,5 Kg αιθέριου ελαίου. Ορισμένα είναι ιδιαίτερα βαριά και πυκνά, όπως του γιασεμιού, των ρόδων ή του υάκινθου και δεν παραλαμβάνονται με απόσταξη. Αναφέρονται ως absolute έλαια. Άλλα είναι στερεά σε θερμοκρασία δωματίου, όπως το βουλγαρικό ροδέλαιο, και χρειάζονται ελαφρά θέρμανση για την επεξεργασία τους.

Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης έχει ιδιαίτερες βιολογικές ιδιότητες που αποδίδονται στις δύο φαινολικές (ισομερείς) του ενώσεις καρβακρόλη και θυμόλη που δρουν συνεργικά. Η θυμόλη θεωρείται ως η βασική ένωση που προσδίδει στα φυτά τη χαρακτηριστική οσμή «θυμαριού» και συνοδεύεται σε μικρότερη ποσότητα από την

καρβακρόλη, καθώς και από πρόδρομες ενώσεις που ανιχνεύονται σε μικρότερες ποσότητες, όπως το π-κυμένιο (Poulose & Croteau, 1978). Συγκρινόμενο με αιθέρια έλαια άλλων οικογενειών αρωματικών φυτών, το έλαιο της ρίγανης έχει την πιο ισχυρή δράση, ενώ συγκρίσεις που έγιναν ανάμεσα στα είδη του γένους *Origanum* κατέδειξαν ως πιο δραστικό το έλαιο της *O. vulgare ssp. hirtum*. Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης είναι καυστικό, έχει έντονο άρωμα, κίτρινο χρώμα και ελαιώδη σύσταση. Το ειδικό βάρος του είναι 0,950-0,960, είναι πρακτικά αδιάλυτο στο νερό, ενώ είναι ευδιάλυτο στην αλκοόλη, στον αιθέρα, στην ακετόνη και στα έλαια.

5.3.Ρόλος και χρήσεις αιθέριων ελαίων

Τα μονοτερπένια και σεσκιτερπένια δεκαετίες πριν θεωρούνταν ως μη λειτουργικά και άχρηστα μεταβολικά προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού (Paech, 1950; Sandermann, 1962). Παρόλα αυτά, μελέτες των τελευταίων χρόνων έδειξαν ότι μπορούν να παίξουν 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 αποδειχθεί ότι αναστέλλουν το φύτρωμα και την ανάπτυξη ανταγωνιστικών φυτών εκδηλώνοντας με τον τρόπο αυτό φαινόμενα αλληλοπάθειας (Kelsey *et al*., 1984). Οι Κατσιώτης & Χατζοπούλου (2013) αναφέρουν ότι οι δευτερογενείς μεταβολίτες, γενικά, χρησιμεύουν στα φυτά ως μέσα προσαρμογής στις διακυμάνσεις των συνθηκών θερμοκρασίας και του φωτός, των συνθηκών καταπόνησης, μόλυνσης ή κατά των φυτοφάγων ζώων. Όσον αφορά στη σχέση φυτών- ζώων, αυτή φαίνεται να εκδηλώνεται με τους εξής δύο τρόπους: Α) Προσέλκυση των ζώων- εντόμων που συντελούν στην επικονίαση και ως μέσα διασποράς των σπόρων (Kullenberg & Bergstrom, 1975), Β) Μηχανισμοί άμυνας εναντίον των φυτοφάγων ζώων. Πολλά κατώτερα τερπένια παρουσιάζουν απωθητική και αντιθρεπτική δράση σε έντομα και άλλα φυτοφάγα ζώα (Levin, 1973; Levin, 1976; Kepner *et al*., 1974).

Δεδομένου ότι σήμερα είναι γνωστές εκατοντάδες τέτοιες ουσίες, αποτελεί αδύνατο να προσδιοριστεί ο πιθανός ρόλος του κάθε μονοτερπενίου και σεσκιτερπενίου. Συνολικά, όμως, τα μονοτερπένια και τα σεσκιτερπένια φαίνεται ότι παίζουν σημαντικό ρόλο και στην επιβίωση των φυτών (Croteau, 1992). Υπάρχει όμως και μια πιο σύγχρονη υπόθεση, ότι αυτή η χημική άμυνα των δευτερογενών μεταβολιτών μπορεί να είναι και απέναντι σε αβιοτικές καταπονήσεις (stress), όπως η έλλειψη νερού και οι ακραίες κλιματικές συνθήκες (Holopainen, 2004).

Αρκετοί ερευνητές πιθανολογούν για διάφορους άλλους ρόλους των αιθέριων ελαίων:

- Προστατεύουν τα φυτά από την υψηλή θερμοκρασία μέσω της εξάτμισής τους, καθότι έτσι μειώνεται η θερμοκρασία τους (Werker, 1993).
- Το ρητινώδες περιεχόμενό τους συμβάλλει στην κάλυψη των πληγών του φλοιού και έτσι αποφεύγεται η σήψη των φυτικών ιστών (Σκρουμπής, 1985).
- Κάνουν τα φυτά πιο ανθεκτικά στις ξηροθερμικές συνθήκες ελαττώνοντας τη διαπνοή με την παρουσία τους στους μεσοκυττάριους χώρους (Mahmoud & Croteau, 2002).
- Αυξάνουν με τη σειρά τους την ταχύτητα κυκλοφορίας των θρεπτικών στοιχείων που ρυθμίζουν το μεταβολισμό του φυτού.
- Δρουν καταλυτικά στο μεταβολισμό των γλυκοζιτών και άλλων ουσιών (Wink, 1997).
- Ίσως δρουν και ως ορμόνες σε διάφορες λειτουργίες του φυτού.
- Προστατεύουν τα φυτά από το ψύχος, γιατί λόγω της εξάτμισής τους σχηματίζουν προστατευτικό νέφος γύρω τους (Δόρδας, 2012).
- Επιδρούν θετικά στην ανάπτυξη και εδραίωση άλλων φυτών γύρω από αυτά (Σκρουμπής, 1985).

Καμία από τις παραπάνω υποθέσεις δε δίνει μια σαφή απάντηση για τον ακριβή ρόλο που διαδραματίζουν τα αιθέρια έλαια στα φυτά. Πιθανόν, ο ρόλος τους να είναι ο συνδυασμός όλων των παραπάνω (Σκρουμπής, 1985; Wink, 2003).

Ανεξάρτητα από το ρόλο που τελικά έχουν τα αιθέρια έλαια, έχουν πολλές χρήσεις. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται από το ίδιο το φυτό:

- Για να μειώσουν τη διαπνοή
- Για την προσέλκυση των εντόμων (επικονίαση)
- Για την προστασία από φυτοφάγα ζώα
- Για την προστασία από διάφορες ασθένειες.

5.4.Παραλαβή αιθέριων ελαίων

Η μέθοδος, η οποία ακολουθείται για την παραλαβή ενός αιθέριου ελαίου είναι από τους σπουδαιότερους παράγοντες διασφάλισης της ποιότητάς του. Σκοπός της

επιλογής μεταξύ των μεθόδων είναι το τελικό προϊόν να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερο σε σύσταση με το αιθέριο έλαιο του φυτού. Κλειδί σε αυτή τη διαδικασία είναι οι ήπιες συνθήκες απομόνωσης, δηλαδή η χαμηλή πίεση και θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της μεθόδου. Υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες, όπως και η χρήση διαλυτών μπορούν να αλλάξουν τη μοριακή δομή των ενώσεων, να καταστρέψουν τις φαρμακευτικές ιδιότητες και το άρωμα του αιθέριου ελαίου.

Για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου λαμβάνονται υπόψιν τα εξής:

- Το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού
- Η περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέριο έλαιο
- Η αξία του αιθέριου ελαίου
- Η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου

5.4.1. Απόσταξη

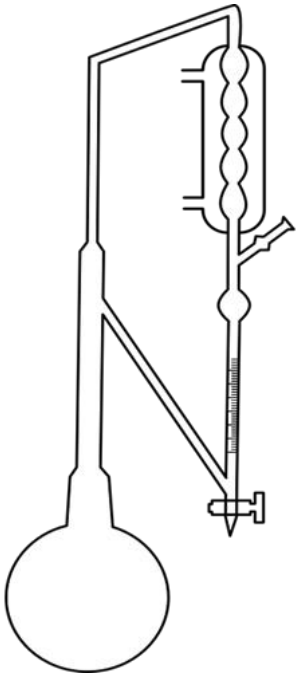
Συνήθως, τα έλαια παραλαμβάνονται από το αντίστοιχο φυτικό υλικό (φύλλα, κορμός, κλαδιά, ρίζες, άνθη κλπ.) με τις παρακάτω τεχνικές απόσταξης:

- **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 γνώρισμα της είναι ότι το φυτικό υλικό βρίσκεται σε νερό υπό βρασμό, οι ατμοί του οποίου τελικά εκχυλίζουν το αιθέριο έλαιο του φυτού. Το μείγμα τοποθετείται εντός σφαιρικής φιάλης θέρμανσης, η οποία συνδέεται με μια ειδική συσκευή ψύξης Clevenger (Εικόνα 3, Πίνακας 1) στην οποία οι ατμοί υγροποιούνται και διαχωρίζεται το έλαιο από το νερό λόγω της διαφορετικής τους πυκνότητας. Η ταχύτητα απόσταξης ρυθμίζεται από την ένταση της θέρμανσης, η αύξηση της οποίας επιφέρει τη διάσπαση των διαφόρων συστατικών του αιθέριου ελαίου και την υποβάθμιση της ποιότητάς του.

Πίνακας 1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Μεθόδου της Υδροαπόσταξης

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΑΠΟΣΤΑΞΗΣ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΑΠΟΣΤΑΞΗΣ
Απλή χρήση	Ακατάλληλη για μεγάλες ποσότητες φυτικού υλικού
Μικρό κόστος της αποστακτικής συσκευής	Περισσότερο χρονοβόρα σε σχέση με άλλες μεθόδους
Εύκολη μεταφορά της συσκευής	Σχετικά μικρή απόδοση σε αιθέριο έλαιο
Κατάλληλη και για υλικά όπως ρίζες, ξύλο και καρπούς	Ποιότητα αιθέριου ελαίου κατώτερη, λόγω διάσπασης ορισμένων ευαίσθητων συστατικών



Εικόνα 3. Συσκευή απόσταξης με υδρατμούς με ειδική συσκευή ψύξης Clevenger

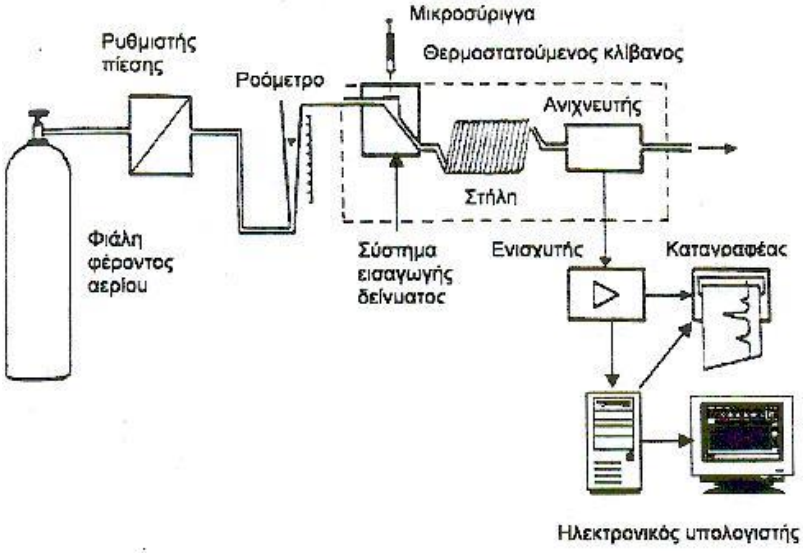
5.5.Ποιοτικός & ποσοτικός προσδιορισμός της χημικής σύστασης των αιθέριων ελαίων

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

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

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

- **Η θερμοκρασία 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 ή μη πολική.
- **Το είδος του ανιχνευτή που χρησιμοποιείται**. Ο ποσοτικός προσδιορισμός γίνεται συνήθως με την χρήση ανιχνευτών ιονισμού φλόγας (FID) ή φασματομετρίας μαζών (MS).



Εικόνα 4. Διάταξη αέριου χρωματογράφου

Εικόνα 5. Συσκευή αέριας χρωματογραφίας - φασματομετρίας μαζών (GC - MS)

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

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

5.5.1. Φασματομετρία μαζών

Η αναλυτική τεχνική ταυτοποιήσεως και προσδιορισμού της αρχικής ουσίας από τις πληροφορίες που παρέχει το φάσμα μαζών της, ονομάζεται φασματομετρία μαζών (mass spectrometry, MS) και δεν αποτελεί φασματοσκοπική τεχνική. Η μορφή του φάσματος μαζών, που λαμβάνεται κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες, είναι χαρακτηριστική της αρχικής ουσίας και χρησιμοποιείται για την ταυτοποίησή της.

Η φασματομετρία μαζών μπορεί να συνδυασθεί με την αέρια χρωματογραφία (GC) ή την υγρή χρωματογραφία (LC) και παρέχει στον αναλυτή τις ονομαζόμενες "συνδυασμένες τεχνικές GC/MS ή LC/MS", που σήμερα αποτελούν τις συνηθέστερες τεχνικές για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση εξαιρετικά πολύπλοκων μειγμάτων οργανικών ενώσεων.

Τα κύρια τμήματα των φασματόμετρων μαζών είναι:

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

6.Γεωργία ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας (Precision Agriculture) αποτελεί ένα σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων που στηρίζεται στη διαχείριση των εισροών σε έναν αγρό σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Με την βοήθεια των νέων τεχνολογιών υπάρχει η δυνατότητα αναγνώρισης των αναγκών της καλλιέργειας στο χωρικό, αλλά και χρονικό φάσμα και στη συνέχεια ανάπτυξη συστημάτων μεταβλητών για τις εισροές που θα χρειαστούν.

Άρχισε να εφαρμόζεται στις αρχές της δεκαετίας του 1990 με πρωτοπόρους χώρες όπως οι ΗΠΑ, η Βρετανία και άλλες. Οι πρώτες εφαρμογές ήταν σε σιτηρά με χαρτογράφηση της παραγωγής και, ήδη, στο τέλος της δεκαετίας οι εφαρμογές επεκτάθηκαν στις περισσότερες μεγάλες καλλιέργειες και άρχισαν να εφαρμόζονται και σε καλλιέργειες όπως το αμπέλι. Η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας άρχισε σχετικά αργά στην Ελλάδα όπως και σε πολλές χώρες της Νότιας Ευρώπης. Η καθυστέρηση αυτή αποδόθηκε στις επικρατούσες συνθήκες στην Ελλάδα, αλλά και γενικότερα στον Ευρωπαϊκό Νότο που χαρακτηρίζονται (Gemtos *et al.* 2003):

- Από μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις.
- Από γεωργούς με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο.
- Από γεωργούς προσκολλημένους σε παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής.
- Από γεωργούς προσκολλημένους σε επιδοτήσεις των προϊόντων.
- Για τις καλλιέργειες του Ευρωπαϊκού Νότου, κυρίως για τα φρούτα και λαχανικά δεν υπάρχει αναπτυγμένη τεχνολογία εφαρμογής των μεθόδων γεωργίας ακριβείας.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην γεωργία ακριβείας διαχειρίζονται τις καλλιέργειας χωρίζοντάς τες σε μικρότερες περιοχές που παρουσιάζουν μια σχετική ομοιομορφία. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις υπόλοιπες συμβατικές μεθόδους αγροτικής παράγωγης σύμφωνα με τις όποιες, οι εισροές παρέχονται ενιαία στον αγρό, υποθέτοντας ότι υπάρχει μια αποδεκτή ομοιογένεια όσον αφορά τα καλλιεργήσιμα φυτά, τους πληθυσμούς ζιζανίων και εντόμων, καθώς και τις ιδιότητες και γονιμότητα του εδάφους. Με τη γεωργία ακριβείας διαχειριζόμαστε αποτελεσματικότερα την τοπική παραλλακτικότητα ενός αγρού με στόχο:

- Την αύξηση της απόδοσης της παραγωγής.

- Τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων.
- Την ορθολογική και αποτελεσματικότερη χρήση των χημικών εισροών.
- Τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας.
- Την προστασία του εδάφους και των υπογείων υδάτων.

7.Χωρική αποτύπωση Φαρμακευτικών και Αρωματικών Φυτών με τη χρήση Γεωγραφικών Πληροφορικών Συστημάτων

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) μπορούν να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο στην κατανόηση της παραλλακτικότητας που εμφανίζουν τα Φαρμακευτικά και Αρωματικά φυτά, 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).

7.1.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).

7.2.Γεωγραφικές Πληροφορίες

Οι γεωγραφικές πληροφορίες διακρίνονται σε χαρτογραφικές και περιγραφικές.

Οι χαρτογραφικές πληροφορίες αναφέρονται:

- σε πληροφορίες που αφορούν στη 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.

- 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.

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

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 μιας νοητής κανάβου, σε κυψέλες, συνήθως τετράγωνες. 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.

7.3.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 δείκτη 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).

7.4.Η μέθοδος της τηλεπισκόπησης

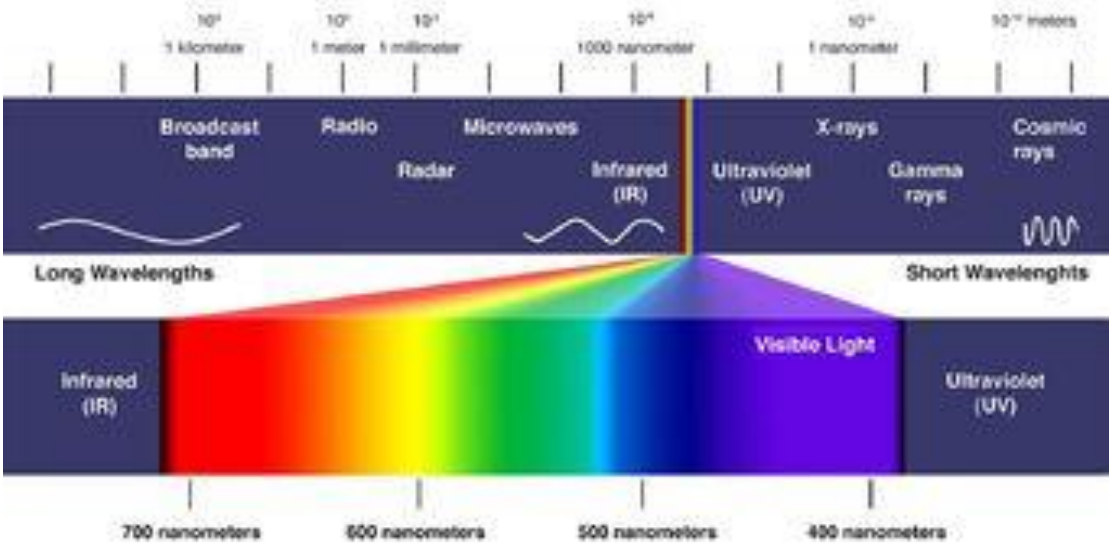
Η τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει τρία τμήματα: τους στόχους που συνιστούν τα υπό μελέτη αντικείμενα ή τα φαινόμενα μιας περιοχής, τη συλλογή δεδομένων με τη χρήση ορισμένων οργάνων και την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Ο ορισμός της τηλεπισκόπησης είναι πολύ ευρύς. Παραδείγματα μετρήσεων τηλεπισκόπησης περιλαμβάνουν τη συμβατική φωτογραφία, την αεροφωτογραφία, τη λήψη εικόνων με Radar, τις μετρήσεις βαρύτητας κλπ. Στην πράξη όμως, οι μελέτες τηλεπισκόπησης περιορίζονται μόνο σε συστήματα απεικονίσεων ή εικόνων, όπως αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες.

Έτσι λοιπόν, ένα τμήμα της τηλεπισκόπησης είναι η απόκτηση ψηφιακών δεδομένων και πληροφοριών στην ανακλώμενη, θερμική και μικροκυματική περιοχή του ήλεκτρομαγνητικού φάσματος (ΗΜΦ). Οι μετρήσεις του ΗΜΦ γίνονται συνήθως μέσω δορυφόρων, αεροσκαφών, εδαφικών και εναέριων συστημάτων (π.χ. ραντάρ, Unmanned Aerial Vehicles) και γενικότερα σε απόσταση από τον στόχο. Οι εικόνες μπορούν να υποστούν επεξεργασία μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών με τη χρήση εξειδικευμένων λογισμικών για την εξαγωγή πληροφοριών ανάλογα με το αντικείμενο εφαρμογής (μετεωρολογία, γεωπονία κ.λπ.). Κάθε εικόνα αποτελείται από εικονοστοιχεία, τα οποία συνεισφέρουν με μετρήσεις σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος του ΗΜΦ, με συγκεκριμένη χωρική διακριτική ικανότητα για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Η φασματική διακριτική ικανότητα και εύρος, καθώς και τα χωρικά και χρονικά χαρακτηριστικά (χωρική και χρονική διακριτική ικανότητα) παίζουν σημαντικό ρόλο στον χαρακτηρισμό και την επιλογή των εικόνων. Το φασματικό εύρος περιγράφει τις περιοχές του ΗΜΦ που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της πληροφορίας π.χ. χρησιμοποιείται μόνο το ορατό φάσμα ή το εύρος επεκτείνεται και στο θερμικό. Η φασματική διακριτική ικανότητα αναφέρεται στον αριθμό των περιοχών (bands) σε ένα συγκεκριμένο ή μη τμήμα του ΗΜΦ, π.χ. οι πολυφασματικοί αισθητήρες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη φασματική διακριτική ικανότητα από τα όργανα ευρείας περιοχής φάσματος. Το χωρικό εύρος είναι η περιοχή η οποία καλύπτεται από την εικόνα. Η χωρική διακριτική ικανότητα αναφέρεται στο μέγεθος των εικονοστοιχείων (pixel) από τα οποία αποτελείται η εικόνα. Το χρονικό εύρος είναι η περίοδος καταγραφής των δεδομένων. Η χρονική διακριτική ικανότητα αναφέρεται στη συχνότητα επανάληψης λήψεως δεδομένων από τον δορυφόρο και για μερικές

εφαρμογές στη διαθεσιμότητα λήψεως δεδομένων που δεν υπόκεινται σε περιορισμούς από νεφοκάλυψη. Το εύρος και η διακριτική ικανότητα των τηλεπισκοπικών δεδομένων, καθώς και άλλων πηγών δεδομένων όπως επίγεια μετεωρολογικά δεδομένα, είναι ανάγκη να είναι απολύτως κατανοητά για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρακολούθηση και χαρτογράφηση της επίγειας βλάστησης και της κατάστασης αυτής.

Η τηλεπισκόπηση της επιφάνειας του εδάφους λαμβάνει χώρα σε μήκη κύματος του ΗΜΦ στα οποία το φως μπορεί να διαπεράσει την ατμόσφαιρα χωρίς ιδιαίτερες αλληλεπιδράσεις. Αυτές οι περιοχές του ΗΜΦ ονομάζονται ατμοσφαιρικά παράθυρα και αναφέρονται στο φασματικό εύρος στο οποίο η ακτινοβολία που καταγράφεται από τα τηλεπισκοπικά όργανα περιέχει πληροφορίες για την επιφάνεια της γης. Αυτά τα ατμοσφαιρικά παράθυρα ορίζονται από τα συστατικά της γήινης ατμόσφαιρας. Υπάρχουν κάποια αέρια που σε συγκεκριμένα μήκη κύματος απορροφούν όλη την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, απαγορεύοντας τη χρήση αυτών των περιοχών στην τηλεπισκόπηση. Οι περιοχές του ΗΜΦ, περιγράφονται συνοπτικά στην Εικόνα 6.



Εικόνα 6. Διαγραμματική απεικόνιση του Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος

7.5.Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI)

Οι δείκτες βλάστησης είναι συνήθως ο συνδυασμός σημάτων από κανάλια του ραδιομέτρου. Αυτοί οι δείκτες παρέχουν καλύτερες πληροφορίες από τα ανεξάρτητα κανάλια σε φυτικούς παραμέτρους όπως είναι η έκταση της φυτομάζας, η βρεγμένη και υγρή βιομάζα, το ύψος του φυτού και η περιεκτικότητα του φύλλου σε νερό. Επομένως,

οι μεταβολές των φασματικών χαρακτηριστικών της βλάστησης ως συνάρτηση της κατάστασης της υγείας της έχουν ιδιαίτερη σημασία.

Οι δείκτες βλάστησης χρησιμοποιούνται ευρέως ως δείκτες ανάλυσης των διακυμάνσεων της φυτοκάλυψης μιας περιοχής, μεταξύ της βλάστησης αυτής και άλλων παραγόντων. Ο δείκτης NDVI θεωρείται βασικό εργαλείο παρακολούθησης των εποχιακών αλλαγών της βλάστησης και βασίζεται στις ιδιότητες ανάκλασης των περιοχών βλάστησης σε σύγκριση με τα σύννεφα, το νερό, το χιόνι από τη μία πλευρά, τους βράχους και τα γυμνά εδάφη από την άλλη. Τα τρία στοιχεία της βλάστησης που επηρεάζουν τη φασματική ποσότητα και ποιότητα της ηλιακής αντανακλώμενης ακτινοβολίας που δέχονται οι δορυφόροι είναι η αφθονία, η σύνθεση και η κατάσταση στην οποία βρίσκεται.

Μια μέθοδος φασματικής ενίσχυσης είναι ο δείκτης βλάστησης NDVI, ο οποίος όχι μόνο αναδεικνύει τις περιοχές που έχουν βλάστηση στην εικόνα, αλλά δίνει πληροφορίες σχετικά με το πόσο υγιή είναι τα φυτά. Ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης αποτελεί μια συνηθισμένη και απαραίτητη παράμετρο για την παρακολούθηση της βλάστησης και έχει αποδειχθεί πως είναι ένας σημαντικός και αποτελεσματικός δείκτης. Συνήθως χρησιμοποιείται στην παρακολούθηση της φυτοκάλυψης, στην οικολογική παρακολούθηση και την εκτίμηση της βιομάζας, στην παρακολούθηση της παραγωγικότητας, στον υπολογισμό της γεωργικής παραγωγικότητας, στην υποβάθμιση του εδάφους καθώς και σε άλλες δραστηριότητες παρακολούθησης.

Η βασική αρχή για το NDVI έγκειται στο γεγονός ότι, τα φύλλα εξαιτίας της σπογγώδους κάτω επιφάνειας τους, ανακλούν πολύ περισσότερο φως στην περιοχή της εγγύς ερυθράς ακτινοβολίας. Όταν όμως το φυτό βρίσκεται υπό υδατική καταπόνηση ή κάποιου άλλου είδους στρες, αυτή η σπογγώδης επιφάνεια αρχίζει να καταρρέει και το φύλλο ανακλά όλο και λιγότερο εγγύς ερυθρά ακτινοβολία, χωρίς όμως να μεταβληθεί η ανάκλαση στο ορατό φάσμα. Επομένως συνδυάζοντας αυτά τα 2 στοιχεία, είναι δυνατό να διαφοροποιηθούν φυτά από αλλά αντικείμενα μη-φυτά, καθώς και υγιή από καταπονημένα φυτά.

Ο δείκτης βλάστησης NDVI δημιουργήθηκε για πρώτη φορά από τη δορυφορική εικόνα Landsat-1 (Kriegler *et al*., 1969), με γεωμετρική διόρθωση. Παίρνει τιμές από το -1 έως το 1 και υπολογίζεται από τη διαφορά του υπέρυθρου και του

ερυθρού διαιρούμενων με το άθροισμα αυτών. Οι αρνητικές τιμές δηλώνουν θάλασσα ενώ οι τιμές θετικές και μικρότερες από 0,1 φανερώνουν γυμνό έδαφος.

7.6.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 γενικότερα από γεωτεχνικές επιστήμες.

Μεταξύ άλλων, μερικές από τις εφαρμογές στον τομέα της γεωργίας είναι ο καθορισμός δειγματοληπτικών περιοχών, η δημιουργία χαρτών χρήσης γης, η μελέτη της κατανομής των τύπων του εδάφους, η μελέτη της κατανομής της βλάστησης, κτλ. (Παναγόπουλος, 2012).

Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μελέτες όπως για τη χωρική αποτύπωση του *Hippophae rhamnoides* στα Ιμαλάϊα (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 την 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 (Parthasaranthy *et al*., 2008).

8. Σκοπός της μελέτης

Η παρούσα μελέτη στοχεύει στην διερεύνηση της επίδρασης τριών επιπέδων άρδευσης (0, 10 και 20mm H_2O) σε καλλιέργεια ρίγανης *Origanum x intercedens* στα μορφολογικά, αποδοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων. Παράλληλα στοχεύει στην παρακολούθηση της φυτείας ρίγανης για την αξιολόγηση της ανάπτυξης της βλάστησης πριν την εφαρμογή επεμβάσεων άρδευσης και τη διερεύνηση της χωρικής παραλλακτικότητας της φυτείας με χρήση γεωχωρικών τεχνολογιών και μεθόδων χωρικής ανάλυσης.

D. Υλικά και Μέθοδοι

1.Περιοχή μελέτης: Σπάτα Αττικής

Η Αττική βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της κεντρικής Ελλάδος με συντεταγμένες 38°4′59.88″N, 23°30′0″E και καλύπτει έκταση 383km² (Katsoulis, 1987).

Στη νότια και νοτιοδυτική πλευρά της επικοινωνεί με τον Σαρωνικό κόλπο, ενώ η υπόλοιπη περιβάλλεται από βουνά. Το κλίμα των Αθηνών χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, με μέση ετήσια θερμοκρασία 18°C. Τα καλοκαίρια είναι ζεστά και ξηρά, με μέση ημερήσια θερμοκρασία 25,8°C και μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία τους 31°C. Οι χειμώνες είναι ήπιοι, με μέση ημερήσια θερμοκρασία τους 9,4°C, ενώ η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία τους χειμερινούς μήνες σπανίως πέφτει κάτω από τους 0°C (Katsoulis, 1988; Katsoulis, 1987; Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000). Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι της τάξεως των 400mm και εμφανίζεται κυρίως από τον Οκτώβριο έως τον Φεβρουάριο (Katsoulis, 1988). Το λεκανοπέδιο της Αττικής αποτελείται από Μεσοζωικά (γκρίζο ασβεστόλιθο, αργιλικό σχιστόλιθο και ασβεστολιθικές μάργες) και καινοζωικά (αργιλικά και μαργώδη καθιζήματα, μάργες) στρώματα (Lepsius, 1893). Η βιοποικιλότητα της Αθήνας είναι εξαιρετικά πλούσια και αποτελείται από 1.084 φυτικά είδη (Sarlis, 1994).

Η έρευνα εκπονήθηκε στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, ο οποίος ανήκει στο Δήμο Σπάτων-Αρτέμιδος και εκτείνεται από την πεδιάδα των Μεσογείων (που οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους της Πεντέλης, του Υμηττού και της Μερέντας) και την Αττική Μεσογειακή γη έως και τα παράλια του Ν. Ευβοϊκού (Εικόνα 7).

Εικόνα 7.Περιοχή μελέτης στο χάρτη (Πηγή: Google Maps)

2.Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προήλθαν από τους σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) (http://meteosearch.meteo.gr/stationInfo.asp). Παρατίθενται διαγραμματικά η ελάχιστη, η μέγιστη και η μέση θερμοκρασία ανά 10 ημέρες, καθώς και το ύψος βροχόπτωσης ανά 10 ημέρες από τον Απρίλιο 2019 (μήνας εγκατάστασης της φυτείας) έως και τον Ιούλιο του 2019 (τέλος βιολογικού κύκλου των φυτών) για την περιοχή των Σπάτων.

3.Περιοχή προέλευσης φυτικού υλικού

Η Ικαρία είναι το δυτικότερο ελληνικό νησί του ανατολικού Αιγαίου. Έχει έκταση 255 km2 και 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 μια 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^{o}C.

Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται το Φεβρουάριο (9°C) και η μέση μέγιστη τον Ιούλιο (29,3^{o}C). Οι επικρατούντες άνεμοι το καλοκαίρι είναι κυρίως Βόρειοι και Βορειοανατολικοί ενώ το χειμώνα Νότιοι και Νοτιοανατολικοί. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 579,8 mm. Το μεγαλύτερο ύψος βροχόπτωσης παρατηρείται τον Ιανουάριο ενώ το μικρότερο τον Αύγουστο. Η ξηρή περίοδος διαρκεί από το Απρίλιο έως και τον Οκτώβριο (Mavrokordopoulou *et al*., 2006).

Η νήσος Ικαρία ανήκει στο Κυκλαδίτικο τόξο της γεωτεκτονικής ζώνης. Το δεύτερο 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 πετρωμάτων (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 οικογενειες Caryophylaceae, Cruciferae, Lamiaceae και Umbelliferae εκπροσωπούνται ικανοποιητικά. Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά *Origanum onites* και *Origanum vulgare ssp. hirtum* απαντούνται στη νήσο Ικαρία (Cristodoulakis, 1996).

4. Επιλογή Φυτικού Υλικού

Το φυτικό είδος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη ήταν το υβρίδιο *Origanum x intercedens*, το οποίο έχει προκύψει από. Το παραπάνω είδος προήλθε από τη νήσο Ικαρία μετά από αξιολόγηση ως προς την απόδοσή του σε αιθέριο έλαιο και την περιεκτικότητα αυτού σε καρβακρόλη, για τις ανάγκες προηγούμενης διατριβής, όπου είχε εγκατασταθεί μητρική φυτεία στο αγρόκτημα του Γ.Π.Α.

Προκειμένου να επιτευχθεί ομοιομορφία στην καλλιέργεια των ειδών, χρησιμοποιήθηκε ο αγενής πολλαπλασιασμός των φυτών, κόβοντας τους πλάγιους βλαστούς από τα μητρικά φυτά που υπήρχαν στο Γ.Π.Α. δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μοσχεύματα, τα οποία τοποθετήθηκαν σε θερμαινόμενο θάλαμο υδρονέφωσης, εντός υποστρώματος τύρφης και περλίτη (1:1) μετά από εμβάπτισή τους σε ορμόνη ριζοβολίας (IBA συγκέντρωσης 1000ppm) για 1 λεπτό (Εικόνα 8). Έπειτα από 15 ημέρες τα μοσχεύματα είχαν ριζοβολήσει (ποσοστό επιτυχίας 95 – 100 %) και

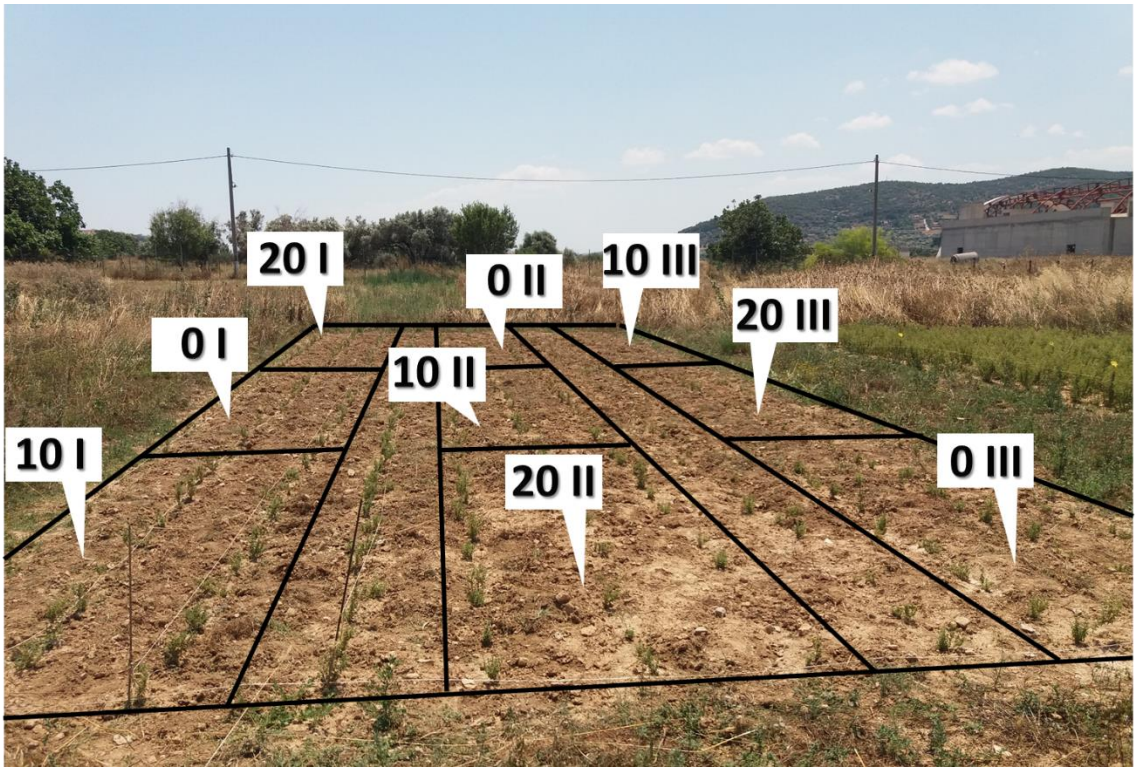
τοποθετήθηκαν για εγκλιματισμό με σταδιακή έκθεσή τους σε συνθήκες περιβάλλοντος.

Εικόνα 8. Μοσχεύματα Origanum x intercedens.

5. Εγκατάσταση πειραματικού αγρού

Η εγκατάσταση της φυτείας πραγματοποιήθηκε στις 20 Απριλίου 2019 στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στα Σπάτα Αττικής. Οι αποστάσεις φύτευσης που εφαρμόσθηκαν είναι 70 cm μεταξύ των γραμμών και 40 cm επί της γραμμής. Οι διαστάσεις του πειραματικού αγρού που χρησιμοποιήθηκε ήταν 7m. x 20m.

Στις 28 Ιουνίου 2019 χωρίστηκαν τα πειραματικά τεμάχια και εφαρμόστηκαν οι τρεις επεμβάσεις άρδευσης σύμφωνα με το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (Τ.Π.Ο.) με 3 επαναλήψεις όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 9. Δημιουργήθηκαν 9 πειραματικά τεμάχια διαστάσεων 1,7m x 6,6m το καθένα. Το κάθε τεμάχιο περιείχε περίπου 45 φυτά. Οι επεμβάσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν ήταν: 0, 10 και 20mm νερού.



Εικόνα 9.Κατανομή επεμβάσεων άρδευσης 0, 10 και 20mm H_2O στον πειραματικό αγρό σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων με τρεις επαναλήψεις (I, II και III).

6.Στοιχεία για τον πειραματικό αγρό

Δειγματοληψία εδάφους πραγματοποιήθηκε μετά την εφαρμογή άρδευσης μετά τη συγκομιδή στον αγρό (Εικόνα 10). Το βάθος συλλογής ήταν 20 – 30 εκ.. Στη δειγματοληψία συλλέχθηκε έδαφος από την κάθε επέμβαση άρδευσης (0, 10, 20mm) προκειμένου να γίνει εδαφική ανάλυση και να διαπιστωθούν οι ιδιότητες του εδάφους.

Εικόνα 10. Δείγματα εδάφους κατά την αποξήρανσή τους για κάθε επέμβαση.

Πιο συγκεκριμένα, οι εδαφολογικές αναλύσεις έδειξαν ότι τα δείγματα εδάφους του πειραματικού αγρού είναι ελαφρώς αλκαλικά, χαρακτηρίζονται ως Μάργες και έχουν πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Πιο αναλυτικά, το έδαφος που αναπτύχθηκαν τα φυτά ρίγανης που δεν δέχθηκαν άρδευση ή άρδευση 10 mm H_2O χαρακτηρίζονται ως αργιλοπηλώδη (clay-loam), ενώ το έδαφος που αναπτύχθηκαν τα φυτά ρίγανης που δέχθηκαν άρδευση 20 mm H_2O χαρακτηρίζεται σύμφωνα με τις

αναλύσεις ως αμμοαργιλοπηλώδες (sandy clay-loam). Το ποσοστό διαθέσιμου αζώτου ήταν πολύ χαμηλό για τα φυτά που δεν δέχθηκαν άρδευση, ενώ ήταν χαμηλή για τα φυτά που αρδεύτηκαν με 10 και 20 mm H_2O. Σε όλα τα δείγματα εδάφους υπήρχε επάρκεια διαθέσιμου φωσφόρου, καλίου και νατρίου (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά δειγμάτων εδάφους από τον πειραματικό αγρό στο αγρόκτημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στα Σπάτα Αττικής.

ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ (mm H_2O)		**0**	**10**	**20**
pH		7,58	7,71	7,46
$CaCO_3$ (%)		21,43	28,90	26,57
Οργανική ουσία		0,936	0,9555	0,78
Κοκκομετρική σύσταση	**Άμμος (%)**	44	43,7	47,7
	Ιλύς (%)	25,7	28	24
	Άργιλος (%)	30,3	28,3	28,3
Άζωτο (%)		0,098	0,126	0,112
Φώσφορος (ppm)		32,62268	35,9134	47,51753
Κάλιο (ppm)		460	440	460
Νάτριο (ppm)		380	360	380

7.Καλλιεργητικές φροντίδες του πειραματικού αγρού

Η καλλιέργεια της ρίγανης *Origanum x intercedens* πραγματοποιήθηκε χωρίς τη χρήση φυτοπραστατευτικών ουσιών στην προσπάθεια αξιολόγησης της παραγωγικότητας και ευρωστίας της φυτείας χωρίς τη βοήθεια εξωγενών παραγόντων. Η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε αποκλειστικά με καλλιεργητικά μέσα (σκάλισμα 2 -3 φορές το μήνα). Τα ζιζάνια που καταγράφηκαν στον αγρό ήταν: η μολόχα (*Malva sylvestris*), η αγριοβρώμη (*Avena barbata*), το λόλιο (*Lolium perenne*), η τσουκνίδα (*Urtica urens*), το αγριοσίναπο (*Sinapis arvensis*), το καπνόχορτο (*Fumaria officinlis*), ο γερμανός (*Solanum elaeagnifolium*), το χαμομήλι (*Chamomilla recutita*), η παπαρούνα (*Papaver rhoeas*), ο τάτουλας (*Datura stramonium*) και το γαιδουράγκαθο (*Silybum marianum L*).

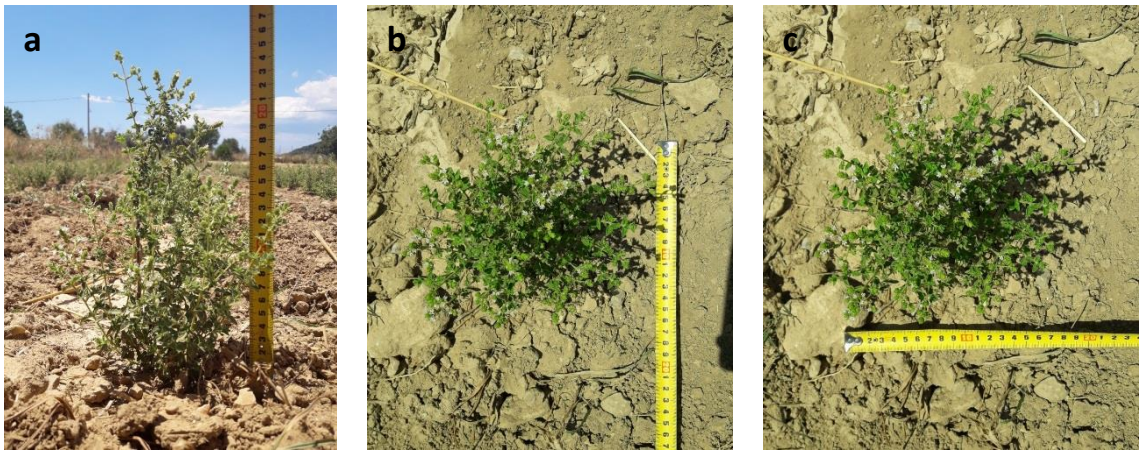
8.Μετρήσεις πριν τη συγκομιδή

8.1.Μορφολογικά χαρακτηριστικά (Μετρήσεις Πεδίου)

Κατά την εξέλιξη και ανάπτυξη της φυτείας πραγματοποιήθηκαν μορφολογικές μετρήσεις του υπέργειου μέρους των φυτικών ειδών. Επιλέχθηκαν τρία εύρωστα φυτά

τα οποία σημάνθηκαν σε κάθε plot, έτσι ώστε οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών να είναι αντιπροσωπευτικές. Η σήμανση είχε ως σκοπό οι μετρήσεις να γίνονται πάντα στα ίδια φυτά, έτσι ώστε να φαίνεται η πρόοδος στην ανάπτυξη.

Αναλυτικότερα, οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα φυτά πριν την συγκομιδή ήταν οι εξής: Ύψος φυτού (cm) και Μέση επιφάνεια κάλυψης (cm^2) (Εικόνα 11). Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιούνταν κάθε 15 - 20 ημέρες. Πιο συγκεκριμένα οι μετρήσεις των μορφολογικών χαρακτηριστικών ξεκίνησαν στις 09/05/2019 και ολοκληρώθηκαν στις 30/07/2019 οπότε και πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή των φυτών στο στάδιο της πλήρους άνθισης.

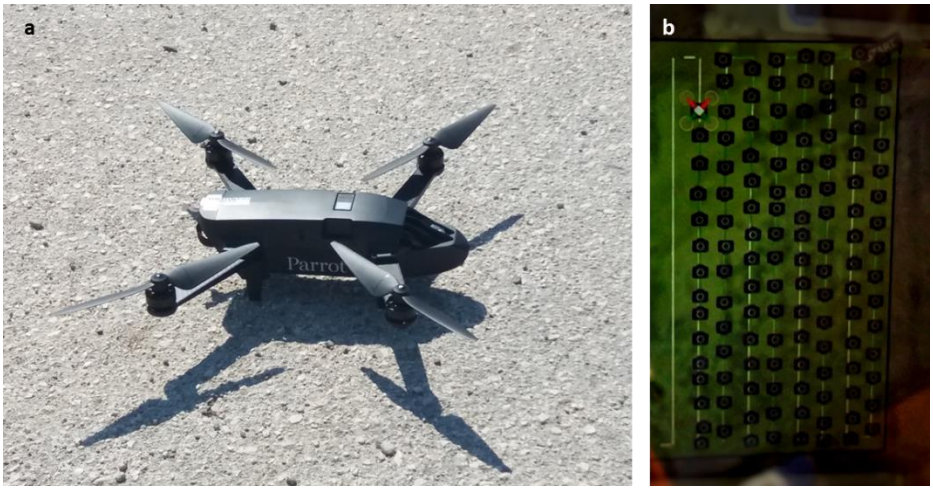


Εικόνα 11. Οι μετρήσεις του ύψους φυτού (a) και της μέσης φυλλικής επιφάνειας (b & c) πριν τη συγκομιδή στον αγρό.

8.2.Παρακολούθηση φυτείας με γεωχωρικές τεχνολογίες (GIS, τηλεπισκόπηση)

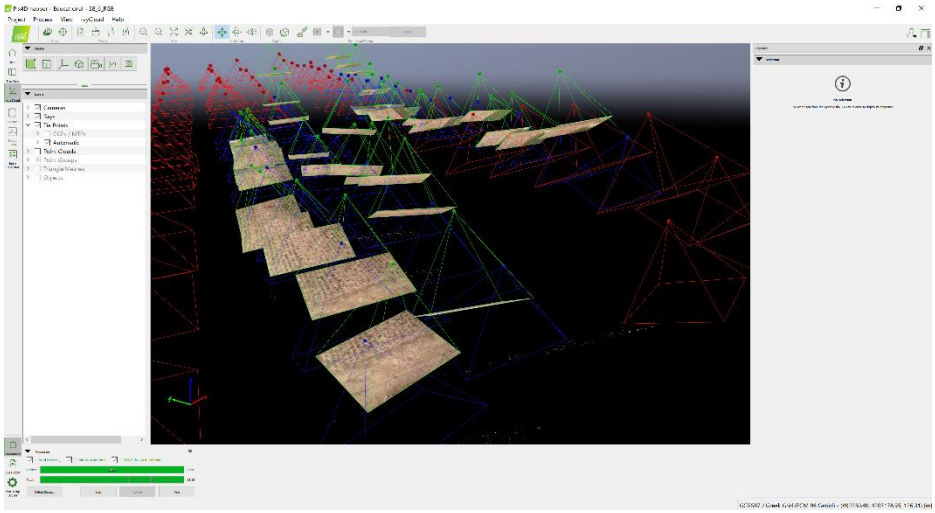
Εκτός από τις μετρήσεις πεδίου, πραγματοποιήθηκε και παρακολούθηση της φυτείας με γεωχωρικές τεχνολογίες (τηλεπισκόπηση, GIS) κατά την έναρξη της βλαστητικής ανάπτυξης (3/5/2019), στο τέλος της βλαστητικής ανάπτυξης (13/6/2019) και στο στάδιο έναρξης της άνθισης (28/6/2019). Πραγματοποιήθηκαν πτήσεις παρακολούθησης της φυτείας με μη επανδρωμένο εναέριο όχημα (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) εξοπλισμένο με πολυφασματικο αισθητήρα ειδικά σχεδιασμένο για εφαρμογές στη γεωργία Parrot sequoia. Διαθέτει τέσσερα κανάλια:

- Green(μήκους κύματος 550nm, 40nm bandwidth)
- Red (μήκους κύματος 660nm, 40nm bandwidth)
- Red edge (μήκους κύματος 735nm, 10nm bandwidth)
- Near Infra Red (μήκους κύματος 790nm, 40nm bandwidth) (Εικόνα 12).



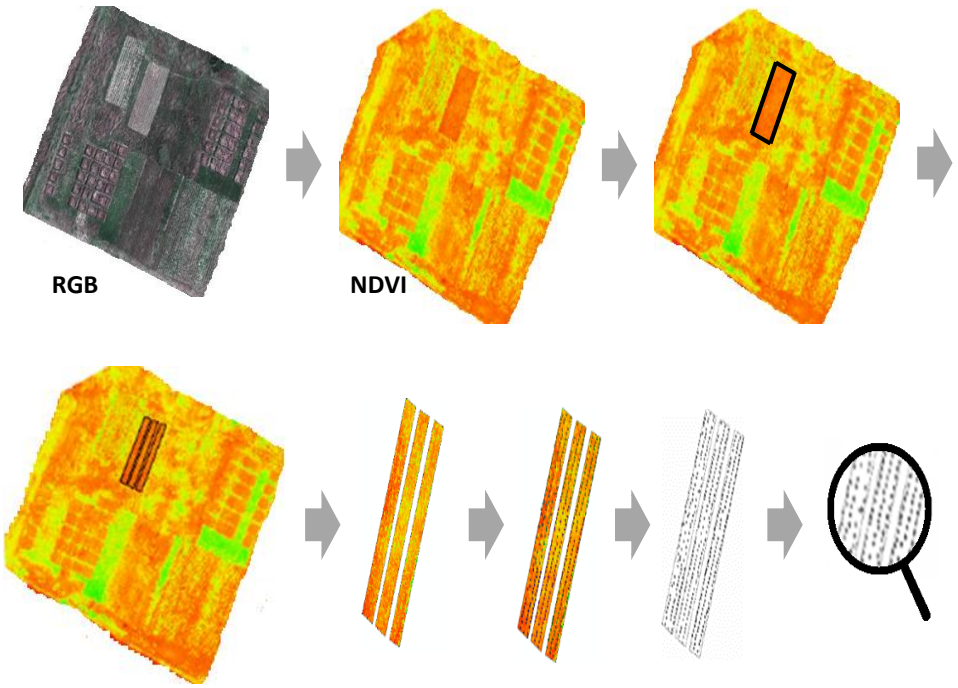
Εικόνα 12. UAV εξοπλισμένο με πολυφασματικό αισθητήρα Parrot Sequoia (a) και φωτογραφία κατά την πτήση του UAV σύμφωνα με το προκαθορισμένο σχέδιο πτήσης στον αγρό ενδιαφέροντος στο αγρόκτημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στα Σπάτα Αττικής.

Με βάση τα κανάλια αυτά έγινε εξαγωγή του δείκτη βλάστησης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), δημιουργήθηκαν ορθομωσαϊκά στο πρόγραμμα Pix4D Mapper Version 4.3. (Εικόνα 13), τα οποία, στη συνέχεια, εισήχθησαν σε περιβάλλον GIS (ArcMap 10.5.1, ESRI). Επίσης διαθέτει έναν αισθητήρα ορατού φωτός (RGB) ανάλυσης 16 Mp. Πριν από τις πτήσεις δημιουργήθηκε σχέδιο πτήσης προσαρμοσμένο στις ανάγκες του πειράματος και τις συνθήκες του περιβάλλοντα χώρου στο πρόγραμμα Pix4D Capture (Εικόνα 14). Έγινε εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα Pix4D Mapper για την δημιουργία ορθομωσαϊκών και στη συνέχεια έγινε εξαγωγή του δείκτη βλάστησης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν σε περιβάλλον GIS, συγκεκριμένα στο πρόγραμμα ArcMap 10.5.1, και έγινε επεξεργασία σε επίπεδο φυτού (σημειακά) με σκοπό την εξάλειψη της επίδρασης του εδάφους στον δείκτη βλάστησης NDVI (Εικόνα 15). Το υψόμετρο ορίστηκε στα 20m από την επιφάνεια του εδάφους, η επικάλυψη (overlap) ορίστηκε στο 80%, η ταχύτητα του UAV στα 4/6, ενώ η ταχύτητα λήψης φωτογραφιών ορίστηκε κάθε 1sec. Η έναρξη της άνθισης σημειώθηκε στις 12/07/2019. Το στάδιο της πλήρους άνθισης εκτιμάται στο 80% της άνθισης των βλαστών των φυτών (Γκόλιαρης, 1992).



Εικόνα 13. Απεικόνιση της κατανομής των φωτογραφιών στον χώρο στο λογισμικό Pix4d Mapper για τον αγρό ενδιαφέροντος.

Εικόνα 14. Απεικόνιση του σχεδίου πτήσης στο λογισμικό Pix4D Capture στον αγρό ενδιαφέροντος στα Σπάτα Αττικής.



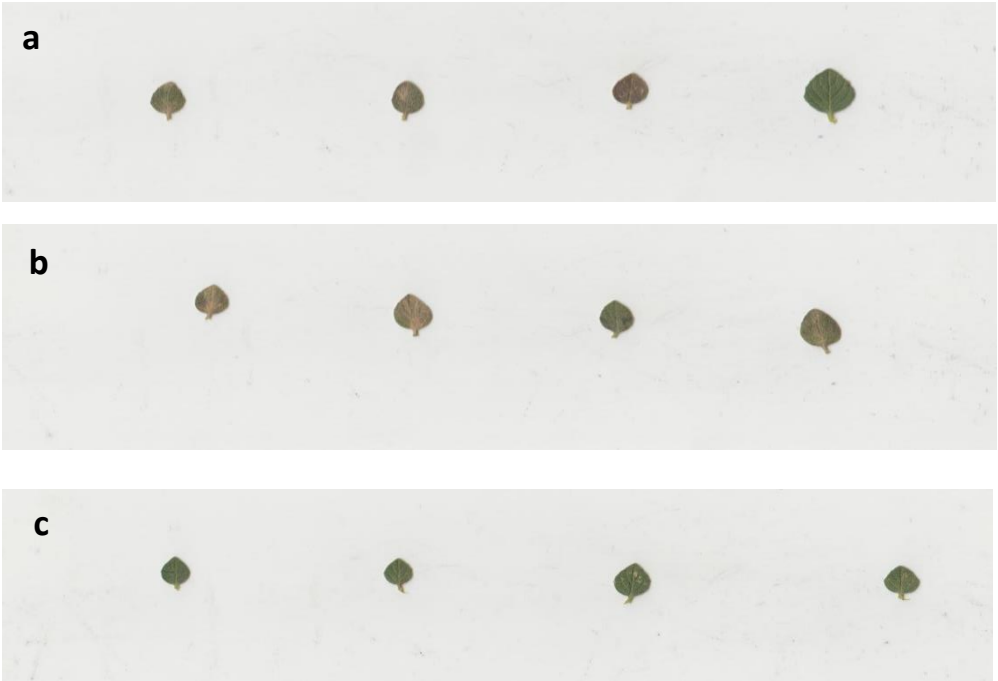
Εικόνα 15. Διαδικασία επεξεργασίας δεδομένων σε περιβάλλον GIS (Arc Map 10.5.1) σε επίπεδο φυτού.

9. Μετρήσεις μετά τη συγκομιδή

Το φυτικό υλικό συλλέχθηκε από ζωηρά, εύρωστα φυτά που ήταν αντιπροσωπευτικά του είδους. Η συλλογή πραγματοποιήθηκε στο στάδιο της πλήρους άνθισης των φυτών, όπου η συγκέντρωση σε αιθέριο έλαιο μεγιστοποιείται. Τα φυτά συλλέχθηκαν και από το καθένα επιλέχθηκαν τρεις βλαστοί όπου πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω μετρήσεις: Μήκος κεντρικού βλαστού (cm), Μήκος σύνθετης ταξιανθίας (cm), Μήκος Απλής Ταξιανθίας (cm), Αριθμός μεσογονάτιων διαστημάτων (cm), Αριθμός πλάγιων βλαστών, Αριθμός φύλλων, Εμβαδόν φύλλου (cm^2), Αριθμός ανθέων ανά απλή ταξιανθία, Αριθμός απλών ταξιανθιών ανά σύνθετη ταξιανθία, Νωπό και ξηρό βάρος του κεντρικού βλαστού (g).

Οι μετρήσεις αυτές για το νωπό βάρος πραγματοποιήθηκαν αμέσως μετά τη συγκομιδή ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η απώλεια νερού και να ελαχιστοποιηθεί η υδατική καταπόνηση του φυτικού υλικού. Το ξηρό βάρος μετρήθηκε 15 ημέρες μετά την συγκομιδή αφότου το φυτικό υλικό είχε υποστεί φυσική αποξήρανση υπό σκιά σε καλά αεριζόμενο χώρο. Στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν μέτρο σε εκατοστά (cm) και ηλεκτρονική ζυγαριά ακριβείας εκατοστών του γραμμαρίου τύπου Mattler B502 του εργαστηρίου. Ενώ για τον προσδιορισμό του εμβαδού φύλλου, που βασίστηκε στην

ανάλυση εικόνας (Image analysis), πραγματοποιήθηκε scanning 4 φύλλων ανά επέμβαση και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Delta – T SCAN Image Analysis (Delta-t devices Ltd.) (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του εμβαδού φύλλου στο λογισμικό Delta – T SCAN Image Analysis (Delta-t devices Ltd.) για την επέμβαση άρδευσης με 0 (a), 10 (b) και 20 (c) mm H_2O.

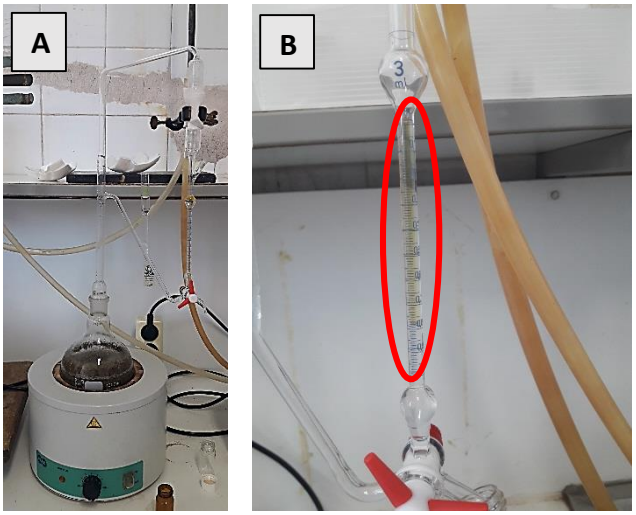
10. Παραλαβή Αιθέριων Ελαίων

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

Φύλλα και άνθη από κάθε φυτικό δείγμα κονιορτοποιήθηκαν και 10 g ξηρού φυτκού υλικού χρησιμοποιούνταν για την παραλαβή του αιθερίου ελαίου με τη μέθοδο της υδροαπόσταξης με συσκευή Clevenger για 4 ώρες (Εικόνα 17Α). Το κονιορτοποιημένο φυτικό υλικό τοποθετήθηκε σε σφαιρική φιάλη και προστέθηκε απιονισμένο νερό (περίπου 300mL). Χαρακτηριστικό της απόσταξης αυτής είναι ότι το προς απόσταξη φυτικό υλικό βρίσκεται σε άμεση επαφή με το νερό (Καλλαϊτζάκης, 1995). Κατά την διάρκεια της απόσταξης αποφεύχθηκε η υπερθέρμανση του φυτικού υλικού που οδηγεί σε αλλοίωση των διαφόρων συστατικών του ελαίου. Επιπλέον, η

ταχύτητα της απόσταξης πρέπει να είναι μικρή, έτσι ώστε να λαμβάνεται το μέγιστο ποσοστό αιθέριου ελαίου. Η έναρξη της απόσταξης γινόταν τη χρονική στιγμή που άρχισαν να συμπυκνώνονται υδρατμοί στον ψυκτήρα και να πέφτει η πρώτη σταγόνα αιθέριου ελαίου. Τα πτητικά συστατικά του δείγματος συγκεντρώνονταν στο σωλήνα του κύριου μέρους της συσκευής, ενώ η υδατική φάση (υδατικό εκχύλισμα) μετά από ανακύκλωση επέστρεφε στη φιάλη με το φυτικό υλικό. Το αιθέριο έλαιο αποτελούσε την υπερκείμενη φάση στο σωλήνα του κυρίως σώματος της συσκευής λόγω της χαμηλότερης πυκνότητάς του σε σχέση με το νερό. Η ποσότητα του παραγόμενου ελαίου μετράται άμεσα σε mL διαβάζοντας τη βαθμονομημένη κλίμακα που φέρει η συσκευή Clevenger (Εικόνα 17Β).

Το έλαιο συλλέχθηκε με πιπέτες τύπου Pasteur σε ειδικά γυάλινα φιαλίδια (των 20 mL) τα οποία σηματοδοτήθηκαν με τις απαραίτητες πληροφορίες, αφού πρώτα προστέθηκε άνυδρο MgSO4 ως απορροφητικό της υπολειπόμενης υγρασίας. Με την ολοκλήρωση της συλλογής, το φιαλίδιο με το αιθέριο έλαιο τοποθετήθηκε σε καταψύκτη σταθερής θερμοκρασίας στους -18 ^{o}C και το φιαλίδιο πληρωμένο με υδρόλυμα σε κοινό ψυγείο.



Εικόνα 17.(Α) Συσκευή υδροαπόσταξης με ειδική συσκευή ψύξης Clevenger για την παραλαβή αιθέριων ελαίων. (Β) Βαθμονομημένη κλίμακα της συσκευής Clevenger.

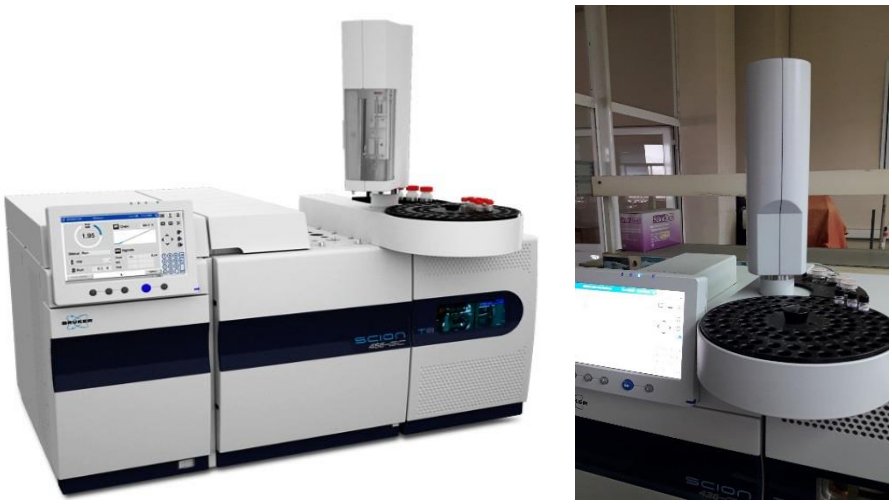
11. Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση αιθέριων ελαίων

Η ανάλυση του αιθέριου ελαίου, για τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των συστατικών που το απαρτίζουν, πραγματοποιήθηκε με τη χρήση αέριου χρωματογράφου συζευγμένου με φασματόμετρο μάζας (Gas Chromatography – Mass Spectometry, GC-MS) της εταιρείας Bruker (σύστημα SCION 436) που φέρει αυτόματο δειγματολήπτη CP-8400 και τριχοειδή στήλη (Rxi-5Sil MS, 30m, 0,25mm

ID., 0,25μm film thickness) (Εικόνα 18). Το φέρον αέριο ήταν το ήλιο (He) με ροή 1mL/min. Η αρχική θερμοκρασία της στήλης ήταν 60ºC και αύξανε σταδιακά έως τους 250ºC με ρυθμό 3ºC/min. Η συνολική διάρκεια της μεθόδου ήταν 63,33 min. Για την ανίχνευση των συστατικών το φασματόμετρο μάζας χρησιμοποιεί πηγή ηλεκτρονικού ιονισμού με δέσμη υψηλής ενέργειας ηλεκτρονίων (70eV). Οι θερμοκρασίες στον εισαγωγέα και στην πηγή ιονισμού ήταν 220°C και 230°C, αντίστοιχα.

Τα προς ανάλυση αιθέρια έλαια αραιώθηκαν με ακετόνη (99,8% GC-MS) και η περιεκτικότητά τους στο διάλυμα ήταν 1/10.000 (v/v). Ο ποιοτικός προσδιορισμός των συστατικών βασίζεται στον χρόνο έκλουσής τους σε συνδυασμό με το φάσμα μάζας τους, κατόπιν σύγκρισή τους με αντίστοιχα δεδομένα των ηλεκτρονικών βιβλιοθηκών Nist98 και Wiley275, καθώς και με τη χρήση δημοσιευμένων δεδομένων (Adams 2007). Στο παράρτημα παρουσιάζονται χρωματογραφήματα από κάθε δείγμα που αναλύθηκε (για κάθε επέμβαση και επανάληψη) καθώς και οι πίνακες που προκύπτουν από την ταυτοποίηση των συστατικών του αιθέριου ελαίου.

Μετά την ταυτοποίηση των συστατικών που περιέχονταν στα αιθέρια έλαια που εξετάστηκαν και αφού είχε προηγηθεί ζύγιση γνωστού όγκου ελαίου σε ζυγαριά ακριβείας για τον προσδιορισμό των πυκνοτήτων των εξεταζόμενων αιθέριων ελαίων, έγινε αναγωγή των ποσοστών των διαφόρων συστατικών σε g ανά 100 g ξηρού φυτικού υλικού.



Εικόνα 18. Αέριος Χρωματογράφος συζευγμένος με Φασματόμετρο Μάζας (Gas Chromatography Mass spectrometry, GC – MS)

12. Στατιστική ανάλυση

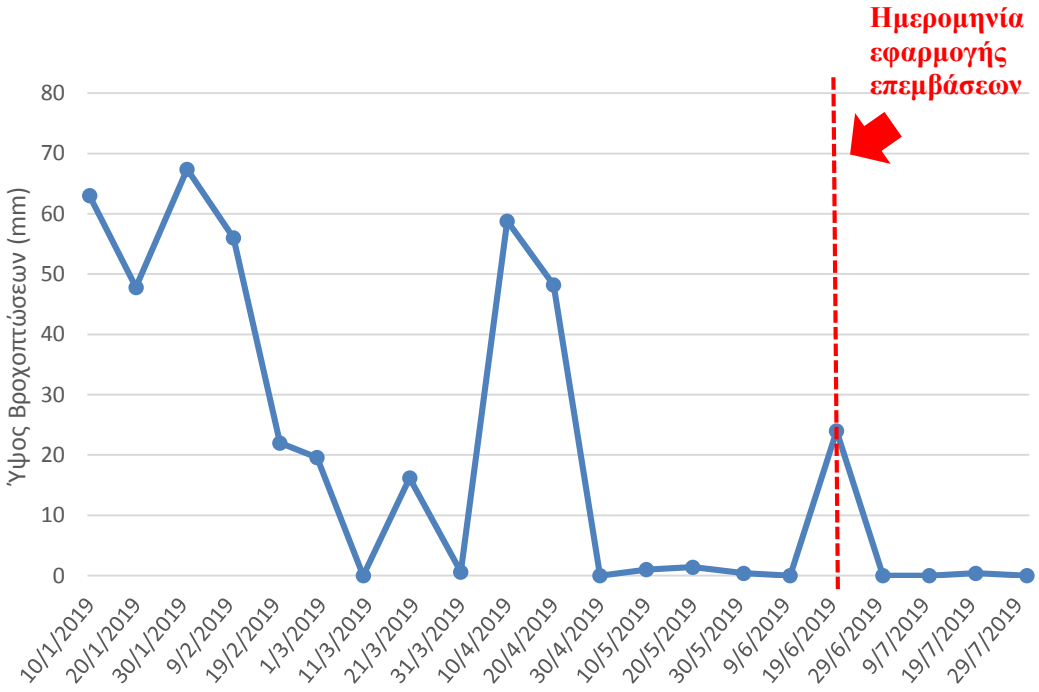
Για τη στατιστική επεξεργασία και την παρουσίαση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά προγράμματα STATGRAPHICS Centurion XVI.I και το Statistical Package for Social Sciences software (SPSS Version 21.0, SPSS Inc. Chicago IL), καθώς και το Microsoft Office Excel 2013. Η πειραματική διάταξη των τεμαχίων και η ανάλυση των δεδομένων ακολούθησε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων με τρεις επαναλήψεις. Διενεργήθηκαν αναλύσεις των διασπορών (ANOVA) στο σύνολο των μελετούμενων χαρακτηριστικών για την αξιολόγηση των στατιστικά σημαντικών διαφορών των μέσων μεταξύ των ειδών. Οι δοκιμασίες σημαντικότητας έγιναν σύμφωνα με το κριτήριο του F, ενώ οι περαιτέρω συγκρίσεις των μέσων με τη μέθοδο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Επίσης διενεργήθηκε Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Components Analysis, PCA).

Για την επεξεργασία των εικόνων που λήφθηκαν μέσω τηλεπισκόπησης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcMap 10.5.1., ESRI.

Ε. Αποτελέσματα

1.Μετεωρολογικά δεδομένα

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής των Σπάτων, όπου βρίσκονται γεωργικές εκτάσεις του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι ελάχιστες, οι μέσες και οι μέγιστες θερμοκρασίες, ανά διάστημα 10 ημερών (Διάγραμμα 2), καθώς επίσης και το ύψος των βροχοπτώσεων (Διάγραμμα 1). Τα δεδομένα αφορούν το διάστημα από τον Ιανουάριο του 2019 έως και τον Ιούλιο του 2019 για την περιοχή των Σπάτων. Παρατηρώντας τα μετεωρολογικά δεδομένα από την αρχή της χρονιάς, συμπεραίνουμε ότι από τα τέλη Μαρτίου 2019 έως και τα τέλη Απριλίου 2019 σημειώθηκαν υψηλές βροχοπτώσεις γεγονός που οδήγησε στην καθυστερημένη εγκατάσταση της φυτείας στα τέλη Απριλίου 2019. Οι πληροφορίες ελήφθησαν στις 10 Αυγούστου του 2019 από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) (http://meteosearch.meteo.gr/stationInfo.asp).



Διάγραμμα 1. Το ύψος των βροχοπτώσεων από τον Απρίλιο 2019 έως και τον Ιούλιο 2019 για την περιοχή των Σπάτων. Η κόκκινη διακεκομμένη γραμμή καθορίζει το χρόνο εγκατάστασης της φυτείας Origanum x intercedens.

Διάγραμμα 2. Η μέγιστη, η ελάχιστη και η μέση θερμοκρασία από τον Απρίλιο 2019 έως και τον Ιούλιο 2019 για την περιοχή των Σπάτων. *Η κόκκινη διακεκομμένη γραμμή καθορίζει το χρόνο εγκατάστασης της φυτείας Origanum x intercedens.*

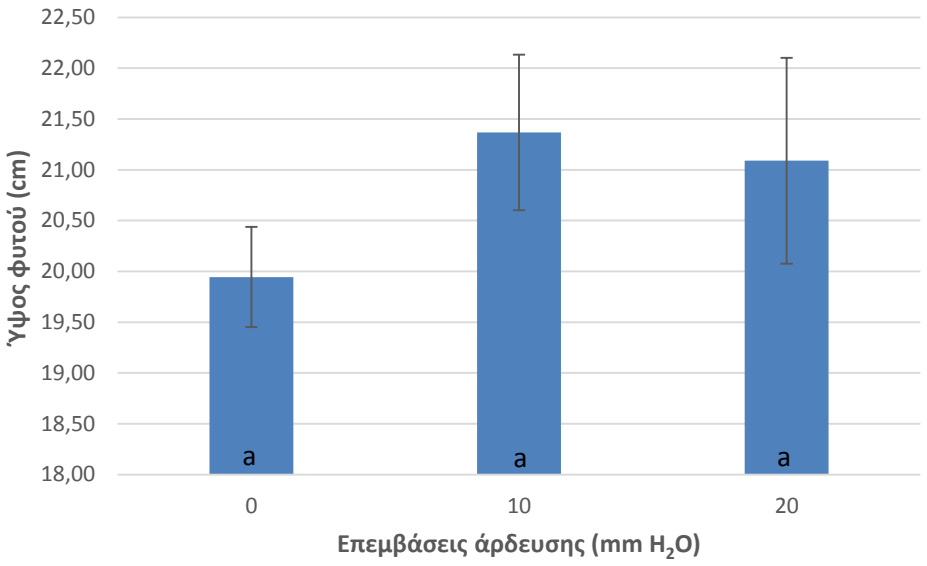
2. Φυτικά χαρακτηριστικά

Για τη μελέτη των μορφολογικών χαρακτηριστικών του είδους *O. intercedens* μελετήθηκαν τα φυτικά χαρακτηριστικά του υπέργειου μέρους. Αναλυτικότερα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.

2.1. Πριν τη συγκομιδή

2.1.1. Ύψος φυτού

Μετά τη συγκομιδή των φυτών στο στάδιο της πλήρους άνθισης, το ύψος του κεντρικού βλαστού του φυτού μετρήθηκε από την επιφάνεια του εδάφους. Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς και την επεξεργασία των δεδομένων βρέθηκε ότι τα φυτά του είδους *Origanum x intercedens* που αναπτύχθηκαν υπό ξηρικές συνθήκες εμφάνισαν μέγιστο ύψος 19,94cm, ενώ υψηλότερα φαίνεται πως ήταν τα φυτά που δέχθηκαν άρδευση, 10 και 20 mm H_2O με 21,37 και 21,09 cm, αντίστοιχα. Από τη διαδικασία των πολλαπλών συγκρίσεων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων που δέχθηκαν διαφορετικά επίπεδα άρδευσης (Διάγραμμα 3).

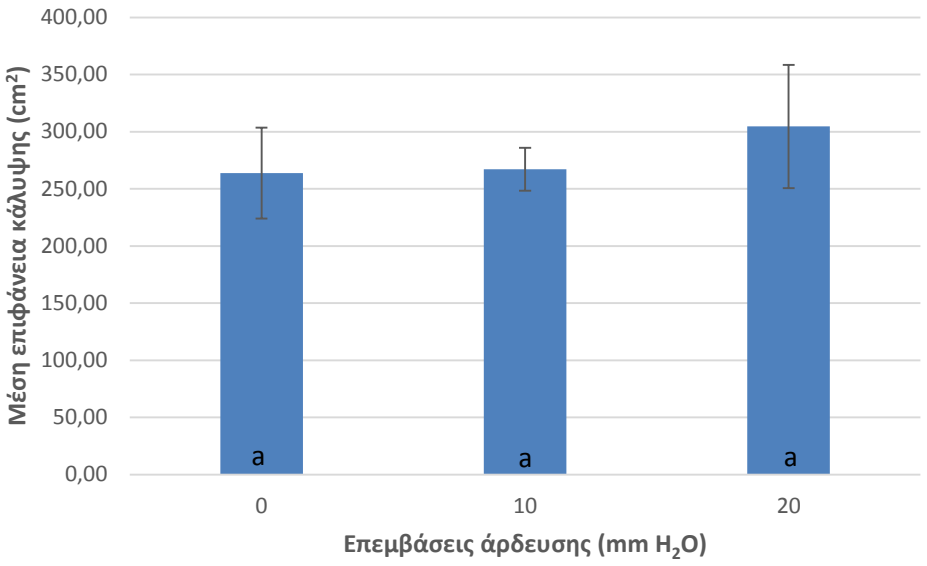


Διάγραμμα 3. Διαφοροποίηση του μέσου ύψους φυτού της Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

2.1.2. Μέση Επιφάνεια Κάλυψης του Φυτού (Canopy)

Για τον προσδιορισμό της μέσης επιφάνειας κάλυψης του φυτού (canopy) μετρήθηκαν οι διάμετροι της επιφάνειας του φυτού. Θεωρώντας το σχήμα της κόμης ως έλλειψη και χρησιμοποιώντας τον τύπο του εμβαδού της έλλειψης $E=\pi*r_1*r_2$ (όπου, $\pi=3,14$, r_1 και r_2: οι ακτίνες της έλλειψης) υπολογίστηκε η μέση επιφάνεια κάλυψης του φυτού.

Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς και την επεξεργασία των δεδομένων του εμβαδού της επιφάνειας κάλυψης της κόμης των φυτών προέκυψε ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό ξηρικές συνθήκες είχαν μέση επιφάνεια κάλυψης χαμηλότερη (263,77 cm^2) από τα φυτά που δέχθηκαν άρδευση (10 και 20 mm H_2O) με 267,04 και 304,63 cm^2, αντίστοιχα. Οι διαφορές αυτές στις μετρήσεις ύστερα από τη διαδικασία πολλαπλών συγκρίσεων αποδείχθηκαν μη στατιστικά σημαντικές (Διάγραμμα 4).



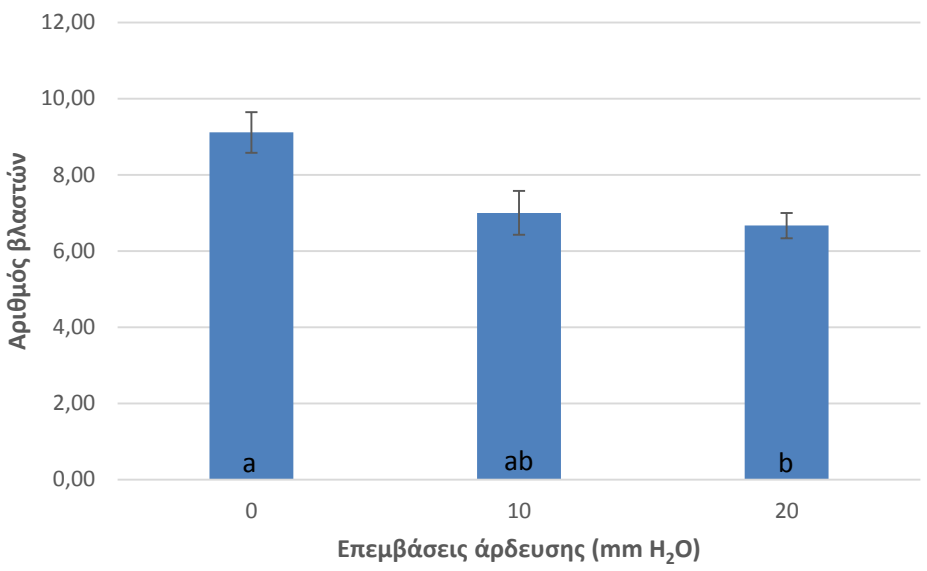
Διάγραμμα 4. Διαφοροποίηση της μέσης επιφάνειας κάλυψης φυτού της Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

2.2.Μετά τη Συγκομιδή

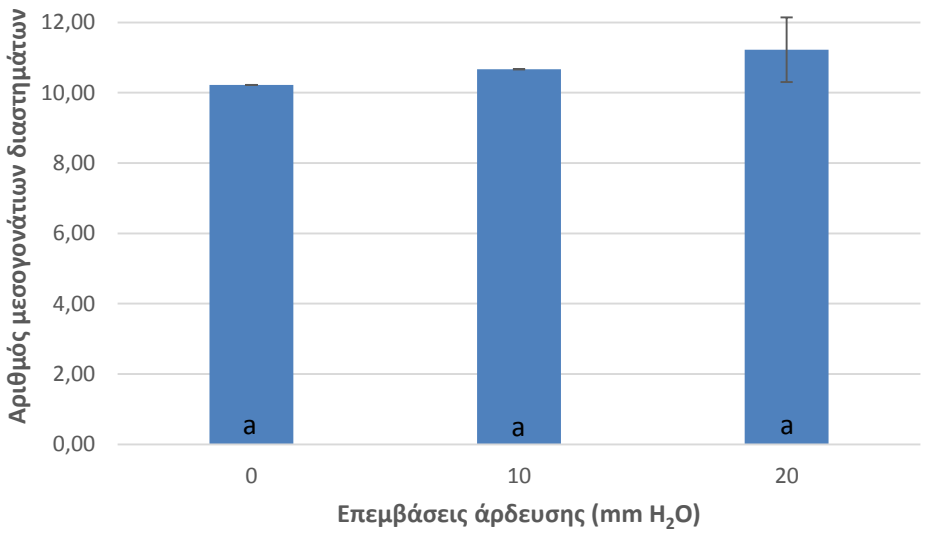
2.2.1. Ανάπτυξη βλαστού

Μετά τη συγκομιδή των φυτών στο στάδιο της πλήρους άνθισης, μετρήθηκε ο αριθμός των βλαστών ανά φυτό και ο αριθμός των μεσογονάτιωνδιαστημάτων του κεντρικού βλαστού του φυτού.–Όσον αφορά στον αριθμό των βλαστών ανά φυτό μεταξύ των φυτών που δέχθηκαν διαφορετικό επίπεδο άρδευσης, ύστερα από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς και την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψε ότι τα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό ξηρικές συνθήκες είχαν περίπου 9 βλαστούς, ενώ τα φυτά-που δέχθηκαν 10 και 20 mm H_2O είχαν περίπου 7 βλαστούς. Από τη διαδικασία των πολλαπλών συγκρίσεων προέκυψε πως ο αριθμός των βλαστών των φυτών που ήταν ξηρικά (0 mm H_2O) διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τον αριθμό των βλαστών των φυτών που δέχθηκαν 20 mm H_2O. Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δεν εμφάνισαν τα φυτά που δέχθηκαν 10 mm H_2O με τα υπόλοιπα φυτά (0 και 20 mm H_2O) (Διάγραμμα 5).

Επιπλέον, μελετήθηκε ο αριθμός των μεσογονάτιων διαστημάτων των βλαστών για τα φυτά μεταξύ των εφαρμοζόμενων επεμβάσεων. Αφότου έγινε παραγοντική ανάλυση της διασποράς και επεξεργασία των αποτελεσμάτων δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επεμβάσεων που δέχθηκαν διαφορετικά επίπεδα άρδευσης (Διάγραμμα 6).



Διάγραμμα 5.Διαφοροποίηση του αριθμού των βλαστών του είδους *Origanum x intercedens* στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.



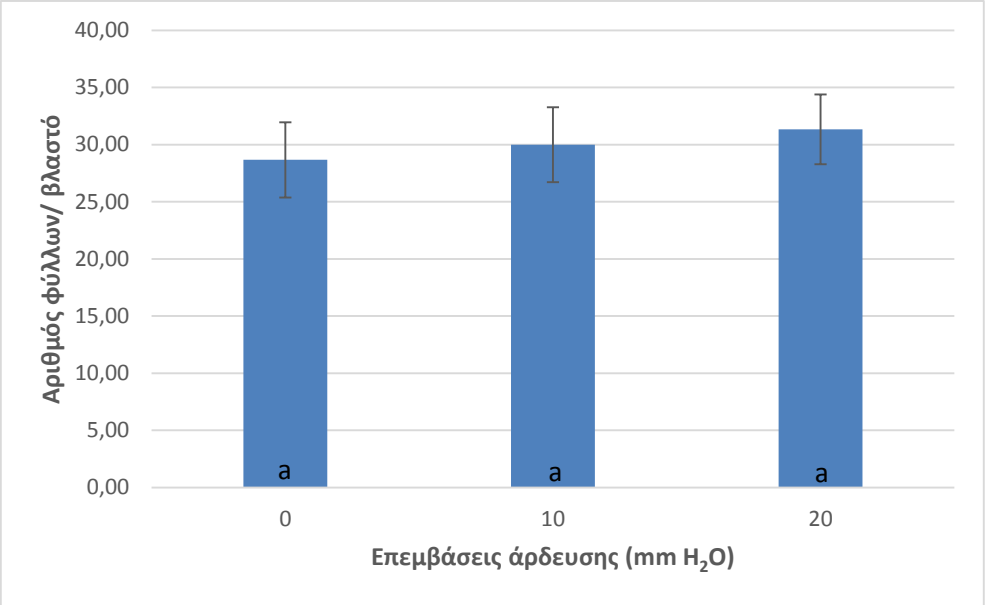
Διάγραμμα 6. Διαφοροποίηση του αριθμού των μεσογονάτιων διαστημάτων ανά φυτό του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

2.2.2. Ανάπτυξη φύλλων

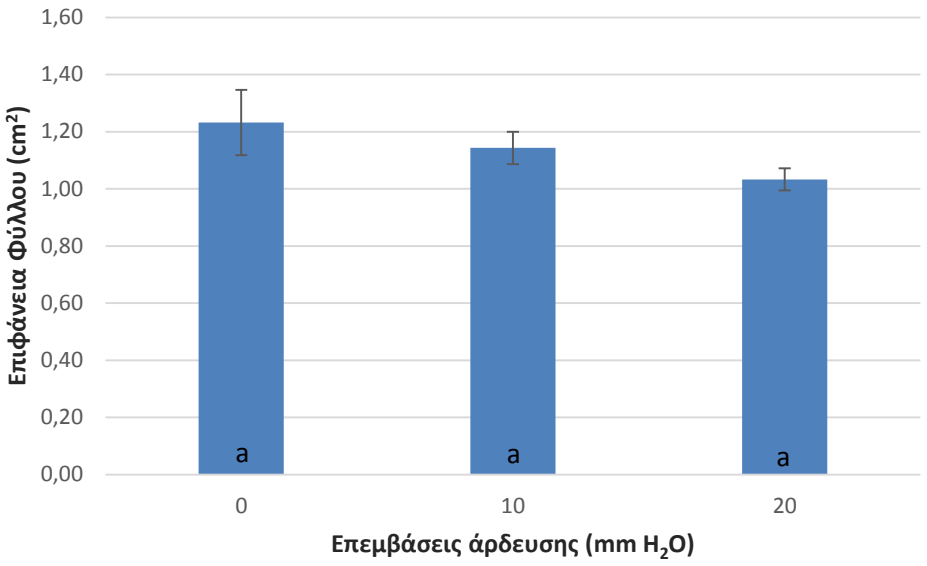
Ο αριθμός των φύλλων, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών που δέχθηκαν διαφορετικές επεμβάσεις μετά από την ανάλυση της διασποράς και της επεξεργασίας των δεδομένων (Διάγραμμα 7). Συγκεκριμένα, μεγαλύτερο αριθμό φύλλων παρουσιάζουν τα φυτά που δέχθηκαν 20 mm H_2O με περίπου 31 φύλλα, ακολουθούν

τα φυτά που δέχθηκαν 10 mm H_2O με 30 φύλλα και τέλος, τα φυτά-που δεν δέχθηκαν άρδευση με περίπου 29 φύλλα ανά βλαστό.

Η επιφάνεια του φύλλου δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές από επέμβαση σε επέμβαση, με μικρότερο να είναι το φύλλο των φυτών που δεν δέχθηκαν άρδευση με επιφάνεια 1,23 cm^2 και ακολουθούν τα φύλλα των φυτών που δέχθηκαν 10 και 20 mm H_2O με επιφάνεια 1,14 και 1,03 cm^2, αντίστοιχα (Διάγραμμα 8).



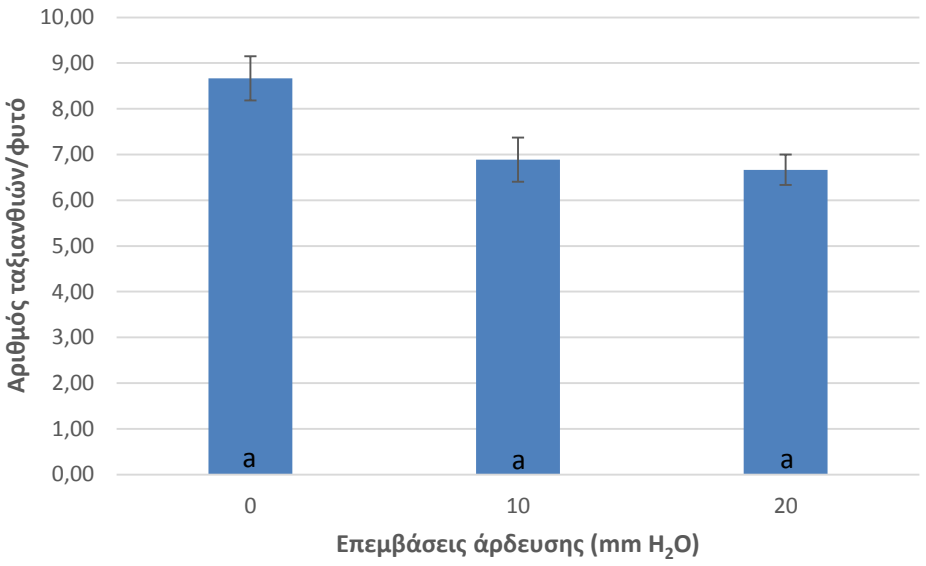
Διάγραμμα 7. Διαφοροποίηση του αριθμού των φύλλων ανά βλαστό για φυτά του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.



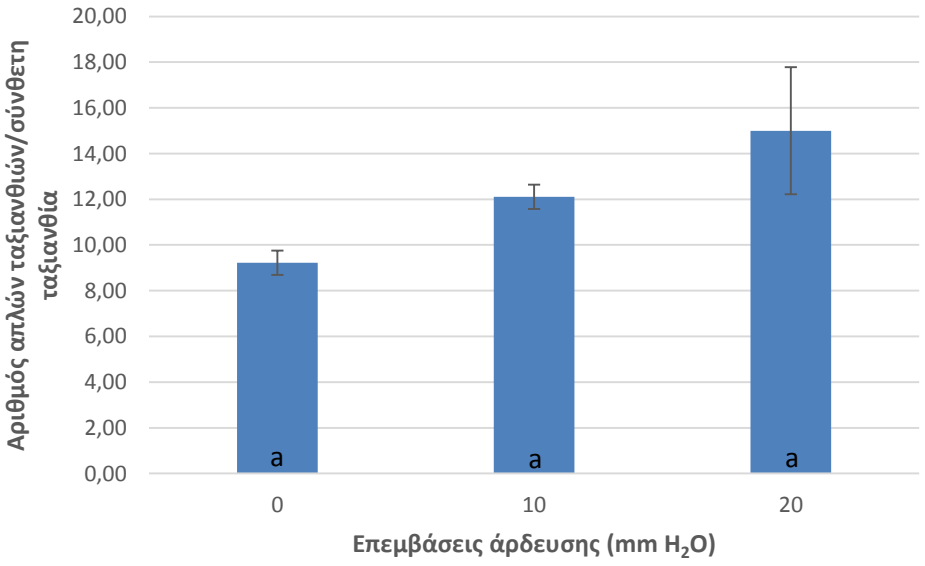
Διάγραμμα 8. Διαφοροποίηση της επιφάνειας φύλλου σε φυτά του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

2.2.3. Χαρακτηριστικά ταξιανθίας

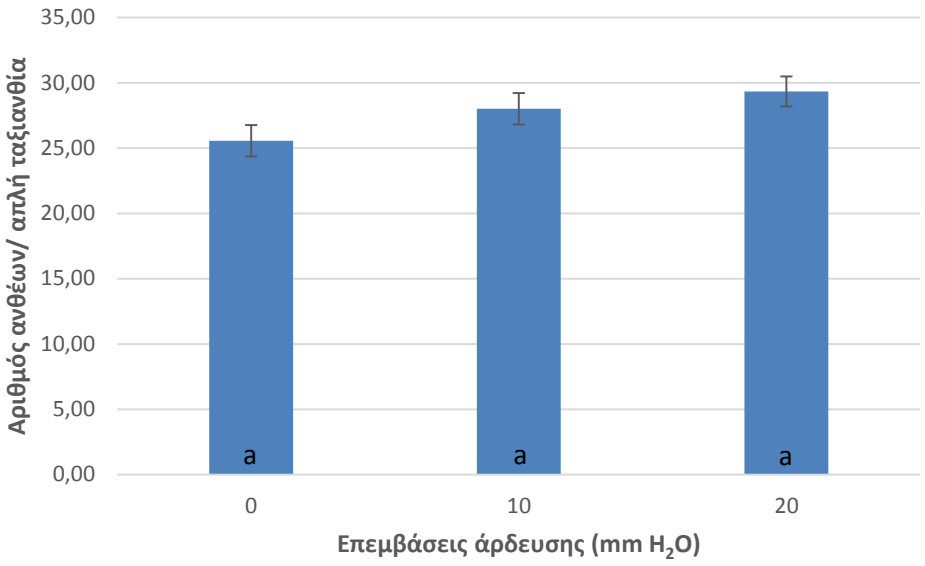
Το σημαντικότερο μέρος του φυτού για την παραγωγή αιθέριου ελαίου αποτελεί η ταξιανθία. Έτσι είναι απαραίτητη η σύγκριση του αριθμού των ταξιανθιών ανά φυτό, των απλών ταξιανθιών ανά σύνθετη ταξιανθία, αλλά και των ανθέων ανά απλή ταξιανθία ανάμεσα στα φυτά που δέχθηκαν διαφορετικές επεμβάσεις. Από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς και την επεξεργασία των δεδομένων παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του αριθμού των ταξιανθιών μεταξύ των διαφορετικών επεμβάσεων (Διάγραμμα 9). Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε επίσης για τον αριθμό των απλών ταξιανθιών ανά σύνθετη ταξιανθία (Διάγραμμα 10), αλλά και τον αριθμό των ανθέων ανά απλή ταξιανθία (Διάγραμμα 11) ύστερα από την παραγοντική ανάλυση διασποράς και την επεξεργασία των δεδομένων.



Διάγραμμα 9. Διαφοροποίηση του αριθμού των ταξιανθιών ανά φυτό του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.



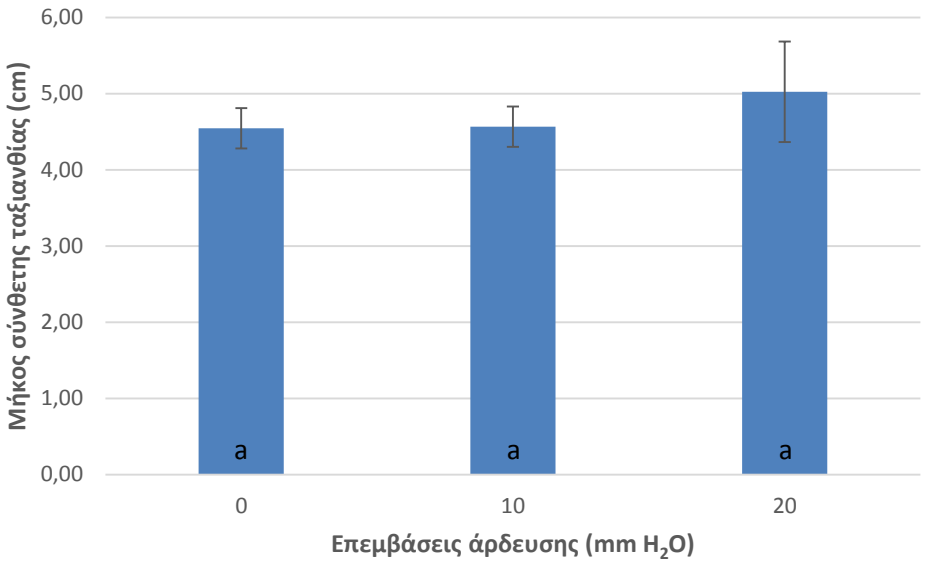
Διάγραμμα 10. Διαφοροποίηση του αριθμού των απλών ταξιανθιών ανά σύνθετη ταξιανθία σε φυτά του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.



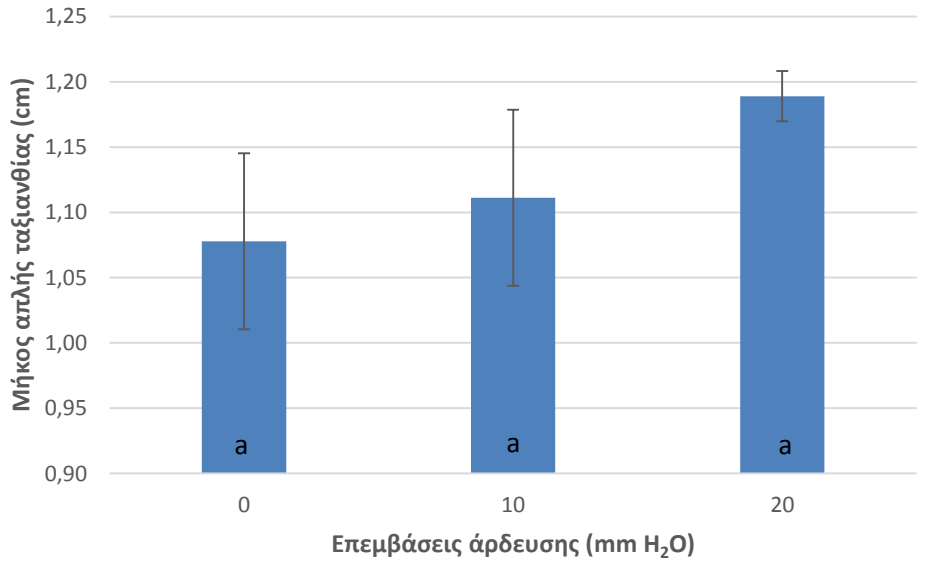
Διάγραμμα 11. Διαφοροποίηση του αριθμού των ανθέων ανά απλή ταξιανθία σε φυτά του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

Εξίσου σημαντικό ρόλο στην παραγωγή αιθέριου ελαίου έχει το μέγεθος της ταξιανθίας. Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκε το μήκος της σύνθετης ταξιανθίας των φυτών ανάλογα με τις επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν που μελετήθηκαν, καθώς και το αντίστοιχο της απλής ταξιανθίας. Από την ανάλυση της διασποράς και την επεξεργασία των δεδομένων δεν αναδείχθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για κανένα από τα δύο χαρακτηριστικά που αφορούν στο μέγεθος της ταξιανθίας.

Πιο αναλυτικά, το μεγαλύτερο μήκος σύνθετης ταξιανθίας εμφάνισαν τα φυτά που δέχθηκαν 20 mm H_2O με μήκος περίπου 5 cm, ενώ το μικρότερο μήκος ήταν 4,54 cm για τα φυτά που αναπτύχθηκαν υπό ξηρικές συνθήκες (Διάγραμμα 12). Όσον αφορά στο μήκος της απλής ταξιανθίας οι τιμές της μεταβλητής κυμάνθηκαν από 1,08 έως και 1,19 cm γεγονός που αναδείχθηκε και μετά την επεξεργασία των δεδομένων (Διάγραμμα 13).



Διάγραμμα 12. Διαφοροποίηση του μήκους της σύνθετης ταξιανθίας σε φυτά του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

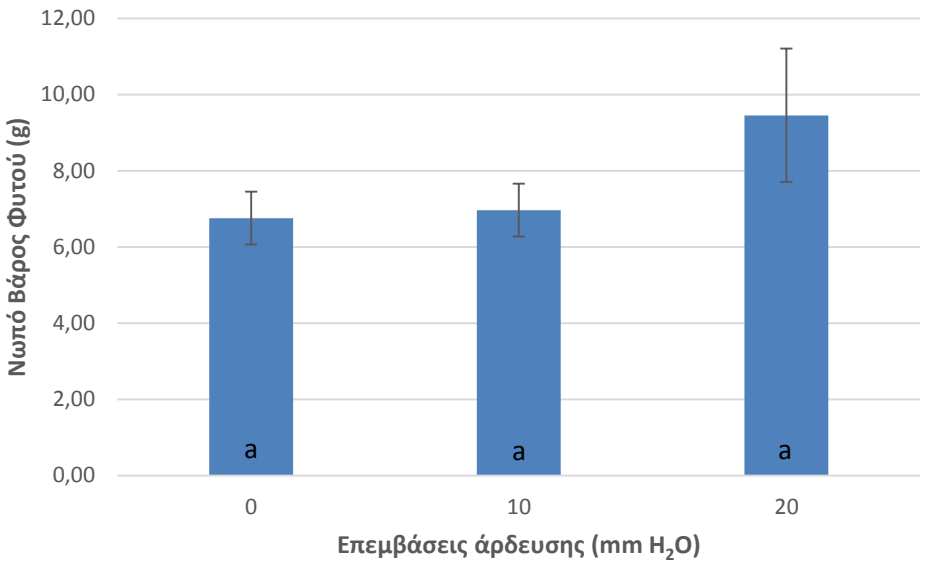


Διάγραμμα 13. Διαφοροποίηση του μήκους της απλής ταξιανθίας σε φυτά του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

2.2.4. Νωπό βάρος φυτού

Αμέσως μετά τη συγκομιδή έγιναν οι επιμέρους μετρήσεις του νωπού βάρους για την ελάχιστη απώλεια υγρασίας από το φυτικό υλικό, ο λόγος για τον οποίο παρουσιάζεται το νωπό βάρος είναι επειδή είναι ένας σημαντικός παράγοντας που μας δείχνει την ευρωστία του φυτού για κάθε επέμβαση που δέχθηκε διαφορετικό επίπεδο άρδευσης. Μετρήθηκαν τα νωπά βάρη ολόκληρου του φυτού. Από την παραγοντική

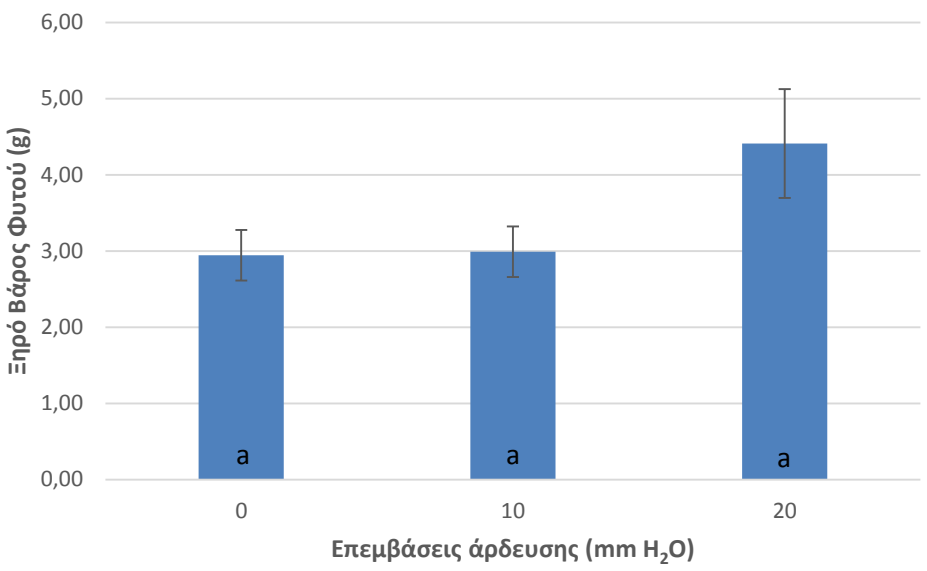
ανάλυση διασποράς και την επεξεργασία των δεδομένων βρέθηκε, όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα, ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων που εφαρμόστηκαν (Διάγραμμα 14).



Διάγραμμα 14. Διαφοροποίηση του νωπού βάρους φυτού του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

2.2.5. Ξηρό βάρος φυτού

Αντίστοιχες μετρήσεις με αυτά του νωπού βάρους πραγματοποιήθηκαν στα ίδια φυτικά δείγματα μετά το πέρας 15 ημερών από τη συγκομιδή, όπου τα δείγματα είχαν τοποθετηθεί για αποξήρανση. Έτσι, από την παραγοντική ανάλυση της διασποράς και την επεξεργασία των δεδομένων του ξηρού βάρους του φυτού των επεμβάσεων που εφαρμόστηκαν δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Πιο αναλυτικά βλέπουμε πως τα φυτά που δέχθηκαν 20 mm H_2O εμφάνισαν το υψηλότερο ξηρό βάρος φυτού (4,41 g) με τα φυτά που δέχθηκαν 10 mm H_2O να ακολουθούν με 2,99 g και, τέλος, τον ξηρικό πληθυσμό με 2,94 g (Διάγραμμα 15).

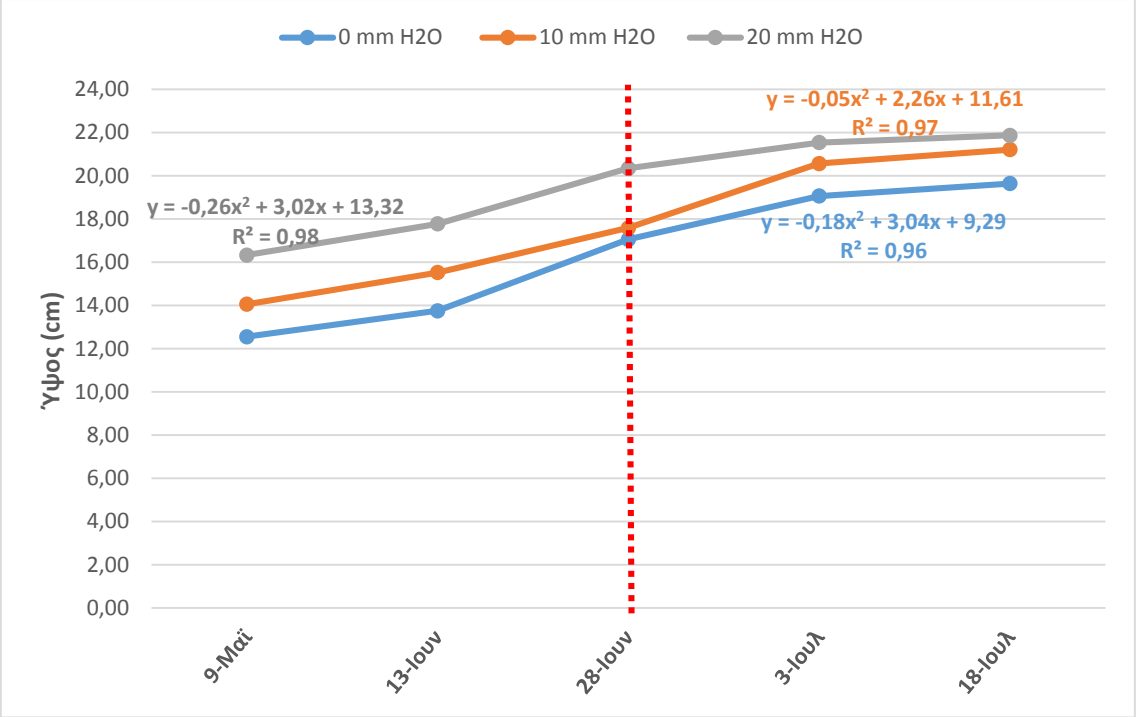


Διάγραμμα 15. Διαφοροποίηση του ξηρού βάρους φυτού του είδους Origanum x intercedens στον πειραματικό αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

2.2.6. Ρυθμοί Ανάπτυξης

i Ρυθμός Αύξησης Ύψους

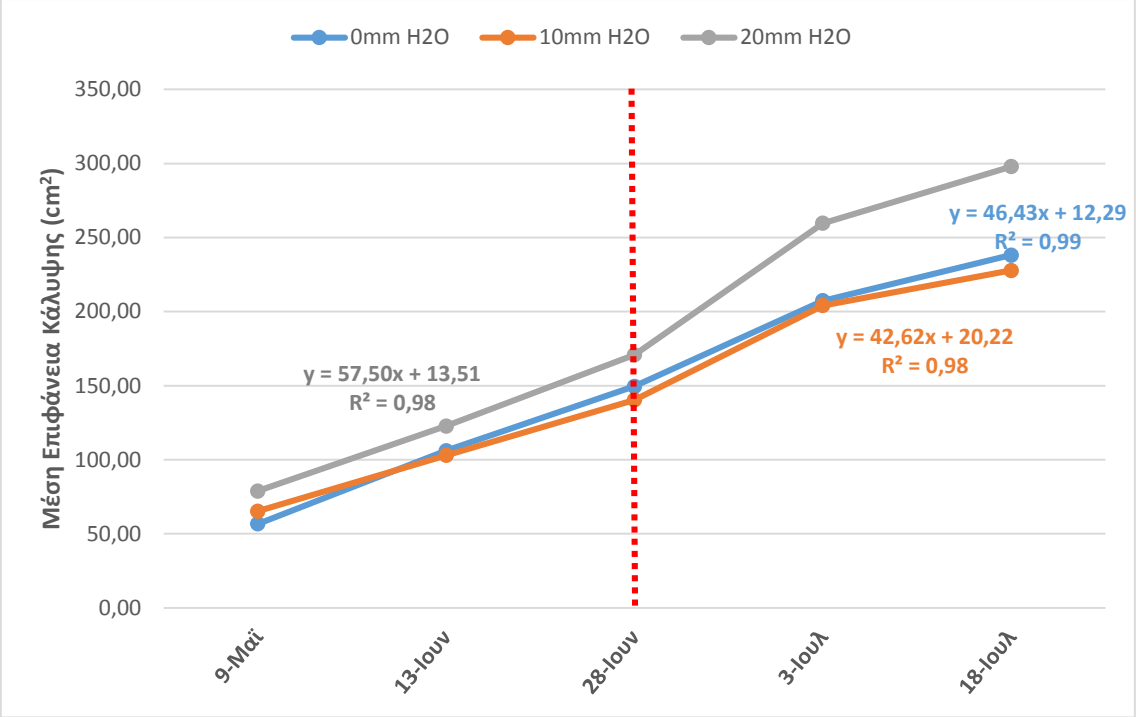
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται οι ρυθμοί αύξησης του ύψους για τις τρεις επεμβάσεις που εφαρμόστηκαν στην *Origanum x intercedens* που δέχθηκαν διαφορετικά επίπεδα άρδευσης, καθώς και οι δευτεροβάθμιες εξισώσεις τους. Όπως παρατηρείται υπάρχει άριστη προσαρμογή στην δευτεροβάθμια εξίσωση (R^2=0,98) για τα φυτά με 20 mm H_2O, όπως και για τα φυτά-με 10 mm H_2O (R^2=0,97). Εξίσου καλή προσαρμογή παρατηρείται και για τα ξηρικά φυτά (R^2=0,96)(Διάγραμμα 16).



Διάγραμμα 16. Διαφοροποίηση του Ρυθμού Αύξησης του Ύψους (cm) των φυτών ρίγανης (0, 10 και 20 mm H_2O) στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Η κόκκινη διακεκομμένη γραμμή καθορίζει το χρόνο εφαρμογής των επεμβάσεων άρδευσης.

ii Ρυθμός Αύξησης της Μέσης Επιφάνειας Κάλυψης

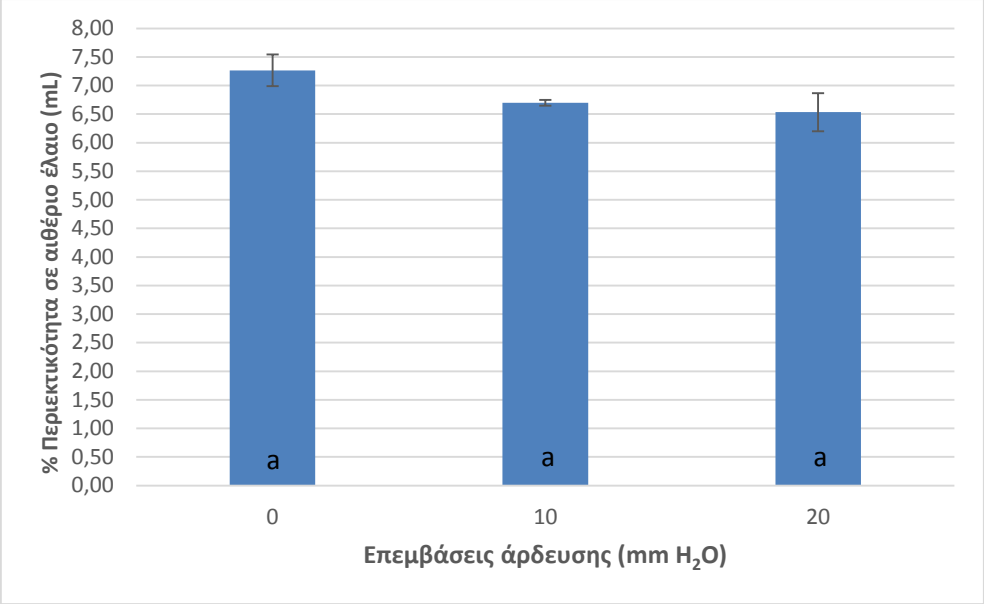
Παρακάτω φαίνονται οι ρυθμοί αύξησης της μέσης επιφάνειας κάλυψης (canopy) για τις τρεις εξεταζόμενες επεμβάσεις, καθώς και οι γραμμικές εξισώσεις τους. Παρατηρείται πως τα φυτά που δέχθηκαν 20 mm H_2O έχουν τον ταχύτερο ρυθμό (57,50 cm^2/day) με άριστη προσαρμογή στην γραμμική εξίσωση (R^2=0,98). Ακολουθούν τα φυτά που δεν δέχθηκαν άρδευση με ρυθμό 46,43 cm^2/day και εξίσου καλή προσαρμογή στην αντίστοιχη γραμμική εξίσωση (R^2=0,99). Τέλος, τα φυτά με τον χαμηλότερο ρυθμό (42,62 cm^2/day) είναι αυτά που δέχθηκαν 10 mm H_2O με άριστη προσαρμογή στην γραμμική τους εξίσωση (R^2=0,98) (Διάγραμμα 17).



Διάγραμμα 17. Διαφοροποίηση του Ρυθμού Αύξησης της Μέσης Επιφάνειας Κάλυψης(cm^2) των φυτών ρίγανης (0, 10 και 20 mm H_2O) στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Η κόκκινη διακεκομμένη γραμμή καθορίζει το χρόνο εφαρμογής των επεμβάσεων άρδευσης.

3. Εκατοστιαία Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα μετά από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για την εκατοστιαία περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο δεν αναδείχθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για καμία από τις τρεις επεμβάσεις άρδευσης (0, 10 και 20mm H_2O). Η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο ήταν 7,27%, 6,7% και 6,53% για την εφαρμογή άρδευσης 0, 10 και 20 mm H_2O, αντίστοιχα (Διάγραμμα 18).



Διάγραμμα 18. Διαφοροποίηση της εκατοστιαίας (%) περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο των φυτών ρίγανης (0, 10 και 20 mm H_2O) στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα. Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

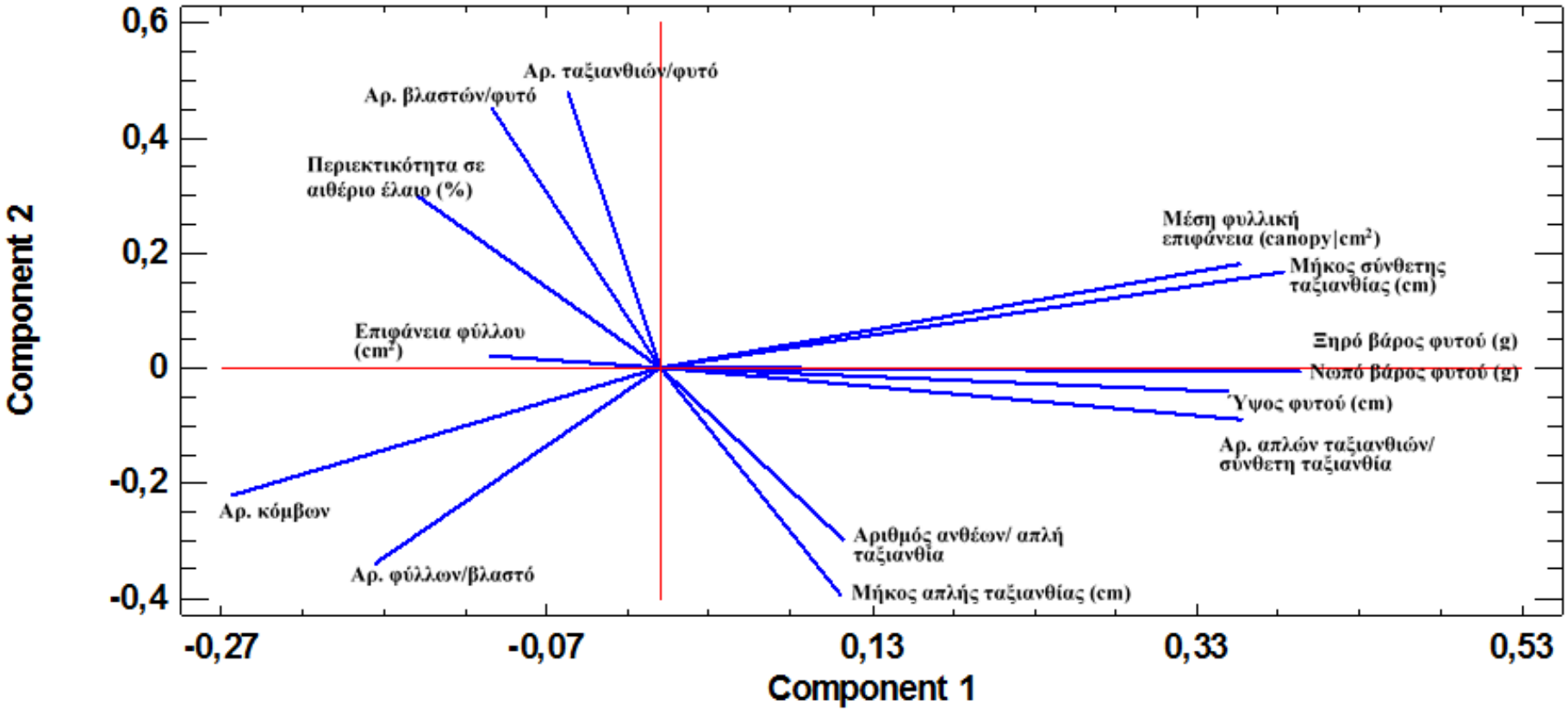
4. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA, Principal Components Analysis)

Σύμφωνα με την ανάλυση των Κύριων Συνιστωσών (Principal Components Analysis, PCA) υπάρχουν 4 κύριες συνιστώσες που εξηγούν το 84,961% της παραλλακτικότητας (Πίνακας 7).

Παρακάτω παρατηρούμε ότι με την πρώτη κύρια συνιστώσα συσχετίζονται οι εξής μεταβλητές:

- Ύψος φυτού
- Επιφάνεια φύλλου
- Αριθμός απλών ταξιανθιών / σύνθετη ταξιανθία
- Νωπό βάρος φυτού
- Ξηρό βάρος φυτού

Όσο μικρότερη είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ των δύο διανυσμάτων, τόσο περισσότερο θετική είναι η συσχέτιση μεταξύ των δύο χαρακτηριστικών. Δεδομένου αυτού ισχυρά θετική συσχέτιση υπάρχει μεταξύ του νωπού βάρους φυτού με το ξηρό βάρος φυτού. Ισχυρά αρνητική συσχέτιση παρατηρείται μεταξύ της επιφάνειας φύλλου και των μεταβλητών: νωπό βάρος φυτού, ξηρό βάρος φυτού, μέση επιφάνεια κάλυψης, μήκος σύνθετης ταξιανθίας, ύψος φυτού και αριθμός απλών ταξιανθιών ανά σύνθετη ταξιανθία (Εικόνα 19).



Εικόνα 19. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Components Analysis, PCA) για τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά και την Εκατοστιαία περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο της Origanum x intercedens

Πίνακας 3. Πίνακας Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis)

Component Number	Eigenvalue	Percent of Variance	Cumulative Percentage
1	5,4582	38,987	38,987
2	3,79412	27,101	66,088
3	1,6109	11,506	77,594
4	1,03132	7,367	**84,961**
5	0,880916	6,292	91,253
6	0,785851	5,613	96,867
7	0,336387	2,403	99,269
8	0,102302	0,731	100,000
9	3,49966E-16	0,000	100,000
10	2,06336E-16	0,000	100,000
11	1,34567E-16	0,000	100,000
12	0,0	0,000	100,000
13	0,0	0,000	100,000
14	0,0	0,000	100,000

5.Ποιοτικός Προσδιορισμός των Αιθέριων Ελαίων

Ο προσδιορισμός των χημειοτυπικών προφίλ των διαφορετικών δειγμάτων του φυτικού είδους *Origanum x intercedens* πραγματοποιήθηκε με την τεχνική της αέριας χρωματογραφίας και φασματοφωτομετρίας μαζών (GC-MS). Η τελική ταυτοποίηση των συστατικών των αιθέριων ελαίων βασίστηκε στις βιβλιοθήκες Adams07 και Nist98. Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικοί πίνακες (Πίνακας 4, 5 και 6) με την αναλυτική σύσταση των αιθέριων ελαίων για τα φυτά που δέχθηκαν 0, 10 και 20 mm H_2O, αντίστοιχα.

*Πίνακας 4. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δεν δέχθηκαν άρδευση (**0 mm H_2O**).*

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Εκατοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,418	Δεν προσδιορίστηκε	0,480%	0,035
5,720	α-Θουγένιο	0,782%	0,058
5,932	α-Πινένιο	0,836%	0,062
7,204	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,479%	0,035
7,460	β-Μυρκένιο	0,779%	0,057
8,394	α-Τερπινένιο	1,173%	0,086
8,641	**π-Κυμένιο**	**3,507%**	**0,259**
8,828	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,240%	0,018
9,855	**γ-Τερπινένιο**	**9,641%**	**0,711**

10,303	cis-Υδροσαβινένιο	0,575%	0,042
11,491	trans-Υδροσαβινένιο	0,169%	0,012
14,367	Βορνεόλη	0,416%	0,031
14,739	Τερπινεν-4-όλη	0,409%	0,030
19,430	Θυμόλη	0,143%	0,011
19,776	**Καρβακρόλη**	**80,153%**	**5,909**
24,831	β-Καρυοφυλλένιο	0,218%	0,016

*Πίνακας 5. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση **10 mm H_2O**.*

Χρόνος έκλουσης	**Συστατικά**	**Εκατοστιαία περιεκτικότητα (%)**	**g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού**
5,425	Δεν προσδιορίστηκε	0,407%	0,025
5,723	α-Θουγένιο	0,922%	0,056
5,939	α-Πινένιο	0,697%	0,043
7,208	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,736%	0,045
7,462	β-Μυρκένιο	0,854%	0,052
8,044	δ-3-Καρένιο	0,227%	0,014
8,397	α-Τερπινένιο	1,217%	0,074
8,643	**π-Κυμένιο**	**3,259%**	**0,199**
8,832	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,249%	0,015
9,856	**γ-Τερπινένιο**	**8,703%**	**0,532**
10,304	cis-Υδροσαβινένιο	0,519%	0,032
11,490	trans-Υδροσαβινένιο	0,174%	0,011
14,366	Βορνεόλη	0,300%	0,018
14,739	Τερπινεν-4-όλη	0,327%	0,020
15,350	α-Τερπινεόλη	0,046%	0,003
19,430	Θυμόλη	0,115%	0,007
19,775	**Καρβακρόλη**	**81,069%**	**4,955**
24,829	β-Καρυοφυλλένιο	0,178%	0,011

*Πίνακας 6. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση **20 mm H_2O**.*

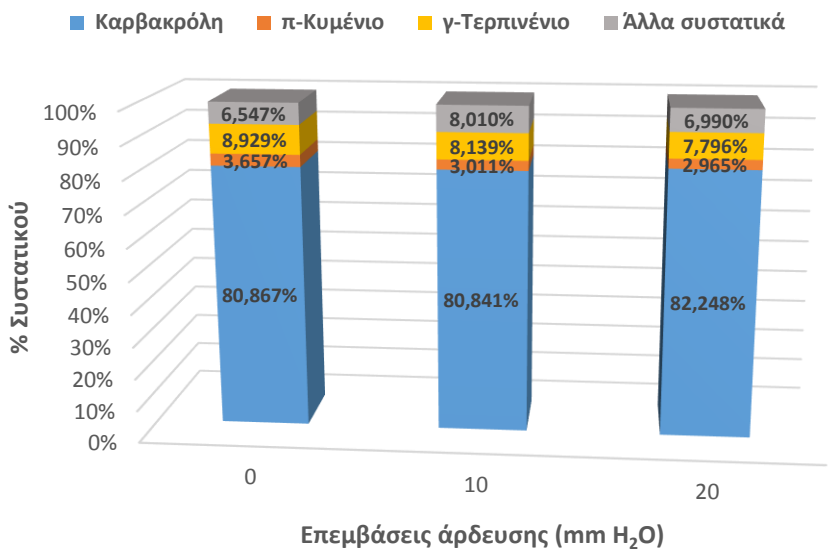
Χρόνος έκλουσης	**Συστατικά**	**Εκατοστιαία περιεκτικότητα (%)**	**g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού**
5,424	Δεν προσδιορίστηκε	0,398%	0,023
5,723	α-Θουγένιο	0,879%	0,050
5,936	α-Πινένιο	0,421%	0,024
7,196	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,274%	0,016

7,461	β-Μυρκένιο	0,831%	0,047
8,036	δ-3-Καρένιο	0,185%	0,011
8,396	α-Τερπινένιο	1,173%	0,067
8,643	**π-Κυμένιο**	**3,214%**	**0,183**
8,837	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,254%	0,014
9,856	**γ-Τερπινένιο**	**8,589%**	**0,489**
10,302	cis-Υδροσαβινένιο	0,513%	0,029
10,895	Τερπινολένιο	0,061%	0,003
11,493	trans-Υδροσαβινένιο	0,166%	0,009
14,365	Βορνεόλη	0,264%	0,015
14,738	Τερπινεν-4-όλη	0,301%	0,017
15,347	α-Τερπινεόλη	0,096%	0,005
19,426	Θυμόλη	0,123%	0,007
19,776	**Καρβακρόλη**	**82,083%**	**4,670**
24,839	β-Καρυοφυλλένιο	0,175%	0,010

Στη συνέχεια ακολουθεί συγκεντρωτικό διάγραμμα (Διάγραμμα 19) για τα 3 κυρίαρχα συστατικά του αιθέριου ελαίου του μελετούμενου είδους *Origanum x intercedens*: καρβακρόλη, γ-τερπινένιο και π-κυμένιο, καθώς και αθροιστικά τα λοιπά συστατικά του αιθέριου ελαίου. Το υβρίδιο *Origanum x intercedens* εμφάνισε υψηλότερο ποσοστό καρβακρόλης στα φυτά που δέχθηκαν 20 mm H_2O με 82,248%, ακολουθούν τα φυτά που δεν δέχθηκαν άρδευση (0 mm H_2O) με 80,867% και με μικρή διαφορά από τα προηγούμενα τα φυτά ακολουθούν εκείνα που δέχθηκαν 10 mm H_2O με 80,841%.

Όσον αφορά στο ποσοστό π-κυμένιου, υψηλότερο ποσοστό (3,657%) είχαν τα φυτά που δεν δέχθηκαν άρδευση, ακολουθούμενα από τα φυτά που δέχθηκαν 10 mm H_2O με ποσοστό 3,011% και τέλος, το χαμηλότερο ποσοστό (2,965%) παρατηρείται στα φυτά που δέχθηκαν 20 mm H_2O. Την ίδια κατάταξη είχαν τα φυτά όσον αφορά στο ποσοστό του γ-τερπινένιου.

Ταυτοποιήθηκαν και άλλα συστατικά του αιθέριου ελαίου, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται το β-καρυοφυλλένιο, η θυμόλη, η τερπινεν-4-όλη, η βορνεόλη και άλλα συστατικά σε πολύ μικρό ποσοστό και γι’ αυτό παρουσιάζονται όλα μαζί. Πιο αναλυτικά όλα τα συστατικά αναφέρονται στους πίνακες παραπάνω (Πίνακες 4, 5 και 6).

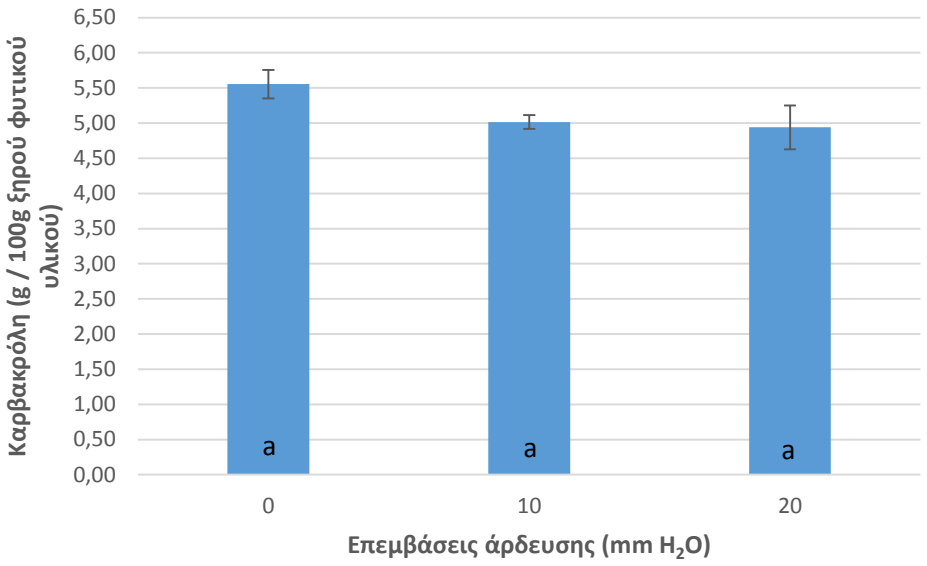


Διάγραμμα 19. Συγκεντρωτικό διάγραμμα των μέσων ποσοστών των τριών κυρίαρχων συστατικών και των λοιπών συστατικών του αιθέριου ελαίου σε φυτά του είδους Origanum x intercedens στο στάδιο της πλήρους άνθισης στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους).

5.1.Περιεκτικότητα σε καρβακρόλη

Στη συνέχεια ακολουθεί το διάγραμμα (Διάγραμμα 20) στο οποίο απεικονίζεται η μέση ποσότητα καρβακρόλης που περιέχεται σε 100g ξηρού φυτικού υλικού στο στάδιο της πλήρους άνθισης για το καλλιεργούμενο είδος *Origanum x intercedens* στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους).

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα δεν παρατηρήθηκε καμία διαφοροποίηση ως προς τη μέση ποσότητα καρβακρόλης ανά 100g ξηρού φυτικού υλικού για τα φυτά ρίγανης που δέχθηκαν 0, 10 και 20 mm H_2O, αντίστοιχα. Πιο αναλυτικά, η μέση ποσότητα καρβακρόλης που περιέχεται σε 100g ξηρού φυτικού υλικού ήταν 5,553g, 5,016g και 4,939g για τα φυτά που δέχθηκαν 0, 10 και 20mm H_2O, αντίστοιχα.



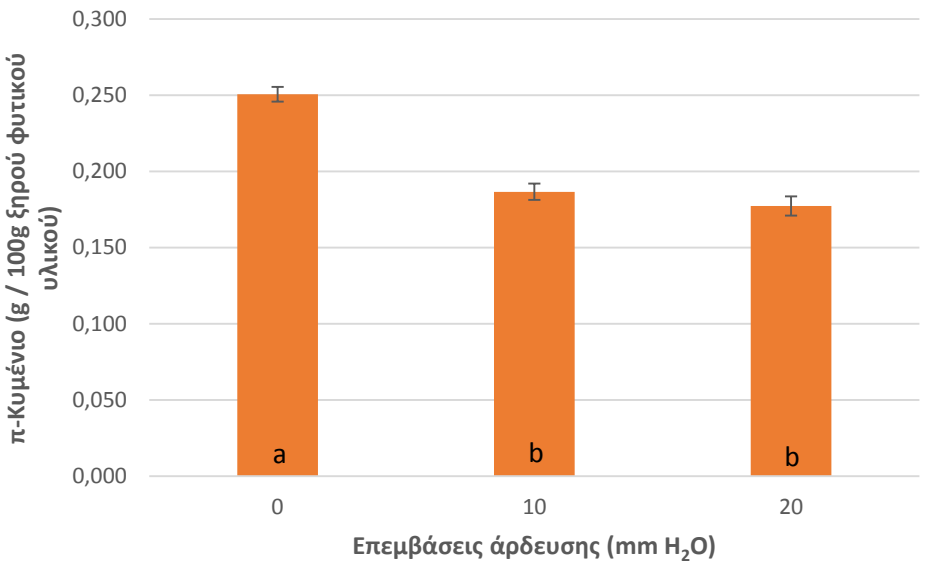
Διάγραμμα 20. Διαφοροποίηση της μέσης ποσότητας (g) καρβακρόλης ανά 100g ξηρού φυτικού υλικού για το εξεταζόμενο είδος Origanum x intercedens στο στάδιο της πλήρους άνθισης στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους) μεταξύ των επεμβάσεων άρδευσης (0, 10 και 20 mm H_2O). Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

5.2.Περιεκτικότητα σε π-Κυμένιο

Στη συνέχεια παρατίθεται το διάγραμμα (Διάγραμμα 21) στο οποίο απεικονίζεται η μέση ποσότητα π-Κυμένιου που περιέχεται σε 100g ξηρού φυτικού υλικού στο στάδιο της πλήρους άνθισης για το καλλιεργούμενο είδος *Origanum x intercedens* στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους).

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, η μέση ποσότητα για το π-κυμένιο στα φυτά που δεν δέχθηκαν άρδευση (0mm H_2O) είναι υψηλότερη από αυτή στα φυτά που δέχθηκαν 10 και 20 mm H_2O, αντίστοιχα. Ενώ δεν υπήρχαν στατιστικές σημαντικές

διαφορές μεταξύ των φυτών που δέχθηκαν 10 και 20 mm H_2O. Πιο αναλυτικά, η μέση ποσότητα π-κυμενίου που περιέχεται σε 100g ξηρού φυτικού υλικού ήταν 0,251g, 0,187g και 0,177g για τα φυτά που δέχθηκαν 0, 10 και 20mm H2O, αντίστοιχα.

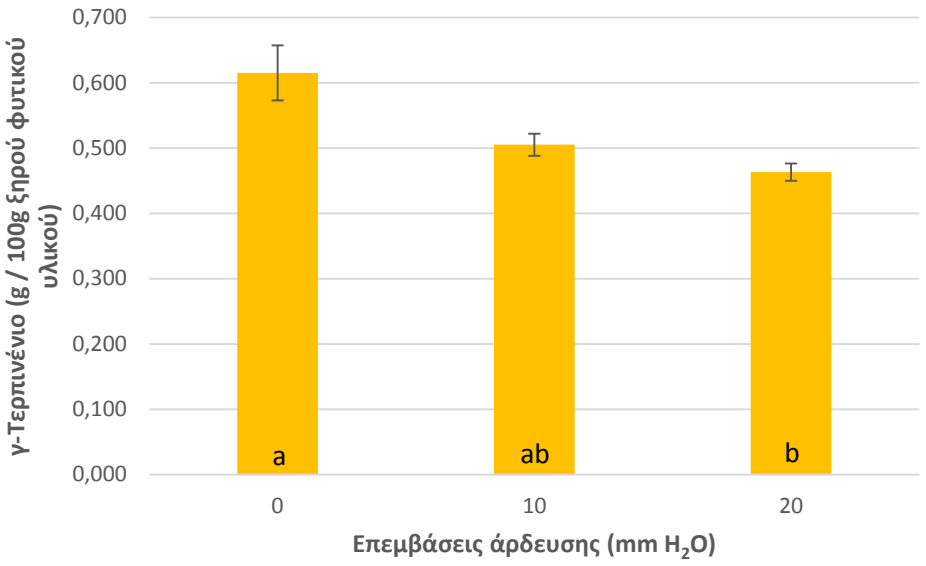


Διάγραμμα 21. Διαφοροποίηση της μέσης ποσότητας (g) π-κυμενίου ανά 100g ξηρού φυτικού υλικού για το εξεταζόμενο είδος Origanum x intercedens στο στάδιο της πλήρους άνθισης στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους) μεταξύ των επεμβάσεων άρδευσης (0, 10 και 20 mm H_2O). Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

5.3.Περιεκτικότητα σε γ-Τερπινένιο

Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα (Διάγραμμα 22) που αφορά στην μέση ποσότητα του γ-τερπινένιου ανά 100g ξηρού φυτικού υλικού στο στάδιο της πλήρους άνθισης για το εξεταζόμενο είδος *Origanum x intercedens* στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους).

Όπως παρατηρείται και στο διάγραμμα τα φυτά που δεν δέχθηκαν άρδευση (0mm H_2O) παρουσιάζουν μεγαλύτερη ποσότητα γ-τερπινένιου σε αντίθεση με τα φυτά που δέχθηκαν 20 mm H_2O. Τα φυτά που δέχθηκαν 10 mm H_2O δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε με τα φυτά που δέχθηκαν 0 mm H_2O, ούτε με τα φυτά που δέχθηκαν 20 mm H_2O. Πιο αναλυτικά, η μέση ποσότητα γ-τερπινενίου που περιέχεται σε 100g ξηρού φυτικού υλικού ήταν 0,615g, 0,505g και 0,463g για τα φυτά που δέχθηκαν 0, 10 και 20mm H2O, αντίστοιχα.



Διάγραμμα 22. Διαφοροποίηση της μέσης ποσότητας (g) γ-τερπινενίου ανά 100g ξηρού φυτικού υλικού για το εξεταζόμενο είδος Origanum x intercedens στο στάδιο της πλήρους άνθισης στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους) μεταξύ των επεμβάσεων άρδευσης (0, 10 και 20 mm H_2O). Μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.

6.Παρακολούθηση της ανάπτυξης της φυτείας με UAV

6.1.Ανάλυση δεδομένων πριν τις επεμβάσεις Διαχρονικά

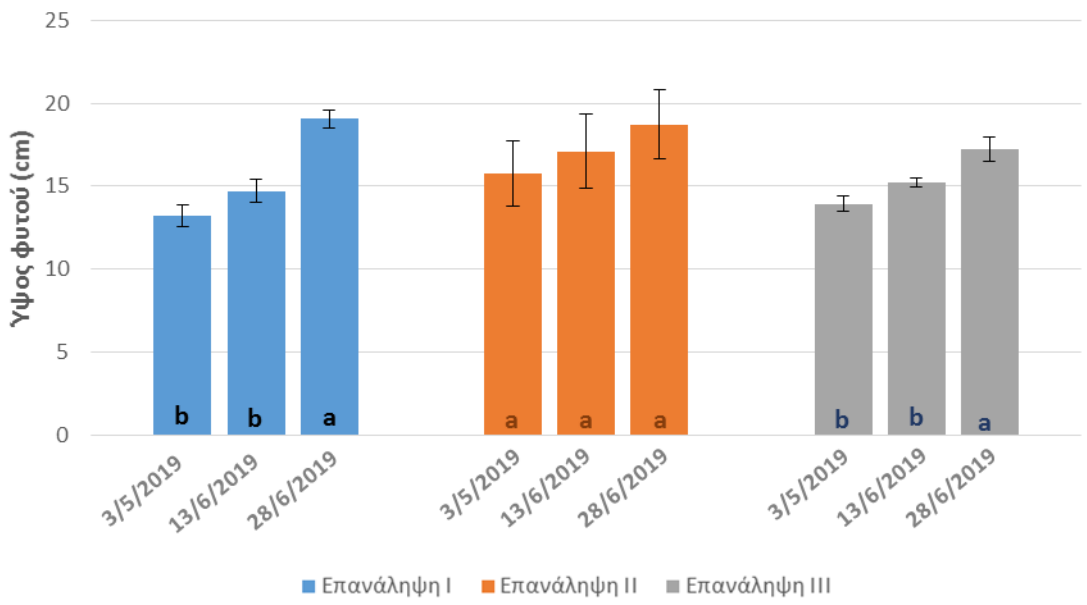
Η ανάλυση των δεδομένων πριν την εφαρμογή των επεμβάσεων άρδευσης πραγματοποιήθηκε αρχικά διαχρονικά, δηλαδή έγινε ανάλυση ανά επανάληψη μεταξύ των διαφορετικών ημερομηνιών.

6.1.1. Δεδομένα πεδίου Διαχρονικά

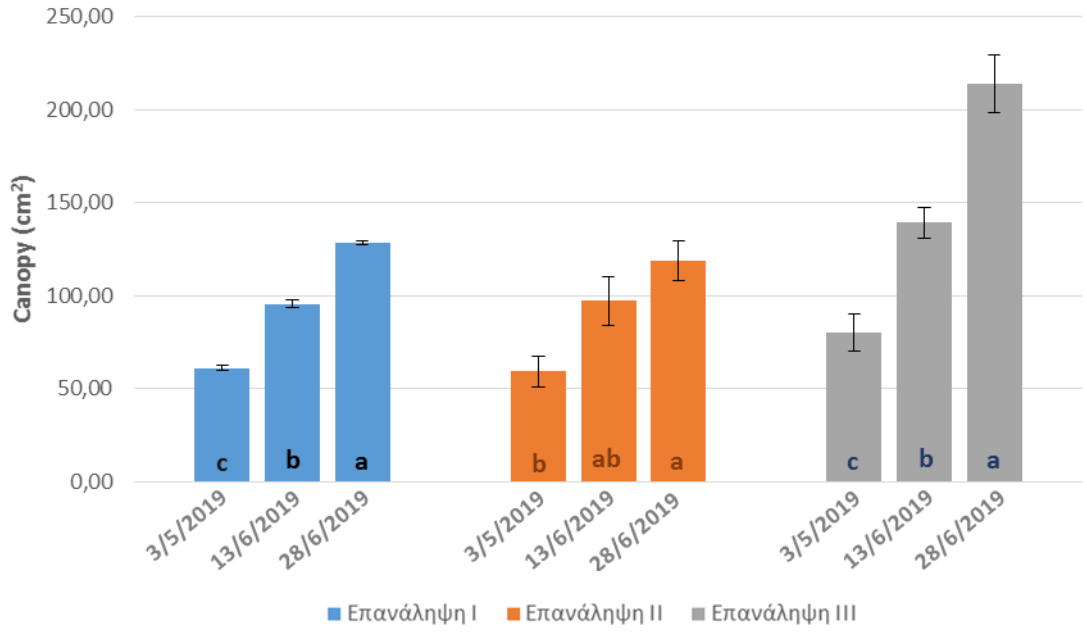
Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα που αφορούν στο ύψος φυτού και την επιφάνεια κάλυψης του φυτού. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε για κάθε επανάληψη ξεχωριστά μεταξύ των τριών ημερομηνιών.

Πιο αναλυτικά, για την πρώτη επανάληψη το ύψος ήταν μεγαλύτερο στις 28/6/2019 με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις προηγούμενες ημερομηνίες. Το ίδιο παρατηρήθηκε και για το ύψος των φυτών της τρίτης επανάληψης, ενώ τα φυτά της δεύτερης επανάληψης δεν έδειξαν να διαφοροποιούνται ως προς το ύψος τους σε καμία από τις τρεις ημερομηνίες (Διάγραμμα 23).

Όσον αφορά στην μέση επιφάνεια κάλυψης του φυτού (canopy), μεγαλύτερες ήταν οι τιμές στις 28/6/2019 (έναρξη της άνθισης) ακολουθούμενες από τις τιμές στις 13/6/2019 και, τέλος, από τις τιμές στις 3/5/2019 για τα φυτά της πρώτης επανάληψης, αλλά και της τρίτης επανάληψης.Για την δεύτερη επανάληψη, μεγαλύτερη επιφάνεια κάλυψης εμφάνισαν τα φυτά κατά το στάδιο έναρξης της άνθισης (28/6/2019), ενώ χαμηλότερες τιμές κατά την έναρξη της βλαστητικής ανάπτυξης (3/5/2019). Κατά το τέλος της βλαστητικής ανάπτυξης (13/6/2019) οι τιμές δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά από τις υπόλοιπες τιμές.



Διάγραμμα 23. Διαφοροποίηση του Ύψους των φυτών ρίγανης του εξεταζόμενου είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα των επαναλήψεων I, II και III διαχρονικά. ***Ανά Επανάληψη*** *μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.*



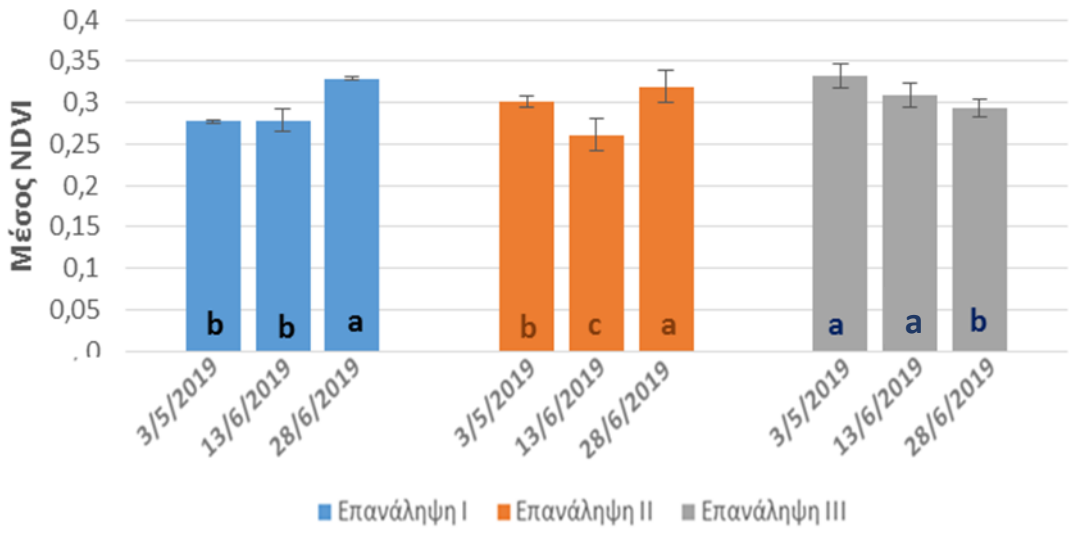
Διάγραμμα 24. Διαφοροποίηση της Επιφάνειας Κάλυψης (Canopy) των φυτών ρίγανης του εξεταζόμενου είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα των επαναλήψεων I, II και III διαχρονικά. ***Ανά Επανάληψη*** *μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.*

6.1.2. *Δεδομένα τηλεπισκόπησης (GIS) Διαχρονικά*

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ανάλυση του μέσου NDVI για κάθε επανάληψη ξεχωριστά και για τις τρεις ημερομηνίες (διαχρονικά). Για την πρώτη επανάληψη υψηλότερες τιμές NDVI παρατηρήθηκαν στην έναρξη της άνθισης (28/6/2019) με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τα προηγούμενα στάδια ανάπτυξης της φυτείας (Διάγραμμα 25).

Για την δεύτερη επανάληψη υψηλότερες τιμές μέσου NDVI παρατηρήθηκαν κατά την έναρξη της άνθισης (28/6/2019), ακολουθούμενες από αυτές κατά την έναρξη της βλαστητικής περιόδου και τέλος, αυτές κατά το τέλος της βλαστητικής περιόδου (Διάγραμμα 25).

Τέλος, για την τρίτη επανάληψη παρατηρήθηκε πως οι μεγαλύτερες τιμές μέσου NDVI αντιστοιχούν στην έναρξη της βλαστητικής ανάπτυξης (3/5/2019) και εκείνες στο τέλος της βλαστητικής περιόδου, ακολουθούμενες από τις τιμές που αντιστοιχούν στο στάδιο έναρξης της άνθισης (Διάγραμμα 25).



Διάγραμμα 25. Διαφοροποίηση του μέσου NDVI των φυτών ρίγανης του εξεταζόμενου είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα των επαναλήψεων I, II και III διαχρονικά. ***Ανά Επανάληψη*** *μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.*

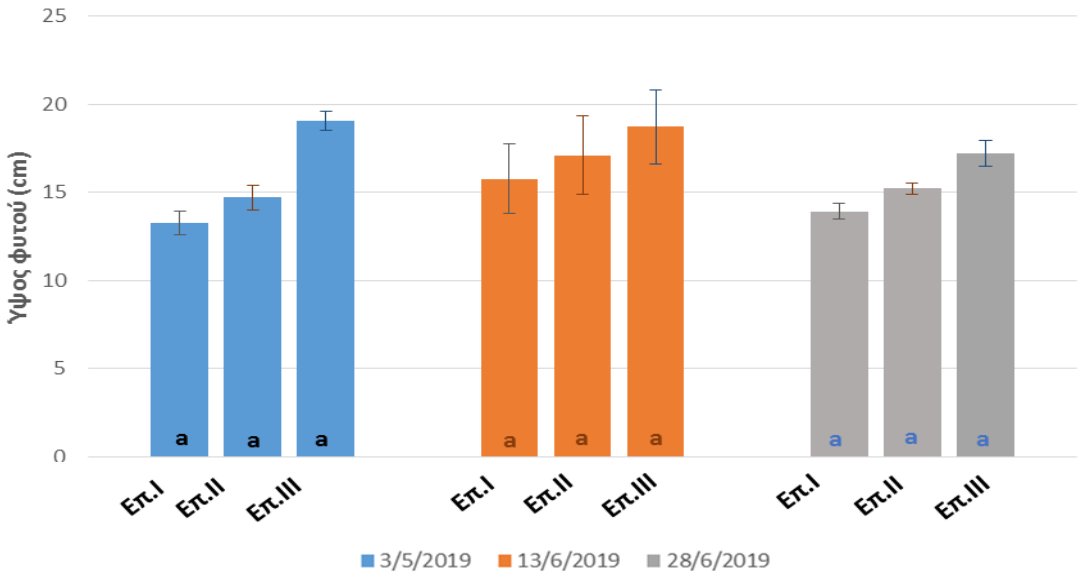
6.2.Ανάλυση δεδομένων πριν τις επεμβάσεις Διατοπικά

Η ανάλυση των δεδομένων πριν την εφαρμογή των επεμβάσεων άρδευσης πραγματοποιήθηκε και διατοπικά, δηλαδή έγινε ανάλυση ανά ημερομηνία μεταξύ των διαφορετικών επαναλήψεων.

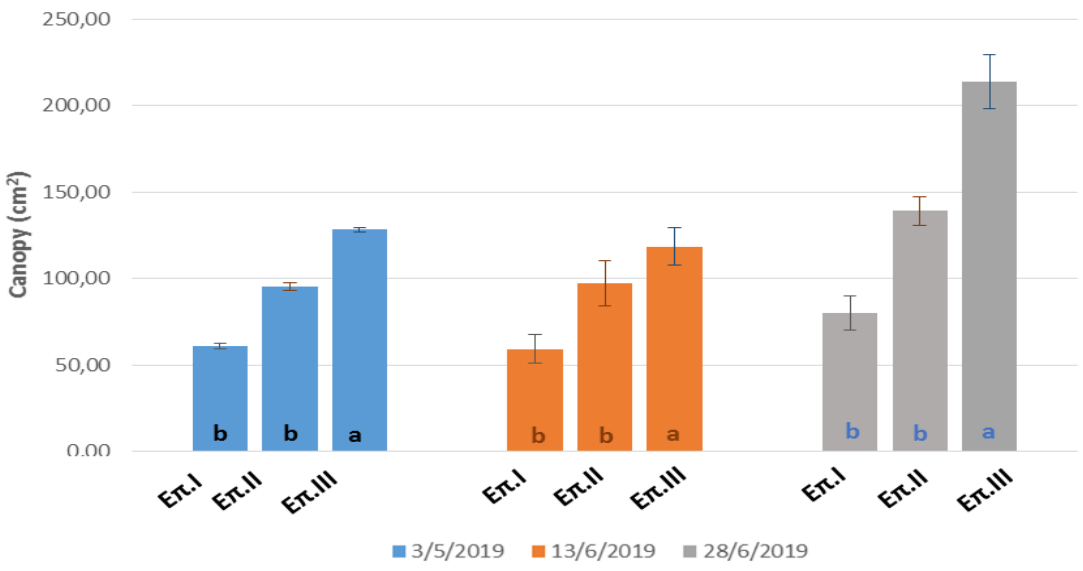
6.2.1. Δεδομένα πεδίου Διατοπικά

Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα που αφορούν στο ύψος φυτού και την επιφάνεια κάλυψης του φυτού. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε για κάθε ημερομηνία ξεχωριστά μεταξύ των τριών επαναλήψεων.

Το ύψος φυτού δεν εμφάνισε διαφορές για κανένα από τα τρία στάδια ανάπτυξης της φυτείας. Ενώ, όσον αφορά στην επιφάνεια κάλυψης, οι τιμές και για τις τρεις ημερομηνίες-στάδια ανάπτυξης της φυτείας ήταν μεγαλύτερες για την τρίτη επανάληψη έναντι των δύο άλλων επαναλήψεων.



Διάγραμμα 26. Διαφοροποίηση του Ύψους των φυτών ρίγανης του εξεταζόμενου είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα των ημερομηνιών 3/5/2019, 13/6/2019 και 28/6/2019 Διατοπικά ***Ανά ημερομηνία*** *μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.*



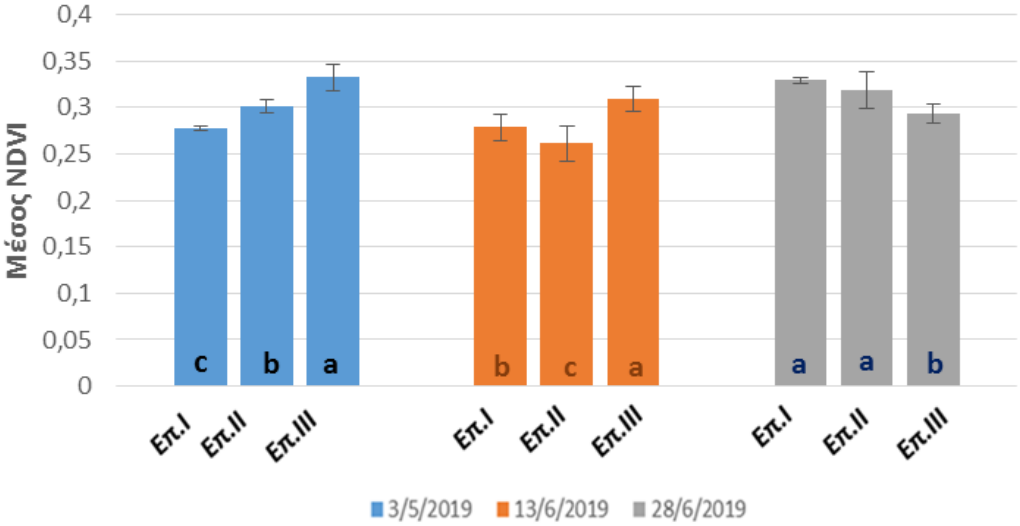
Διάγραμμα 27. Διαφοροποίηση της Επιφάνειας Κάλυψης των φυτών ρίγανης του εξεταζόμενου είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα των ημερομηνιών 3/5/2019, 13/6/2019 και 28/6/2019 Διατοπικά ***Ανά ημερομηνία*** *μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.*

6.2.2. Δεδομένα τηλεπισκόπησης (GIS) Διατοπικά

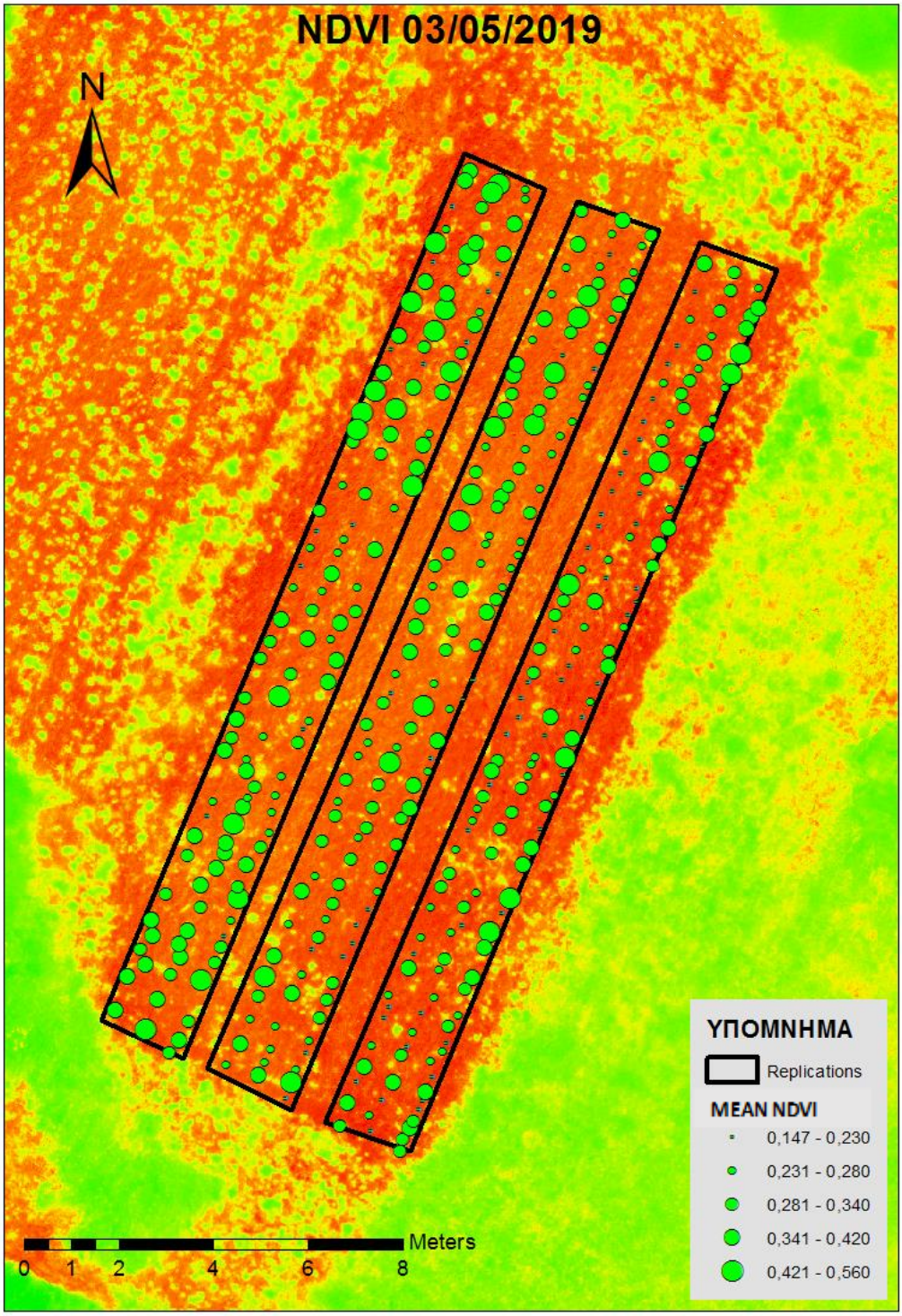
Στην έναρξη της βλαστητικής περιόδου (3/5/2019) (Εικόνα 20) παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες τιμές μέσου NDVI στην τρίτη επανάληψη, ακολουθούμενη από τη δεύτερη επανάληψη, ενώ χαμηλότερες ήταν οι τιμές των φυτών της πρώτης επανάληψης (Διάγραμμα 28).

Στο τέλος της βλαστητικής περιόδου (13/6/2019) (Εικόνα 21) μεγαλύτερες τιμές μέσου NDVI παρατηρήθηκαν στην τρίτη επανάληψη, ακολούθησε η πρώτη και, τέλος, η δεύτερη επανάληψη με χαμηλότερες τιμές (Διάγραμμα 28).

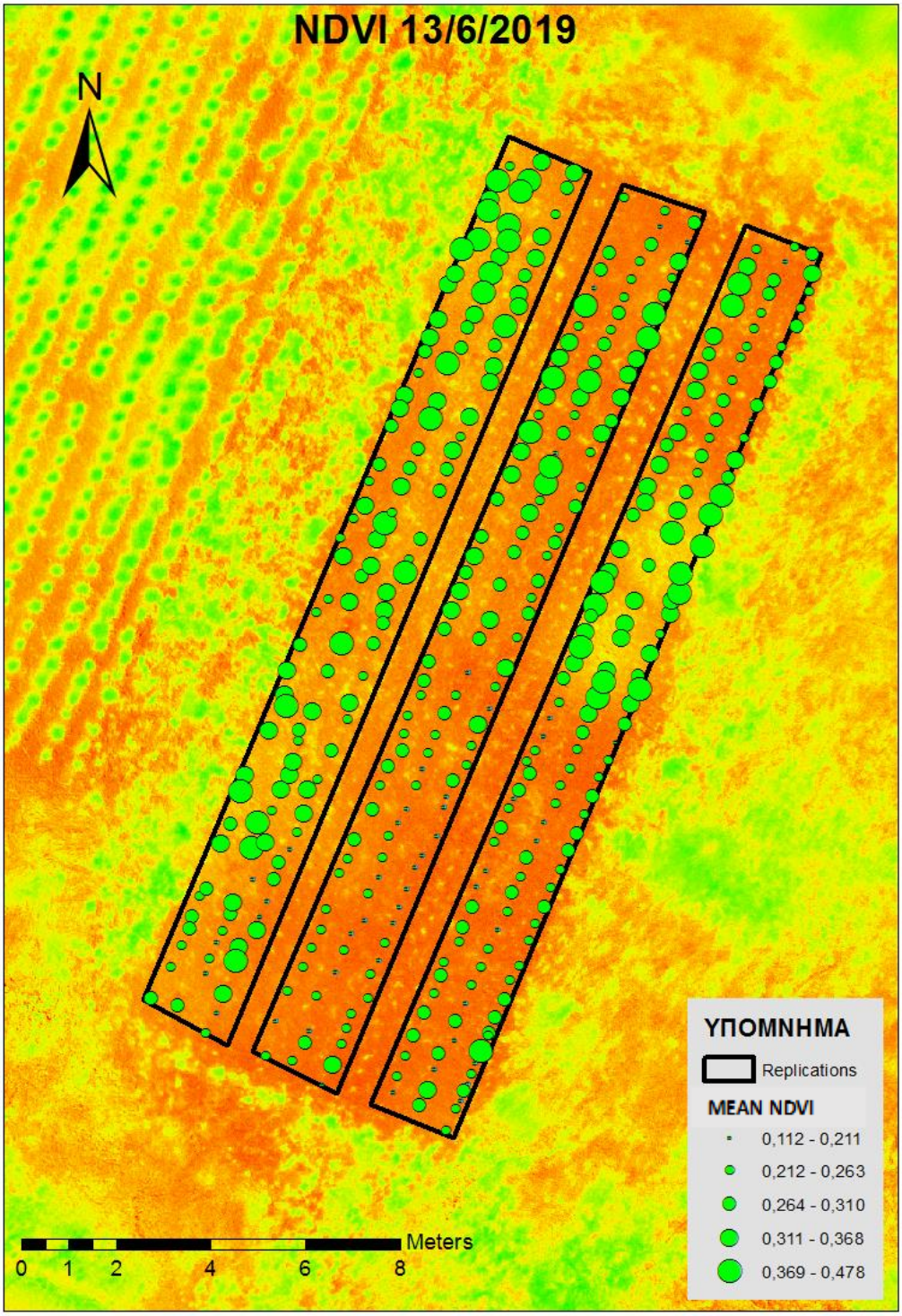
Στο στάδιο έναρξης της άνθισης (28/6/2019) (Εικόνα 22) παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές NDVI στην πρώτη και δεύτερη επανάληψη με στατιστικά σημαντικές διαφορές από την τρίτη επανάληψη (Διάγραμμα 28).



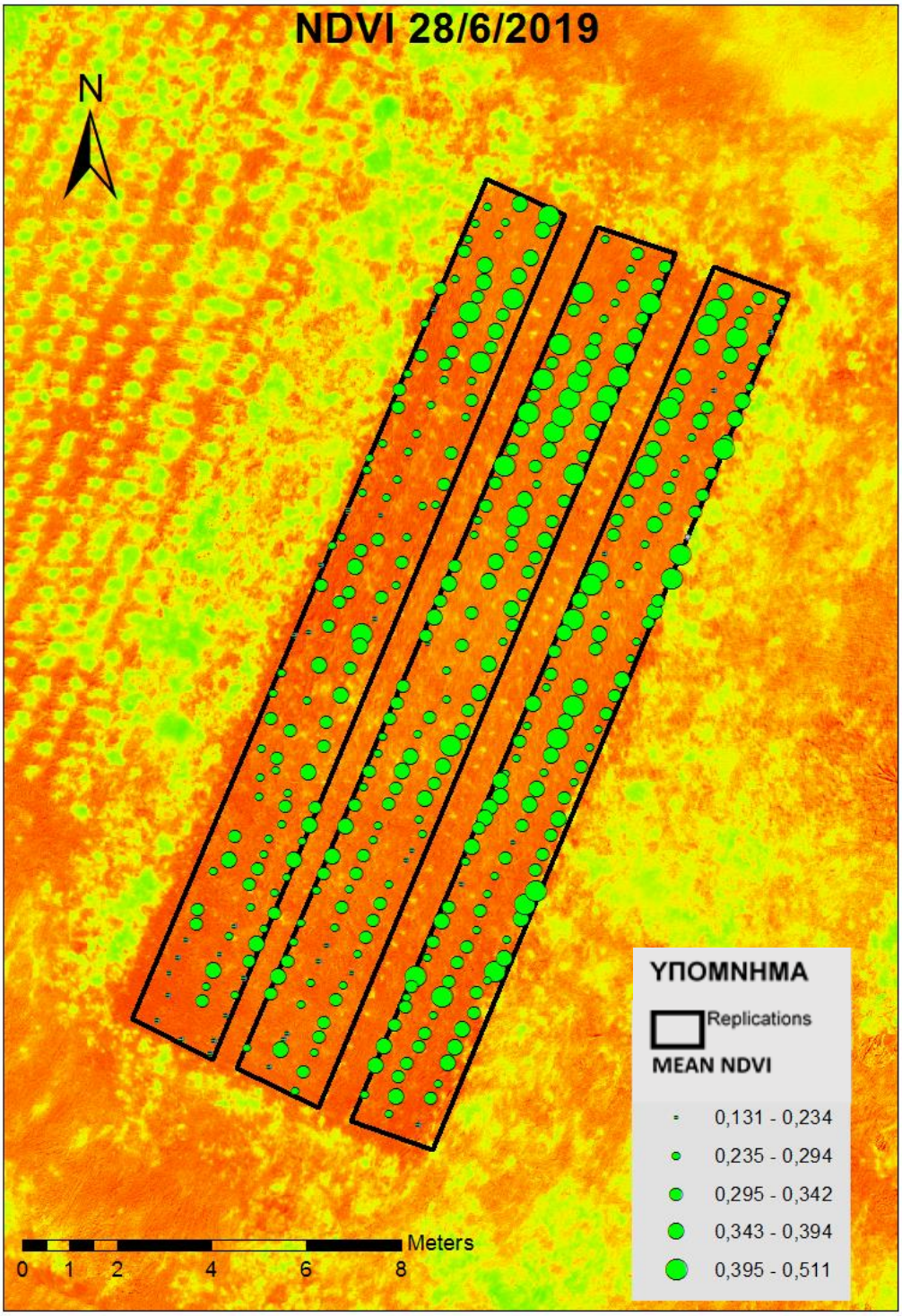
Διάγραμμα 28. Διαφοροποίηση του μέσου NDVI των φυτών ρίγανης του εξεταζόμενου είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα στην έναρξη της βλαστητικής περιόδου (03/05/2019)| στο τέλος της βλαστητικής περιόδου (13/06/2019) και στο στάδιο έναρξης της άνθισης (28/06/2019) μεταξύ των επαναλήψεων I, II και III (Διατοπικά). ***Ανά ημερομηνία*** *μέσοι όροι που δεν συνδέονται με το ίδιο λατινικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά. Σύγκριση με τη μέθοδο LSD για α = 0,05.*



Εικόνα 20. Χάρτης διακύμανσης του δείκτη βλάστησης NDVI στο στάδιο έναρξης της βλαστητικής ανάπτυξης (3/5/2019) σε καλλιέργεια του είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα για τις 3 επαναλήψεις.



Εικόνα 21. Χάρτης διακύμανσης του δείκτη βλάστησης NDVI στο τέλος της βλαστητικής ανάπτυξης(13/6/2019) σε καλλιέργεια του είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα για τις 3 επαναλήψεις.



Εικόνα 22. Χάρτης διακύμανσης του δείκτη βλάστησης NDVI στο τέλος της βλαστητικής ανάπτυξης (28/6/2019) σε καλλιέργεια του είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα για τις 3 επαναλήψεις.

6.3.Συσχετίσεις Μέσου NDVI

Ισχυρά θετική συσχέτιση (στατιστικά σημαντική) προέκυψε από την ανάλυση των γεωχωρικών δεδομένων που εξήχθησαν από την παρακολούθηση της φυτείας μεταξύ του δείκτη βλάστησης NDVI και της μέσης φυλλικής επιφάνειας (canopy) στο τέλος της βλαστητικής περιόδου (13/6/2019). Επίσης ισχυρά θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ του ύψους των φυτών και του δείκτη βλάστησης NDVI στο στάδιο έναρξης της άνθισης (28/6/2019) (Πίνακας 7).

Πίνακας 7. Συσχετίσεις των μορφολογικών δεδομένων με τα γεωχωρικά δεδομένα. Με πράσινο επισημαίνονται οι θετικές συσχετίσεις μεταξύ των αντίστοιχων μεγεθών.

	3/5/2019			**13/6/2019**			**28/6/2019**		
	Mean NDVI	**Ύψος φυτού**	**Μέση επιφάνεια κάλυψης**	**Mean NDVI**	**Ύψος φυτού**	**Μέση επιφάνεια κάλυψης**	**Mean NDVI**	**Ύψος φυτού**	**Μέση επιφάνεια κάλυψης**
Mean NDVI	1	0,300	0,263	1	0,328	**0,826**	1	**0,816**	-0,259
Ύψος φυτού	0,300	1		0,328	1		**0,816**	1	
Μέση επιφάνεια κάλυψης	0,263		1	**0,826**		1	-0,259		1

F. Συζήτηση

1.Μορφολογική παραλλακτικότητα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η άρδευση δεν επηρέασε τα περισσότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών του είδους *Origanum x intercedens,* συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών Ύψος φυτού, Μέση Επιφάνεια Κάλυψης Φυτού (canopy), κ.λπ. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί ο **αριθμός των βλαστών ανά φυτό**.

Σύμφωνα με τους Said-Al Ahl and M.S. Hussein (2010) η αύξηση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας ευνόησε σημαντικά την παραγόμενη νωπή βιομάζα. Σύμφωνα όμως και με τους Said-Al Ahl *et al.* (2009) και άλλους (*El-Naggar et al.*, 2004; *Moeini Alishah et al*. 2006 and *Aziz et al.*, 2008) τα φυτά που δέχθηκαν περισσότερο νερό υπερείχαν ως προς την παραγόμενη νωπή βιομάζα. Η επίδραση της αυξημένης άρδευσης στην παραγόμενη νωπή βιομάζα στην προκειμένη περίπτωση αποδόθηκε στη διαθεσιμότητα επαρκούς υγρασίας που συγκεντρώνεται γύρω από τη ρίζα και οδηγεί σε μεγαλύτερο πολλαπλασιασμό της ριζικής βιομάζας με αποτέλεσμα την υψηλότερη απορρόφηση θρεπτικών ουσιών και νερού που οδηγεί στην παραγωγή μεγαλύτερης φυτικής βιομάζας. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν ανέδειξαν στατιστικά σημαντική επίδραση της άρδευσης στο νωπό βάρος φυτού. Ωστόσο, παρατηρώντας το σχετικό διάγραμμα φαίνεται πως και στα αποτελέσματά μας υπήρχε μία τάση αύξησης του νωπού βάρους στα φυτά που δέχθηκαν 20 mm H_2O.

Σύμφωνα με τους *Farzad Gerami et al.* ο αριθμός των βλαστών ανά φυτό δεν επηρεάστηκε από την άρδευση. Τα αποτελέσματα αυτά δεν συμφωνούν με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω έδειξαν πως τα φυτά που δεν δέχθηκαν άρδευση (0 mm H_2O) εμφάνισαν στατιστικά μεγαλύτερο αριθμό βλαστών ανά φυτό σε σχέση με τα φυτά που δέχθηκαν άρδευση 20 mm H_2O, ενώ τα φυτά που δέχθηκαν 10 mm H_2O δεν διέφεραν από τα υπόλοιπα φυτά (0 και 20 mm H_2O) σύμφωνα με την διαδικασία πολλαπλών συγκρίσεων.

2.Περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο

Όπως είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία και ισχύει για όλα τα πολυετή φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά, η εκατοστιαία απόδοση κάθε είδους φτάνει στο μέγιστο όταν η καλλιέργεια βρίσκεται στο τρίτο έτος από την εγκατάσταση. Στην παρούσα μελέτη η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο έγινε σε φυτά του είδους *Origanum*

x intercedens κατά το πρώτο έτος ανάπτυξής τους υπό την επίδραση τριών επιπέδων άρδευσης. Καμία επίδραση δεν φάνηκε να επέρχεται στην παραγωγή αιθέριων ελαίων στα φυτά καμίας εκ των τριών επεμβάσεων άρδευσης (0, 10 και 20 mm H_2O). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως υπήρχε μία τάση αύξησης της παραγωγής αιθέριου ελαίου στα φυτά με τη λιγότερη άρδευση. Σύμφωνα με τους Said-Al Ahl *et al.* (2009) και άλλες βιβλιογραφικές αναφορές (Singh and Ramesh, 2000; Zehtab- Salmasi *et al*., 2001) η υδατική καταπόνηση οδήγησε σε μείωση της παραγόμενης βιομάζας και συνεπώς, σε μείωση της παραγωγής αιθέριου ελαίου. Η υδατική καταπόνηση στα φυτά επηρεάζει πολλές μεταβολικές διεργασίες και η έκταση των επιπτώσεών της εξαρτάται από τη σοβαρότητα της ξηρασίας. Τα αποτελέσματα που αφορούν στην παραγωγή αιθέριου ελαίου έρχονται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Σύμφωνα με τους Kokkini *et al*., (1993), στο νησί της Νισύρου από αυτοφυείς πληθυσμούς της *O.intercedens* χωρίς επέμβαση άρδευσης η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο ήταν στο 4,5% (v/w), ενώ στον αγρό που Γ.Π.Α. η περιεκτικότητα του υβριδίου έφτασε στο 5,4% (v/w) (Ασσαριωτάκης, 2018), και στην παρούσα μελέτη στον αγρό των Σπάτων η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο των φυτών που δεν δέχθηκαν άρδευση έφτασε το 7,27% (v/w) γεγονός που αποδεικνύει την άριστη προσαρμογή του είδους σε συνθήκες καλλιέργειας, υπό τις δεδομένες εδαφοκλιματικές συνθήκες.

3.Ποιοτικός Προσδιορισμός των Αιθέριων Ελαίων

Όσον αφορά στα χημειοτυπικά χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων, δεν υπάρχουν ποσοτικά δεδομένα στη βιβλιογραφία, παρά μόνο ποσοστιαία. Από την ανάλυση των αιθέριων ελαίων των φυτών ρίγανης *Origanum x intercedens* προέκυψαν τα παρακάτω συστατικά σε συγκέντρωση μεγαλύτερη του 0,01% (v/v). Τα περισσότερα από τα συστατικά που ταυτοποιήθηκαν στα αιθέρια έλαια, όπως α-θουγένιο, α-πινένιο, 1-οκτεν-4-όλη, β-πινένιο, β-μυρκένιο, α-τερπινένιο, π-κυμένιο, γ-τερπινένιο, cis-υδροσαβινένιο, τερπινολένιο, βορνεόλη, τερπινεν-4-όλη, α-τερπινεόλη, θυμόλη, καρβακρόλη και β-καρυοφυλλένιο ταυτίζονται με τα συστατικά αιθέριων ελαίων φυτών *Origanum ssp.* που αναφέρονται σε άλλες μελέτες (Vokou et al., 1993; Sezik et al., 1993; Baser et al., 1994; Novak et al., 2002b; Sivropoulou et al., 1996; Russo et al., 1998; Chalchat & Pasquier 1998; Skoula et al., 1999; Omer, 1999; Daferera et al., 2000; D' Antuono et al., 2000; Boydag et al., 2003; Belhattab et al., 2004; Ivask et al., 2005; Figueredo et al., 2005; Hazzit et al., 2006; Sari et al., 2006; Figueredo et al., 2006a; Figueredo et al., 2006b; Unlu et al., 2007; Cetin et al., 2007).

Η ποσοστιαία χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων, διαφέρει σε κάθε περίπτωση και εξαρτάται από την τοποθεσία, τις κλιματικές συνθήκες και την εποχή συγκομιδής των φυτών (Russo et al., 1998).

Η **καρβακρόλη** αναδείχθηκε στην παρούσα μελέτη ως το κυρίαρχο συστατικό των αιθέριων ελαίων, όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία. Η υψηλή περιεκτικότητα σε καρβακρόλη δίνει μια ρίγανη υψηλής ποιότητας, με χαρακτηριστική μυρωδιά. Σε επισκόπηση που πραγματοποιήθηκε από τους Economou *et al.* (2014) σε διαφορετικούς βιότυπους στο νησί της Ικαρίας σε δυο είδη ρίγανης παρατηρήθηκε ότι η καρβακρόλη για την *O.onites* κυμάνθηκε από 72,56% - 84,98% και για την *O.hirtum* από 70,15% - 86,24%. Η περιεκτικότητα των αιθέριων ελαίων σε καρβακρόλη όμως δεν παρουσίασε καμία διαφοροποίηση μεταξύ των επεμβάσεων άρδευσης (0, 10 και 20 mm H_2O), ενώ σε αποτελέσματα σε φυτά ρίγανης (*Origanum vulgare* L.) φάνηκε ότι η περιεκτικότητα σε καρβακρόλη αυξάνεται με αύξηση της άρδευσης (Said-Al Ahl *et al*., 2009).

Ένα από τα βασικά συστατικά των αιθέριων ελαίων ήταν και το **π-κυμένιο**, όπως αναφέρεται και σε άλλες μελέτες. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως μεγαλύτερη ποσότητα π-κυμένιου είχαν τα αιθέρια έλαια που δεν δέχθηκαν άρδευση γεγονός που συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Said-Al Ahl *et al*. (2009), οι οποίοι αναφέρουν πως παρατηρήθηκε μείωση του π-κυμένιου με την αύξηση της άρδευσης. Σύμφωνα με τους Economou et al, η *Origanum vulgare ssp hirtum* εμφάνισε 1,62% - 4,56% περιεκτικότητα σε π-κυμένιο ενώ η *Origanum onites* 1,43% - 6%. Σε μελέτη των Kokkini and Vokou (1993) η *Origanum x intercedens* εμφάνισε 3,1% περιεκτικότητα σε π-κυμένιο σε αυτοφυείς πληθυσμούς στη Νίσυρο, ενώ σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης η περιεκτικότητα σε π-κυμένιο ήταν περίπου 3,7%. Όπως παρατηρούμε η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου της *Origanum x intercedens* σε π-κυμένιο είναι ενδιάμεση των δύο μητρικών φυτών. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την άριστη προσαρμογή των φυτών στις δεδομένες εδαφοκλιματικές συνθήκες.

Το τρίτο σε σειρά βασικότερο συστατικό των αιθέριων ελαίων ήταν για τα φυτά όλων των επεμβάσεων άρδευσης το **γ-τερπινένιο**, επιβεβαιώνοντας τις βιβλιογραφικές αναφορές (Economou *et al.*, 2011; Said-Al Ahl *et al.*, 2009). Επίσης, επιβεβαιώθηκε το γεγονός ότι όσο αυξανόταν η άρδευση μειωνόταν το γ-τερπινένιο.

Συμπερασματικά, αν εξεταστούν συνολικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τα αιθέρια έλαια –ποσοτικά και ποιοτικά- παρατηρούμε πως, ενώ δεν υπήρχε επίδραση της άρδευσης ως προς την εκατοστιαία περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, υπήρχαν διαφορές ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων. Πιο συγκεκριμένα, φάνηκε πως η άρδευση επιδρά αρνητικά στη βιοσύνθεση του π-κυμενίου και γ-τερπινενίου. Η τάση αύξησης που παρατηρήθηκε στα φυτά που δεν δέχθηκαν άρδευση φαίνεται και στο διάγραμμα της εκατοστιαίας περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο, χωρίς όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές.

4. Παρακολούθηση της ανάπτυξης της φυτείας με UAV

Παρόλο που η φυτεία μπορεί να θεωρηθεί γενετικά ομοιόμορφη αφού τα φυτάρια έχουν προέλθει από αγενή πολλαπλασιασμό (μοσχεύματα), παρατηρήθηκαν διαφορές ως προς τον μέσο NDVI των φυτών μεταξύ των επαναλήψεων από το ένα στάδιο στο άλλο, αλλά και στην εξέλιξη των τιμών μέσου NDVI των φυτών της ίδιας επανάληψης διαχρονικά.

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση του μέσου NDVI για κάθε επανάληψη ξεχωριστά και για τις τρεις ημερομηνίες (διαχρονικά). Για την πρώτη επανάληψη υψηλότερες τιμές NDVI παρατηρήθηκαν στην έναρξη της άνθισης (28/6/2019) με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τα προηγούμενα στάδια ανάπτυξης της φυτείας. Για την δεύτερη επανάληψη υψηλότερες τιμές μέσου NDVI παρατηρήθηκαν κατά την έναρξη της άνθισης (28/6/2019), ακολουθούμενες από αυτές στο τέλος της βλαστητικής ανάπτυξης και, τέλος, από αυτές στην έναρξη της βλαστητικής ανάπτυξης. Τέλος, για την τρίτη επανάληψη παρατηρήθηκε πως οι μεγαλύτερες τιμές μέσου NDVI αντιστοιχούν στην έναρξη της βλαστητικής ανάπτυξης (3/5/2019) και στο τέλος της βλαστητικής ανάπτυξης (13/6/2019), ακολουθούμενες από τις τιμές που αντιστοιχούν στο στάδιο έναρξης της άνθισης (28/6/2019). Η πορεία ανάπτυξης των τιμών του μέσου NDVI για την επανάληψη I ήταν αναμενόμενη, καθώς τα ΦΑΦ αποκτούν την μέγιστη βλαστητική ανάπτυξη, άρα και τις υψηλότερες τιμές μέσου NDVI όταν μεταπίπτουν στο αναπαραγωγικό στάδιο (έναρξη της άνθισης). Ενώ για την επανάληψη II παρατηρήθηκε μια πτώση των τιμών κατά το τέλος της βλαστητικής περιόδου (13/6/2019) γεγονός που μπορεί να οφειλόταν σε κακή απεικόνιση με τη χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης μιας και οι μετρήσεις πεδίου δεν υποδεικνύουν την ίδια διακύμανση τιμών. Η διαφοροποίηση όμως των φυτών *Origanum x intercedens* της επανάληψης III μπορούμε να πούμε πως οφείλεται στην επίδραση των βροχοπτώσεων

του Ιουνίου. Οι βροχοπτώσεις αυτές φαίνεται να επηρέασαν πιο δραστικά τα φυτά της τρίτης επανάληψης λόγω της προχωρημένης τους ανάπτυξης συγκριτικά με τα υπόλοιπα φυτά, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Διενεργήθηκαν και κάποιες περαιτέρω αναλύσεις του μέσου NDVI για κάθε ημερομηνία ξεχωριστά και για τις τρεις επαναλήψεις (διατοπικά). Πιο αναλυτικά, στην έναρξη της βλαστητικής περιόδου (3/5/2019) μεγαλύτερες τιμές μέσου NDVI παρατηρήθηκαν στην τρίτη επανάληψη, ακολουθούμενη από τη δεύτερη επανάληψη, ενώ χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην πρώτη επανάληψη. Στο τέλος της βλαστητικής περιόδου (13/6/2019) η τρίτη επανάληψη έδειξε πάλι υψηλότερες τιμές ακολουθούμενη από την πρώτη επανάληψη και, τέλος, τη δεύτερη επανάληψη με χαμηλότερες τιμές. Στο στάδιο έναρξης της άνθισης (28/6/2019) παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές στην πρώτη και δεύτερη επανάληψη με στατιστικά σημαντικές διαφορές από την τρίτη επανάληψη που προηγούνταν στα προηγούμενα στάδια ανάπτυξης. Η διαφοροποίηση αυτή της ανάπτυξης των φυτών που τοποθετούνται σε διαφορετικές επαναλήψεις μπορεί να αποδοθεί στον ισχυρισμό πως τα φυτά της τρίτης επανάληψης προσαρμόστηκαν κατά το πρώτο έτος εγκατάστασής τους στον αγρό ταχύτερα και καλύτερα σε σχέση με τα φυτά των άλλων δύο επαναλήψεων. Πιθανότερη αιτία μπορεί να θεωρηθεί ότι γειτονικά με τη μελετούμενη φυτεία αναπτυσσόταν φυτεία ρίγανης του ίδιου είδους που δέχθηκε λίπανση. Το γεγονός αυτό μπορούμε να υποθέσουμε πως επηρέασε τα φυτά της τρίτης επανάληψης, τα οποία ευνοήθηκαν μέσω της λίπανσης έναντι των φυτών των άλλων δύο επαναλήψεων.

Επιπλέον, από την ανάλυση των γεωχωρικών δεδομένων που εξήχθησαν από την παρακολούθηση της φυτείας προέκυψε ισχυρά θετική συσχέτιση (στατιστικά σημαντική) μεταξύ του δείκτη βλάστησης NDVI και της μέσης επιφάνειας κάλυψης του φυτού (canopy) στο τέλος της βλαστητικής περιόδου (13/6/2019). Επίσης ισχυρά θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ του ύψους των φυτών και του δείκτη βλάστησης NDVI στο στάδιο έναρξης της άνθισης (28/6/2019). Οι συσχετίσεις αυτές είναι αναμενόμενες δεδομένου ότι ο δείκτης βλάστησης NDVI αντικατοπτρίζει την ευρωστία των φυτών. Το γεγονός ότι δεν υπάρχει κάποια ισχυρή συσχέτιση στην έναρξη της βλαστητικής περιόδου μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι τα φυτά στο στάδιο αυτό ήταν πάρα πολύ μικρά σε μέγεθος, επομένως δεν θα μπορούσαν να αποδώσουν πιο αντιπροσωπευτική και αξιόπιστη προς επεξεργασία απεικόνιση.επιπλέον, θα ήταν ωφέλιμο να εξεταστούν οι τεχνικές λεπτομέρειες των

πτήσεων που πραγματοποιήθηκαν (π.χ. ύψος πτήσης, ταχύτητα πτήσης, κ.λπ.) που ίσως βελτιώσουν τα αποτελέσματα των μεθόδων τηλεπισκόπησης στα φαρμακευτικά αρωματικά φυτά.

Η ισχυρά θετική συσχέτιση του μέσου NDVI με την μέση επιφάνεια κάλυψης (canopy) στο τέλος της βλαστητικής περιόδου (13/6/2019) μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι τα φυτά κατά το στάδιο αυτό αποκτούν μεγαλύτερη ανάπτυξη και επομένως μεγαλύτερες τιμές μέσου NDVI.

G. Συμπεράσματα

- Η άρδευση δεν επηρέασε τα περισσότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών ρίγανης *Origanum x intercedens*, με εξαίρεση τον αριθμό των βλαστών ανά φυτό. Τα φυτά που δεν δέχθηκαν άρδευση (0 mm H_2O) εμφάνισαν περισσότερους βλαστούς ανά φυτό σε σύγκριση με τα υπόλοιπα φυτά.
- Η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο δεν διέφερε ανάλογα με την επέμβαση άρδευσης που εφαρμόστηκε.
- Η καρβακρόλη, το π-κυμένιο και το γ-τερπινένιο αναδείχθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις ως τα τρία βασικά συστατικά των αιθέριων ελαίων.
- Η άρδευση δεν επηρέασε την ποσότητα καρβακρόλης στο αιθέριο έλαιο.
- Οι ποσότητες π-κυμενίου και γ-τερπινενίου μειώνονται με την αύξηση της εφαρμοζόμενης άρδευσης.
- Ο δείκτης NDVI που εξήχθη μέσω των γεωχωρικών μεθόδων (GIS) δεν αποδείχθηκε ιδιαίτερα αξιόπιστος για την μελέτη της ανάπτυξης της φυτείας ρίγανης *Origanum x intercedens* κατά το πρώτο έτος εγκλιματισμού της φυτείας.
- Περαιτέρω έρευνα πρέπει να διεξαχθεί για την παρακολούθηση της ανάπτυξης της φυτείας με άλλους δείκτες ανάπτυξης. Ενθαρρυντικές ενδείξεις για την παρακολούθηση της φυτείας με γεωχωρικές μεθόδους (GIS) υπήρχαν κατά το στάδιο έναρξης της άνθισης που τα φυτά ήταν πιο ανεπτυγμένα.

Η. Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία:

Ασσαριωτάκης, Α., 2018. Παραλλακτικότητα των Φαρμακευτικών και Αρωματικών ειδών, *Origanum vulgare ssp. hirtum* L., *Origanum onites* L. και *Origanum x intercedens*, σε συνθήκες καλλιέργειας ως προς τα μορφολογικά, αποδοτικά και χημειοτυπκά τους χαρακτηριστικά.

Βαρδακάκης, Μ.1993. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΒΟΤΑΝΙΚΗ (ΚΡΥΠΤΟΓΑΜΑ – ΣΠΕΡΜΑΤΟΦΥΤΑ). Τόμος 1, 4η έκδοση. Εκδόσεις: Δ.Κ. Σαλονικίδης, Θεσσαλονίκη.

Γαβριήλ, Ε. 2013. Φαινολογική και χημειοτυπική διαφοροποίηση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών των ειδών *Origanum vulgare* (Link) *letswaart, Coridothymus capitatus* (L.), *Origanum onites* (L.) και *Satureja thymbra* (L.) σε καλλιέργεια τριών ετών.

Γκόλιαρης, Α. 1992. Η καλλιέργεια της ρίγανης. Γεωργία και ανάπτυξη 2: 39 – 42.

Δόρδας, Χ. 2012. Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, σελ. 358.Ζερλέντης, Κ. 1981. Συστηματική Βοτανική Μέρος 2ον (Αγγειόσπερμα). Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών – Εργαστήριο Συστηματικής Βοτανικής, Αθήνα.

Καλύβας, Δ. και Ν. Παπαευσταθίου 1995. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, *Πυρφόρος* **20**: 26-31.

Καραμπουρνιώτης, Γ., 2003. Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών. Εκδόσεις: Έμβρυο, Αθήνα.

Κατσιώτης, Σ. και Π. Χατζοπούλου, 2010. Αρωματικά φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια. Εκδόσεις Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.

Κατσιώτης, Σ. & Χατζοπούλου, Π., 2013. Αρωματικά φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια. Εκδόσεις: Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.

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.

Παναγόπουλος, Γ. 2012. Χημειοτυπικός προσδιορισμός, χωρική αποτύπωση και αξιολόγηση του παραγωγικού δυναμικού αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών των γενών *Origanum, Satureja* και *Coridothymus* της νήσου Ικαρίας. σ. 255.

Πολυσίου, Μ. (επιμέλεια) 2002. Επενδυτικές δυνατότητες στον τομέα αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών στην Ελλάδα, Υ.Ε.Ο., Γ.Π.Α., Αθήνα.

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 Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.

Σκρουμπής, Β.Γ., 1985. Αρωματικά Φυτά και Αιθέρια Έλαια. Εκδόσεις: OFFSET. Γιαχούδη Ο.Ε.., Θεσσαλονίκη.

Σκρουμπής, Β. 1998. Αρωματικά, φαρμακευτικά και μελισσοτροφικά φυτά της Ελλάδας. Εκδόσεις: Αγρότυπος, Αθήνα.

Στεφανάκη – Νικηφοράκη Μαρία. 1999. «Συστηματική Βοτανική» Εκδ. Σταμούλης, Αθήνα.

Υπ.Α.Α.Τ., 2007. Προοπτικές ανάπτυξης τομέα Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών (με βάση προτάσεις και συμπεράσματα περιφερειακών μελετών νέας ΚΑΠ).

Υπ.Α.Α.Τ., 2017. Στρατηγικό Σχέδιο ανάπτυξης για την καλλιέργεια, επεξεργασία και εμπορία των Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών στην Ελλάδα (http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Aromatika_Fyta/stratighko_sxedio_aff260218.pdf)

Ξένη Βιβλιογραφία:

Aziz, E.E. Hendawi, S.F. Ezz El Din, A. and Omer, E.A. 2008. Effect of soil type and irrigation intervals on plant growth, essential oil yield and constituents of *Thymus vulgaris* plant. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 4 (4): 443-450.

Baricevic, D., 1997. Experiences with oregano (*Origanum ssp*.) in Slovenia. In: S. Padulosi, ed., Oregano. Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano. Valenzano (Bari), Italy. IPGRI, Rome.

Baser, K. H. C., T. Ozek, M. Kurkcuoglu & G. Tumen 1994. The Essential Oil of *Origanum vulgare subsp. hirtum* of Turkish origin. J. Essent. Oil Res. 6: 31-36

Baydar, H., O. Sadgic, G. Ozkan and T. Karadogan (2004). Antibacterial activity and composition of essential oils from *Origanum, Thymbra* and *Satureja* species with commercial importance in Turkey. Food Control.

Belhattab, R., L Larous, A.CFigueiredo, P.A.G.Santos, J.G.Barroso & L.G.Pedro 2004. *Origanum glandulosum* Desf. grown wild in Algeria: essential oil composition and glycosidic bound volatiles. Flav. Frag. J. 20:209-212

Bosabalidis, A.M. and S. Kokkini, 1997. Infraspecific variation of leaf anatomy in *Origanum vulgare* grown wild in Greece. Bot. J. Linn. Soc.

Boydag, I., M. Kurkcoglu, T. Ozek & K. H. C. Baser 2003. Isolation of some soluble and dispersed materials of oregano water. Chem. Nat. Comp. 39(5): 465-469

Bozin B., Mimica-Dukie N, Simin N, Anackov G. 2006. Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae species and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. J Agri. Food Chem.

Burrough, P.A. 1986. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford University Press, New York. 193 p.

Cetin, H., F. Erler & A. Yanikoglou 2007. A comparative evaluation of Origanum onites essential oil and its four major cpmponents as larvicides against the pine processionary moth, Thaumetopoea wilkinsoni Tams. Pest. Manag. Sci 63: 830-833

Chalchat, J. C & B. Pasquier 1998. Morphological and chemical studies of Origanum Clones : Origanum vulgare L. ssp. vulgare. J. Essent. Oil. Res. 10: 119-125

Croteau, R. 1992. Biochemistry of Monoterpenes and Sesquiterpenesof the Essential Oils. In Herbs, Spices and Medicinal Plants Vol. 1. L. Cracer and J. Simon Editors, Food Products Press, NY.

Daferera, J. D., B. Ziogas & M. 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

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.

Demos, A., C. Petrakis, P. Kefalas and D. Boskou, 1998. Nutrient antioxidants in some herbs and Mediterranean plant leaves. Food Res. Int.

Denayer R. and B. Tilquin 1994. Détermination des indices derétention de composants d'huiles essentielles. Rivista Italiana: 13: 7–12.

Economou, G., Panagopoulos, G., Tarantilis, P., Kalivas, D., Kotoulas, V., Travlos, I.S., Polysiou, M., Karamanos, A. 2011. Variability in essential oil content and composition of *Origanum hirtum* L., *Origanum onites* L., *Coridothymus capitatus* (L.) and *Satureja thymbra* L. populations from the Greek island Ikaria. Industrial Crops and Products. 33: 236-241.

Economou, G., Panagopoulos G., Karamanos A., Tarantilis P., Kalivas D., Kotoulas V. 2014. An assessment of behavior of carvacrol – rich wild Lamiaceae species from the eastern Aegean under cultivation in two different environments. Industrial Crops and Products. 54: 62-69.

El-Naggar, A.A.M. El-Naggar, H. and El-Fawakhry, F.M. 2004. Physiological studies on growth and flowering of *Cyprus papyrus*, L. 1- Effect of growing media and Water requirements. Alex.J.Agric.Res., 49 (3): 93-105.

Farzad Gerami, Parviz R. Moghaddam, Reza Ghorbani, Abbas Hassani. Effects of irrigation intervals and organic manure on morphological traits, essential oil content and yield of oregano (*Origanum vulgare* L.)

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.

Figueredo, G., J-C. Chalchat & B. Pasquier 2006a. Studies of Mediterranean oregano populations. IX: Chemical composition of essential oils of seven species of oregano of various origins. J.Essent. Oil Res. 18: 411-415

Figueredo, G., P. Cabassu & J-C. Chalchat 2006b. Studies of Mediterranean oregano populations. VII: Chemical composition of essential oils of carvacrol –rich Oregano of various origins. J. Essent. Oil Res. 18: 244-249.

Figueredo, G., P.Cabassu, J-C. Chalchat & B. Pasquier 2005. Studies of Mediterranean populations- V. Chemical composition of essential oils of oregano: Origanum syriacum L. var. bevanii (Holmes) Ietswart, O. syriacum L. var. sinaicum (Boiss.) Ietswaart, and O. syriacum L. var. syriacum from Lebanon and Israel. Flav. Frag. J. 20: 164-168

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.

Franz, Ch., 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. Germany. Acta Horti 132.

Gavalas, N., A.M. Bosabalidis and S. Kokkini, 1998. Comparative study of leaf anatomy and essential oils of the hybrid *Mentha* × *villosa-nervata* and it parental species *M. longifolia* and *M. spicata.* Isr. J. Plant Sci.

Gemtos T.A., Markinos Ath., Toulios L., Pateras D., Zerva G., 2003. A Precision Farming Application in the Small Cotton Farms of Greece.

Gounaris, Y., Skoula, M., Fournaraki, C., Drakakaki, G. and Makris A., 2002. Comparison of essential oils and genetic relationship of Origanum ×intercedens to its parental taxa in the island of Crete. University of Thessaly, Department of Agriculture & Mediterranean Agronomic institute of Chania.

Hazzit, M., A. Baaliouamer, M. L. Faleiro & M. G. Miguel 2006. Composition of the essential oils of Thymus and Origanum species in Algeria and their antioxidant and antimicrobial activities. J. agric. food chem. 54 (17): 6314 – 21

Holopainen, K.J. 2004. Multiple functions of inducible plant volatiles. Trends in Plant Sci.

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.

Ivask, K., T. Kailas, A. Raal, E. Arak, U. Paaver 2005. Composition of the essential oil from wild marjoram (Origanum vulgare L. ssp. vulgare) cultivated in Estonia. *J. ess. oil Res.*. 17(4): 384-387

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.

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. InQ E. Rodriguez , P.L. Healy and I. Metha, eds., Biology and Chemistry of Plant Trichomes, Plenum Press, N.Y.

Kepner, R.E., B.O. Ellison, M. Breckenridge, G. Connoly, S.C. Madden and C.G. Muller, 1974. Volatile terpenes in California bay foliage. Changes in composition during maturation. J. Agric. Food. Chem.

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.

Kirimer, N., K.H. Baser and G. Tumen, 1995. Carvacrol rich plants in Turkey. Chem. Nat. Comp.

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., Academic press, London.

Kokkini S., Vokou D., 1989. Carvacrol-rich plants in Greece. Flavour. Frag. J.

Kokkini, S., Vokou, D., 1993. The hybrid *Origanum* × *intercedens* from the island of Nisyros (SE Greece) and its parental taxa; Comparative study of essential oils and distribution. Biochem. Syst. Ecol.

Kriegler, RG, Welsh, HL, - The Journal of Chemical Physics, 1969. Collision-Induced Absorption of Hydrogen in Liquid Argon; the Liquid Cell Model

Kullenberg, G. and G. Bergstrom, 1975. Chemical communication between living organisms. Endeavor.

Kuris, A., A. Altman and E. Putievsky, 1980. Rooting and initial establishment of stem cutting of oregano, peppermint and balm. Scientia Hortic.

Kuris, A., A. Altman and E. Putievsky, 1981. Root formation in oregano (*Origanum vulgare* L.) stem cuttings. Scientia Hortic.

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. Perfume. Flavor.

Levin, D.A., 1973. The role of trichomes in plant defence. Quart. Rev. Biol.

Levin, D.A., 1976. The chemical defences of plants to pathogens and herbivores. Annu. Rev. Ecol. Syst.

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.

Mahmoud, S.S. and R.B. Croteau, 2002. Strategies for transgenic manipulation of monoterpene biosynthesis in plants. Trends Plant. Sci.

Makri, O., 2002. Cultivation of Oregano. In: S.E. Kintzios, ed., Oregano, the genera *Origanum* and *Lippia*, Taylor and Francis, London and New York.

Marston, A. and K. Hostettmann 2009. Natural Product Analysis over the Last Decades. *Planta Med*. 75: 672–682.

Modenesi, P., Serrato-Valenti, G., Bruni, A., 1984. Development and secretion of clubbed trichomes in *Thymus vularis* L. Flora.

Moeini Alishah, H. Heidari, R. Hassani, A. and Asadi Dizaji, A. 2006.Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum*), J. Biol. Sci., 6 (4): 763-767.

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.

Novak, J., J.Langbehn, F.Pank & C.M.Franz 2002b. Essential oil compounds in a historical sample of marjoram (*Origanum majorana* L.,Lamiaceae). *Flav.Frag.J*. 17:175-180

Omer, A. E. 1999. Response of Wild Egyptian Oregano to Nitrogen Fertilization in a Sandy Soil. J. plant nutr. 22(1): 103 – 114.

Paech, K., 1950. Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe. Springer, Berlin Heidelberg.

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.

Penka, M., 1978. Influence of irrigation on the contents of effective substances in officinal plants. Acta Hort. 73: 181-198.

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.

Putievsky, E., 1983. Temperature and day-length influences on the growth and germination of sweet basil and oregano. J. Hort. Sci.

Putievsky, E., D. Nativ and R. Uzi, 1997. Cultivation, selection and conservation of oregano species in Israel. In: S. Padulosi, ed., Oregano. Proceedings of IPGRI International Workshop on Oregano. Valenzano (Bari), Italy. IPGRI, Rome.

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.

Ruminska, A., 1978. Influence of fertilizers on the content of active compounds in spice crops and medicinal plants. Acta Hort. 73: 143-164.

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. Inflorences. J. Agric. Food Chem 46: 3741 – 3746.

Said-Al Ahl H.A.H. and M.S. Hussein, 2010. Effect of water stress and potassium humate on the productivity of oregano plant using saline and fresh water irrigation.

Said-Al Ahl H.A.H., Hasnaa S. Ayad and S. F. Hendawy, 2009. Effect of potassium humate and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano under different irrigation intervals

Sandermann, W., 1962. Terpenoids: Structure and Distribution. In: M. Florkin and H.S. Mason, eds., Comparative Biochemistry, Vol. 3, Part A. Academic press, N.Y.

Sari, M., D.M.Biondi, M.Kaabeche, G.Mandalari, M.D'Arrigo, G.Bisignano, A.Saija, C.Daquino & G. Ruberto 2006. Chemical composition, antimicrobial and

antioxidant activities of the essential oil of several populations of Algerian *Origanum glandulosum* Desf. Flav. Frag. J. 21: 890-898

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.

Sezik, E., G. Tumen, N. Kirimer, T. Ozek & K. H. Baser 1993. Essential Oil Composition of Four Origanum vulgare subspecies of Anatolian Origin. J. Essent. Oil Res. 5:425-431

Singh, M. and Ramesh, S. 2000. Effect of irrigation and nitrogen on herbage, oil yield and water- use efficiency in rosemary grown under semi- arid tropical conditions. J. Med. Aromatic Plant Sci., 22(IB), 659-662.

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., P. Gotsiou, G. Naxakis & C. B. Johnson 1999. A chemosystematic investigation on the mono- and sesquiterpenoids in the genus Origanum (Labiatae). Phytochemistry 52: 649-657

Thanos, C.A., C.C. Kadis and F. Skarou, 1995. Cophysiology of germination in the aromatic plants thyme, savory and oregano (*Labiatae*). Seed Sci. Res.

Toncer O., S. Karaman and E. Diraz, 2009. An annual variation in essential oil composition of *Origanum syriacum* from Southeast Anatolia of Turkey. J.Med. Plants Res.

Unlu, G.V., M. Unlu, E. Donmez & N. Vural 2007. Chemical composition and in vitro antimicrobial activity of the essential oil of *Origanum minutiflorum* O Schwarz & PH Davis. *J Sci Food Agric*. 87: 255-259

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.

Werker, E., 2000. Trichome Diversity and Development. In: Advances in Botanical Research

Werker, E., 1993. Function of essential oil secreting glandular hairs in aromatic plants of Lamiaceae – a review. Flav. Fragr. J.

Wink, M., 1997. Compartmentation of Secondary Metabolites and Xenobiotics oi Plant Vacuoles. In: advances in Botanical Research Volume 25 The Plant Vacuole.

Wink, M., 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular plylogenetic perspective, Phytochemistry.

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.

Zehtab-Salmasi, S. Javanshir, A. Omidbaigi, R. Aly-Ari, H. and Ghassemi- Golezani, K. 2001. Effects of water supply and sowing date on performance and essential oil production of anise (Pimpinella anisum L.). Acta. Agron. Hung., 49(1), 75-81.

I. Παράρτημα

Στο συγκεκριμένο μέρος παρατίθενται αναλυτικά οι πίνακες ανάλυσης της διασποράς (ANOVA) για όλα τα μελετούμενα χαρακτηριστικά.

Φυτικά χαρακτηριστικά

Πριν τη συγκομιδή

Πίνακας 1. Αποτελέσματα από την ANOVA για το ύψος φυτού για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	3,40016	2	1,70008	0,67	0,5598
Επανάληψη	4,72596	2	2,36298	0,94	0,4642
Σφάλμα	10,1044	4	2,52609		
Σύνολο (διορθωμένο)	18,2305	8			

Πίνακας 2. Αποτελέσματα από την ANOVA για τη Μέση Επιφάνεια Κάλυψης για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	3092,42	2	1546,21	0,26	0,7801
Επανάληψη	15328,6	2	7664,28	1,31	0,3650
Σφάλμα	23396,9	4	5849,24		
Σύνολο (διορθωμένο)	41817,9	8			

Μετά τη συγκομιδή

Πίνακας 3. Αποτελέσματα από την ANOVA για τον Αριθμό των Βλαστών ανά Φυτό για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	10,545	2	5,27248	5,21	0,0769
Επανάληψη	1,79682	2	0,898411	0,89	0,4794
Σφάλμα	4,04471	4	1,01118		
Σύνολο (διορθωμένο)	16,3865	8			

Πίνακας 4. Αποτελέσματα από την ANOVA για τον Αριθμό των μεσογονάτιων διαστημάτων του κεντρικού βλαστού για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	1,49536	2	0,747678	0,40	0,6922
Επανάληψη	5,22496	2	2,61248	1,41	0,3437
Σφάλμα	7,40471	4	1,85118		
Σύνολο (διορθωμένο)	14,125	8			

Πίνακας 5. Αποτελέσματα από την ANOVA για τον Αριθμό των Φύλλων ανά βλαστό για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	10,6667	2	5,33333	0,09	0,9152
Επανάληψη	20,2578	2	10,1289	0,17	0,8479
Σφάλμα	235,491	4	58,8728		
Σύνολο (διορθωμένο)	266,416	8			

Πίνακας 6. Αποτελέσματα από την ANOVA για το εμβαδόν φύλλου για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	0,0602	2	0,0301	1,32	0,3633
Επανάληψη	0,0480667	2	0,0240333	1,05	0,4293
Σφάλμα	0,0913333	4	0,0228333		
Σύνολο (διορθωμένο)	0,1996	8			

Πίνακας 7. Αποτελέσματα από την ANOVA για τον αριθμό των ταξιανθιών ανά φυτό για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	7,2168	2	3,6084	3,11	0,1534
Επανάληψη	1,66127	2	0,830633	0,71	0,5427
Σφάλμα	4,64693	4	1,16173		
Σύνολο (διορθωμένο)	13,525	8			

Πίνακας 8. Αποτελέσματα από την ANOVA για τον αριθμό των απλών ταξιανθιών ανά σύνθετη ταξιανθία για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	50,0548	2	25,0274	3,19	0,1484
Επανάληψη	45,8882	2	22,9441	2,93	0,1648
Σφάλμα	31,3615	4	7,84038		
Σύνολο (διορθωμένο)	127,304	8			

Πίνακας 9. Αποτελέσματα από την ANOVA για τον αριθμό των ανθέων ανά απλή ταξιανθίαγια καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	22,0524	2	11,0262	0,89	0,4801
Επανάληψη	36,8331	2	18,4165	1,48	0,3302
Σφάλμα	49,7506	4	12,4377		
Σύνολο (διορθωμένο)	108,636	8			

Πίνακας 10. Αποτελέσματα από την ANOVA για το μήκος σύνθετης ταξιανθίας για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	0,433267	2	0,216633	0,19	0,8372
Επανάληψη	1,73927	2	0,869633	0,75	0,5305
Σφάλμα	4,66327	4	1,16582		
Σύνολο (διορθωμένο)	6,8358	8			

Πίνακας 11. Αποτελέσματα από την ANOVA για το μήκος απλής ταξιανθίας για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	0,0203556	2	0,0101778	1,52	0,3235
Επανάληψη	0,0230222	2	0,0115111	1,72	0,2898
Σφάλμα	0,0268444	4	0,00671111		
Σύνολο (διορθωμένο)	0,0702222	8			

Πίνακας 12. Αποτελέσματα από την ANOVA για το νωπό βάρος φυτού για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	13,519	2	6,75951	0,85	0,4912
Επανάληψη	11,3404	2	5,67021	0,72	0,5423
Σφάλμα	31,6786	4	7,91964		
Σύνολο (διορθωμένο)	56,538	8			

Πίνακας 13. Αποτελέσματα από την ANOVA για το ξηρό βάρος φυτού για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	4,16969	2	2,08484	1,39	0,3477
Επανάληψη	1,28136	2	0,640678	0,43	0,6787
Σφάλμα	5,99271	4	1,49818		
Σύνολο (διορθωμένο)	11,4438	8			

Εκατοστιαία Περιεκτικότητα σε Αιθέριο Έλαιο

Πίνακας 14. Αποτελέσματα από την ANOVA για την εκατοστιαία περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο για καθεμία από τις επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	0,886667	2	0,443333	1,24	0,3803
Επανάληψη	0,0866667	2	0,0433333	0,12	0,8887
Σφάλμα	1,42667	4	0,356667		
Σύνολο (διορθωμένο)	2,4	8			

Ποιοτικός προσδιορισμός του Αιθέριου Ελαίου

Πίνακας 15. Αποτελέσματα από την ANOVA για την ποσότητα Καρβακρόλης (g) ανά 100 g ξηρού φυτικού υλικού για καθεμία από της επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους)

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	0,672062	2	0,336031	1,26	0,3770
Επανάληψη	0,123844	2	0,0619221	0,23	0,8031
Σφάλμα	1,06903	4	0,267258		
Σύνολο (διορθωμένο)	1,86494	8			

Πίνακας 16. Αποτελέσματα από την ANOVA για την ποσότητα π-Κυμενίου (g) ανά 100 g ξηρού φυτικού υλικού για καθεμία από της επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους)

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	0,00956089	2	0,00478044	36,84	0,0027
Επανάληψη	0,000210889	2	0,000105444	0,81	0,5057
Σφάλμα	0,000519111	4	0,000129778		
Σύνολο (διορθωμένο)	0,0102909	8			

Πίνακας 17. Αποτελέσματα από την ANOVA για την ποσότητα γ-Τερπινενίου (g) ανά 100 g ξηρού φυτικού υλικού για καθεμία από της επεμβάσεις άρδευσης της Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα (ηλικίας 1 έτους)

Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ποσότητα Άρδευσης (mm H_2O)	0,036968	2	0,018484	5,07	0,0801
Επανάληψη	0,00344067	2	0,00172033	0,47	0,6549
Σφάλμα	0,0145953	4	0,00364883		
Σύνολο (διορθωμένο)	0,055004	8			

Χρωματογραφήματα & Πίνακες Σύστασης Αιθέριων Ελαίων

Βιότυπος: *Origanum x intercedens*

Τοποθεσία: Σπάτα

Ηλικία φυτείας: 1 έτους

Τύπος Δείγματος: Στάδιο Πλήρους Άνθισης

Υγρασία: Ξηρό φυτικό υλικό (13%)

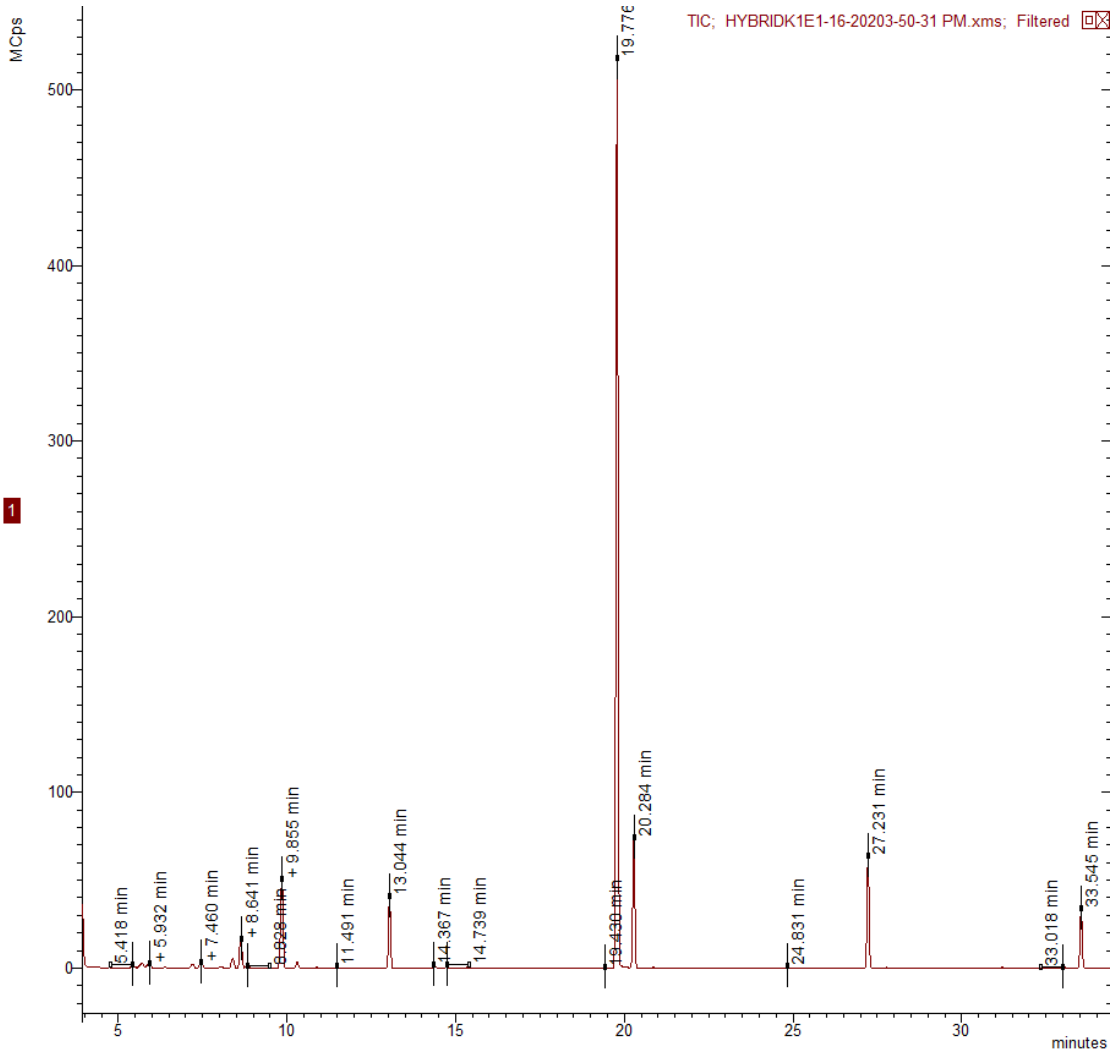
Τεχνική Απόσταξης: Υδροαπόσταξη με τη βοήθεια της συσκευής Clevenger

Τεχνική Ανάλυσης: GC-MS

Δείγμα 1: Επέμβαση 0 mm H_2O | Επανάληψη Ι

Πίνακας 18. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δεν δέχθηκαν άρδευση ***(0 mm H_2O)***

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Ποσοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,418	Δεν προσδιορίστηκε	0,480%	0,035
5,720	α-Θουγένιο	0,782%	0,058
5,932	α-Πινένιο	0,836%	0,062
7,204	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,479%	0,035
7,460	β-Μυρκένιο	0,779%	0,057
8,394	α-Τερπινένιο	1,173%	0,086
8,641	**π-Κυμένιο**	**3,507%**	**0,259**
8,828	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,240%	0,018
9,855	**γ-Τερπινένιο**	**9,641%**	**0,711**
10,303	cis-Υδροσαβινένιο	0,575%	0,042
11,491	trans-Υδροσαβινένιο	0,169%	0,012
14,367	Βορνεόλη	0,416%	0,031
14,739	Τερπινεν-4-όλη	0,409%	0,030
19,430	Θυμόλη	0,143%	0,011
19,776	**Καρβακρόλη**	**80,153%**	**5,909**
24,831	β-Καρυοφυλλένιο	0,218%	0,016

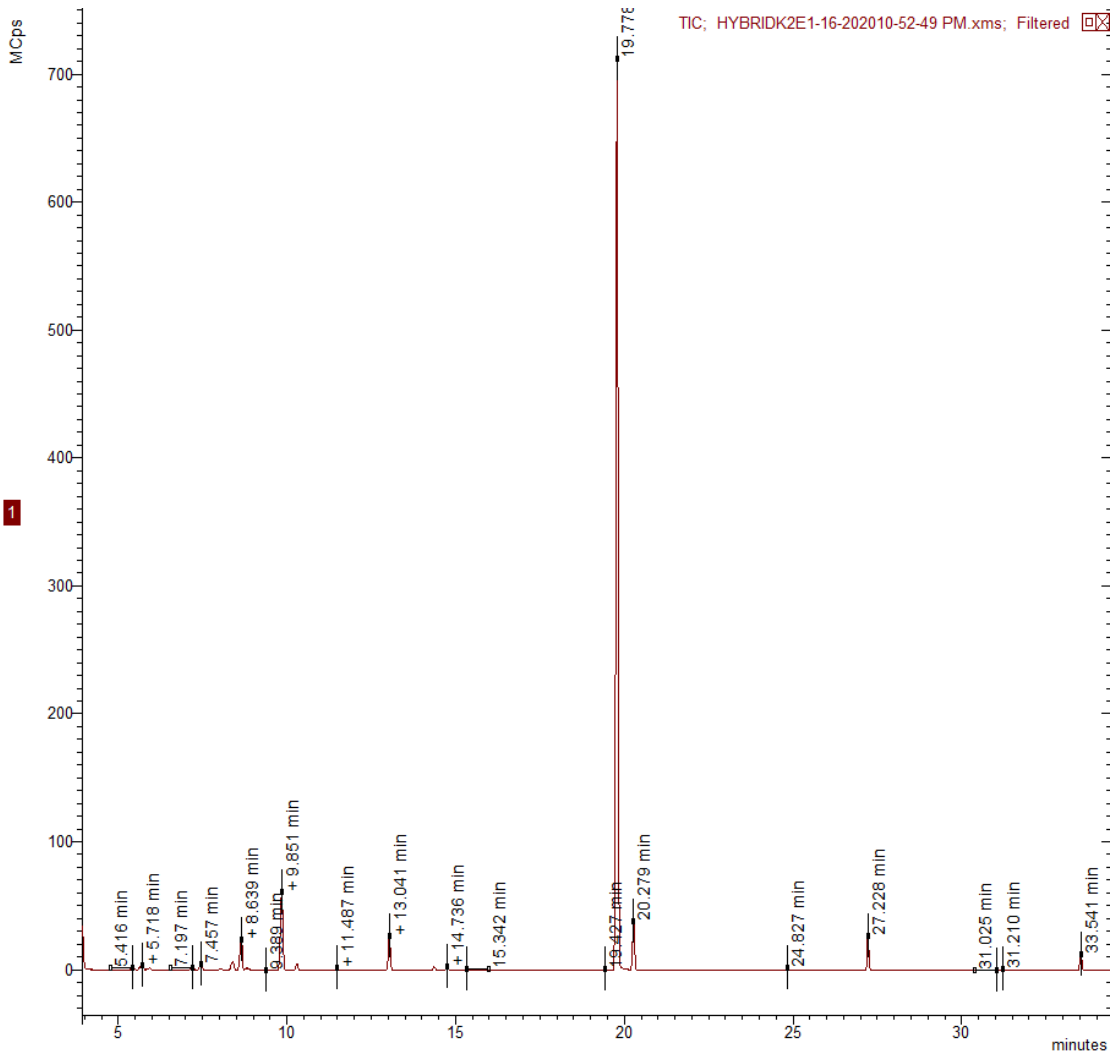


Εικόνα 1. Χρωματογράφημα που προέκυψε από την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας –φασματομετρίας μαζών (GC-MS) για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δεν δέχθηκαν άρδευση ***(0 mm H_2O)***

Δείγμα 2: Επέμβαση 0 mm H_2O | Επανάληψη ΙΙ

Πίνακας 19. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δεν δέχθηκαν άρδευση ***(0 mm H_2O)***

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Ποσοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,416	Δεν προσδιορίστηκε	0,320%	0,022
5,718	α-Θουγένιο	0,759%	0,052
5,933	α-Πινένιο	0,298%	0,021
7,197	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,363%	0,025
7,457	β-Μυρκένιο	0,782%	0,054
8,037	δ-3-Καρένιο	0,189%	0,013
8,392	α-Τερπινένιο	1,105%	0,076
8,639	**π-Κυμένιο**	**3,667%**	**0,253**
8,831	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,220%	0,015
9,851	**γ-Τερπινένιο**	**8,448%**	**0,583**
10,297	cis-Υδροσαβινένιο	0,637%	0,044
10,891	Τερπινολένιο	0,074%	0,005
11,487	trans-Υδροσαβινένιο	0,211%	0,015
12,484	Δεν προσδιορίστηκε	0,044%	0,003
14,361	Βορνεόλη	0,337%	0,023
14,736	Τερπινεν-4-όλη	0,352%	0,024
15,342	α-Τερπινεόλη	0,102%	0,007
19,427	Θυμόλη	0,148%	0,010
19,778	**Καρβακρόλη**	**81,708%**	**5,638**
24,827	β-Καρυοφυλλένιο	0,235%	0,016

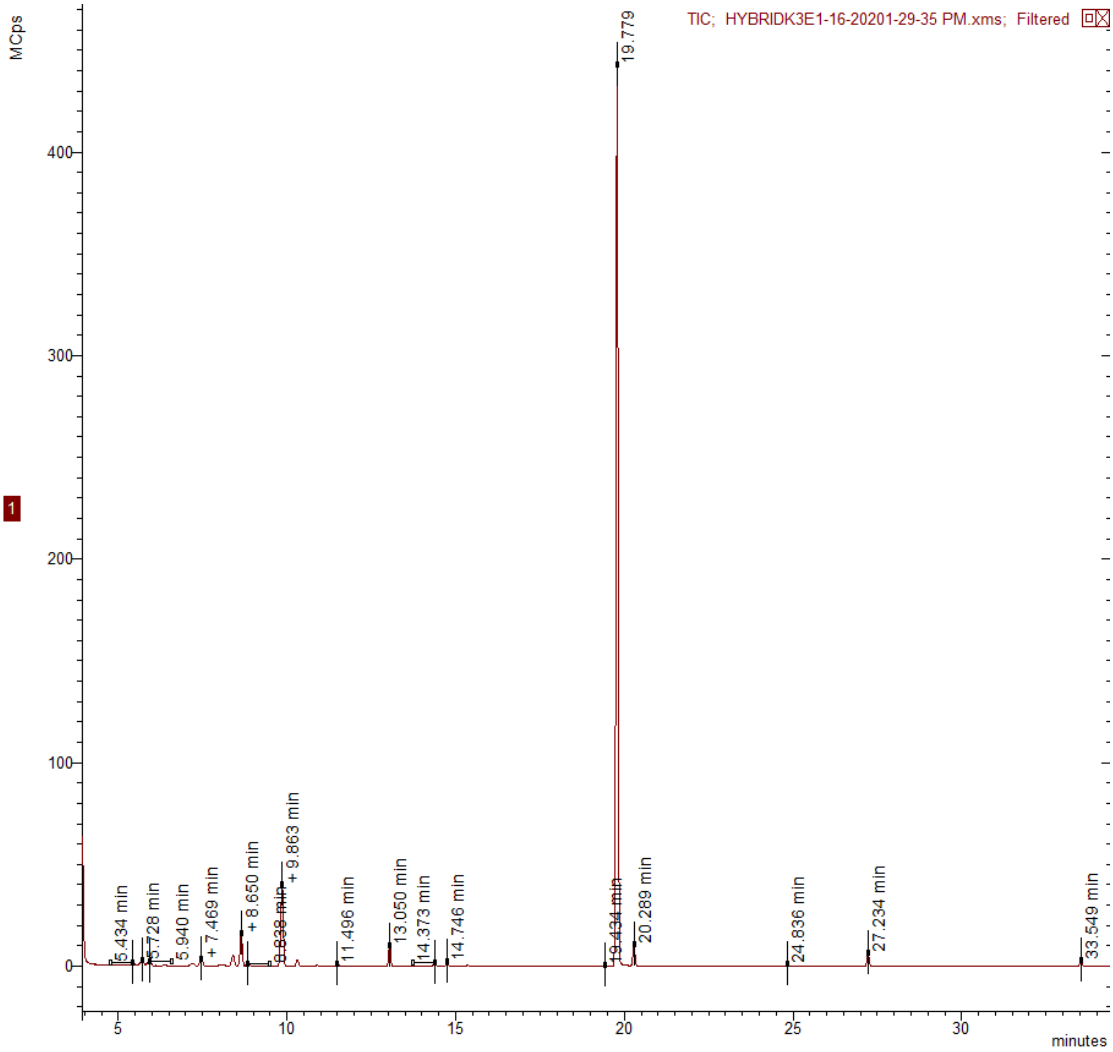


Εικόνα 2. Χρωματογράφημα που προέκυψε από την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας –φασματομετρίας μαζών (GC-MS) για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δεν δέχθηκαν άρδευση ***(0 mm H_2O)***

Δείγμα 3: Επέμβαση 0 mm H_2O | Επανάληψη ΙΙΙ

Πίνακας 20. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δεν δέχθηκαν άρδευση ***(0 mm H_2O)***

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Ποσοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,434	Δεν προσδιορίστηκε	0,401%	0,025
5,728	α-Θουγένιο	0,921%	0,058
5,940	α-Πινένιο	0,777%	0,049
7,204	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,364%	0,023
7,469	β-Μυρκένιο	0,900%	0,057
8,402	α-Τερπινένιο	1,211%	0,077
8,650	**π-Κυμένιο**	**3,797%**	**0,240**
8,838	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,266%	0,017
9,863	**γ-Τερπινένιο**	**8,697%**	**0,551**
10,309	cis-Υδροσαβινένιο	0,641%	0,041
11,496	trans-Υδροσαβινένιο	0,180%	0,011
14,373	Βορνεόλη	0,331%	0,021
14,746	Τερπινεν-4-όλη	0,430%	0,027
19,434	Θυμόλη	0,137%	0,009
19,779	**Καρβακρόλη**	**80,740%**	**5,113**
24,836	β-Καρυοφυλλένιο	0,207%	0,013

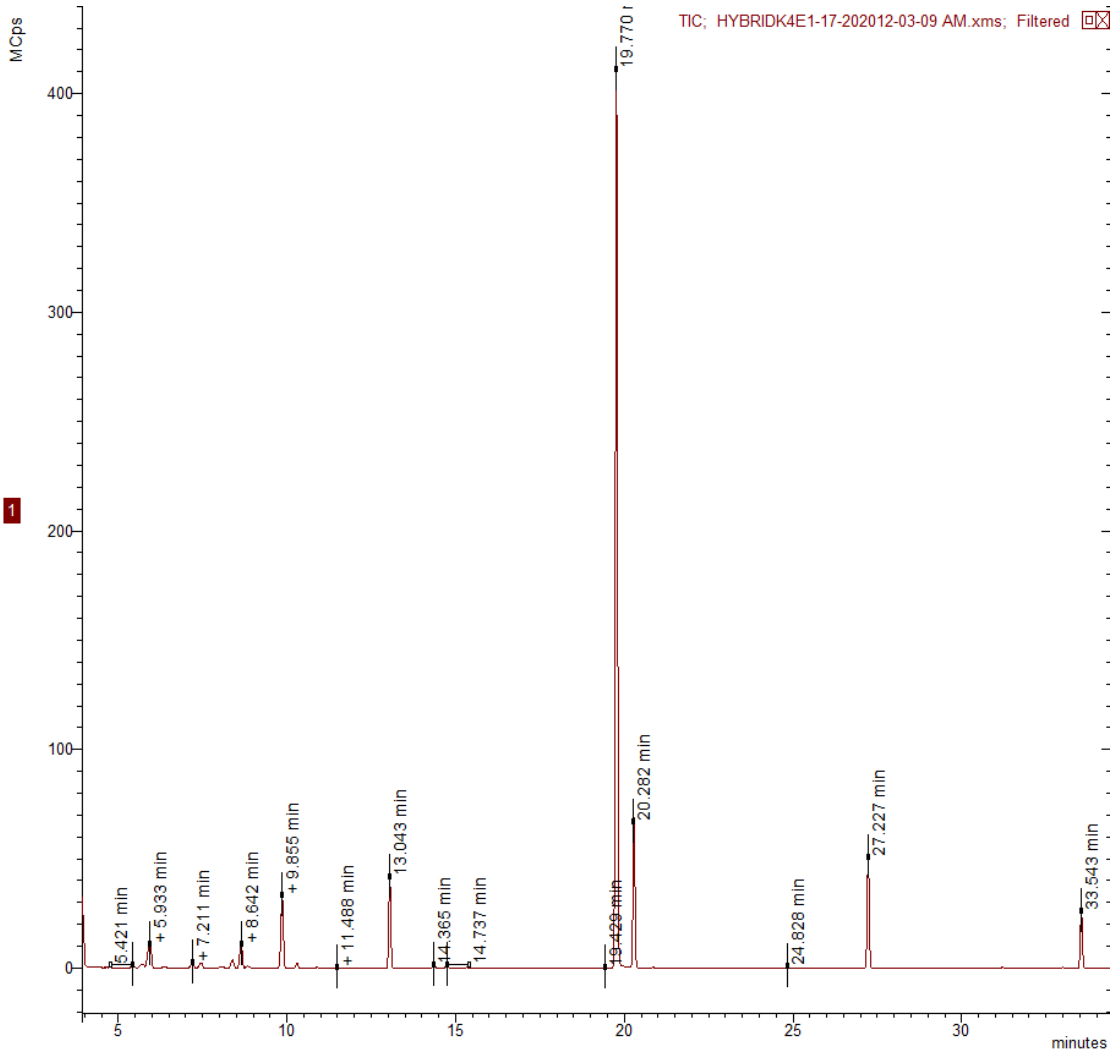


Εικόνα 3. Χρωματογράφημα που προέκυψε από την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας –φασματομετρίας μαζών (GC-MS) για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δεν δέχθηκαν άρδευση ***(0 mm H_2O)***

Δείγμα 4: Επέμβαση 10 mm H2O | Επανάληψη I

Πίνακας 21. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***10 mm H_2O***

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Ποσοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,421	Δεν προσδιορίστηκε	0,467%	0,029
5,718	α-Θουγένιο	0,657%	0,041
5,933	α-Πινένιο	3,895%	0,242
7,211	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,781%	0,048
7,462	β-Μυρκένιο	0,636%	0,039
8,044	δ-3-Καρένιο	0,219%	0,014
8,394	α-Τερπινένιο	1,001%	0,062
8,642	**π-Κυμένιο**	**2,902%**	**0,180**
8,827	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	1,927%	0,120
9,855	**γ-Τερπινένιο**	**7,523%**	**0,467**
10,302	cis-Υδροσαβινένιο	0,478%	0,030
10,893	Τερπινολένιο	0,066%	0,004
11,488	trans-Υδροσαβινένιο	0,176%	0,011
14,365	Βορνεόλη	0,368%	0,023
14,737	Τερπινεν-4-όλη	0,330%	0,020
19,429	Θυμόλη	0,126%	0,008
19,770	**Καρβακρόλη**	**78,276%**	**4,856**
24,828	β-Καρυοφυλλένιο	0,172%	0,011

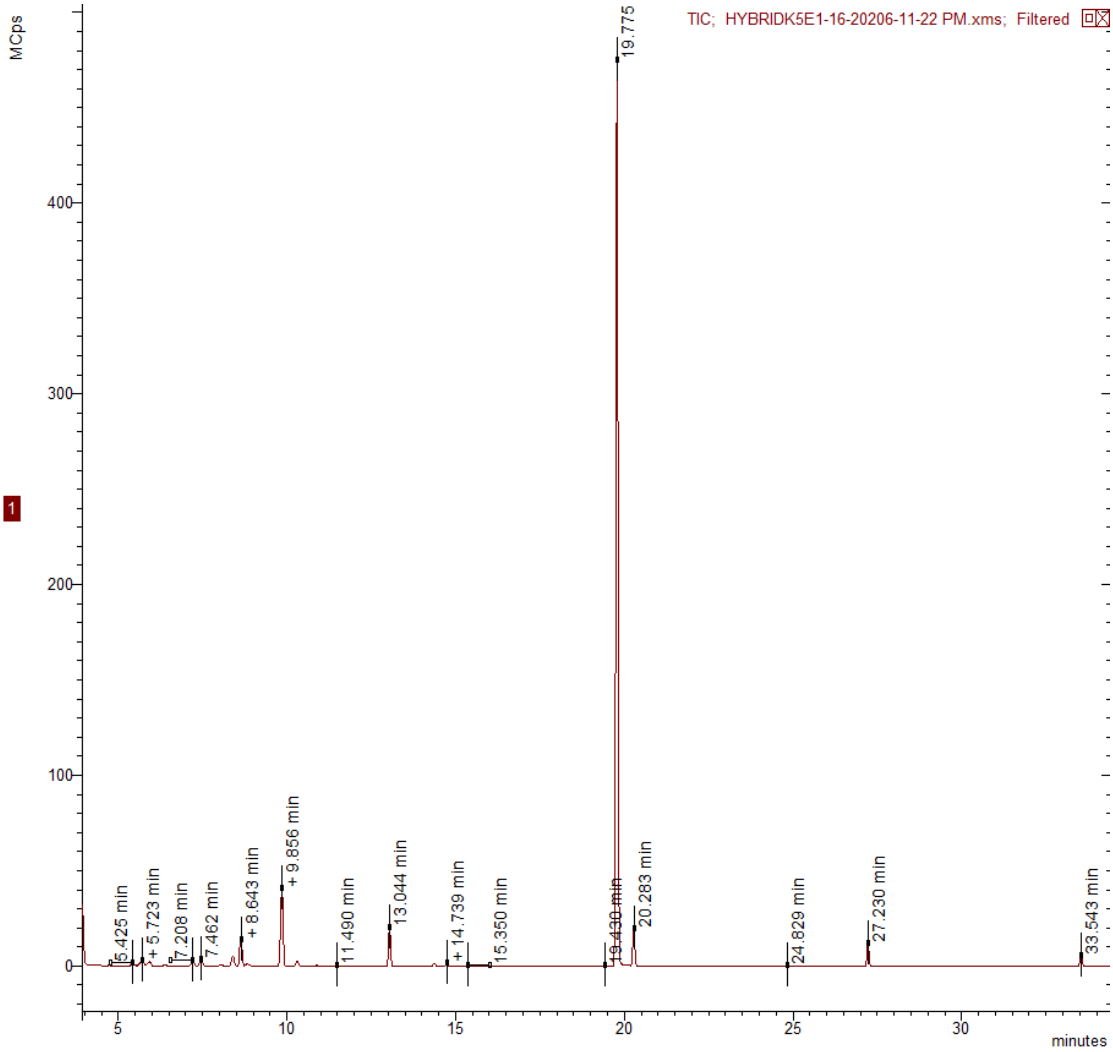


Εικόνα 4. Χρωματογράφημα που προέκυψε από την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας –φασματομετρίας μαζών (GC-MS) για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***10 mm*** H_2O

Δείγμα 5: Επέμβαση 10 mm H2O | Επανάληψη ΙΙ

Πίνακας 22. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***10 mm H_2O***

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Ποσοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,425	Δεν προσδιορίστηκε	0,407%	0,025
5,723	α-Θουγένιο	0,922%	0,056
5,939	α-Πινένιο	0,697%	0,043
7,208	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,736%	0,045
7,462	β-Μυρκένιο	0,854%	0,052
8,044	δ-3-Καρένιο	0,227%	0,014
8,397	α-Τερπινένιο	1,217%	0,074
8,643	**π-Κυμένιο**	**3,259%**	**0,199**
8,832	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,249%	0,015
9,856	**γ-Τερπινένιο**	**8,703%**	**0,532**
10,304	cis-Υδροσαβινένιο	0,519%	0,032
11,490	trans-Υδροσαβινένιο	0,174%	0,011
14,366	Βορνεόλη	0,300%	0,018
14,739	Τερπινεν-4-όλη	0,327%	0,020
15,350	α-Τερπινεόλη	0,046%	0,003
19,430	Θυμόλη	0,115%	0,007
19,775	**Καρβακρόλη**	**81,069%**	**4,955**
24,829	β-Καρυοφυλλένιο	0,178%	0,011

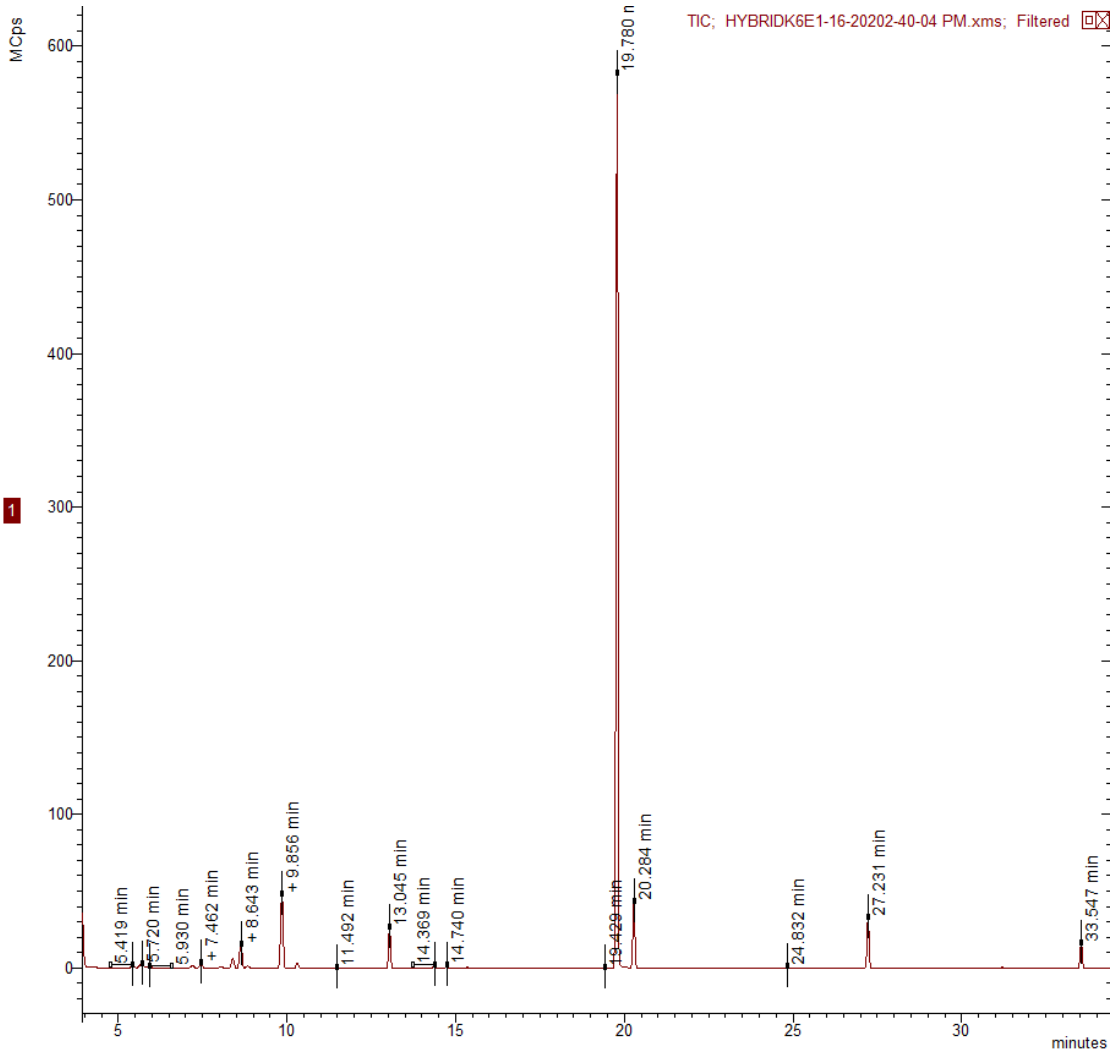


Εικόνα 5. Χρωματογράφημα που προέκυψε από την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας –φασματομετρίας μαζών (GC-MS) για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***10 mm*** H_2O

Δείγμα 6: Επέμβαση 10 mm H2O | Επανάληψη ΙΙΙ

Πίνακας 23. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***10 mm H_2O***

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Ποσοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,419	Δεν προσδιορίστηκε	0,405%	0,026
5,720	α-Θουγένιο	0,857%	0,054
5,930	α-Πινένιο	0,375%	0,024
7,204	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,331%	0,021
7,462	β-Μυρκένιο	0,802%	0,050
8,396	α-Τερπινένιο	1,146%	0,072
8,643	**π-Κυμένιο**	**2,871%**	**0,181**
8,832	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,237%	0,015
9,856	**γ-Τερπινένιο**	**8,191%**	**0,516**
10,304	cis-Υδροσαβινένιο	0,500%	0,031
11,492	trans-Υδροσαβινένιο	0,142%	0,009
14,369	Βορνεόλη	0,305%	0,019
14,740	Τερπινεν-4-όλη	0,337%	0,021
19,429	Θυμόλη	0,141%	0,009
19,780	**Καρβακρόλη**	**83,177%**	**5,237**
24,832	β-Καρυοφυλλένιο	0,183%	0,012

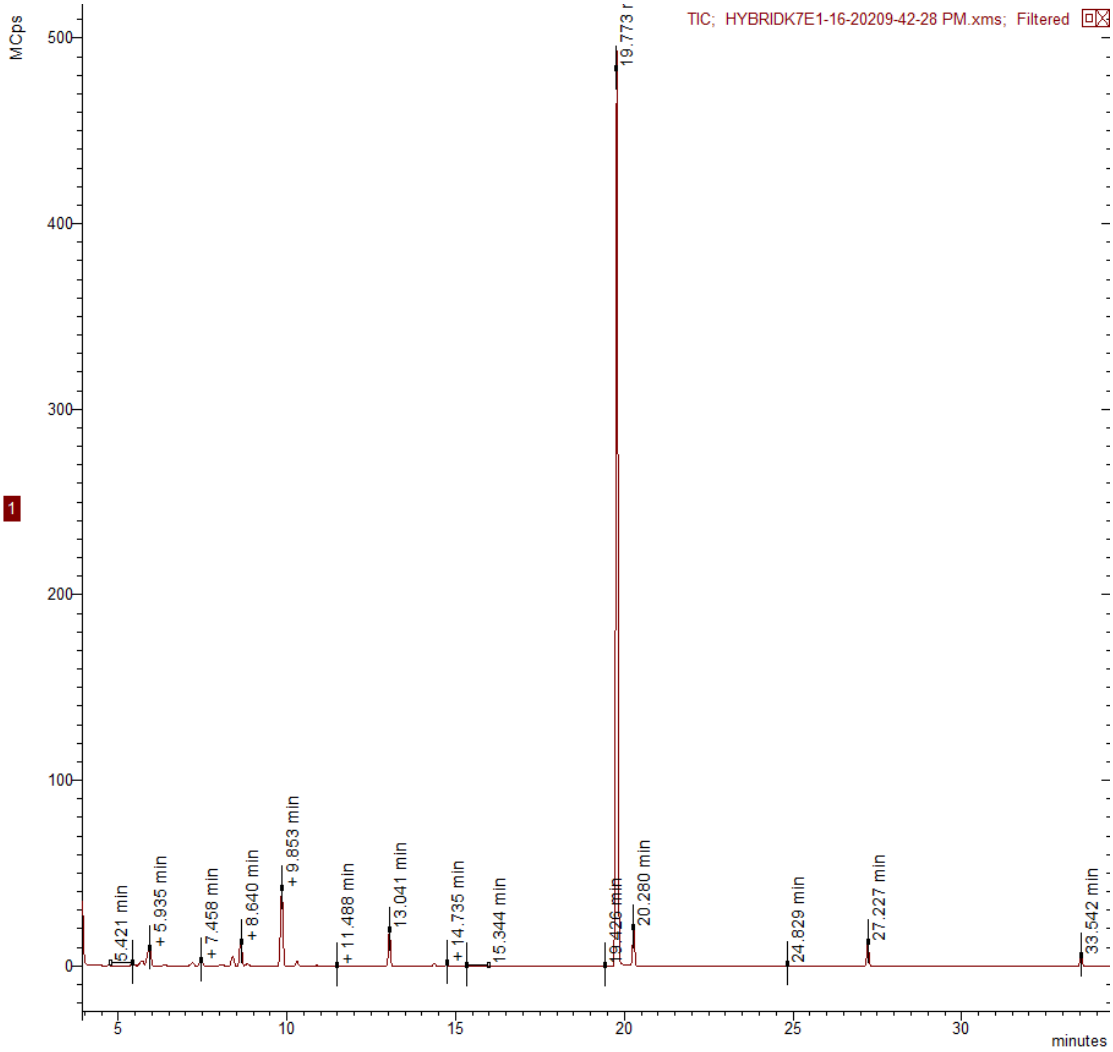


Εικόνα 6. Χρωματογράφημα που προέκυψε από την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας –φασματομετρίας μαζών (GC-MS) για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***10 mm H_2O***

Δείγμα 7: Επέμβαση 20 mm H2O | Επανάληψη I

Πίνακας 24. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***20 mm H_2O***

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Ποσοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,421	Δεν προσδιορίστηκε	0,440%	0,025
5,721	α-Θουγένιο	0,819%	0,046
5,935	α-Πινένιο	2,983%	0,167
7,200	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,393%	0,022
7,458	β-Μυρκένιο	0,784%	0,044
8,044	δ-3-Καρένιο	0,189%	0,011
8,393	α-Τερπινένιο	1,119%	0,063
8,640	**π-Κυμένιο**	**2,911%**	**0,163**
8,828	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,233%	0,013
9,853	**γ-Τερπινένιο**	**8,291%**	**0,464**
10,299	cis-Υδροσαβινένιο	0,513%	0,029
10,895	Τερπινολένιο	0,053%	0,003
11,488	trans-Υδροσαβινένιο	0,134%	0,008
14,363	Βορνεόλη	0,280%	0,016
14,735	Τερπινεν-4-όλη	0,282%	0,016
15,344	α-Τερπινεόλη	0,043%	0,002
19,426	Θυμόλη	0,123%	0,007
19,773	**Καρβακρόλη**	**80,232%**	**4,491**
24,829	β-Καρυοφυλλένιο	0,179%	0,010

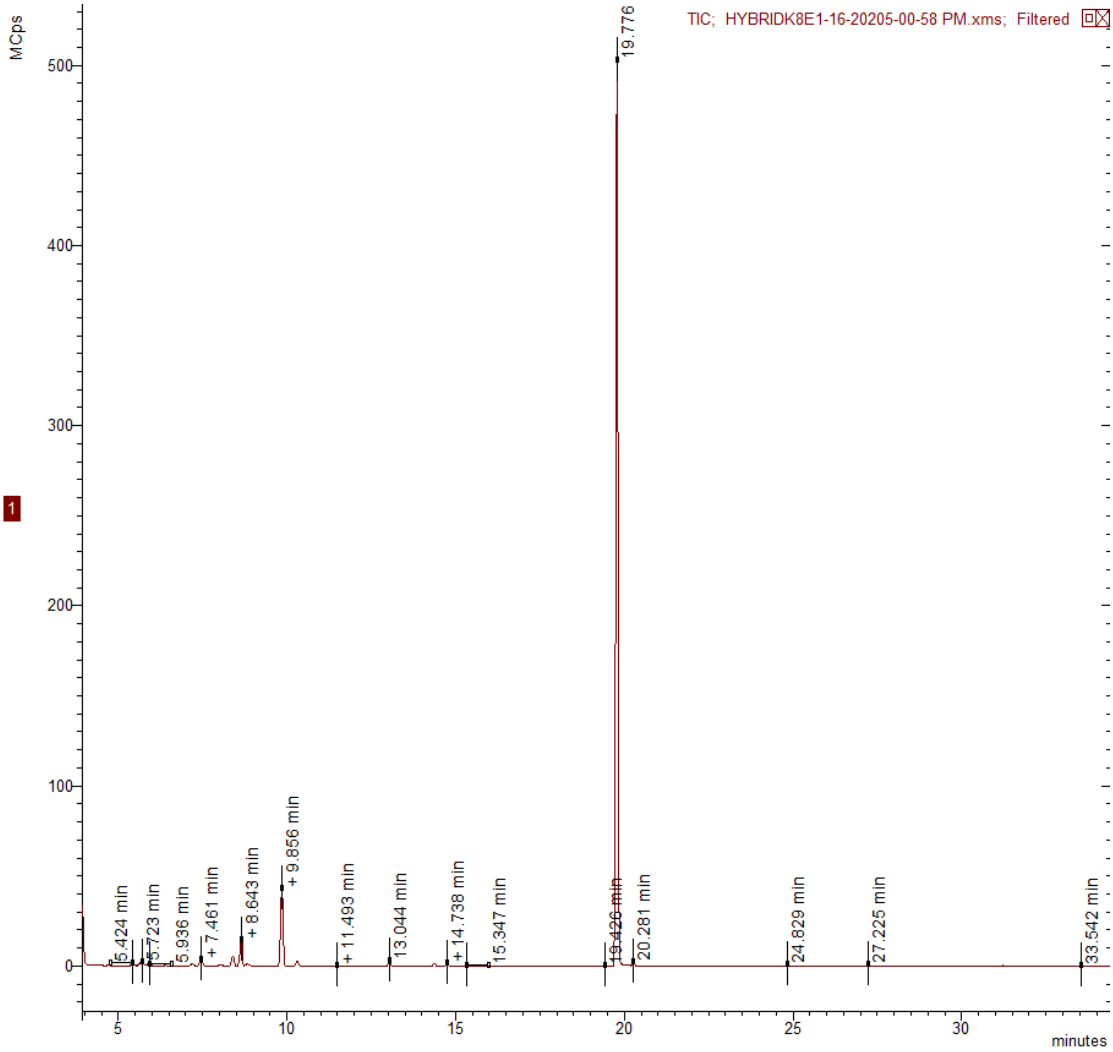


Εικόνα 7. Χρωματογράφημα που προέκυψε από την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας –φασματομετρίας μαζών (GC-MS) για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***20 mm H_2O***

Δείγμα 8: Επέμβαση 20 mm H2O | Επανάληψη ΙΙ

Πίνακας 25. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***20 mm H_2O***

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Ποσοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,424	Δεν προσδιορίστηκε	0,398%	0,023
5,723	α-Θουγένιο	0,879%	0,050
5,936	α-Πινένιο	0,421%	0,024
7,196	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	0,274%	0,016
7,461	β-Μυρκένιο	0,831%	0,047
8,036	δ-3-Καρένιο	0,185%	0,011
8,396	α-Τερπινένιο	1,173%	0,067
8,643	**π-Κυμένιο**	**3,214%**	**0,183**
8,837	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,254%	0,014
9,856	**γ-Τερπινένιο**	**8,589%**	**0,489**
10,302	cis-Υδροσαβινένιο	0,513%	0,029
10,895	Τερπινολένιο	0,061%	0,003
11,493	trans-Υδροσαβινένιο	0,166%	0,009
14,365	Βορνεόλη	0,264%	0,015
14,738	Τερπινεν-4-όλη	0,301%	0,017
15,347	α-Τερπινεόλη	0,096%	0,005
19,426	Θυμόλη	0,123%	0,007
19,776	**Καρβακρόλη**	**82,083%**	**4,670**
24,839	β-Καρυοφυλλένιο	0,175%	0,010

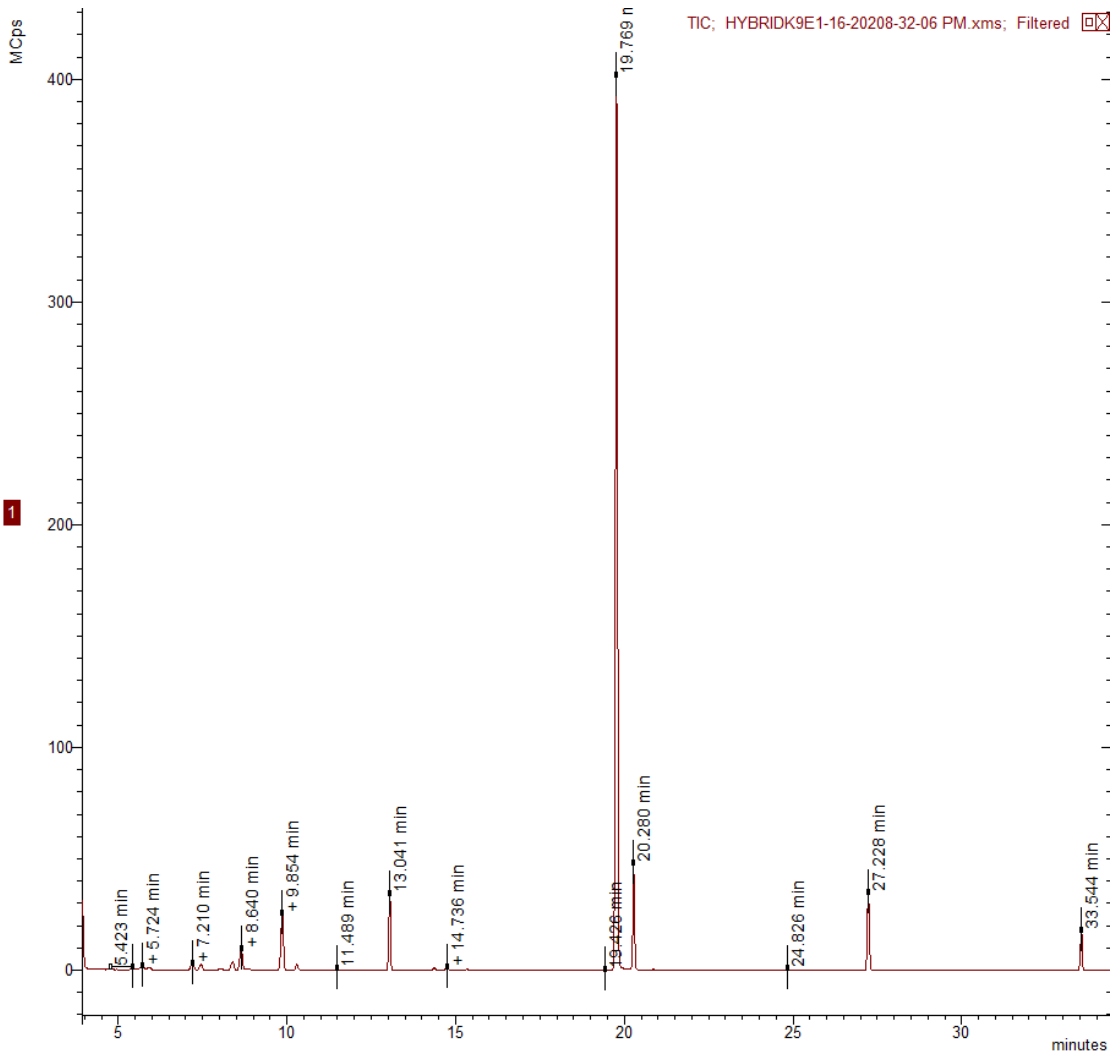


Εικόνα 8. Χρωματογράφημα που προέκυψε από την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας –φασματομετρίας μαζών (GC-MS) για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***20 mm H_2O***

Δείγμα 9: Επέμβαση 20 mm H2O | Επανάληψη ΙΙΙ

Πίνακας 26. Αναλυτικά η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***20 mm H_2O***

Χρόνος έκλουσης	Συστατικά	Ποσοστιαία περιεκτικότητα (%)	g συστατικού / 100g ξηρού φυτικού υλικού
5,423	Δεν προσδιορίστηκε	0,498%	0,033
5,724	α-Θουγένιο	0,783%	0,052
5,932	α-Πινένιο	0,392%	0,026
7,210	1-Οκτεν-3-όλη & β-Πινένιο	1,018%	0,068
7,460	β-Μυρκένιο	0,729%	0,049
8,395	α-Τερπινένιο	1,027%	0,069
8,640	**π-Κυμένιο**	**2,771%**	**0,186**
8,830	Λεμονένιο & β-Φελλανδρένιο	0,191%	0,013
9,854	**γ-Τερπινένιο**	**6,509%**	**0,436**
10,302	cis-Υδροσαβινένιο	0,580%	0,039
11,489	trans-Υδροσαβινένιο	0,182%	0,012
14,366	Βορνεόλη	0,220%	0,015
14,736	Τερπινεν-4-όλη	0,367%	0,025
19,426	Θυμόλη	0,119%	0,008
19,769	**Καρβακρόλη**	**84,429%**	**5,656**
24,826	β-Καρυοφυλλένιο	0,184%	0,012



Εικόνα 9. Χρωματογράφημα που προέκυψε από την ανάλυση αέριας χρωματογραφίας –φασματομετρίας μαζών (GC-MS) για τα φυτά του καλλιεργούμενου είδους Origanum x intercedens ηλικίας 1 έτους στον αγρό του Γ.Π.Α. στο στάδιο της πλήρους άνθισης που δέχθηκαν άρδευση ***20 mm H_2O***

Παρακολούθηση της ανάπτυξης της φυτείας με γεωχωρικές τεχνολογίες (GIS, τηλεπισκόπηση)

Πίνακας 27. Αποτελέσματα από την ANOVA για τη Διαφοροποίηση του μέσου NDVI των φυτών ρίγανης του εξεταζόμενου είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα των επαναλήψεων I, II και III διαχρονικά (Ανά Επανάληψη).

Επανάληψη I					
Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ημερομηνία	0,256768	2	0,128384	28,38	0,0000
Σφάλμα	1,96352	434	0,00452424		
Σύνολο (διορθωμένο)	2,22029	436			
Επανάληψη II					
Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ημερομηνία	0,226865	2	0,113432	26,70	0,0000
Σφάλμα	1,65695	390	0,00424859		
Σύνολο (διορθωμένο)	1,88381	392			
Επανάληψη III					
Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Ημερομηνία	0,10187	2	0,0509352	10,70	0,0000
Σφάλμα	1,77118	372	0,00476123		
Σύνολο (διορθωμένο)	1,87305	374			

Πίνακας 28. Αποτελέσματα από την ANOVA για τη Διαφοροποίηση του μέσου NDVI των φυτών ρίγανης του εξεταζόμενου είδους Origanum x intercedens στον αγρό του Γ.Π.Α. στα Σπάτα στην έναρξη της βλαστητικής περιόδου (03/05/2019)| στο τέλος της βλαστητικής περιόδου (13/06/2019) και στο στάδιο έναρξης της άνθισης (28/06/2019) μεταξύ των επαναλήψεων I, II και III (Ανά ημερομηνία).

03/05/2019					
Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Επανάληψη	0,223195	2	0,111597	18,54	0,0000
Σφάλμα	2,40771	400	0,00601927		
Σύνολο (διορθωμένο)	2,6309	402			
13/06/2019					
Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Επανάληψη	0,147899	2	0,0739496	18,34	0,0000
Σφάλμα	1,61264	400	0,0040316		
Σύνολο (διορθωμένο)	1,76054	402			
28/06/2019					
Πηγή παραλλακτικότητας	*Άθροισμα τετραγώνων*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Μέσα τετράγωνα*	*F-Ratio*	*P-Value*
Επανάληψη	0,0873287	2	0,0436644	12,60	0,0000
Σφάλμα	1,3718	396	0,00346414		
Σύνολο (διορθωμένο)	1,45913	398			