



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ-ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**“Επίδραση Περιβαλλοντικών Παραγόντων στα
Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Αιθέριου Ελαίου Λεβάντας με
Χρήση Δορυφορικών Εικόνων και Τηλεπισκόπησης”**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

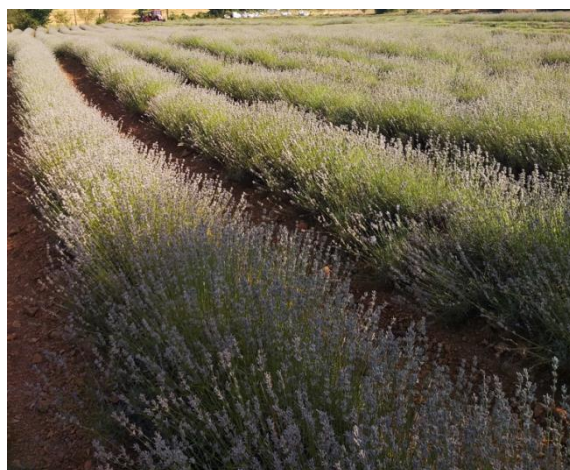
Μητσιάνη Ευγενία (ΑΜ: 2619182)

ΛΑΡΙΣΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ-ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**“Επίδραση Περιβαλλοντικών Παραγόντων στα
Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Αιθέριου Ελαίου Λεβάντας με
Χρήση Δορυφορικών Εικόνων και Τηλεπισκόπησης”**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

Μητσιάνη Ευγενία (ΑΜ: 2619182)

Τριμελής Επιτροπή : Λιάκος Βασίλειος (Επιβλέπων)

Βογιατζή-Καμβούκου Ελένη

Γράβαλος Ιωάννης

ΛΑΡΙΣΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια, λόγω των ευεργετικών ιδιοτήτων που έχουν. Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετά γνωστά είδη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, ένα από τα οποία είναι η λεβάντα, που ανήκει στο γένος *Lavandula* και στην οικογένεια *Lamiaceae*.

Η λεβάντα, με επιστημονική ονομασία *Lavandula angustifolia*, είναι πολυετής θάμνος που αναπτύσσεται σε μεγάλα υψόμετρα. Το αιθέριο έλαιο της λεβάντας επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, οι οποίοι λαμβάνουν χώρα πριν και μέχρι στο στάδιο συγκομιδής ή συμβαίνουν μετά τη συγκομιδή.

Η παρούσα μελέτη έχει σκοπό να διερευνήσει την επίδραση των κλιματικών δεδομένων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αιθέριου ελαίου του *L. angustifolia*, με τη χρήση των δορυφορικών εικόνων και της τηλεπισκόπησης.

Η καλλιέργεια λεβάντας που μελετήθηκε βρίσκεται στην Ξηρολίμνη Κοζάνης και ανήκει στην εταιρεία HERBS&OILS. Τα φυτά εγκαταστάθηκαν σε αγροτεμάχιο έκτασης 5.170,43m² το έτος 2017. Συγκομίσθηκαν κατά την πλήρη άνθιση και έπειτα πραγματοποιήθηκε απόσταξη με ατμό στο αποστακτήριο της επιχείρησης. Πραγματοποιήθηκε ποιοτική ανάλυση του αιθέριου ελαίου σε χημείο, για τα έτη 2019 έως και 2023. Ο προσδιορισμός των ουσιών έγινε σε αέριο χρωματογράφο, σύμφωνα με το πρότυπο NF ISO 11024.

Έπειτα, για τα πέντε αυτά έτη λήφθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, βροχοπτώσεων, ανέμου και ηλιακής ακτινοβολίας από το NASA Power. Επιπλέον, έγινε η εξαγωγή των δεικτών NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) και NDWI (Normalized Difference Water Index) από το εργαλείο Climate Engine.

Τέλος, έγινε συσχέτιση των δεδομένων αυτών μεταξύ τους, αλλά και συσχέτιση μεταξύ δεδομένων βροχόπτωσης, NDVI, NDWI και των ενώσεων του αιθέριου ελαίου λεβάντας με βάση τα αποτελέσματα από την αέρια χρωματογραφία. Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε

το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics με τη μέθοδο Bivariate correlation (Pearson).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ καμφοράς και βροχής. Αντίθετα, φάνηκε να παρουσιάζεται αρνητική συσχέτιση μεταξύ λιμονένιου και βροχής, όπως και μεταξύ βροχής και 3-οκτανόνης. Ο NDVI επηρέασε αρνητικά την alpha-τερπινεόλη. Τα δύο βασικά τερπενοειδή του αιθέριου ελαίου λεβάντας, η λιναλοόλη και ο οξικός εστέρας της λιναλοόλης, δεν επηρεάστηκαν από κανέναν κλιματικό παράγοντα.

Λέξεις Κλειδιά: χωροχρονική ανάλυση, NDVI, NDWI, Sentinel, μετεωρολογικά

ABSTRACT

Medicinal and aromatic plants have been used for many years, due to their beneficial properties. In Greece, there are several well-known species of these plants, one of which is lavender, which belongs to the genus *Lavandula* and the family Lamiaceae.

Lavender, with the scientific name of *Lavandula angustifolia*, is a perennial shrub that grows at high altitudes. Lavender essential oil is affected by several factors, which can be divided into those that take place before and up to the harvest stage and those that occur after harvest.

The present study aims to investigate the influence of climate on the quality characteristics of the essential oil of *L. angustifolia*, using satellite images and remote sensing.

The studied lavender cultivation is located in Xirolimni, Kozani, and belongs to the HERBS&OILS company. The plants were established in a field of 5,170.43m² in the year 2017 and were harvested at full bloom. Then, steam distillation took place in the company's distillery. Qualitative analysis of the essential oil was carried out in a chemical laboratory, for the years 2019 to 2023. The identification of the substances was performed by gas chromatography, according to the NF ISO 11024 standard.

Temperature, relative humidity, precipitation, wind, and solar radiation data were obtained from NASA Power for these five years. In addition, the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and NDWI (Normalized Difference Water Index) indices were extracted from the Climate Engine tool.

Finally, these data were correlated with each other. Precipitation data, NDVI, NDWI and compounds of lavender essential oil based on the gas chromatography results, were also correlated. For the statistical analysis of the data, IBM SPSS Statistics program was used with the Bivariate correlation (Pearson) method.

The results from the analysis showed that there is a positive correlation between camphor and rainfall. In contrast, there appeared to be a negative

correlation between limonene and rain, as well as between 3-octanone and rain. NDVI negatively affected alpha-terpineol. The two main terpenoids of lavender essential oil, linalool and linalyl acetate, were not affected by any climatic factor.

Keywords: spatio-temporal analysis, NDVI, NDWI, Sentinel, meteorological

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη ολοκληρώθηκε με τη βοήθεια και τη στήριξη πολλών ανθρώπων.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ. Βασίλειο Λιάκο, καθηγητή Γεωργίας Ακριβείας στο Τμήμα Γεωπονίας-Αγροτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη στήριξη και την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της πτυχιακής διατριβής.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω την Δρ. Ελένη Βογιατζή-Καμβούκου, καθηγήτρια Αρωματικών & Φαρμακευτικών Φυτών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την πολύτιμη βοήθειά της στην ολοκλήρωση της πτυχιακής αυτής εργασίας.

Ευχαριστώ τον Δρ. Ιωάννη Γράβαλο, καθηγητή Μηχατρονικής και Αυτοματισμών στη γεωργία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη συνδρομή του στην εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Οφείλω ευγνωμοσύνη στον κ. Νικόλαο Μαλλίνη, ιδιοκτήτη της εταιρείας HERBS&OILS στην Ξηρολίμνη Κοζάνης, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για την πολύτιμη συνεισφορά του στο πειραματικό κομμάτι της εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ την οικογένειά μου που ήταν δίπλα μου καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς δε θα τα είχα καταφέρει χωρίς αυτήν. Ευχαριστώ τους γονείς μου για την υπομονή και την υποστήριξή τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον σύντροφό μου και τους φίλους μου, που με εμπυχώνουν και με στηρίζουν σε κάθε βήμα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	iii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	v
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	1
1. Καλλιέργεια λεβάντας.....	1
1.1. Προέλευση και ταξινόμηση	1
1.2. Βοτανική περιγραφή.....	2
1.3. Συνθήκες φυτώματος, βλάστησης και ανάπτυξης	3
1.4. Πολλαπλασιασμός.....	4
1.5. Εγκατάσταση καλλιέργειας.....	5
1.6. Καλλιεργητικές φροντίδες.....	5
1.7. Ασθένειες, εχθροί και καταπολέμηση	7
1.8. Συγκομιδή.....	9
1.9. Ξήρανση και απόδοση	10
2. Αιθέριο έλαιο	11
2.1. Χημική σύσταση αιθέριου ελαίου λεβάντας	11
2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή του αιθέριου ελαίου	13
2.3. Διαδικασία παραλαβής.....	15
2.4. Ιδιότητες και χρήσεις	15
3. Γεωργία Ακριβείας	17
3.1. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	17
3.2. Τηλεπισκόπηση.....	18
3.3. Δορυφορικές Εικόνες	19
4. Δείκτες NDVI και NDWI.....	21
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	23
1. Περιοχή μελέτης.....	23
1.1. Στοιχεία περιοχής μελέτης.....	23
1.2. Εδαφοκλιματικά δεδομένα περιοχής μελέτης	24
2. Φυτικό υλικό.....	25
3. Αιθέριο έλαιο	27
3.1. Μέθοδος παραλαβής αιθέριου ελαίου	27

3.2. Ποιοτική ανάλυση	29
4. Εφαρμογές μεθόδων γεωργίας ακριβείας	35
4.1. Λήψη δεδομένων	35
4.2. Εξαγωγή δεικτών NDVI και NDWI	36
5. Στατιστική ανάλυση.....	38
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	39
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	48

Εικόνα 1: Στάδια ανάπτυξης άνθους λεβάντας: ο κάλυκας είναι σε πλήρες μέγεθος και η στεφάνη είναι αόρατη (Στάδιο 1), η στεφάνη εισέρχεται έξω από τον κάλυκα (Στάδιο 2), η στεφάνη του άνθους έχει ανοίξει (Στάδιο 3), η στεφάνη φαίνεται ξεθωριασμένη (Στάδιο 4) και το χρώμα της στεφάνης έχει αλλάξει σε καφετί (Στάδιο 5) (Guitton et al., 2010).....	3
Εικόνα 2: Δομές τερπενοειδών, από τα οποία αποτελείται το αιθέριο έλαιο λεβάντας (Miroslav Habán et al., 2023).....	13
Εικόνα 3: Τοποθεσία αγροτεμαχίου μελέτης	23
Εικόνα 4: Φυτό λεβάντας, είδος <i>L. angustifolia</i>	25
Εικόνα 5: Καλλιέργεια <i>L. angustifolia</i>	26
Εικόνα 6: Διαδικασία παραλαβής αιθέριου ελαίου λεβάντας με τη μέθοδο της απόσταξης με ξηρό ατμό.....	27
Εικόνα 7: Αποστακτήριο.....	28
Εικόνα 8: Δοχεία αποθήκευσης αιθέριου ελαίου	28
Εικόνα 9: Αποτελέσματα αέριου χρωματογράφου για το αιθέριο έλαιο λεβάντας (2019).....	30
Εικόνα 10: Αποτελέσματα αέριου χρωματογράφου για το αιθέριο έλαιο λεβάντας (2020)	31
Εικόνα 11: Αποτελέσματα αέριου χρωματογράφου για το αιθέριο έλαιο λεβάντας (2021)	32
Εικόνα 12: Αποτελέσματα αέριου χρωματογράφου για το αιθέριο έλαιο λεβάντας (2022)	33

Ευρετήριο Πινάκων

Σελίδες

Πίνακας 1: Συστηματική κατάταξη του <i>Lavandula angustifolia</i>	1
Πίνακας 2: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2019)	30
Πίνακας 3: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2020)	31
Πίνακας 4: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2021)	32
Πίνακας 5: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2022)	33
Πίνακας 6: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2023)	34
Πίνακας 7: Συσχετίσεις κλιματικών δεδομένων	39
Πίνακας 8: Συσχετίσεις NDVI, NDWI, βροχόπτωσης και ουσιών του αιθέριου ελαίου λεβάντας.....	41

Ευρετήριο Σχημάτων

Σελίδες

Σχήμα 1: Διάγραμμα σύγκρισης επίγειων και δορυφορικών δεδομένων βροχόπτωσης για τα έτη 2019 έως και 2022	24
Σχήμα 2: Διάγραμμα ποσότητας αιθέριου ελαίου λεβάντας για τα έτη 2019, 2020, 2021, 2022 και 2023.....	29
Σχήμα 3: Διάγραμμα με τις μηνιαίες βροχοπτώσεις στην Ξηρολίμνη για τα έτη 2019 έως 2023	35
Σχήμα 4: Τιμές NDVI για τα έτη 2019 έως 2023	36
Σχήμα 5: Τιμές NDWI για τα έτη 2019 έως 2023	37

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1. Καλλιέργεια λεβάντας

1.1. Προέλευση και ταξινόμηση

Το φυτικό είδος *Lavandula angustifolia* είναι ένα αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό που ανήκει στην οικογένεια Lamiaceae (Ioannis N. Pasiás et al.,2021). Είναι γνωστό με την κοινή ονομασία λεβάντα ή αληθινή λεβάντα και βρίσκεται ιθαγενές σε διάφορες ορεινές μεσογειακές περιοχές, με το υψόμετρο να ξεπερνάει τα 1500m (Ioana Crişan et al.,2023).

Η συστηματική ταξινόμηση του *L. angustifolia* παρουσιάζεται παρακάτω (ITIS):

Πίνακας 1: Συστηματική κατάταξη του *Lavandula angustifolia*

Βασίλειο	Plantae
Συνομοταξία	Tracheophyta
Υποσυνομοταξία	Spermatophytina
Ομοταξία	Magnoliopsida
Υπόταξη	Asteranae
Τάξη	Lamiales
Οικογένεια	Lamiaceae
Γένος	Lavandula L.
Είδος	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.

Η ονομασία προέρχεται από τη λατινική λέξη “lavare”, δηλαδή «πλένω», λόγω της χρήσης του φυτού σε λουτρά για την περιποίηση τόσο του σώματος όσο και του πνεύματος (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010).

Στην οικογένεια των χειλανθών (Lamiaceae) περιλαμβάνονται αρκετά είδη πέρα από τη λεβάντα, τα οποία περιέχουν αιθέρια έλαια. Κάποια από αυτά είναι η ρίγανη, η μαντζουράνα, ο βασιλικός και η μέντα. (Bruneton, 1999).

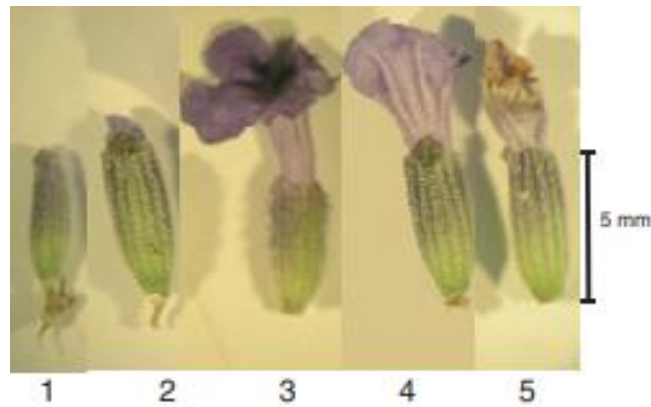
Το γένος *Lavandula* εντοπίζεται από νησιά του Βόρειου Ατλαντικού έως την Ινδία και σε αυτό περιλαμβάνονται 39 είδη και 79 υποείδη, καθώς και κάποια υβρίδια. Επίσης, έχουν καταγραφεί περίπου 400 ποικιλίες λεβάντας. (Benabdelkader et al., 2011).

Εκτός από το *L. angustifolia*, μερικά είδη του γένους αυτού που καλλιεργούνται συχνά, είναι τα *L. stoechas* (ισπανική λεβάντα), *L. latifolia* Medik (λεβάντα ακίδας) και *L. × intermedia* Emeric ex Loisel (λεβαντίνη). Το *L. angustifolia* και το *L. × intermedia* είναι οι κύριοι γενότυποι που καλλιεργούνται για την παραγωγή του αιθέριου ελαίου. Το αιθέριο έλαιο του *L. angustifolia* θεωρείται υψηλής ποιότητας έλαιο και για τον λόγο αυτόν έχει 3-5 φορές μεγαλύτερη τιμή στην αγορά από το αιθέριο έλαιο λεβαντίνης (Ioana Crișan et al., 2023).

1.2. Βοτανική περιγραφή

Το *Lavandula angustifolia* είναι ένας αρωματικός πολυετής θάμνος και φτάνει σε ύψος 30-80cm πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Παρουσιάζει ισχυρό ριζικό σύστημα, το οποίο αναπτύσσεται σε μεγάλο βάθος.

Τα φύλλα είναι στενά ως λογχοειδή και αντίθετα, με γκριζοπράσινο χρώμα. Το μήκος τους είναι 2-6cm και το πλάτος 4-6mm (Μαλούπα et al., 2013). Στην κορυφή των βλαστών, αναπτύσσονται άνθη μωβ χρώματος σε σπονδυλωτές ταξιανθίες που έχουν μήκος 2-8cm (Upson & Andrews, 2004).



Εικόνα 1: Στάδια ανάπτυξης άνθους λεβάντας: ο κάλυκας είναι σε πλήρες μέγεθος και η στεφάνη είναι αόρατη (Στάδιο 1), η στεφάνη εισέρχεται έξω από τον κάλυκα (Στάδιο 2), η στεφάνη του άνθους έχει ανοίξει (Στάδιο 3), η στεφάνη φαίνεται ξεθωριασμένη (Στάδιο 4) και το χρώμα της στεφάνης έχει αλλάξει σε καφετί (Στάδιο 5) (Guillon et al., 2010)

1.3. Συνθήκες φυτρώματος, βλάστησης και ανάπτυξης

Η λεβάντα αναπτύσσεται καλύτερα σε περιοχές που το κλίμα χαρακτηρίζεται από δροσερό χειμώνα και ζεστό καλοκαίρι. Όμως, η υψηλή οικολογική πλαστικότητα που έχει, της επιτρέπει να αναπτυχθεί σε ένα μεγάλο εύρος γεωγραφικών περιοχών.

Για να ξεκινήσει το στάδιο βλάστησης και φυτρώματος, απαιτείται θερμοκρασία γύρω στους 10°C με 15°C (Ioana Crișan et al., 2023). Η εξαιρετικά ζεστή θερμοκρασία μπορεί να καθυστερήσει την ανάπτυξη της λεβάντας και να υποβαθμίσει την ποιότητά της. Παράλληλα, είναι απαραίτητη μία ψυχρή περίοδος προκειμένου να ακολουθήσει έντονη ανθοφορία (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010). Σε περιοχές όπου τα καλοκαίρια είναι υγρά, μπορεί να προκληθούν ασθένειες λόγω μυκήτων στα φυτά. Τα νεαρά φυτά της λεβάντας δείχνουν να είναι ευαίσθητα στις ακραίες καιρικές συνθήκες σε αντίθεση με τα ώριμα, τα οποία δείχνουν να έχουν αντοχή σε αυτές.

Το κατάλληλο έδαφος για την ανάπτυξη των φυτών είναι ένα μέτριας γονιμότητας έδαφος, με pH ουδέτερο (ίσο με 6,4) έως ελαφρώς αλκαλικό (ίσο με 8,2). Ωστόσο, έχουν τη δυνατότητα να αναπτυχθούν σε εδάφη φτωχά σε γονιμότητα και σε διαβρωμένα εδάφη ενώ τα πολύ όξινα εδάφη και τα εδάφη με

μικρή ικανότητα στράγγισης είναι λιγότερο κατάλληλα. Γενικά, η λεβάντα έχει τη δυνατότητα καλλιέργειας σε διάφορους τύπους εδαφών, αλλά όχι σε αργιλώδη εδάφη, επειδή αυτά συγκρατούν υγρασία.

Οι απαιτήσεις των φυτών λεβάντας σε νερό είναι μέτριες, καθώς παρουσιάζουν αντοχή σε περιπτώσεις ξηρασίας. Όμως, μία παρατεταμένη περίοδος ξηρασίας μπορεί να οδηγήσει σε μάρανση. Τα νεαρά φυτά έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε εδαφική υγρασία κατά το πρώτο έτος ανάπτυξής τους (Ioana Crișan et al.,2023).

1.4. Πολλαπλασιασμός

Ο πολλαπλασιασμός των φυτών λεβάντας γίνεται είτε εγγενώς, με σπόρους, είτε αγενώς, με μοσχεύματα. Άλλες μέθοδοι πολλαπλασιασμού είναι η ιστοκαλλιέργεια, η φυτική διαίρεση ή η στρωματοποίηση.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ο πολλαπλασιασμός με μοσχεύματα. Αυτή είναι και η κατάλληλη μέθοδος για την παραγωγή φυτών-κλώνων, τα οποία θα ανταποκρίνονται στα απαιτούμενα πρότυπα και των οποίων το βιολογικό υλικό θα διατεθεί για παραγωγή αιθέριου ελαίου. Η λήψη των μοσχευμάτων πραγματοποιείται από υγιή, νεαρά φυτά ηλικίας 3 έως 5 ετών, το φθινόπωρο (τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο) ή την άνοιξη (τους μήνες Μάρτιο ή Απρίλιο). Εφόσον οι καιρικές συνθήκες είναι ευνοϊκές, η φύτευση των φυτών στο χωράφι μπορεί να πραγματοποιηθεί από 6 έως 8 εβδομάδες αργότερα.

Η αναπαραγωγή με σπόρους δεν είναι μεγάλης σημασίας για τις εμπορικές καλλιέργειες. Χρησιμοποιείται σε άλλες περιπτώσεις, για παράδειγμα σε προγράμματα αναπαραγωγής ή σε περιπτώσεις που είναι επιθυμητός ο πολλαπλασιασμός άγριων γενοτύπων. Επιπλέον, δε δίνει ομοιόμορφη βλάστηση και χρειάζεται περισσότερος χρόνος για την απόκτηση φυτών, κατάλληλων για καλλιέργεια στον αγρό.

Ο πολλαπλασιασμός με ιστοκαλλιέργεια χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις που ο διαθέσιμος αριθμός μοσχευμάτων είναι μικρός ή σε περιπτώσεις που απαιτούνται πάρα πολλά νεαρά φυτά λεβάντας (Ioana Crișan et al.,2023).

1.5. Εγκατάσταση καλλιέργειας

Το *L. angustifolia* είναι πολυετές και υπάρχει η δυνατότητα καλλιέργειάς του στο ίδιο σημείο χωραφιού για 8 έως 15 έτη ή έως και 20 με 30 έτη. Η καλλιέργεια φυτεύεται από την άνοιξη μέχρι και τους φθινοπωρινούς μήνες (Ioana Crișan et al.,2023). Από έρευνες, έχει αποδειχθεί ότι η φύτευση της καλλιέργειας το φθινόπωρο προωθεί την παραγωγή περισσότερων ανθέων τη χρονιά που ακολουθεί (Kimbrough & Swift, 2009).

Πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας λεβάντας, είναι απαραίτητη η προετοιμασία του εδάφους. Εδάφη με μία μικρή έως μέτρια γωνία κλίσης, δηλαδή μέχρι 15°, είναι κατάλληλα για την εγκατάσταση των φυτών που προορίζονται για εμπορική χρήση. Αυτά τα ήπια έως μέτρια επικλινή εδάφη εξασφαλίζουν μία καλή στράγγιση και έτσι αποφεύγεται η υπερχειλίση του νερού.

Τα μοσχεύματα που έχουν ριζώσει και τα σπορόφυτα φυτεύονται συνήθως τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο. Η απόσταση μεταξύ των σειρών είναι στα 100cm ενώ η απόσταση φυτού από φυτό είναι στα 50-75cm (Ioana Crișan et al.,2023). Η πυκνότητα που θα προκύψει είναι 13000 έως 20000 φυτά ανά εκτάριο, με τη χαμηλότερη να παρατηρείται στα πλούσια εδάφη και την υψηλότερη στα φτωχότερα εδάφη.

1.6. Καλλιεργητικές φροντίδες

Η άρδευση σε λάθος περιόδους οδηγεί στην κακή ανάπτυξη των φυτών και στη δημιουργία ασθενειών. Είναι προτιμότερη η άρδευση με σταγόνα, καθώς

συμβάλλει και στον περιορισμό της ανάπτυξης ζιζανίων (Δόρδας, 2012). Από μελέτη φάνηκε ότι η συμπληρωματική άρδευση σε καλλιέργεια λεβάντας συμβάλλει στην αύξηση της ποσότητας αιθέριου ελαίου συγκριτικά με το αιθέριο έλαιο καλλιέργειας λεβάντας στην οποία δεν έχει γίνει άρδευση. (Andrzej Sałata et al., 2020).

Το κλάδεμα φυτών λεβάντας τονώνει και αναζωογονεί την άνθιση, αν αυτό πραγματοποιηθεί την άνοιξη αφότου θα έχει ξεπερασθεί ο κίνδυνος παγετού, κόβοντας στο ένα τρίτο τους μίσχους. Το κλάδεμα μπορεί να συμβάλλει και στη μακροζωία της λεβάντας.

Το *L. angustifolia* έχει τη δυνατότητα να επιβιώσει χωρίς λίπανση. Ωστόσο, η εφαρμογή λίπανσης δίνει υγιέστερα και πιο παραγωγικά φυτά. Μετά από κάθε κλάδεμα και κάθε συγκομιδή, κάποια από τα θρεπτικά στοιχεία που τραβούν τα φυτά από το έδαφος αφαιρούνται. Ως αποτέλεσμα, η ικανότητα που έχει το έδαφος να αναπληρώνει τα θρεπτικά που χάθηκαν μειώνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου (Ioana Crișan et al., 2023).

Είναι γεγονός ότι η ανάπτυξη των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών και η σύνθεση του αιθέριου ελαίου τους επηρεάζεται από το άζωτο (N), τον φώσφορο (P) αλλά και το κάλιο (K). Επιπλέον, από αυτά τα στοιχεία επηρεάζονται και τα επίπεδα των ενζύμων που είναι σημαντικά για τη βιοσύνθεση των τερπενοειδών, άρα είναι σημαντικά και για το αιθέριο έλαιο (Antonios Chrysargyris et al., 2015). Η χρήση λιπασμάτων φωσφόρου στην καλλιέργεια οδηγεί σε σχεδόν διπλάσια ποσότητα ταξιανθίας ανά φυτό. Κάποια άλλα στοιχεία που χρειάζεται μία καλλιέργεια λεβάντας για να είναι υγιής είναι το βόριο, το μαγνήσιο και ο ψευδάργυρος (Ioana Crișan et al., 2023).

Η λίπανση θα πρέπει να εφαρμόζεται με φειδώ ενώ οι ουσίες που προωθούν την ανάπτυξη και οι φυτοπροστατευτικές ουσίες θα πρέπει να αποφεύγονται ή να περιορίζονται στην ελάχιστη χρήση (European Medicines Agency, 2006). Αυτό γίνεται κατανοητό, δεδομένου ότι κατά την αγορά προϊόντων για χρήση στη φυτο-ιατρική και σε άλλους τομείς που προάγουν την υγεία οι καταναλωτές αναμένουν ένα προϊόν όσο το δυνατόν πιο φυσικό. Γενικότερα, χρειάζεται να εξετασθούν προσεγγίσεις πιο φιλικές προς το περιβάλλον. Μεταξύ αυτών των πράσινων εναλλακτικών λύσεων βρίσκεται η

χρήση οργανικών λιπασμάτων και η αξιοποίηση των φυσικών μηχανισμών για την ενίσχυση των αγρονομικών χαρακτηριστικών τους.

Η χημική λίπανση μόνο κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας λεβάντας και έπειτα η μετάβαση σε οργανική λίπανση φέρει ευεργετικά αποτελέσματα. Τα χημικά λιπάσματα απελευθερώνουν γρήγορα τα θρεπτικά και άρα έχουν τη δυνατότητα να δρουν ως παράγοντες εκκίνησης της καλλιέργειας για να διεγερθεί μία καλή βλαστική ανάπτυξη κατά τη διάρκεια εγκατάστασης των φυτών. Επομένως, η χρήση αυτών των λιπασμάτων θα ήταν καλύτερη κατά το πρώτο έτος μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας, αφού τότε συνήθως δε διενεργείται συγκομιδή.

Τα οργανικά λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης έχουν αποδειχθεί ωφέλιμα. Συστήνεται η λίπανση καλλιέργειας λεβάντας με κάποιο προϊόν βραδείας αποδέσμευσης κατά την άνοιξη, όπως είναι το λίπασμα από αίμα, από οστά ή η οργανική κοπριά (Ioana Crișan et al.,2023).

1.7. Ασθένειες, εχθροί και καταπολέμηση

Δεν υπάρχουν εχθροί και ασθένειες που να προκαλούν σημαντικά προβλήματα στη λεβάντα, ειδικά αν οι οικολογικοί παράγοντες ευνοούν την καλλιέργεια και δεν είναι δυσμενείς.

Από τα τέλη του 20^{ου} αιώνα μ.Χ. και έπειτα, έχουν αναφερθεί απώλειες, εξαιτίας παθογόνων που προσβάλλουν τις ρίζες προκαλώντας μαρασμό ή και σήψη αυτών. Η προσβολή των φυτών από ασθένειες και παράσιτα μπορεί να μειώσει τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους στα 3 έτη. Εάν είναι απαραίτητο, θα πρέπει να διεξαχθούν παρεμβάσεις με στόχο την πρόληψη της εξάπλωσης παθογόνων (Ioana Crișan et al.,2023).

Οι κυριότεροι μύκητες που προσβάλουν την καλλιέργεια λεβάντας είναι τα είδη *Rosellinia necatrix* και *Armillaria mellea*, τα οποία οδηγούν σε σήψη των ριζών και το ριζικό σύστημα καθίσταται αδύναμο. Επιπροσθέτως, μερικά είδη

εντόμων δημιουργούν ζημιές στα φύλλα, αλλά συνήθως είναι μικρής έκτασης και προλαμβάνονται εύκολα (Κουτσός, 2006).

Όσον αφορά τα ζιζάνια, ο έλεγχός τους στις καλλιέργειες λεβάντας είναι σχετικά δύσκολος, αλλά θεωρείται σημαντικός. Τα ζιζάνια είναι φυτά που ανταγωνίζονται τα φυτά καλλιέργειας για ηλιακό φως, νερό και θρεπτικά συστατικά και έτσι επηρεάζουν αρνητικά την ανάπτυξη της λεβάντας. Η λεβάντα είναι πολυετής καλλιέργεια και με την πάροδο των χρόνων, τα φυτά καλύπτουν όλο και περισσότερη επιφάνεια εδάφους. Ως αποτέλεσμα, ο μηχανικός έλεγχος των ζιζανίων καθίσταται σχεδόν αδύνατος. Μπορεί να πραγματοποιηθεί έλεγχος ζιζανίων χειροκίνητα με σκαπάνη μεταξύ των σειρών (Ioana Crișan et al., 2023).

Δε χρησιμοποιούνται συνήθως ζιζανιοκτόνα, καθώς όταν αυτά εφαρμόζονται, μπορούν να οδηγήσουν σε μαρασμό των φυτών λεβάντας. Υπάρχουν εμφανή στοιχεία για τη χρήση βιολογικών ζιζανιοκτόνων. Η βασική αρχή είναι η εκμετάλλευση των φυτοτοξικών χημικών από ορισμένα φυτά, αρθρόποδα και μικροοργανισμούς για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης των ζιζανίων-στόχων (Vouzounis N.A. et al., 2003). Θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αλληλοπαθητικοί μηχανισμοί για να στοχεύσουν τα είδη ζιζανίων που κυριαρχούν στην καλλιέργεια λεβάντας σε μία δεδομένη περιοχή. Μία καλή προσέγγιση περιλαμβάνει την πρόληψη όσον αφορά τη στόχευση στη μείωση κάποιας πιθανής προσβολής της καλλιέργειας από ζιζάνια.

Μία μελέτη, η οποία εξετάζει τις καλλιέργειες λεβάντας από τη Βουλγαρία, αναφέρει ότι υπάρχει η δυνατότητα να εξασφαλισθούν υγιείς και χωρίς επιβλαβείς οργανισμούς καλλιέργειας, αρκεί να υπάρχει ένα καλό γεωργικό υπόβαθρο της καλλιέργειας. Οι καλλιέργειες λεβάντας τοποθετημένες σε αεριζόμενες πλαγιές, στις οποίες υπάρχουν επαρκή ρεύματα αέρα, καλή αποστράγγιση νερού και καλή έκθεση σε ηλιακό φως, είναι το κλειδί για τη διατήρηση μίας καλλιέργειας απαλλαγμένης από εχθρούς και ασθένειες (Ioana Crișan et al., 2023).

1.8. Συγκομιδή

Η λεβάντα συγκομίζεται κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας στο δεύτερο έτος καλλιέργειάς της. Η ανθοφορία λαμβάνει χώρα κάθε χρόνο τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο, σε συνθήκες υψηλής παραγωγικότητας. Η καλλιέργεια εισέρχεται σε πλήρη παραγωγική ικανότητα μετά την εγκατάσταση, κατά το δεύτερο έτος και το τρίτο έτος (Giannoulis K.D. et al., 2020).

Το τμήμα του φυτού που συγκομίζεται για την παραγωγή του αιθέριου ελαίου είναι οι ταξιανθίες (οι ανθοφόρες κορυφές). Προκειμένου η απόδοση του αιθέριου ελαίου να είναι υψηλή, οι ταξιανθίες θα πρέπει να συγκομίζονται σε ανθοφορία 50% ή 60% ή 75% είτε προς το τέλος της ανθοφορίας. Για την απόκτηση ξηρών ανθέων, οι ταξιανθίες συγκομίζονται όταν αρχίσουν να ανοίγουν τα πρώτα άνθη ενώ για τους σπόρους, οι ταξιανθίες συλλέγονται στο στάδιο καρποφορίας. Κατά προτίμηση, η συγκομιδή θα πρέπει να πραγματοποιείται είτε μετά τις 10:00π.μ. και μέχρι το μεσημέρι είτε μετά το μεσημέρι (Ioana Crișan et al., 2023).

Εκτός από τις ταξιανθίες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα υπέργεια τμήματα των φυτών λεβάντας για την παραγωγή αιθέριου ελαίου, όπως τα φύλλα με ή χωρίς μίσχους και οι βλαστοί. Ωστόσο, στην περίπτωση αυτή η απόδοση του ελαίου θα είναι χαμηλότερη, όπως επίσης και οι ποιοτικές παράμετροι (Aprotosoiaie A.C. et al, 2017).

Από τη συλλογή του πρώτου έτους της καλλιέργειας, η παραγωγή είναι περίπου 50kg/στρέμμα. Η συλλογή κατά το δεύτερο και το τρίτο έτος δίνει μεγαλύτερη παραγωγή (100-200kg/στρέμμα) ενώ από το τέταρτο έτος και έπειτα, αυξάνεται στα 500-600kg/στρέμμα.

Η παραγωγή αιθέριου ελαίου από το *L. angustifolia* παγκοσμίως ανέρχεται κάθε χρόνο στους 150-200 τόνους (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2010).

1.9. Ξήρανση και απόδοση

Οι ταξιανθίες ξηραίνονται υπό σκιά σε ειδικά σχεδιασμένους χώρους ή τεχνητά σε θερμοκρασία 35°C. Η απόδοση μετά τη ξήρανση είναι 5:1 έως 7:1. Από μία μελέτη που έγινε στην Πολωνία φάνηκε ότι ο αριθμός των ενώσεων που περιέχονται στο αιθέριο έλαιο αποξηραμένης σε αέρα λεβάντας ήταν 60 με 70, υψηλότερος συγκριτικά με τον αριθμό των ενώσεων στο έλαιο αποξηραμένης σε φούρνο λεβάντας που ήταν 56 με 57. Ωστόσο, η αποξηραμένη σε φούρνο λεβάντα έδωσε αιθέριο έλαιο πλουσιότερο σε καμφορά (Ioana Crișan et al., 2023).

Τα στατιστικά στοιχεία από έρευνες δείχνουν ότι η παραγωγή του αιθέριου ελαίου λεβάντας παγκοσμίως είναι 150-200 τόνους κάθε έτος. Οι νεότερες ποικιλίες λεβάντας παράγουν περισσότερα άνθη ανά στρέμμα, κατά περίπου 30%. Επομένως, δίνουν μεγαλύτερη απόδοση (κατά 15-20%) και μεγαλύτερη ποσότητα αιθέριου ελαίου (Κασιώτης & Χατζοπούλου, 2010).

2. Αιθέριο έλαιο

Τα αιθέρια έλαια είναι δευτερογενείς μεταβολίτες που λειτουργούν ως μηχανισμός άμυνας για τα φυτά, προστατεύοντάς τα από επιθέσεις φυτοφάγων οργανισμών. Χρησιμοποιούνται παγκοσμίως στην αισθητική, στην ιατρική και στη φαρμακευτική, χάρη στις χαρακτηριστικές τους οσμές και στις φαρμακολογικές ιδιότητες που έχουν.

Τα φυτά των οποίων το αιθέριο έλαιο χρησιμοποιείται ευρέως είναι τα *Lavandula angustifolia* Mill. (λεβάντα), *Origanum vulgare* L. (ρίγανη), *Pistacia lentiscus* L. var. Chia (μαστίχα), *Citrus reticulata* L. (πορτοκάλι), *Citrus limon* L. (λεμόνι) και *Crithmum maritimum* L. (κρίταμο) (Ioannis N. Pasias et al., 2021).

2.1. Χημική σύσταση αιθέριου ελαίου λεβάντας

Τα αιθέρια έλαια των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών αποτελούνται από διάφορα συστατικά.

Στα είδη λεβάντας, οι πτητικές οργανικές ενώσεις του ελαίου παράγονται και συγκεντρώνονται σε εξειδικευμένα τριχώματα που βρίσκονται διάσπαρτα στην επιφάνεια των πράσινων ιστών, όπως είναι τα φύλλα, οι μίσχοι, οι κάλυκες και τα βράκτια.

Με βάση το νωπό βάρος του *L. angustifolia*, τα φύλλα και τα βράκτια περιείχαν περίπου 10 φορές μικρότερη περιεκτικότητα πτητικών σε σχέση με τις ανθισμένες κεφαλές. Όσον αφορά τα άνθη, οι κάλυκες αποτελούν τα κύρια σημεία συσσώρευσης των πτητικών ενώσεων αιθέριου ελαίου στο *Lavandula angustifolia* (Guitton et al., 2010).

Τα κύρια στοιχεία από τα οποία αποτελείται το αιθέριο έλαιο του *L. angustifolia* είναι τα τερπενοειδή.

Το χαρακτηριστικό άρωμα του αιθέριου ελαίου λεβάντας οφείλεται στις ενώσεις λιναλοόλη (linalool), οξικός εστέρας της λιναλοόλης (linalyl acetate),

1,8-κινεόλη (1,8-cineole), τερπινεν-4-όλη (terpinene-4-ol), καμφορά (camphor) και οκιμένια cis και trans (ocimene) (Antonios Chrysargyris et al., 2015).

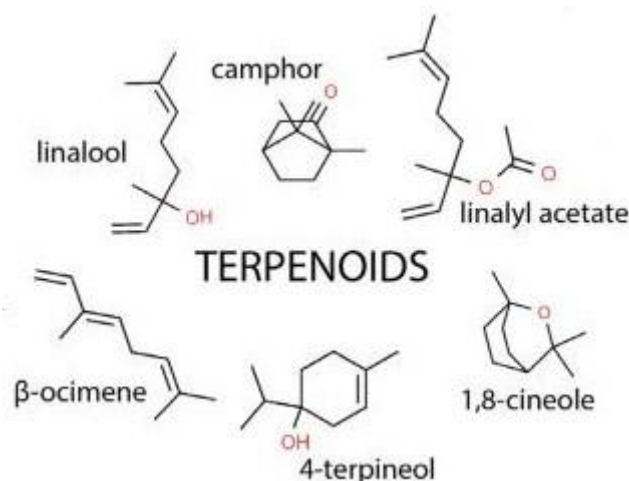
Η λιναλοόλη και ο οξικός εστέρας της λιναλοόλης είναι τα κύρια συστατικά που περιέχονται στο αιθέριο έλαιο της λεβάντας που προορίζεται για εμπόριο και το καθένα εμφανίζεται σε ποσότητα πάνω από 20% (Ioana Crișan et al., 2023). Η παρουσία μεγάλης συγκέντρωσης αυτών των μονοτερπενοειδών συμβάλει στο σχηματισμό ελαίου με ανώτερη φαρμακευτική και αρωματική ποιότητα (Aprotosoaie et al., 2014).

Η καμφορά και η 1,8-κινεόλη θεωρούνται βασικά συστατικά του αιθέριου ελαίου λεβάντας και βρίσκονται κυρίως στα φύλλα και στους μίσχους. Είναι επιθυμητά σε μικρές συγκεντρώσεις, προκειμένου να μην υποβαθμιστεί η ποιότητα του ελαίου (Duskova et al., 2016).

Οι αλκοόλες α-τερπινεόλη, τερπινέν-4-όλη και λαβανδουλόλη εντοπίζονται σε μικρότερες ποσότητες.

Επίσης, ο οξικός λαβανδουλεστέρας έχει σημαντική παρουσία στο αιθέριο έλαιο λεβάντας και εμφανίζεται σε μικρές συγκεντρώσεις. Με το άνοιγμα των πρώτων ανθέων των φυτών, το ποσοστό του αυξάνεται .

Το cis-οκιμένιο και το trans-οκιμένιο είναι μονοτερπενικοί υδρογονάνθρακες και αποτελούν δευτερεύοντα συστατικά για το αιθέριο έλαιο λεβάντας. Συγκεντρώνονται κυρίως στα ανώριμα άνθη και στα φύλλα (Guitton et al., 2010). Δε συμβάλλουν σημαντικά στο σχηματισμό του χαρακτηριστικού αρώματος του ελαίου και συνήθως απομακρύνονται (Da Porto et al., 2009).



Εικόνα 2: Δομές τερπενοειδών, από τα οποία αποτελείται το αιθέριο έλαιο λεβάντας (Miroslav Habán et al., 2023)

2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή του αιθέριου ελαίου

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η βιολογική και η χημική ποικιλότητα που έχουν τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να χωρισθούν σε αυτούς που λαμβάνουν χώρα πριν και μέχρι στο στάδιο συγκομιδής και σε αυτούς που συμβαίνουν μετά τη συγκομιδή. Οι δύο αυτές κατηγορίες παραγόντων είναι σε κάποιο βαθμό αλληλένδετες, αφού μαζί επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα (Ioana Crișan et al., 2023).

Ειδικότερα, οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή των αιθέριων ελαίων είναι η ποικιλία και η ηλικία του φυτού, οι εδαφοκλιματικές συνθήκες, το υψόμετρο και η γεωγραφική θέση της καλλιέργειας, ο τρόπος πολλαπλασιασμού, οι μέθοδοι της επεξεργασίας του φυτού, καθώς και η μέθοδος απόσταξης (Aprotosoaie et al., 2017).

Η καλλιεργούμενη ποικιλία είναι σημαντική παράμετρος, αφού μπορεί να καθορίσει την υψηλή παραγωγή ελαίου. Στο *L. angustifolia*, η ποικιλία Silver που καλλιεργήθηκε στην Τουρκία δίνει υψηλές τιμές ελαίου (9,62%) ενώ η

ποικιλία Etherio που αποκτήθηκε με τεχνικές επικοινωνίες μεταξύ των ελληνικών εγχώριων φυτών (πλούσιων σε αιθέριο έλαιο), έδειξε 78,8% υψηλότερη περιεκτικότητα σε έλαιο από τους υπόλοιπους πληθυσμούς και είχε περισσότερα άνθη (Hassiotis et al., 2010).

Επιπροσθέτως, η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο ποικίλει μεταξύ των ειδών, αλλά και στο ίδιο είδος. Μεγάλη μεταβλητότητα παρατηρείται ανάμεσα στους διαφορετικούς πληθυσμούς, καθώς και μέσα στον ίδιο πληθυσμό (Benabdelkader et al., 2011).

Τα νεότερα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά συνήθως δίνουν μεγαλύτερη ποσότητα αιθέριου ελαίου, όμως η σύνθεση του ελαίου είναι πλουσιότερη στα παλαιότερα φυτά. Συγκεκριμένα, η ποσότητα λιναλοόλης έχει μία αυξητική τάση κατά το πρώτο έως το τέταρτο έτος ζωής του φυτού, σε αντίθεση με την ποσότητα οξικού εστέρα της λιναλοόλης. Παρόμοια αύξηση στην ποσότητα σε σχέση με την ηλικία του φυτού παρατηρήθηκε για την α-τερπινεόλη.

Η σύνθεση του αιθέριου ελαίου μπορεί να επηρεασθεί και από τα όργανα του φυτού, με την υψηλότερη ποιότητα να λαμβάνεται από τα άνθη. Επομένως, η συμπερίληψη των φύλλων και των βλαστών θα πρέπει να διατηρείται στο ελάχιστο κατά τη διαδικασία της συγκομιδής.

Όσον αφορά τις κλιματικές και τις εδαφικές συνθήκες, η κατανομή των θερμοκρασιών και των βροχοπτώσεων μπορεί να συμβάλει στις διαφορές μεταξύ χημειοτύπων στα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά. Μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Ουγγαρία έδειξε ότι οι καιρικές συνθήκες, κυρίως οι βροχοπτώσεις, επηρέασαν το λόγο λιναλοόλης προς οξικό εστέρα της λιναλοόλης στο αιθέριο έλαιο λεβάντας (Ioana Crișan et al., 2023).

Όταν η λεβάντα καλλιεργείται σε μεγάλα υψόμετρα, είναι πλουσιότερη σε αιθέριο έλαιο. Για την υψηλή παραγωγή του ελαίου, απαιτούνται μεσαία υψόμετρα.

Από καλλιέργεια που έχει νότιο προσανατολισμό, με μικρό αριθμό βροχοπτώσεων και με υψηλές θερμοκρασίες, παράγεται μεγαλύτερη ποσότητα αιθέριου ελαίου (1,21-1,89%), συγκριτικά με καλλιέργεια που έχει βόρειο προσανατολισμό (0,44-0,81%) (Hassiotis et al., 2010).

Μία ακόμη παράμετρος αποτελεί η μέθοδος πολλαπλασιασμού. Τα φυτά λεβάντας που αναπαράγονται αγενώς παρουσιάζουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, συγκριτικά με αυτά που πολλαπλασιάζονται με σπόρο (Duskova et al., 2016).

Η συσσώρευση και η περιεκτικότητα του αιθέριου ελαίου λεβάντας επηρεάζονται από το στάδιο συλλογής. Η περιεκτικότητα σε έλαιο του *L. angustifolia* είναι πιο υψηλή κατά την προάνθιση και την άνθιση. Η διαδικασία της απόσταξης επηρεάζει επίσης τη σύνθεση του αιθέριου ελαίου (Masetto et al., 2011).

2.3. Διαδικασία παραλαβής

Η παραλαβή του αιθέριου ελαίου λεβάντας γίνεται από τα πρόσφατα κομμένα άνθη του φυτού μέσω της απόσταξης με ατμό (Mei Wanga et al., 2021). Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την απομόνωση των πτητικών ουσιών που έχουν τα αρωματικά φυτά, όπως είναι η υδροαπόσταξη και η εκχύλιση με διαλύτη (Danh et al., 2013).

Θα πρέπει το αιθέριο έλαιο να είναι $\geq 13\text{mL}$ ανά 1kg ανθέων. Στη λεβάντα, το πτητικό έλαιο συσσωρεύεται στον κάλυκα. Ο κάλυκας έδειξε τη μεγαλύτερη απόδοση (1,3%), ακολουθώντας η στεφάνη (0,1%) και το φύλλο του φυτού (0,05%) ενώ η ανθισμένη κορυφή 0,7%. Ισχύει ότι το αιθέριο έλαιο λεβάντας έχει μεγαλύτερη απόδοση όταν παραλαμβάνεται από τα άνθη (4-5 φορές μεγαλύτερη) από ό,τι όταν παραλαμβάνεται από τα φύλλα (Ioana Crişan et al., 2023).

Η χημική σύσταση του αιθέριου ελαίου, οι ιδιότητες, καθώς και η απόδοση επηρεάζονται από τη μέθοδο παραλαβής (Danh et al., 2013).

2.4. Ιδιότητες και χρήσεις

Τα αιθέρια έλαια χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, λόγω του χαρακτηριστικού αρώματος, της γεύσης και των βιολογικών ιδιοτήτων που έχει

το καθένα. Η φαρμακευτική βιομηχανία τα χρησιμοποιεί για τις λειτουργικές ιδιότητές τους, η βιομηχανία καλλυντικών για το άρωμα που έχουν ενώ η βιομηχανία των τροφίμων τα χρησιμοποιεί για τη γεύση τους (Lubbea & Verpoortea, 2011).

Επιπλέον, χρησιμοποιούνται σε άλλα εναλλακτικά προϊόντα υγιεινομικής περίθαλψης, στην αρωματοθεραπεία και ως εντομοαπωθητικά. Το 90% της παραγωγής αιθέριων ελαίων παγκόσμια καταναλώνεται από τις βιομηχανίες αρώματος και γεύσης (Lubbea & Verpoortea, 2011).

Το αιθέριο έλαιο της λεβάντας χρησιμοποιείται στη θεραπεία διάφορων παθήσεων, όπως καρδιαγγειακών, γαστρεντερικών, αναπνευστικών παθήσεων και ουρολοιμώξεων (Alexandru Ciocarlan et al., 2021). Είναι πλούσιο σε τερπένια και για τον λόγο αυτό παρουσιάζει αντισηπτικές, αντιφλεγμονώδεις, αντιμυκητιασικές, βακτηριοκτόνες και αναλγητικές ιδιότητες (Antonios Chrysargyris et al., 2015).

Ορισμένα υποπροϊόντα που προκύπτουν μετά τη διαδικασία της υδροαπόσταξης των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, παραδείγματος χάριν τα στερεά υπολείμματα ή το έλαιο του πυρήνα (pomace), θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως μία πηγή βιολογικά ενεργών ενώσεων όπως το ολεανολικό και το ουρσολικό οξύ. Τα υπολειμματικό νερό από την απόσταξη βρίσκει διάφορες εφαρμογές λόγω των αρωματικών αλλά και των αντιμικροβιακών ιδιοτήτων που έχει (Alexandru Ciocarlan et al., 2021).

3. Γεωργία Ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας συμβάλλει στην αναγνώριση των αναγκών μίας καλλιέργειας, τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Η εφαρμογή της ξεκίνησε στις αρχές του 1990 από την Βρετανία και τις ΗΠΑ. Αρχικά, εφαρμόσθηκε χαρτογράφηση της παραγωγής σε καλλιέργειες σιτηρών και αργότερα σε πολλές άλλες μεγάλες καλλιέργειες.

Στην Ελλάδα, όπως και σε άλλες νότιες ευρωπαϊκές χώρες, άργησε η εφαρμογή της, λόγω των συνθηκών που επικρατούσαν, όπως είναι οι μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις και η προσκόλληση σε παραδοσιακές καλλιεργητικές μεθόδους.

Με τη χρήση της γεωργίας ακριβείας, γίνεται αποτελεσματικότερη η διαχείριση του αγρού με βάση την παραλλακτικότητα. Ως αποτέλεσμα, η απόδοση της παραγωγής αυξάνεται, η χρήση εισροών στην καλλιέργεια γίνεται με ορθότερο τρόπο και η ποιότητα των προϊόντων βελτιώνεται (Gemtos et al., 2003).

3.1. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ή ΓΣΠ (Geographic Information Systems-GIS) περιγράφουν τη θέση των διαφόρων αντικειμένων του πραγματικού κόσμου ως προς ένα σύστημα συντεταγμένων (Κόλλια-Κουσούρη, 2003). Ο ρόλος τους είναι σημαντικός, ώστε να γίνει κατανοητή η παραλλακτικότητα που εμφανίζουν οι διάφορες καλλιέργειες στον αγρό.

Τα ΓΣΠ επιτρέπουν τη συλλογή, την αποθήκευση, την επεξεργασία, την ανάλυση και τέλος την παρουσίαση όλων των γεωκωδικοποιημένων πληροφοριών (Burrough, 1986; Maguire, 1991). Οι πληροφορίες παρουσιάζονται συνήθως σε χάρτη. Ένας ορθός χάρτης χρειάζεται να έχει ακρίβεια στα χωρικά δεδομένα, την κατάλληλη κλίμακα και όλες τις

λεπτομέρειες που χρειάζεται ώστε να γίνεται κατανοητός (Filintas Agathos et al.,).

Τα διάφορα λογισμικά ΓΣΠ (όπως το ArcGIS, το qGIS και στο ENVI) προσφέρουν ένα σύνολο εργαλείων για την ανάλυση δεδομένων, ώστε να γίνεται σωστά η διαχείριση και η ερμηνεία των γεωγραφικών δεδομένων. Περιλαμβάνουν γεωστατιστικές, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση μοτίβων σε μία περιοχή και μπορεί να γίνει πρόβλεψη τιμών ενός παρατηρούμενου παράγοντα στην περιοχή αυτή (Abdullah & Barua, 2022).

3.2. Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση αποτελεί εργαλείο συλλογής πληροφοριών για ένα φαινόμενο ή για ένα αντικείμενο, δίχως άμεση επαφή με αυτό και δίχως καταστροφή του. Μία από τις εφαρμογές που βρίσκει η τηλεπισκόπηση είναι στη γεωργία, όπου συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης της παραγωγής των διάφορων καλλιεργειών. Επιπλέον, βελτιώνει τον γεωργικό τομέα στον έλεγχο και στη διαχείριση.

Η έξυπνη γεωργία χρησιμοποιεί την τεχνολογία για την παρακολούθηση των καλλιεργειών, με στόχο την αύξηση της απόδοσης σε συνδυασμό με τη μείωση των εισροών (R Rosle et al., 2019).

Η τηλεπισκόπηση επιτρέπει την απόκτηση πληροφοριών και τον υπολογισμό διάφορων δεικτών (Abdullah & Barua, 2022). Μέσω δορυφόρων, προσφέρει τη δυνατότητα παρακολούθησης και ανάλυσης χωροχρονικά της βλάστησης του εδάφους, χάρη στις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Abdelaziz Htitiou et al., 2021).

Τα δεδομένα από δορυφόρους είναι σημαντικά για την παρακολούθηση της γεωργίας. Η χρήση της τηλεπισκόπησης στη γεωργία βοηθάει στην ταξινόμηση των εδαφών, στην παρακολούθηση της παραγωγής των καλλιεργειών και στην ανίχνευση της ευρωστίας των φυτών. Οι δορυφόροι παρέχουν χρονικά και χωρικά συνεχή δεδομένα (C. Domenikiotis et al., 2004).

3.3. Δορυφορικές Εικόνες

Είναι γνωστό ότι τα φυτά αλληλεπιδρούν με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο. Η προσπίπτουσα στα φυτά ακτινοβολία μπορεί να μεταδοθεί ή να ανακληθεί είτε να απορροφηθεί. Η ανακλώμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία περιέχει κάποιες πληροφορίες που σχετίζονται με τη φυσική κατάσταση των φυτών και μπορεί να μετρηθεί με τη χρήση δορυφόρων.

Οι χρωστικές της χλωροφύλλης που βρίσκονται στα πράσινα φύλλα απορροφούν στο φάσμα του ορατού (visible), στα 400-700nm. Εντονότερα απορροφούν στο μπλε και στο κόκκινο μήκος κύματος, λόγω της ενέργειας που χρειάζεται για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Τα φύλλα των φυτών αντανακλούν έντονα και απορροφούν λιγότερη ακτινοβολία στο κοντινό υπέρυθρο (Near Infra-Red; NIR), στα 700-1300nm, λόγω των ιδιοτήτων των φύλλων και της βιομάζας. Η απορρόφηση ακτινοβολίας στην περιοχή της υπέρυθρης ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων (short-wave infra-red; SWIR), στα 1300-2500nm, γίνεται κυρίως από το νερό και σε μικρότερο βαθμό από διάφορα βιοχημικά συστατικά των φύλλων.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των φυτών και της ανάκλασης της ακτινοβολίας μεταφράζονται ως αλλαγές στα φυτά, οι οποίες μπορούν να ερμηνευθούν με τη βοήθεια των δορυφορικών εικόνων. Για παράδειγμα, η περιεκτικότητα των φυτών σε χλωροφύλλη χρησιμοποιείται ως δείκτης για την ευρωστία τους, καθώς έχει άμεσο ρόλο στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης (Joel Segarra et al., 2020).

Η εξέλιξη της τηλεπισκόπησης με δορυφόρους φάνηκε σημαντική όσον αφορά την παρακολούθηση της επιφάνειας της γης (Darius Phiri et al., 2020). Η χρήση δορυφόρων ως όργανα τηλεπισκόπησης για την παρακολούθηση των μεταβολών της ακτινοβολίας στις διάφορες καλλιέργειες είναι σημαντική. Το αν

ένας δορυφόρος είναι κατάλληλος για να χρησιμοποιηθεί σε γεωργικές εφαρμογές, καθορίζεται από τις χωρικές και τις χρονικές ιδιότητές του (Joel Segarra et al., 2020).

Οι Sentinel-2 είναι δορυφόροι φέρουν πολυφασματικούς σαρωτές (scanners) και έχουν ως πρωταρχικό στόχο την παροχή δεδομένων υψηλής ανάλυσης στους χρήστες, ώστε να γίνεται εφικτή η παρακολούθηση της χρήσης γης, των κλιματικών μεταβολών και των καταστροφών.

Καλύπτουν παγκοσμίως επιφάνειες της γης από 56° Νότος (S) μέχρι 84° Βοράς (N). Η επεξεργασία των περιοχών καθίσταται εύκολη και ακριβής, χάρη στο ευρύ οπτικό πεδίο των 290km.

Επίσης, μπορούν να καταγράψουν σε 13 μεγάλου πλάτους κανάλια (wide-swath bands), με χωρικές αναλύσεις που κυμαίνονται από 10m έως 60m. Η ανάλυση στα 10m δίνει τη δυνατότητα για πιο λεπτομερή εξερεύνηση της επιφάνειας της γης, που είναι εξαιρετικά χρήσιμη στη γεωργία.

Η χρονική ανάλυση είναι υψηλή, καθώς καταγράφονται πληροφορίες κάθε 5 ημέρες. Ως αποτέλεσμα, οι αλλαγές που συμβαίνουν στις καλλιέργειες μπορούν να παρακολουθούνται αποτελεσματικά (Darius Phiri et al., 2020).

4. Δείκτες NDVI και NDWI

Υπάρχουν αρκετοί δείκτες, ώστε να επισημανθούν οι περιοχές με βλάστηση. Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος δείκτης βλάστησης που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό αλλαγών στη βλάστηση είναι ο NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Maria A. Banti et al., 2019).

Η βασική αρχή είναι ότι τα υγιή φυτά αντανakλούν μεγαλύτερη ποσότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας ενώ απορροφούν περισσότερο στο κόκκινο μήκος κύματος, συγκριτικά με τα μη υγιή φυτά ή με τις ακάλυπτες εδαφικές επιφάνειες.

Ο NDVI υπολογίζεται με βάση τις ποσότητες αντανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο (NIR) και στο κόκκινο (Red), που ανιχνεύονται μέσω δορυφόρου. Βρίσκεται από τον εξής αλγόριθμο:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι από -1, που υποδεικνύει απουσία βλάστησης, μέχρι +1, που υποδεικνύει πυκνή και υγιή βλάστηση (Isaac C. Rhew et al., 2011).

Ο NDWI (Normalized Difference Water Index) είναι ένας ακόμη σημαντικός δείκτης που έχει ισχυρή σχέση με την περιεκτικότητα των φυτών σε νερό. Ανταποκρίνεται γρηγορότερα στις αλλαγές που αφορούν τη διαθεσιμότητα του νερού, συγκριτικά με τον NDVI (Vasileios Liakos et al., 2023).

Υπολογίζεται με βάση την ανάκλαση μεταξύ της κοντινής υπέρυθρης ακτινοβολίας (NIR) και υπέρυθρης ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων (SWIR) του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (Maria Karamihalaki et al., 2016). Υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$

Οι τιμές του NDWI κυμαίνονται από -1 έως +1. Η μικρή περιεκτικότητα νερού στα φύλλα των φυτών σημαίνει χαμηλές τιμές NDWI (Vasileios Liakos et al., 2023).

Ο NDWI χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση του νερού στη βλάστηση και είναι συμπληρωματικός του NDVI, όχι υποκατάστατος αυτού (Maria Karamihalaki et al., 2016).

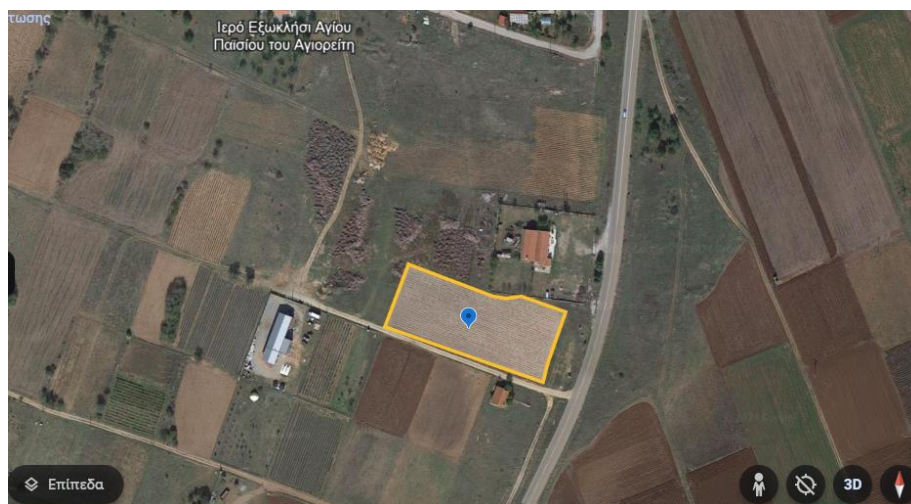
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1. Περιοχή μελέτης

1.1. Στοιχεία περιοχής μελέτης

Η Ξηρολίμνη αποτελεί την περιοχή μελέτης. Είναι ένα ημιορεινό χωριό σε υψόμετρο 700m της περιφερειακής ενότητας Κοζάνης, η οποία βρίσκεται στην περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας.

Μελετήθηκε η καλλιέργεια λεβάντας σε αγρό (τοποθεσία: 40°19'35''N 21°39'56''E, υψόμετρο 684 μέτρα) που βρίσκεται κοντά στο αποστακτήριο της εταιρείας HERBS&OILS και έχει έκταση 5.170,43m². Ο προσανατολισμός είναι βορειοδυτικός.



Εικόνα 3: Τοποθεσία αγροτεμαχίου μελέτης

Όλες οι ετήσιες καλλιεργητικές φροντίδες έγιναν ομοιόμορφα και με τον ίδιο τρόπο που αναφέρει η βιβλιογραφία.

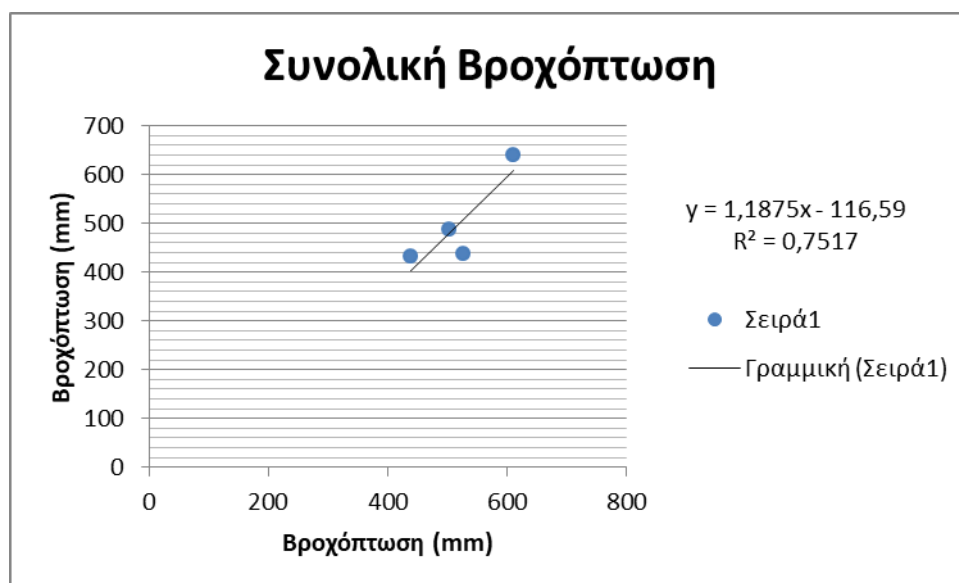
1.2. Εδαφοκλιματικά δεδομένα περιοχής μελέτης

Πραγματοποιήθηκε λήψη κλιματικών δεδομένων από την ιστοσελίδα <https://data.nasa.gov/> για τα έτη 2019, 2020, 2021, 2022 και 2023. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από τη χρήση μετρήσεων από δορυφόρους και μαθηματικά μοντέλα.

Η χρήση δορυφορικών μετεωρολογικών δεδομένων από τη NASA προσφέρονται δωρεάν στο κοινό και περιλαμβάνουν λεπτομερείς μετρήσεις. Τα δορυφορικά μετεωρολογικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες επιστημονικές έρευνες.

Επίσης, υπήρχε η δυνατότητα χρησιμοποίησης μετεωρολογικών δεδομένων από έναν γειτονικό επίγειο μετεωρολογικό σταθμό για τις αντίστοιχες χρονιές. Σκοπός είναι η σύγκριση των δεδομένων από τις δύο πηγές (δορυφορικά δεδομένα και επίγεια δεδομένα), ώστε να αξιολογηθεί η ακρίβεια των δορυφορικών δεδομένων.

γινε σύγκριση των δεδομένων συνολικής βροχόπτωσης από τον επίγειο μετεωρολογικό σταθμό, του οποίου η θέση είναι κοντά στο αγροτεμάχιο που μελετήθηκε, και από τους δορυφόρους της NASA, κατά τα έτη 2019, 2020, 2021 και 2022.



Σχήμα 1: Διάγραμμα σύγκρισης επίγειων και δορυφορικών δεδομένων βροχόπτωσης για τα έτη 2019 έως και 2022

Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 αναφέρεται στην αναλογία της διακύμανσης της μεταβλητής απόκρισης, η οποία εξηγείται από ένα προσαρμοσμένο μοντέλο που σχετίζεται με την απλή λήψη της μέσης τιμής της απόκρισης. Δηλαδή, περιγράφει το πόσο καλά το μοντέλο ταιριάζει στα δεδομένα.

Η τιμή του συντελεστή προσδιορισμού R^2 συνήθως κυμαίνεται από 0 έως 1. Όταν είναι κοντά στο 1, δηλώνει μία σχεδόν τέλεια σχέση μεταξύ των δεδομένων και του μοντέλου, ενώ όταν είναι κοντά στο 0, σημαίνει ότι απλά η προσαρμογή του μέσου όρου είναι ισοδύναμη με το μοντέλο τοποθετήθηκε (Luke J. Saunders et al., 2012).

Από το Διάγραμμα 1, φαίνεται ότι ο R^2 ισούται με 0,7517 (άρα κοντά στην τιμή 1). Συμπερασματικά, υπάρχει δυνατή συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων βροχόπτωσης από τον επίγειο γειτονικό μετεωρολογικό σταθμό και από τα αντίστοιχα δεδομένα από τους δορυφόρους. Επομένως, τα δορυφορικά δεδομένα θεωρούνται ακριβή.

2. Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που μελετήθηκε είναι το αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό λεβάντα, με επιστημονική ονομασία *Lavandula angustifolia*. Η ποικιλία του είδους αυτού προέρχεται από τη Βουλγαρία.



Εικόνα 4: Φυτό λεβάντας, είδος *L. angustifolia*

Η επιχείρηση χρησιμοποιεί μοσχεύματα, τα οποία προέρχονται από μητρικές φυτείες της εταιρείας. Τα φυτά λεβάντας εγκαταστάθηκαν στο αγροτεμάχιο το έτος 2017. Οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 150cm γραμμή από γραμμή και περίπου 35cm επί της γραμμής.



Εικόνα 5: Καλλιέργεια *L. angustifolia*

Ανά δύο με τρία έτη εφαρμόζεται βασική λίπανση (N-P-K) και ανά δύο έτη πραγματοποιείται διαφυλλική λίπανση με ψεκασμό (ιχνοστοιχεία), κατά την άνοιξη. Κάθε έτος, για την αντιμετώπιση των ζιζανίων εφαρμόσθηκαν σκαλίσματα και βοτανίσματα ενώ δε χρησιμοποιήθηκαν ζιζανιοκτόνα. Δεν πραγματοποιήθηκε άρδευση, καθώς η καλλιέργεια λεβάντας χαρακτηρίζεται ως ξηρική.

Η συγκομιδή των φυτών για τα έτη 2019 έως και 2023 έγινε κατά τα τέλη του μήνα Ιουλίου με ειδική μηχανή συγκομιδής με μαχαίρι (μία σειρά). Αν η λεβάντα προορίζεται για ξηρή δρόγη, η συγκομιδή γίνεται όταν έχει ανθίσει το 25-50% των οφθαλμών. Για την παραγωγή αιθέριου ελαίου, η συλλογή της λεβάντας γίνεται όταν έχει μαραθεί το 50% των ανθέων.

Μετά τη συγκομιδή, ρίχνεται χαλκός στον αγρό ως μυκητοκτόνο και βακτηριοκτόνο, καθώς και σαν θρεπτικό στοιχείο στα φυτά, επειδή βοηθάει στη διαδικασία αναπνοής και φωτοσύνθεσης των φυτών.

3. Αιθέριο έλαιο

3.1. Μέθοδος παραλαβής αιθέριου ελαίου

Για την παραλαβή αιθέριου ελαίου του είδους *L. angustifolia*, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της απόσταξης με ξηρό ατμό στο αποστακτήριο της εταιρείας.

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι τα άνθη, τα οποία τοποθετήθηκαν αρχικά μέσα στους άμβυκες (καζάνια) και συμπιέστηκαν, με σκοπό να εξασφαλισθεί η ομοιόμορφη κατανομή τους και να μη διαφύγει ο ατμός. Έπειτα, εισήχθησαν στον αποστακτήρα, όπου κάτω από αυτά διοχετεύθηκε ατμός που παράγεται από τον ατμολέβητα. Κατά διαδικασία της απόσταξης, πραγματοποιούνταν έλεγχος για την ορθότητα αυτής.



Εικόνα 6: Διαδικασία παραλαβής αιθέριου ελαίου λεβάντας με τη μέθοδο της απόσταξης με ξηρό ατμό



Εικόνα 7: Αποστακτήριο

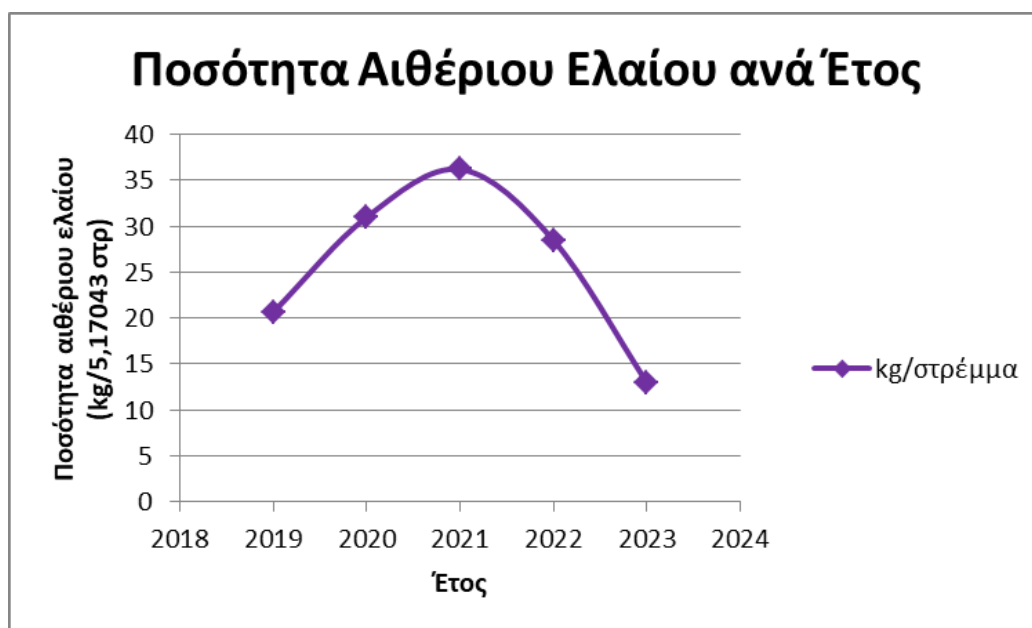
Το αιθέριο έλαιο που λήφθηκε είχε διαυγές προς κίτρινο χρώμα. Αποθηκεύθηκε σε ανοξείδωτα δοχεία που τοποθετήθηκαν σε αποθήκη με χαμηλή θερμοκρασία. Για τη διατήρηση της ποιότητας και προκειμένου να γλυκίσει το άρωμα του ελαίου, απομακρύνθηκε το οξυγόνο με αέριο άζωτο.



Εικόνα 8: Δοχεία αποθήκευσης αιθέριου ελαίου

Όσον αφορά τις αποδόσεις:

- το 2019, η καλλιέργεια έδωσε 4kg αιθέριο έλαιο ανά στρέμμα
- το 2020, η καλλιέργεια έδωσε 6kg αιθέριο έλαιο ανά στρέμμα
- το 2021, η καλλιέργεια έδωσε 7kg αιθέριο έλαιο ανά στρέμμα
- το 2022, η καλλιέργεια έδωσε 5,5kg αιθέριο έλαιο ανά στρέμμα
- το 2023, η καλλιέργεια έδωσε 2,5kg αιθέριο έλαιο ανά στρέμμα.



Σχήμα 2: Διάγραμμα ποσότητας αιθέριου ελαίου λεβάντας για τα έτη 2019, 2020, 2021, 2022 και 2023

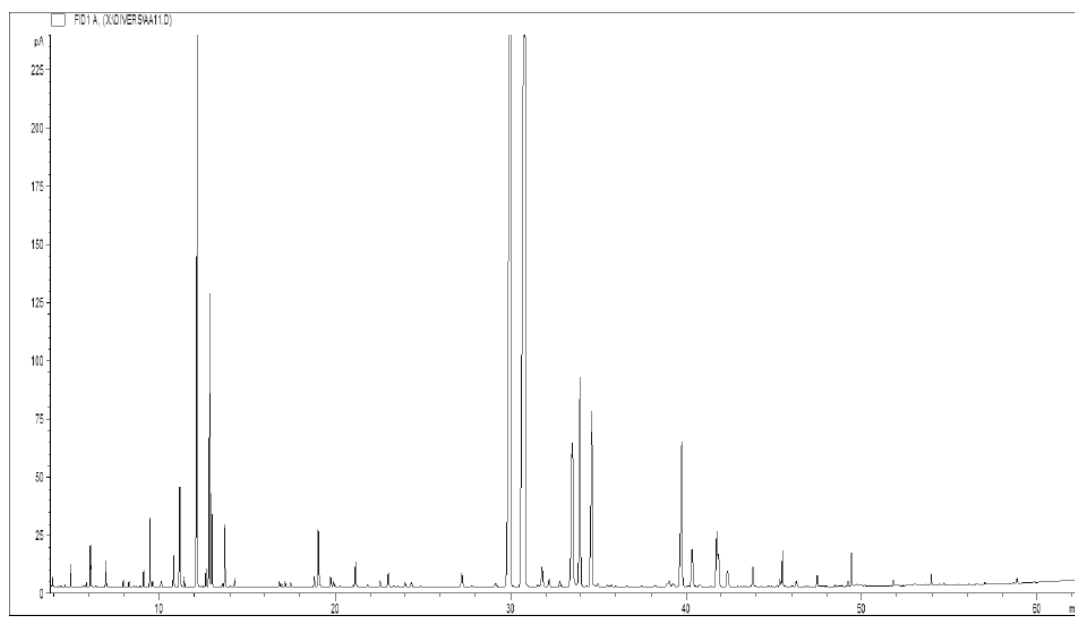
3.2. Ποιοτική ανάλυση

Για τα έτη 2019 έως και 2023, έγινε ποιοτική ανάλυση του αιθέριου ελαίου του *L. angustifolia* σε χημείο, προκειμένου να προσδιοριστούν οι ουσίες. Ο προσδιορισμός των ουσιών έγινε σε αέριο χρωματογράφο, σύμφωνα με το πρότυπο NF ISO 11024.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του αιθέριου ελαίου λεβάντας για το έτος 2019 είναι:

Πίνακας 2: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2019)

LIMONENE (%)	0,36
1,8-CINEOLE (%)	0,89
beta-PHELLANDRENE (%)	0,35
cis-beta-OCIMENE (%)	6,86
trans-beta-OCIMENE (%)	3,43
3-OCTANONE (%)	1,03
CAMPHOR (%)	0,29
LINALOOL (%)	29,38
LINALYL ACETATE (%)	28,28
<u>linalool/linalyl acetate</u>	<u>1,038896747</u>
TERPINENE-4-OL (%)	4,6
LAVANDULYL ACETATE (%)	3,96
LAVANDULOL (%)	0,88
alpha-TERPINEOL (%)	1,11

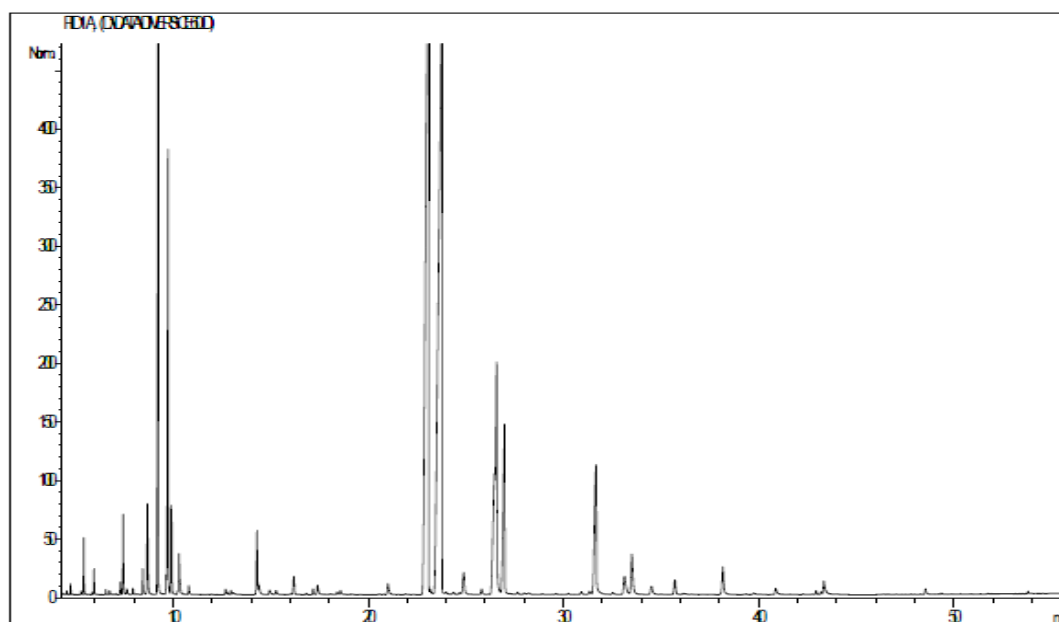


Εικόνα 9: Αποτελέσματα αέριου χρωματογράφου για το αιθέριο έλαιο λεβάντας (2019)

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του αιθέριου ελαίου λεβάντας για το έτος 2020 είναι:

Πίνακας 3: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2020)

LIMONENE (%)	0,32
1,8-CINEOLE (%)	0,31
beta-PHELLANDRENE (%)	Nd
cis-beta-OCIMENE (%)	8,6
trans-beta-OCIMENE (%)	4,75
3-OCTANONE (%)	0,96
CAMPHOR (%)	0,27
LINALOOL (%)	28,06
LINALYL ACETATE (%)	28,59
<u>linalool/linalyl acetate</u>	<u>0,98146205</u>
TERPINENE-4-OL (%)	3,45
LAVANDULYL ACETATE (%)	4,06
LAVANDULOL (%)	0,64
alpha-TERPINEOL (%)	0,25

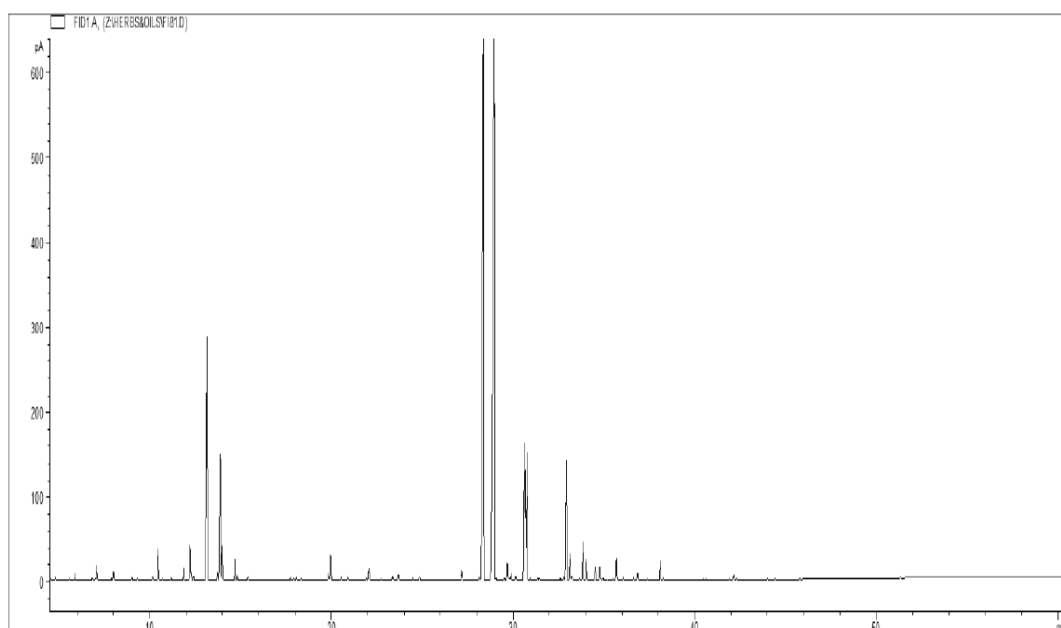


Εικόνα 10: Αποτελέσματα αέριου χρωματογράφου για το αιθέριο έλαιο λεβάντας (2020) 31

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του αιθέριου ελαίου λεβάντας για το έτος 2021 είναι:

Πίνακας 4: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2021)

LIMONENE (%)	0,32
1,8-CINEOLE (%)	1,02
beta-PHELLANDRENE (%)	0,14
cis-beta-OCIMENE (%)	8,05
trans-beta-OCIMENE (%)	3,95
3-OCTANONE (%)	0,91
CAMPHOR (%)	0,31
LINALOOL (%)	26,1
LINALYL ACETATE (%)	32,03
<u>linalool/linalyl acetate</u>	<u>0,814861068</u>
TERPINENE-4-OL (%)	4,41
LAVANDULYL ACETATE (%)	3,67
LAVANDULOL (%)	0,8
alpha-TERPINEOL (%)	1,02

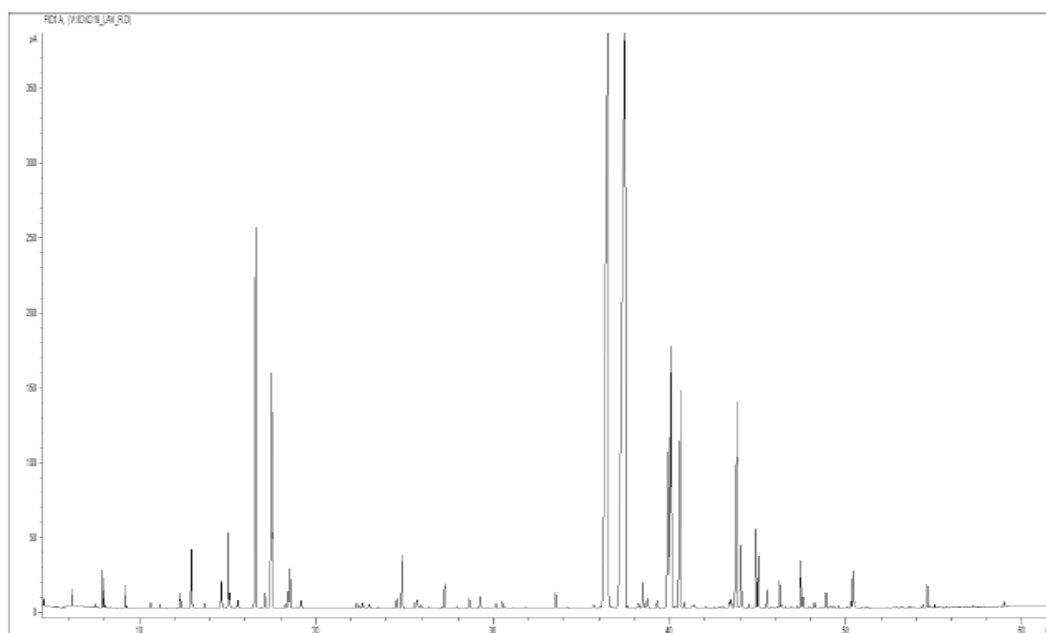


Εικόνα 11: Αποτελέσματα αέριου χρωματογράφου για το αιθέριο έλαιο λεβάντας (2021)

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του αιθέριου ελαίου λεβάντας για το έτος 2022 είναι:

Πίνακας 5: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2022)

LIMONENE (%)	0,35
1,8-CINEOLE (%)	1,02
beta-PHELLANDRENE (%)	0,17
cis-beta-OCIMENE (%)	6,67
trans-beta-OCIMENE (%)	3,47
3-OCTANONE (%)	1,03
CAMPHOR (%)	0,32
LINALOOL (%)	28,84
LINALYL ACETATE (%)	28,36
<u>linalool/linalyl acetate</u>	<u>1,016925247</u>
TERPINENE-4-OL (%)	4,94
LAVANDULYL ACETATE (%)	4,15
LAVANDULOL (%)	0,95
alpha-TERPINEOL (%)	1,04



Εικόνα 12: Αποτελέσματα αέριου χρωματογράφου για το αιθέριο έλαιο λεβάντας (2022)

Τέλος, τα αποτελέσματα της ανάλυσης του αιθέριου ελαίου λεβάντας για το έτος 2023 είναι:

Πίνακας 6: Ουσίες αιθέριου ελαίου λεβάντας (2023)

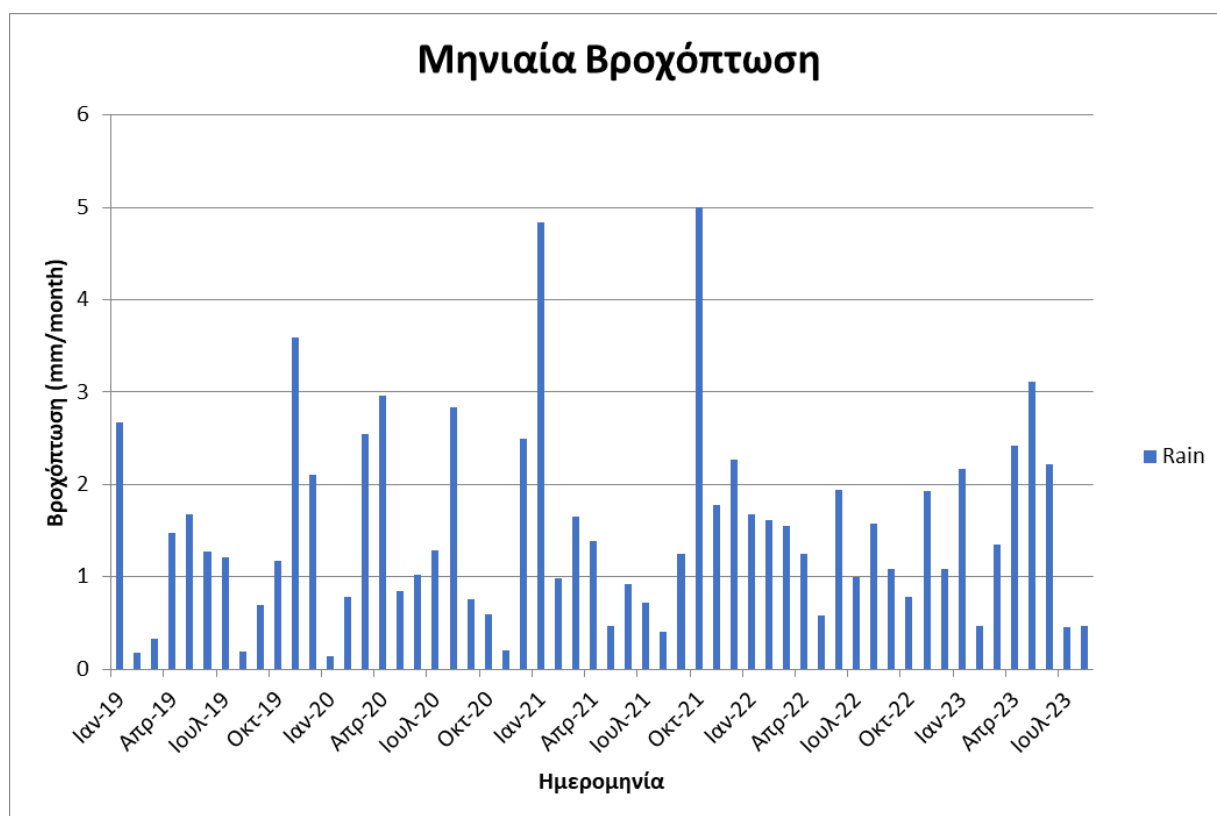
LIMONENE (%)	0,24
1,8-CINEOLE (%)	0,85
beta-PHELLANDRENE (%)	0,08
cis-beta-OCIMENE (%)	8,82
trans-beta-OCIMENE (%)	5,00
3-OCTANONE (%)	0,71
CAMPHOR (%)	0,39
LINALOOL (%)	27,23
LINALYL ACETATE (%)	33,80
<u>linalool/linalyl acetate</u>	<u>0,80</u>
TERPINENE-4-OL (%)	4,55
LAVANDULYL ACETATE (%)	3,96
LAVANDULOL (%)	0,64
alpha-TERPINEOL (%)	0,67

4. Εφαρμογές μεθόδων γεωργίας ακριβείας

4.1. Λήψη δεδομένων

Πραγματοποιήθηκε λήψη μετεωρολογικών δεδομένων από τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό, ο οποίος βρίσκεται στην Ξηρολίμνη, κοντά στο αγροτεμάχιο που μελετήθηκε.

Το κλίμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από ψυχρούς χειμώνες και από σχετικά δροσερά καλοκαίρια, με τους πιο ζεστούς μήνες να είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Κάθε μήνα υπήρξαν βροχοπτώσεις.

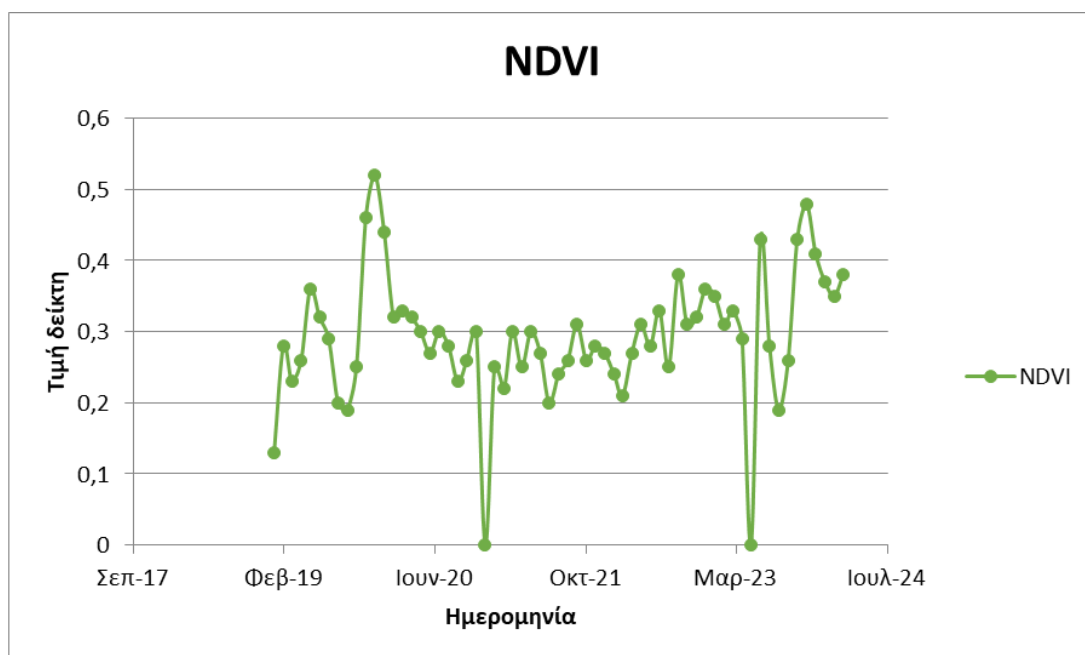


Σχήμα 3: Διάγραμμα με τις μηνιαίες βροχοπτώσεις στην Ξηρολίμνη για τα έτη 2019 έως 2023

4.2. Εξαγωγή δεικτών NDVI και NDWI

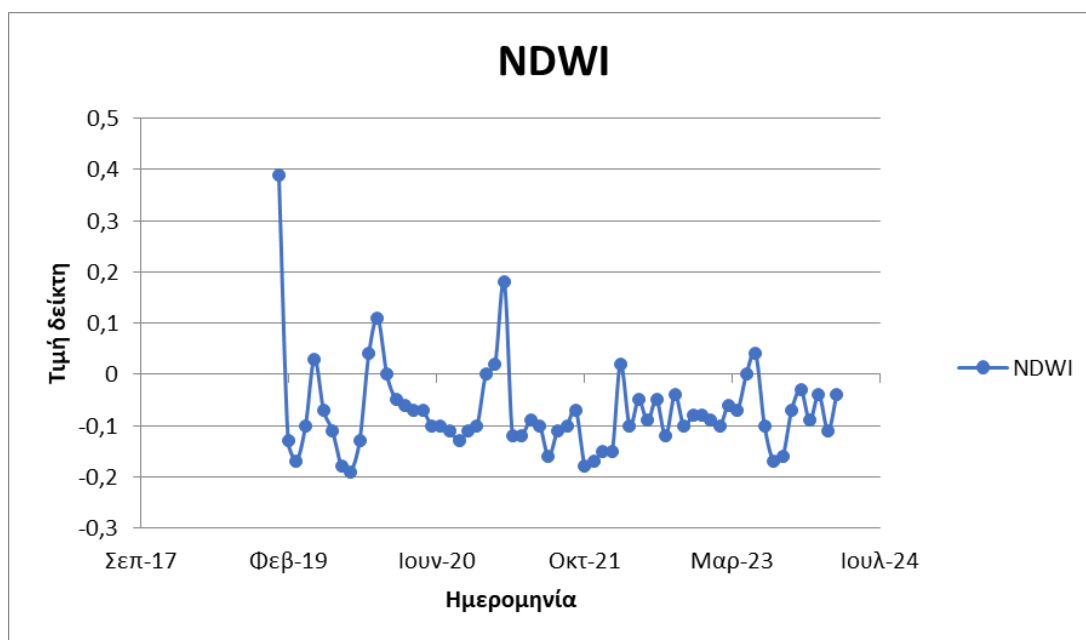
Πραγματοποιήθηκε εξαγωγή των δεικτών NDVI (Normalized difference vegetation index) και NDWI (Normalized difference water index) μέσω του εργαλείου Climate Engine (<https://www.climateengine.org/>).

Το Climate Engine επιτρέπει στους χρήστες να παράγουν χάρτες, αλλά και περιλήψεις χρονολογικών σειρών από περιβαλλοντικά δεδομένα. Παρέχει πρόσβαση στην απεικόνιση, την ανάλυση και τη λήψη δεδομένων παρακολούθησης της Γης, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη κωδικοποίησης. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή αυτή είναι πλήρως προσαρμόσιμη για χρονικές και χωρικές αναλύσεις.



Σχήμα 4: Τιμές NDVI για τα έτη 2019 έως 2023

Ο NDVI κυμάνθηκε κατά μέσο όρο μεταξύ των τιμών 0,25 και 0,34 για τα έτη 2019 έως 2023, με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται το 2020 και το 2023. Οι ακραίες τιμές 0 για τον Δεκέμβριο του 2020 και τον Μάιο του 2023 αποδίδονται στο γεγονός ότι υπήρχε σφάλμα στα δορυφορικά δεδομένα.



Σχήμα 5: Τιμές NDWI για τα έτη 2019 έως 2023

Οι τιμές του NDWI κυμάνθηκαν κατά μέσο όρο μεταξύ -0,05 και -0,11 για τα πέντε αυτά έτη, με τις χαμηλότερες τιμές του δείκτη να εμφανίζονται το 2022.

Οι μικρότερες τιμές NDWI σημαίνουν λιγότερη υγρασία στο φύλλωμα των φυτών κατά τη διάρκεια του έτους. Το γεγονός αυτό φαίνεται και από τα μετεωρολογικά δεδομένα, κυρίως από τις βροχοπτώσεις, καθώς το έτος 2022 η συνολική ποσότητα βροχής ήταν μικρότερη σε σχέση με τα υπόλοιπα τέσσερα έτη.

5. Στατιστική ανάλυση

Χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Excel προκειμένου να υπολογισθούν οι μέσες τιμές θερμοκρασίας, βροχής, σχετικής υγρασίας, θερμοκρασίας δρόσου και ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε μήνα των ετών 2019 έως και 2023. Έπειτα, ακριβώς με τον ίδιο τρόπο υπολογίσθηκαν οι μέσες τιμές των NDVI και NDWI.

Για τη στατιστική ανάλυση των κλιματικών δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics με τη μέθοδο Bivariate correlation (Pearson).

Το λογισμικό IBM SPSS Statistics παρέχει στους χρήστες προηγμένη στατιστική ανάλυση. Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson είναι ένα μέτρο γραμμικής συσχέτισης και επιλέγεται για ποσοτικές μεταβλητές, κανονικά κατανοημένες (<https://www.ibm.com/us-en>).

Οι τιμές των ενώσεων του αιθέριου ελαίου λεβάντας και οι τιμές των βροχοπτώσεων στην περιοχή που βρίσκεται το αγροτεμάχιο μελέτης, καταχωρήθηκαν στο Microsoft Excel, προκειμένου να γίνει συσχέτιση των δεδομένων.

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων αυτών, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics με τη μέθοδο Bivariate correlation (Pearson).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 7: Συσχετίσεις κλιματικών δεδομένων

		Correlations						
		(Tmax-Tmin)/2	Rain	RH	Tdew	Srad	NDVI	NDWI
(Tmax-Tmin)/2	Pearson Correlation	1	-,562**	-,916**	,679**	,871**	-,293*	-,383**
	Sig. (2-tailed)		<,001	<,001	<,001	<,001	,022	,002
	N	64	64	64	64	64	61	61
Rain	Pearson Correlation	-,562**	1	,482**	-,101	-,361**	,183	,318*
	Sig. (2-tailed)	<,001		<,001	,426	,003	,158	,013
	N	64	64	64	64	64	61	61
RH	Pearson Correlation	-,916**	,482**	1	-,776**	-,886**	,344**	,368**
	Sig. (2-tailed)	<,001	<,001		<,001	<,001	,007	,003
	N	64	64	64	64	64	61	61
Tdew	Pearson Correlation	,679**	-,101	-,776**	1	,754**	-,067	-,308*
	Sig. (2-tailed)	<,001	,426	<,001		<,001	,607	,016
	N	64	64	64	64	64	61	61
Srad	Pearson Correlation	,871**	-,361**	-,886**	,754**	1	-,312*	-,289*
	Sig. (2-tailed)	<,001	,003	<,001	<,001		,014	,024
	N	64	64	64	64	64	61	61
NDVI	Pearson Correlation	-,293*	,183	,344**	-,067	-,312*	1	,193
	Sig. (2-tailed)	,022	,158	,007	,607	,014		,136
	N	61	61	61	61	61	61	61

NDWI	Pearson Correlation	-,383**	,318*	,368**	-,308*	-,289*	,193	1
	Sig. (2-tailed)	,002	,013	,003	,016	,024	,136	
	N	61	61	61	61	61	61	61

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Ανάμεσα στη βροχή και στη σχετική υγρασία, υπήρξε έντονη αρνητική συσχέτιση. Αρνητική συσχέτιση παρατηρήθηκε επίσης μεταξύ βροχής και μέσης θερμοκρασίας, καθώς και μεταξύ βροχής και ηλιακής ακτινοβολίας.

Όσον αφορά τη μέση θερμοκρασία, παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ αυτής και σχετικής υγρασίας, αλλά και μεταξύ αυτής και του δείκτη NDWI. Αντιθέτως, βρέθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ μέσης θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας δρόσου.

Θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ σχετικής υγρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας. Παρόμοια συσχέτιση υπήρξε και μεταξύ σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας δρόσου, όπως και σχετικής υγρασίας και NDWI.

Ο NDVI φάνηκε να επηρεάστηκε μόνο από τη σχετική υγρασία, αφού παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ τους.

Τέλος, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση ανάμεσα σε ηλιακή ακτινοβολία και σε θερμοκρασία δρόσου.

Πίνακας 8: Συσχετίσεις NDVI, NDWI, βροχόπτωσης και ουσιών του αιθέριου ελαίου λεβάντας

	NDVI field1	NDWI field1	Rainfall Kozani (average)	Rainfall Kozani (total)	Rainfall Xirolimni (average)	Rainfall Xirolimni (total)	LIMONENE (%)	1,8-CINEOLE (%)	cis-beta-OCIMENE (%)	trans-beta-OCIMENE (%)	3-OCTANONE (%)	CAMPHOR (%)	LINALOOL (%)	LINALYL ACETATE (%)	linalool/linalyl acetate	TERPINENE-4-OL (%)	LAVANDULYL ACETATE (%)	LAVANDULOL (%)	alpha-TERPINEOL (%)
NDVI field1 Pearson Correlation	1	,075	,480	,479	,652	,652	-,573	-,724	,621	,805	-,444	,228	,040	,116	-,060	-,527	,570	-,727	-,879*
NDVI field1 Sig. (2- tailed)		,904	,413	,414	,547	,547	,313	,167	,264	,100	,454	,712	,949	,853	,923	,361	,316	,164	,050
NDWI field1 Pearson Correlation	,075	1	-,048	-,049	,436	,436	-,101	-,611	,588	,421	-,118	-,448	-,377	,102	-,224	-,818	-,512	-,617	-,504
NDWI field1 Sig. (2- tailed)	,904		,938	,938	,713	,713	,871	,274	,297	,480	,850	,450	,531	,870	,717	,091	,378	,267	,386
Rainfall Kozani Pearson Correlation	,480	-,048	1	1,000**	,978	,978	-,957*	,038	,654	,725	-,962**	,888*	-,399	,844	-,704	,095	-,102	-,627	-,261
Rainfall Kozani Sig. (2- tailed)	,413	,938		<,001	,134	,134	,011	,952	,232	,166	,009	,044	,506	,072	,185	,879	,870	,257	,672
Rainfall Kozani (total) Pearson Correlation	,479	-,049	1,000**	1	,978	,978	-,957*	,039	,653	,724	-,962**	,888*	-,398	,844	-,703	,096	-,102	-,627	-,259
Rainfall Kozani (total) Sig. (2- tailed)	,414	,938	<,001		,134	,134	,011	,951	,233	,166	,009	,044	,507	,072	,185	,878	,870	,258	,674
Rainfall Pearson Correlation	,652	,436	,978	,978	1	1,000**	-,998*	-,944	,940	1,000*	-,999*	,900	-,423	,926	-,782	-,566	-,215	-,986	-,959

	Sig. (2-tailed)	,547	,713	,134	,134		<,001	,044	,214	,223	,016	,028	,287	,722	,246	,428	,617	,862	,107	,184
Rainfall Xirolimni	Pearson Correlation	,652	,436	,978	,978	1,000**	1	-,998*	-,944	,940	1,000*	-,999*	,900	-,423	,926	-,782	-,566	-,215	-,986	-,959
	Sig. (2-tailed)	,547	,713	,134	,134	<,001		,044	,214	,223	,016	,028	,287	,722	,246	,428	,617	,862	,107	,184
LIMONENE (%)	Pearson Correlation	-,573	-,101	-,957*	-,957*	-,998*	-,998*	1	,115	-,822	-,861	,988**	-,796	,575	-,874	,797	,115	,168	,770	,444
	Sig. (2-tailed)	,313	,871	,011	,011	,044	,044		,854	,087	,061	,002	,107	,310	,052	,106	,854	,788	,128	,454
1,8-CINEOLE (%)	Pearson Correlation	-,724	-,611	,038	,039	-,944	-,944	,115	1	-,533	-,595	,007	,437	-,111	,265	-,211	,930*	-,335	,681	,921*
	Sig. (2-tailed)	,167	,274	,952	,951	,214	,214	,854		,355	,290	,991	,461	,859	,667	,733	,022	,582	,205	,026
cis-beta-OCIMENE	Pearson Correlation	,621	,588	,654	,653	,940	,940	-,822	-,533	1	,958*	-,791	,317	-,672	,668	-,708	-,633	-,291	-,968**	-,758
	Sig. (2-tailed)	,264	,297	,232	,233	,223	,223	,087	,355		,010	,111	,603	,214	,218	,181	,251	,635	,007	,137
trans-beta-OCIMENE	Pearson Correlation	,805	,421	,725	,724	1,000*	1,000*	-,861	-,595	,958*	1	-,798	,397	-,481	,591	-,579	-,590	-,021	-,972**	-,831
	Sig. (2-tailed)	,100	,480	,166	,166	,016	,016	,061	,290	,010		,105	,508	,412	,294	,306	,295	,973	,006	,081
3-	Pearson Correlation	-,444	-,118	-,962**	-,962**	-,999*	-,999*	,988**	,007	-,791	-,798	1	-,820	,626	-,931*	,854	,041	,292	,720	,330

	Sig. (2-tailed)	,454	,850	,009	,009	,028	,028	,002	,991	,111	,105		,089	,259	,021	,065	,948	,634	,170	,587
		,228	-,448	,888*	,888*	,900	,900	-,796	,437	,317	,397	-,820	1	-,340	,800	-,650	,506	-,064	-,233	,110
CAMPHOR (%)	Sig. (2-tailed)	,712	,450	,044	,044	,287	,287	,107	,461	,603	,508	,089		,575	,104	,235	,385	,919	,706	,860
		,040	-,377	-,399	-,398	-,423	-,423	,575	-,111	-,672	-,481	,626	-,340	1	-,794	,923*	,183	,762	,470	,152
LINALOOL (%)	Sig. (2-tailed)	,949	,531	,506	,507	,722	,722	,310	,859	,214	,412	,259	,575		,109	,026	,768	,134	,424	,807
		,116	,102	,844	,844	,926	,926	-,874	,265	,668	,591	-,931*	,800	-,794	1	-,967**	,124	-,566	-,523	-,059
LINALYL ACETATE	Sig. (2-tailed)	,853	,870	,072	,072	,246	,246	,052	,667	,218	,294	,021	,104	,109		,007	,842	,320	,366	,925
		-,060	-,224	-,704	-,703	-,782	-,782	,797	-,211	-,708	-,579	,854	-,650	,923*	-,967**	1	,000	,677	,532	,105
linalool/linalyl acetate	Sig. (2-tailed)	,923	,717	,185	,185	,428	,428	,106	,733	,181	,306	,065	,235	,026	,007		,999	,209	,357	,867
		-,527	-,818	,095	,096	-,566	-,566	,115	,930*	-,633	-,590	,041	,506	,183	,124	,000	1	,012	,714	,863
TERPINENE-4-OL	Sig. (2-tailed)	,361	,091	,879	,878	,617	,617	,854	,022	,251	,295	,948	,385	,768	,842	,999		,985	,176	,059
		,570	-,512	-,102	-,102	-,215	-,215	,168	-,335	-,291	-,021	,292	-,064	,762	-,566	,677	,012	1	,124	-,281
LAVANDUL	Pearson Correlation																			

Sig. (2-tailed)	,316	,378	,870	,870	,862	,862	,788	,582	,635	,973	,634	,919	,134	,320	,209	,985		,843	,647
LAVANDULOL (%) Pearson Correlation	-,727	-,617	-,627	-,627	-,986	-,986	,770	,681	-,968**	-,972**	,720	-,233	,470	-,523	,532	,714	,124	1	,848
Sig. (2-tailed)	,164	,267	,257	,258	,107	,107	,128	,205	,007	,006	,170	,706	,424	,366	,357	,176	,843		,070
alpha-TERPINEOL Pearson Correlation	-,879*	-,504	-,261	-,259	-,959	-,959	,444	,921*	-,758	-,831	,330	,110	,152	-,059	,105	,863	-,281	,848	1
alpha-TERPINEOL Sig. (2-tailed)	,050	,386	,672	,674	,184	,184	,454	,026	,137	,081	,587	,860	,807	,925	,867	,059	,647	,070	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Η ποιότητα του αιθέριου ελαίου λεβάντας επηρεάστηκε από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ βροχής και ποσότητας λιμονένιου, καθώς και μεταξύ βροχής και 3-οκτανόνης. Ένα αντίθετο μοτίβο βρέθηκε για την καμφορά, αφού παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση ανάμεσα στην ένωση αυτή και στη βροχόπτωση. Η alpha-τερπινεόλη επηρεάστηκε από τον δείκτη NDVI, αφού παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ τους.

Ωστόσο, κανένας από τους κλιματικούς παράγοντες δε φάνηκε να επηρεάζει τα δύο κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου λεβάντας, δηλαδή τη λιναλοόλη και τον οξικό εστέρα της λιναλοόλης.

Όσον αφορά τα συστατικά του ελαίου του *L. angustifolia*, παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας 1,8-κινεόλης και της ποσότητας τερπινέν-4-όλης, καθώς επίσης και μεταξύ λαβανδουλόλης και cis-οκιμένιου, λαβανδουλόλης και trans-οκιμένιου, και οξικού εστέρα της λιναλοόλης και 3-

οκτανόνης. Αντιθέτως, βρέθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ trans-οκιμένου και cis-οκιμένου.

Τέλος, παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στο λόγο λιναλοόλης προς οξικό εστέρα της λιναλοόλης και σε λιναλοόλη, αλλά και ανάμεσα στο λόγο αυτό και σε οξικό εστέρα της λιναλοόλης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη συγκεκριμένη εργασία, διερευνήθηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στην ποιότητα του αιθέριου ελαίου του *Lavandula angustifolia*, το οποίο θεωρείται ένα από τα πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά, με χρήση δορυφορικών εικόνων και τηλεπισκόπησης.

Χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των ποιοτικών αναλύσεων, σε αέριο χρωματογράφο, του αιθέριου ελαίου για τα έτη 2019 έως και 2023. Επιπλέον, λήφθηκαν κλιματικά δεδομένα της περιοχής μελέτης για αυτά τα πέντε έτη από το NASA Power και έγινε σύγκριση αυτών με κλιματικά δεδομένα από γειτονικό επίγειο μετεωρολογικό σταθμό. Σκοπός, ήταν η σύγκριση των δορυφορικών δεδομένων με τα αντίστοιχα επίγεια δεδομένα. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε εξαγωγή των δεικτών NDVI και NDWI με τη βοήθεια του εργαλείου Climate Engine. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics με τη μέθοδο Bivariate correlation, προκειμένου να γίνει συσχέτιση των κλιματικών δεδομένων μεταξύ τους και για τη συσχέτιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του αιθέριου ελαίου με δεδομένα βροχόπτωσης, NDVI και NDWI.

Από τη βιβλιογραφία, φαίνεται ότι το μικροκλίμα μπορεί να έχει επίδραση στην περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο και τη σύνθεση αυτού σε πολλά είδη αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. Συγκεκριμένα, το αιθέριο έλαιο επηρεάζεται αρνητικά από τις βροχοπτώσεις ενώ θετικά από την ατμοσφαιρική θερμοκρασία.

Μελέτη έδειξε ότι η πτώση της θερμοκρασίας ύστερα από βροχόπτωση, έχει αρνητική επίδραση στην παραγωγή αιθέριου ελαίου, καθώς μειώνεται η περιεκτικότητα σε λιναλοόλη. Η βροχή κατά τη διάρκεια της περιόδου συγκομιδής οδηγεί σε μείωση της παραγωγής λιναλοόλης. Επίσης, οι ενώσεις τερπινεν-4-όλη και 1,8-κινεόλη αυξήθηκαν γρήγορα μετά από βροχή με επακόλουθη πτώση της θερμοκρασίας (Hassiotis et al., 2014). Από μελέτη στην Ουγγαρία φάνηκε ότι η βροχή επηρέασε τον λόγο λιναλοόλης προς οξικό εστέρα της λιναλοόλης στο έλαιο του *L. angustifolia* (Ioana Crișan et al., 2023).

Τα αποτελέσματα αυτής της πτυχιακής μελέτης έδειξαν ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ βροχής και καμφοράς, ενώ παρουσιάστηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ βροχής και 3-οκτανόνης, αλλά και ανάμεσα στη βροχή και στο λιμονένιο. Βρέθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ του NDVI και της αλφα-τερπινεόλης. Επίσης, κανένας κλιματικός παράγοντας δε φάνηκε να επηρεάζει τη λιναλοόλη και τον οξικό εστέρα της λιναλοόλης.

Δεν υπάρχουν αρκετά συγκρίσιμα δεδομένα στη βιβλιογραφία με τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας και επομένως, μπορεί να θεωρηθεί σαν πρωτότυπη. Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι χρειάζονται περισσότερες έρευνες, οι οποίες να υποστηρίζουν την επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στην ποιότητα του αιθέριου ελαίου λεβάντας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdelaziz Htitiou, Abdelghani Boudhar & Tarik Benabdelouahab (2021). *Deep Learning-Based Spatiotemporal Fusion Approach for Producing High-Resolution NDVI Time-Series Datasets*, Morocco
- Alexandru Ciocarlan, Lucian Lupascu, Aculina Aricu, Ion Dragalin, Violeta Popescu, Elisabeta-Irina Geana, Roxana Elena Ionete, Nicoleta Vornicu, Octavian G. Dului, Gergana Hristozova & Inga Zinicovscaia (2021). *Chemical Composition and Assessment of Antimicrobial Activity of Lavender Essential Oil and Some By-Products*, Moldova
- Andrea Lubbea & Robert Verpoortea (2011). *Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials*, The Netherlands
- Andrzej Sałata, Halina Buczkowska & Renata Nurzyńska-Wierdak (2020). *Yield, Essential Oil Content, and Quality Performance of Lavandula angustifolia Leaves, as Affected by Supplementary Irrigation and Drying Methods*, Poland
- Antonios Chrysargyris, Christakis Panayiotou & Nikos Tzortzakis (2015). *Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (Lavandula angustifolia Mill.)*, Cyprus
- Aprotosoai A.C., Gille E., Trifan A., Luca V.S. & Miron A. (2017). *Essential oils of Lavandula genus: a systematic review of their chemistry*, Romania
- Aprotosoai A.C., Hancianu M., Costache I.I. & Miron A. (2014). *Linalool: a review on a key odorant molecule with valuable biological properties*, Romania
- Benabdelkader T., Zitouni A., Guitton Y., Jullien F., Maitre D., Casabianca H., Legendre L. & Kameli, A., (2011). *Essential oils from wild populations of*

Algerian Lavandula stoechas L.: composition, chemical variability, and in vitro biological properties, Algeria

- Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosy ,Phytochemistry, Medicinal plants*, Paris
- Burrough P.A. (1986). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford University Press, New York
- C.N. Hassiotis, P.A. Tarantilis, D. Daferera & M.G. Polissiou (2010). *Etherio, a new variety of Lavandula angustifolia with improved essential oil production and composition from natural selected genotypes growing in Greece*, Greece
- C.N. Hassiotis, F. Ntana, D.M. Lazari, S. Poullos & K.E. Vlachonasios (2014). *Environmental and developmental factors affect essential oil production and quality of Lavandula angustifolia during flowering period*, Greece
- Da Porto C., Decorti D. & Kikic I.D. (2009). *Flavour compounds of Lavandula angustifolia L. to use in food manufacturing: Comparison of three different extraction methods*
- Danh L.T., Han L.N., Triet N.D.A., Zhao J., Mammucari R. & Foster N. (2012). *Comparison of Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Lavender (Lavandula angustifolia L.) Essential Oils Extracted by Supercritical CO₂, Hexane and Hydrodistillation*
- Darius Phiri, Matamyo Simwanda, Serajis Salekin, Vincent R. Nyirenda, Yuji Murayama & Manjula Ranagalage (2020). *Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review*,
- Duskova E., Dusek K., Indrak P. & Smekalova K. (2016). *Postharvest changes in essential oil content and quality of lavender flowers*, Czech Republic
- European Medicines Agency. *Guideline on Good Agricultural and Collection Practice (GACP) for Starting Materials of Herbal Origin*
- Filintas Agathos, Gougoulas Nikolaos & Papachatzis Alexandros (2020). *Soil's Plant Available Water and Nitrogen Inorganic Modeling and Digital GIS Mapping of Winter Wheat, Utilizing Precision Agriculture*,

Geostatistical Models, Soil's pH, Water Holding Capacity, Sand, Clay and Silt, Greece

Gemtos T.A., Markinos Ath., Toullos L., Pateras D. & Zerva G. (2003). *A Precision Farming Application in the Small Cotton Farms of Greece, Greece*

Giannoulis K.D., Evangelopoulos V., Gougoulas N. & Wogiatzi E. (2020). *Lavender Organic Cultivation Yield and Essential Oil Can Be Improved by Using Bio-Stimulants, Larissa, Greece*

Guitton Y., Nicolè F., Moja S., Valot N., Legrand S., Jullien F. & Legendre L. (2010). *Differential accumulation of volatile terpene and terpene synthase mRNAs during lavender (*Lavandula angustifolia* and *L. x intermedia*) inflorescence development, France*

Integrated Taxonomic Information System (ITIS), 2019. *Lavandula angustifolia*. Taxonomic Serial No.: 503344

Ioana Crișan, Andreea Ona, Dan Vârban, Leon Muntean, Rodica Vârban, Andrei Stoie, Tania Mihăiescu & Adriana Morea (2023). *Current Trends for Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) Crops and Products with Emphasis on Essential Oil Quality, Romania*

Ioannis N. Pasias, Dimitris D. Ntakoulas, Kalomoira Raptopoulou, Chrysavgi Gardeli & Charalampos Proestos (2021). *Chemical Composition of Essential Oils of Aromatic and Medicinal Herbs Cultivated in Greece—Benefits and Drawbacks, Athens, Greece*

Isaac C. Rhew, Ann Vander Stoep, Anne Kearney, Nicholas L. Smith & Matthew D. Dunbar (2011). *Validation of the Normalized Difference Vegetation Index as a Measure of Neighborhood Greenness, New York*

Joel Segarra, Maria Luisa Buchailot, Jose Luis Araus & Shawn C. Kefauver (2020). *Remote Sensing for Precision Agriculture: Sentinel-2 Improved Features and Applications, Spain*

Kimbrough K. & Swift C. (2009). *Growing Lavender in Colorado, Colorado*

- Luke J. Saunders, Richard A. Russell & David P. Crabb (2012). *The Coefficient of Determination: What Determines a Useful R^2 Statistic?*, London, United Kingdom
- Maguire D.J. (1991). *An overview and definition of GIS. In D.J. Maguire et al. (ed.) Geographical information systems: Principles and applications*
- Maria A. Banti, Kyriakos Kiachidis & Alexandra Gemitzi (2019). *Estimation of spatio-temporal vegetation trends in different land use environments across Greece, Greece*
- Maria Karamihalaki, Stavros Stagakis, Olga Sykioti, Aris Kyparissis & Issaak Parcharidis (2016). *Monitoring Drought Effects on Mediterranean conifer forests using Spot-vegetation NDVI and NDWI timeseries, Greece*
- Masetto M.A.M., Deschamps C., Mógor A.F. & Bizzo H.R. (2011). *Yield and composition of essential oil from inflorescences and leaves of lavender (*Lavandula dentata* L.) in different flower development stages and harvest times, Brasil*
- Mei Wang, Jianping Zhao, Zulfiqar Alia, Cristina Avontoa, & Ikhlas A. Khana, (2021). *A novel approach for lavender essential oil authentication and quality assessment, USA*
- Miroslav Habán, Joanna Korczyk-Szabó, Simona Čerteková & Katarína Ražná (2023). *Lavandula Species, Their Bioactive Phytochemicals, and Their Biosynthetic Regulation, Slovakia*
- R Rosle, NN Che'Ya, NA Roslin, RM Halip & MR Ismail (2019). *Monitoring Early Stage of Rice Crops Growth using Normalized Difference Vegetation Index generated from UAV, Malaysia*
- Shahriar Abdullah & Dhruvo Barua (2022). *Combining Geographical Information System (GIS) and machine learning to monitor and predict vegetation vulnerability: An Empirical Study on Nijhum Dwip, Bangladesh, Bangladesh*

Upton T. & Andrews S. (2004). *The genus Lavandula*, Royal Botanic Gardens, Kew

Vasileios Liakos, Ioannis E. Navrozidis, Eleni I. Koutsogeorgiou, Nikoloz E. Gogolashvili, Eugenia Samourgkanidou, Ioannis Faraslis, Ioannis Gravalos, Thomas Thomidis & Stefanos S. Andreadis (2023). *Analyzing On-Farm Spatiotemporal Distribution of Halyomorpha halys (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) Populations from a Precision Agriculture Perspective*, Greece

Vladilena Girbu, Adina Organ, Marina Grinco, Tamara Cotelea, Nicon Ungur, Alic Barba & Veaceslav Kulcitki (2023). *Identification, quantitative determination and isolation of pomolic acid from lavender (Lavandula angustifolia Mill.) wastes*, Republic of Moldova

Vouzounis N.A., Dararas V.E. & Georghiou G. (2003). *Chemical Control of Weeds in the Aromatic Crops Lavender, Oregano and Sage*, Nicosia, Cyprus

Δόρδας Χ. (2012). *Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά*, Θεσσαλονίκη

Κατσιώτης Σ. και Χατζοπούλου Π. (2010). *Αρωματικά φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια*, Θεσσαλονίκη

Κουτσός Θ. Β. (2006). *Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά*, Θεσσαλονίκη

Μαλούπα Ε., Γρηγοριάδου Κ., Λάζαρη Δ., & Κρίγκας Ν. (2013). *Καλλιέργεια, Μεταποίηση & Διασφάλιση Ποιότητας Των Ελληνικών Αρωματικών - Φαρμακευτικών Φυτών: Βασικές Αρχές Καθετοποιημένης Παραγωγής*, Καβαλα

<https://herbsandoils.gr/>

<https://www.ibm.com/us-en>

<https://data.nasa.gov/>

<https://www.climateengine.org/>