

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας
Τμήμα Φυτικής Παραγωγής

**Διερεύνηση της φυτοτοξικότητα των συστατικών
των αιθέριων ελαίων
(Evaluation of phytotoxicity of essential oil
constitutes)**

Πτυχιακή Εργασία
Σανίδας Βάιος

Λάρισα 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ
1.1	Αιθέρια έλαια
1.2	Φυσικές ιδιότητες των αιθέριων ελαίων
1.3	Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων
1.4	Ανάλυση των αιθέριων ελαίων
1.5	Χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων
1.6	Παραλαβή των αιθέριων ελαίων
1.6.1	Μέθοδοι παραλαβής των αιθέριων ελαίων
1.7	Συστατικά των αιθέριων ελαίων
1.8	Αιθέρια έλαια και αλληλοπάθεια
1.9	Σκοπός της πειραματικής εργασίας
2	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ
2.1	Υλικά και Μέθοδοι
2.1.1	Διαδικασία βιοδοκιμής
2.2	Αποτελέσματα και συζήτηση
2.3	Συμπεράσματα
3	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αιθέρια έλαια

Η χρήση των αιθέριων ελαίων από τον άνθρωπο ξεκίνησε πριν από περίπου 4000 χρόνια. Ήδη στη Βίβλο αναφέρονται στοιχεία για τη χρήση αρωματικών φυτών και των ελαίων τους για θεραπευτικούς, αλλά και λατρευτικούς σκοπούς. Ειδικότερα, οι αρχαίοι Αιγύπτιοι τα χρησιμοποιούσαν ευρύτατα για τη δημιουργία καλλυντικών, αλλά και κατά τη διαδικασία βαλσάμωσης των νεκρών τους. Εντούτοις, στην Κίνα, τα αιθέρια έλαια και οι χρήσεις τους ήταν γνωστά πολύ πριν αυτά χρησιμοποιηθούν από τους αρχαίους Αιγυπτίους. Σταδιακά η χρήση τους έγινε γνωστή στους αρχαίους Έλληνες και Ρωμαίους, οι οποίοι με τη σειρά τους μετέδωσαν τη χρήση των αιθέριων ελαίων στην υπόλοιπη Ευρώπη. Κατά το Μεσαίωνα, τα αιθέρια έλαια χρησιμοποιήθηκαν για λατρευτικούς σκοπούς. Το παλαιότερο μάλιστα γραπτό κείμενο για χρήση αιθέριων ελαίων στην Αγγλία χρονολογείται από το 13^ο αιώνα. Από τότε παρατηρείται και μεγάλη αύξηση τόσο στην παραγωγή αρωματικών ελαίων όσο και στη χρήση τους σε διάφορες μορφές θεραπείας ασθενειών. Στις μέρες μας, το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, των παραγωγών, αλλά και των καταναλωτών για τα αρωματικά φυτά και τα παράγωγά τους αυξήθηκε σημαντικά, εξαιτίας της αποδοχής αυτών από την ιατρική κοινότητα ως πολύτιμα μέσα για τη διατήρηση της ψυχικής και σωματικής υγείας. Επιπλέον, οι έρευνες στράφηκαν στη μελέτη των παραπάνω φυτών, εξαιτίας της ανάγκης εξεύρεσης φυτικών προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα βιολογικής ή ολοκληρωμένης διαχείρισης γεωργικών προϊόντων (Βογιατζή-Καμβούκου, 2004; Σκρουμπής, 1998).

Τα αιθέρια έλαια είναι πολυσύνθετα μίγματα οργανικών ουσιών, ελάχιστα υδατοδιαλυτά, τα οποία σε κανονικές θερμοκρασίες εξατμίζονται χωρίς να αφήνουν υπολείμματα. Αναδύουν χαρακτηριστική οσμή και έχουν έντονα καυστική ή πικρή γεύση. Η επίδρασή τους στον άνθρωπο είναι εξαιρετικά πολύμορφη. Ασκούν δράση αντιβακτηριδιακή, αντιφλεγμονώδη, ηρεμιστική, σπασμολυτική και κατασταλτική. Η σύνθεση των αιθέριων ελαίων διαφέρει στα διάφορα είδη ή και ποικιλίες φυτών. Το άρωμα κάθε αιθέριου ελαίου είναι η συνισταμένη όλων των συστατικών του, από

τα οποία μερικά παίζουν σπουδαίο ρόλο στον τελικό τόνο αυτού. Για το λόγο αυτό, σε ορισμένα αιθέρια έλαια η παρουσία ενός συστατικού 1% ή και μικρότερη προσδίδει σε αυτό το χαρακτηριστικό άρωμά του (Βογιατζή-Καμβούκου, 2004; Σκρουμπής, 1998).

Τα αρωματικά φυτά οφείλουν την ευχάριστη οσμή τους στην παρουσία των αιθέριων ελαίων στους ιστούς τους. Πήραν το όνομά τους από τον αιθέρα, ο οποίος είναι πτητικός, καθώς και από τη λιπαρή υφή τους. Από χημικής πλευράς πρόκειται για μείγματα πρώτων υλών, των οποίων τα κύρια συστατικά είναι: α) *οξυγονούχα*, τα οποία προσδίδουν το χαρακτηριστικό άρωμα και β) *μη οξυγονούχα*, που έχουν μηδαμινή συμβολή στο άρωμα (Βογιατζή-Καμβούκου, 2004).

Σύμφωνα με τον Σκρουμπή (1998), επιστημονικές μελέτες έδειξαν ότι τα αιθέρια έλαια ως ουσίες δευτερογενούς μεταβολισμού συμβάλλουν σημαντικά στην ολοκλήρωση φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών όπως:

- Προστατεύουν τα φυτά από τους εχθρούς (έντομα, ακάρεα) και τους παθογόνους μικροοργανισμούς, εξαιτίας της απωθητικής δράσης τους που αποτρέπει την εγκατάσταση αυτών (εχθρών) στα διάφορα φυτικά όργανα.
- Προστατεύουν τα φυτά από τις υψηλές θερμοκρασίες μέσω της εξάτμισής τους.
- Το ρητινώδες περιεχόμενο πολλών αιθιαλών φυτών συμβάλλει στην κάλυψη των πληγών του φλοιού και έτσι αποφεύγεται η σήψη των φυτικών ιστών.
- Σε ορισμένα είδη επιτυγχάνεται η καλύτερη γονιμοποίηση των ανθέων και η σταυρογονιμοποίηση των μη αυτογονιμοποιούμενων φυτών, εφόσον το άρωμα των λουλουδιών προσελκύει τα έντομα - επικονιαστές.
- Εισέρχονται στους μεσοκυττάρους χώρους των φυτών και τα καθιστούν πιο ανθεκτικά στην ξηρασία, διότι μειώνουν τη διαπνοή.
- Αυξάνουν την ταχύτητα κυκλοφορίας των θρεπτικών ουσιών που ρυθμίζουν τον μεταβολισμό των φυτών.
- Δρουν καταλυτικά στο μεταβολισμό των γλυκοζιτών και άλλων ουσιών.
- Πιθανώς να δρουν ως ορμόνες που προάγουν διάφορες λειτουργίες στα φυτά.
- Προστατεύουν τα φυτά από το ψύχος, διότι σε ορισμένες περιπτώσεις η εξάτμισή τους δημιουργεί προστατευτικό νέφος γύρω από τα φυτά.

- Στη διάρκεια της περιόδου αναπαραγωγής μετακινούνται από τα πράσινα μέρη του φυτού προς τα αναπαραγωγικά όργανα και ένα μέρος από αυτά αξιοποιείται, ενώ το υπόλοιπο επιστρέφει στην αρχική θέση του.

1.2. Φυσικές ιδιότητες των αιθέριων ελαίων

Τα περισσότερα αιθέρια έλαια σε θερμοκρασία δωματίου είναι υγρά, άχρωμα ή ελαφρώς κίτρινα ή διαφανή. Εξαιρέση αποτελούν μερικά αιθέρια έλαια που είναι έγχρωμα, όπως για παράδειγμα του χαμομηλιού, που είναι μπλε λόγω της παρουσίας του αζουλενίου. Όλα τα αιθέρια έλαια έχουν χαρακτηριστική οσμή και οξεία γεύση. Η πυκνότητά τους κυμαίνεται από 0,75 έως 1,182 g/ml, αλλά τα περισσότερα είναι ελαφρύτερα του νερού και μόνο ελάχιστα είναι βαρύτερα π.χ. το αιθέριο έλαιο της κανέλας και του γαρυφάλλου. Είναι πολύ λίγο διαλυτά στο νερό (αρκεί στο να δώσουν στο νερό την αντίστοιχη οσμή και γεύση), είναι όμως διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες. Στην καθαρή αλκοόλη διαλύονται πλήρως, ενώ σε αλκοόλη με διαφορετικούς βαθμούς καθαρότητας η διαλυτότητά τους διαφοροποιείται. Διαλύονται πολύ καλά στο εξάνιο, το χλωροφόρμιο, τον πετρελαϊκό αιθέρα και το διθειάνθρακα. Σχεδόν όλα τα αιθέρια έλαια είναι οπτικά ενεργά και είναι ουδέτερης ή όξινης αντίδρασης (Παπαδοπούλου, 2002).

1.3. Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων

Βιοσύνθεση ονομάζεται η σύνθεση χημικών ουσιών που γίνεται μέσα σε ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα, είναι μία σειρά διαφόρων χημικών αντιδράσεων, που γίνονται μέσα στους φυτικούς ιστούς και καταλήγουν στο σχηματισμό διαφόρων ουσιών. Παρατηρήθηκε ότι η μεγαλύτερη ποσότητα αιθέριου ελαίου βρίσκεται στα αυξητικά και νεαρής ηλικίας όργανα του φυτού. Μεγάλες διαφορές υπάρχουν στη χημική σύνθεση των αιθέριων ελαίων που λαμβάνονται στην αρχή και στο τέλος της βλαστικής περιόδου, καθώς επίσης και στο αιθέριο έλαιο νεαρών και ώριμων φύλλων του ίδιου φυτού (Σκρουμπής, 1998).

1.4. Ανάλυση των αιθέριων ελαίων

Η ποιότητα των αιθέριων ελαίων εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες τους, των οποίων οι κυριότερες είναι: το ειδικό βάρος, η διαλυτότητα, ο δείκτης διαθλάσεως, το σημείο ζέσεως και η χημική σύσταση.

Η κυριότερη χημική μέθοδος ανάλυσης των αιθέριων ελαίων είναι η αέριο-χρωματογραφία που είναι γρήγορη, χρειάζεται μικρές ποσότητες αιθέριων ελαίων και προσδιορίζει με μεγάλη ακρίβεια τα συστατικά τους. Ο φασματογράφος μάζας αποτελεί μια άλλη μέθοδο ανάλυσης, ενώ πλήρης ανάλυση ενός μίγματος πετυχαίνεται με συνδυασμό και των δυο μεθόδων (Παπαδοπούλου, 2002).

1.5. Χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων

Γενικά, τα συστατικά των αιθέριων ελαίων χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες. Στα οξυγονούχα και στα μη οξυγονούχα. Στα πρώτα περιλαμβάνονται οι αλκοόλες, οι αλδεΐδες, οι κετόνες, οι φαινόλες, τα οξέα και οι εστέρες που είναι τα συστατικά στα οποία οφείλεται το χαρακτηριστικό άρωμα των αιθέριων ελαίων. Στα δεύτερα περιλαμβάνονται οι υδρογονάνθρακες, των οποίων η σημασία είναι μικρή εφόσον η συμβολή τους στο άρωμα των αιθέριων ελαίων είναι μικρή ή μηδαμινή (Σκρουμπής, 1998).

1.6. Παραλαβή των αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται από τα αρωματικά φυτά με διάφορες μεθόδους. Για την εκλογή της κατάλληλης μεθόδου λαμβάνονται υπόψη οι κάτωθι παράμετροι (Σκρουμπής, 1998):

- το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού
- η περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέριο έλαιο
- η αξία του αιθέριου ελαίου
- η χημική σύνθεση των διαφόρων συστατικών του αιθέριου ελαίου
- οικονομικοί παράγοντες

1.6.1. Μέθοδοι παραλαβής των αιθέριων ελαίων

A. απόσταξη

Είναι η πιο απλή, οικονομική και ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την παραλαβή των αιθέριων ελαίων από όλα σχεδόν τα αρωματικά φυτά. Η απλούστερη μορφή της είναι η παραλαβή των αιθέριων ελαίων από κάποιο φυτικό υλικό η οποία επιτυγχάνεται με θέρμανση αυτού και συμπύκνωση με ψύξη των παραγόμενων ατμών. Κατά τη συμπύκνωση, το αιθέριο έλαιο που έχει διαφορετικό ειδικό βάρος από εκείνο του νερού διαχωρίζεται από αυτό και σχηματίζονται δύο φάσεις, δηλαδή αυτή της υδάτινης και αυτή του ελαίου.

B. εκχύλιση

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την παραλαβή των αιθέριων ελαίων κυρίως από άνθη ή άλλα φυτικά υλικά που είναι ευπαθή στην απόσταξη. Η παραλαβή μπορεί να γίνει 1. με πτητικούς διαλύτες, 2. με ψυχρό λίπος και 3. με θερμό λίπος.

Γ. μηχανική παραλαβή

Στη περίπτωση αυτή τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται μόνο με μηχανικά μέσα. Τέτοιες μηχανές χρησιμοποιούνται στους ξηρούς καρπούς, καθώς και στους φλοιούς των εσπεριδοειδών. Είναι πιεστήρια που έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα ελαιοτριβεία. Αντίθετα, για τους φλοιούς των εσπεριδοειδών χρησιμοποιούνται ειδικά μηχανήματα που είτε τους ξύνουν είτε τους τρυπούν με αποτέλεσμα να ελευθερώνουν τα αιθέρια έλαια που στη συνέχεια με ειδική κατεργασία διαχωρίζονται από τα στερεά υπολείμματα.

1.7. Συστατικά των αιθέριων ελαίων

Τα 19 πιο σημαντικά συστατικά που περιέχονται στα αιθέρια έλαια και για τα οποία υπάρχουν ενδείξεις από προηγούμενες μελέτες, ότι πιθανόν έχουν φυτοτοξική δράση, είναι τα εξής:

1. Anethole: Η ανηθόλη είναι το κύριο συστατικό πολλών αιθέριων ελαίων, συμπεριλαμβανομένων του γλυκάνισου (*Illicium verum*), και του γλυκού μάραθου (*Foeniculum vulgare* Mill. var. dulce). Έχει πλούσια χαρακτηριστική αρωματική γεύση και χρησιμοποιείται τόσο εμπορικά όσο και βιομηχανικά.

2. Thymol: Η θυμόλη είναι μια μονοκυκλική φαινολική ένωση η οποία προέρχεται από το αιθέριο έλαιο του θυμαριού (*Thymus vulgaris*). Κυρίως βρίσκει εφαρμογή στα οδοντιατρικά σκευάσματα για να σκοτώσει την οσμή που παράγουν τα βακτήρια. Χρησιμοποιείται επίσης για τις αντιμικροβιακές της και τις αντιοξειδωτικές της ιδιότητες.

3. trans-2-Decenal: Είναι το κύριο συστατικό του φυτού *Elettariopsis curtisii* Baker, καθώς επίσης βρίσκεται και σε διάφορα άλλα φυτά συμπεριλαμβανομένων του κόλιανδρου (*Coriandrum sativum*), του καρπουζιού και του πορτοκαλιού. Επίσης βρίσκεται στο ελαιόλαδο και στο μεσοκάρπιο του αβοκάντο, και χαρακτηρίζεται για την αντιμικροβιακή του δράση.

4. Thujone: Η θουγιόνη είναι κετόνη και μονοτερπένιο που εμφανίζεται σε δύο μορφές: (-)-α-Thujone και (+)-β-Thujone. Βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στην αρτεμισία (*Artemisia absinthium* L.) και φαίνεται να έχει παραισθησιογόνο δράση στον άνθρωπο.

5. 4-Allylanisole: Η εστραγκόλη βρίσκεται στην ελαιορητήνη διαφόρων ειδών πεύκων, και είναι γνωστή για την απωθητική δράση που έχει κατά των σκαθαριών.

6. Decanal: Πρόκειται για αλδεΰδη και είναι το βασικό συστατικό μαζί με το octanal, που προσδιορίζουν τη χαρακτηριστική οσμή των εσπεριδοειδών.

7. Methyl cinnamate: Είναι μεθυλεστέρας και πρόκειται για λευκό ή διαφανές στερεό με έντονη αρωματική οσμή. Στον ευκάλυπτο βρίσκεται σε μεγάλη περιεκτικότητα, αλλά επίσης συναντάται σε μερικές ποικιλίες βασιλικού και σε

φρούτα όπως η φράουλα. Στη βιομηχανία χρησιμοποιείται για τη γεύση και το άρωμά του. Έχει φρουτώδες γεύση και γλυκό άρωμα.

8. Eucalyptol: Η ευκαλυπτόλη είναι το κύριο συστατικό του αιθέριου ελαίου του ευκαλύπτου, και συλλέγεται από διάφορα είδη ευκαλύπτου, συμπεριλαμβανομένων των *Eucalyptus globulus* και *Eucalyptus polybractea*, ενώ η *Melaleuca alternifolia* είναι η κύρια εμπορική πηγή του αιθέριου ελαίου και είναι γνωστή ως δέντρο του τσαγιού.

9. Myrcene: Η μυρσίνη είναι φυσική οργανική ένωση και κατατάσσεται στα μονοτερπένια. Πρόκειται για συστατικό του αιθέριου ελαίου διαφόρων φυτών συμπεριλαμβανομένων του ylang-ylang, του άγριου θυμαριού και του λυκίσκου.

10. β-Pinene: Το β-πινένιο είναι συστατικό του αιθέριου ελαίου του δενδρολίβανου, του μαϊντανού, του άνηθου, του βασιλικού και του τριαντάφυλλου. Η μυρωδιά του μοιάζει με αυτή του πεύκου. Είναι επίσης σημαντικό συστατικό του αρώματος και της γεύσης του λυκίσκου.

11. Limonene: Το λιμονένιο παίρνει το όνομά του από το λεμόνι, καθώς αυτή η ένωση βρίσκεται σε σημαντικές ποσότητες στη φλούδα του, όπως και σε άλλα εσπεριδοειδή, και η οποία ένωση συμβάλλει στην οσμή τους. Εμπορικά το λιμονένιο χρησιμοποιείται σε προϊόντα καθαρισμού.

12. Fenchone: Περιέχεται στο αιθέριο έλαιο του μάραθου και χρησιμοποιείται για τη γεύση του σε τρόφιμα και στην αρωματοποίηση.

13. Carvacrol: Η καρβακρόλη είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά του ελαίου της ρίγανης και του θυμαριού. Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι φαίνεται να αλληλεπιδρά με την κυτταρική μεμβράνη των βακτηρίων, καθιστώντας την διαπερατή.

14. Carvone: Η καρβόνη ανήκει στα τερπενοειδή και περιέχεται στα έλαια της μέντας, του δυόσμου, του άνηθου και στους σπόρους από κύμινο. Το άρωμά της επίσης θυμίζει κύμινο.

15. α -Pinene: Το α -πινένιο είναι μια οργανική ένωση που ανήκει στα τερπένια. Βρίσκεται στα έλαια πολλών ειδών κωνοφόρων δέντρων, και ιδίως στο πεύκο. Βρίσκεται επίσης στο αιθέριο έλαιο του δεντρολίβανου (*Rosmarinus officinalis*).

16. Ocimen: Πρόκειται για μονοτερπένιο και βρίσκεται εντός μιας ποικιλίας φρούτων αλλά και άλλων φυτών. Έχει ευχάριστη οσμή και χρησιμοποιείται στην αρωματοποιία.

17. p-Cymene: Το κυμένιο είναι μια φυσική αρωματική ένωση και αποτελεί συστατικό του αιθέριου ελαίου του κύμινου και του θυμαριού.

18. Eugenol: Η ευγενόλη βρίσκεται στα αιθέρια έλαια του γαρύφαλλου (μπαχαρικό), του μοσχοκάρυδου, της κανέλας, του βασιλικού και της δάφνης. Έχει πικάντικη γεύση και άρωμα όπως το γαρύφαλλο. Το όνομά της προέρχεται από την επιστημονική ονομασία του γαρύφαλλου, *Eugenia aromaticum* ή *Eugenia caryophyllata*.

19. Linalool: Η λιναλοόλη είναι μια χημική ουσία που περιέχεται σε πολλά λουλούδια και μπαχαρικά. Έχει πολλές εμπορικές εφαρμογές, η πλειοψηφία των οποίων βασίζονται στην ευχάριστη μυρωδιά της.

1.8. Αιθέρια έλαια και αλληλοπάθεια

Ο όρος αλληλοπάθεια αναφέρεται στο φαινόμενο της παραγωγής και απελευθέρωσης στο περιβάλλον τοξικών χημικών ουσιών από τα φυτά. Οι ουσίες αυτές είναι προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού (δε συμμετέχουν σε κάποια γνωστή φυσιολογική λειτουργία) και αναστέλλουν το φύτρωμα ή περιορίζουν την

ανάπτυξη των φυτών που ανήκουν στις περισσότερες περιπτώσεις, σε διαφορετικά είδη (Βασιλάκογλου, 2008).

Σε πρόσφατη επιστημονική έρευνα ο Dudai κ.ά. (1999) βρήκαν πως η βλάστηση του μαλακού σιταριού (*Triticum aestivum* L.) και ενός είδος βλήτου (*Amaranthus palmeri*) αναστάλθηκε από τη δράση αιθέριων ελαίων ορισμένων αρωματικών φυτών, συμπεριλαμβανομένων του βασιλικού (*Ocimum citriodorum* L.), της ρίγανης (*Origanum vulgare* L.) και της μαντζουράνας (*Origanum majorana* L.). Σε γενικές γραμμές, οι πτητικές φαινόλες και τα τερπένια είναι τα κύρια συστατικά των αιθέριων ελαίων. Τα αιθέρια έλαια του κόκκινου θυμαριού (*Thymus vulgaris* L.), του γαρύφαλλου (*Syzygium aromaticum*) και της κανέλας (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) προκαλούν διαρροή ηλεκτρολυτών από τα κύτταρα, με αποτέλεσμα το θάνατο των κυττάρων του αγριοράδικου (*Taraxacum officinale* L.). Ο Vasilakoglou κ.ά. (2007) ερεύνησε τη φυτοτοξικότητα αιθέριων ελαίων που προέρχονται από τέσσερις ποικιλίες βασιλικού (*Ocimum basilicum*) και έξι ποικιλίες ρίγανης και μαντζουράνας (*Origanum spp.*), εναντίων της μουχρίτσας [*Echinocloa crus-galli* (L.) P. Beauv.] και της λουβουδιάς (*Chenopodium album* L.), σε σύγκριση και με τα αντίστοιχα εμπορικά σκευάσματα. Αυτό που βρήκε είναι πως το έλαιο από δύο ποικιλίες ρίγανης (Αγράφων και Ραψάνης) και μια ποικιλία μαντζουράνας (Αιγύπτου) καθώς και το έλαιο του εμπορικού σκευάσματος της ρίγανης, επέδρασαν αρνητικά στη βλάστηση και στο μήκος ρίζας των ζιζανίων, ενώ το αιθέριο έλαιο των ποικιλιών του βασιλικού και μιας ποικιλίας μαντζουράνας είχαν λιγότερο φυτοτοξική επίδραση. Ο Dhima κ.ά.(2010) σε ένα πείραμα αγρού που διήρκησε δύο χρόνια εκτίμησε την ανταγωνιστικότητα επτά ετησίων αρωματικών φυτών (γλυκάνισο, γλυκό μάραθο, γλυκό βασιλικό, άνηθο, κόλιανδρο, μαϊντανό, και φακελωτή) εναντίον των ζιζανίων γλιστρίδα, λουβουδιά, αγριοτοματιά και μουχρίτσα. Επίσης προσδιορίστηκε και η φυτοτοξικότητα των ελαίων αυτών των αρωματικών φυτών, σε πείραμα εργαστηρίου εναντίον της μουχρίτσας. Μετά τη συγκομιδή των αρωματικών φυτών, η μεγαλύτερη μείωση νωπού βάρους (94 έως 100%) καταγράφηκε στη φακελωτή, ενώ η μικρότερη (0 έως 30%) καταγράφηκε στο μαϊντανό. Η φακελωτή και ο γλυκός μάραθος παρήγαγαν τη μεγαλύτερη απόδοση σε νωπή βιομάζα, υπό την επίδραση αλλά και χωρίς την επίδραση ζιζανίων, ενώ ο μαϊντανός, ο άνηθος και ο κορίανδρος παρήγαγαν τη χαμηλότερη απόδοση. Η

βιομάζα του γλυκού μάραθου και του γλυκάνισου μειώθηκε μόνο κατά 9 έως 11% από των ανταγωνισμό με τα ζιζάνια, ενώ η βιομάζα της φακελωτής δεν επηρεάστηκε σημαντικά. Τέλος τα αιθέρια έλαια που απομονώθηκαν από το γλυκό μάραθο και το γλυκό βασιλικό ήταν τα περισσότερο φυτοτοξικά εναντίον της μουχρίτσας, ενώ αυτά που είχαν απομονωθεί από τη φακελωτή, το γλυκάνισο και τον άνηθο ήταν τα λιγότερο φυτοτοξικά.

Οι Ismaiel και Pierson (1990) που διερεύνησαν το μηχανισμό αναστολής του βακτηρίου *Clostridium botulinum* από αιθέρια έλαια μπαχαρικών, αναφέρουν ότι δεν παρουσιάστηκε επίδραση στο DNA, το RNA ή την πρωτεϊνοσύνθεση. Για το λόγο αυτό οι ίδιοι ερευνητές απέδωσαν τη δράση του αιθερίου ελαίου σε τροποποίηση της διαπερατότητας της μεμβράνης του βακτηρίου. Επιπλέον, οι Baum κ.ά. (1998) και Romagni κ.ά. (2000) έχουν αναφέρει ότι τα πτητικά μονοτερπένια όπως η σινεόλη, είναι σημαντικοί αναστολείς της μίτωσης. Ωστόσο, ο ακριβής μηχανισμός δράσης των αιθέριων ελαίων δεν είναι ακόμη γνωστός.

Προσέτι, πρόσφατες ερευνητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στο Τ.Ε.Ι. Λάρισας (Gravanis κ.ά., 2005) έδειξαν ότι τα αιθέρια έλαια των αρωματικών φυτών όπως της ρίγανης είναι ικανά να περιορίσουν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών του εδάφους. Η έρευνα έγινε σε έδαφος με οργανική ύλη και είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του διαθέσιμου αζώτου και καλίου όταν εφαρμόστηκαν υψηλές συγκεντρώσεις ρίγανης, ενώ αντίθετα μειώθηκαν ο οργανικός άνθρακας και ο οργανικός φώσφορος. Επιπλέον, η ίδια ερευνητική ομάδα (Gravanis κ.ά., 2004) βρήκε ότι τα αιθέρια έλαια της ρίγανης, της σιτρονέλας και της λεβάντας περιόρισαν την ανάπτυξη των ριζοκόμβων νηματωδών (*Meloidogyne* sp.) στην καλλιέργεια της τομάτας. Ειδικότερα, το αιθέριο έλαιο της ρίγανης ήταν αποτελεσματικότερο εναντίον των νηματωδών, σε σύγκριση με τα άλλα δυο αιθέρια έλαια. Επιπλέον παρατηρήθηκε παραγωγή μικρότερου αριθμού ωομαζών, καθώς επίσης και αυγών ανά ωμάζα, στα φυτά τομάτας στα οποία εφαρμόστηκε το αιθέριο έλαιο της ρίγανης. Οι Daferera κ.ά. (2003) βρήκαν ότι σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις των αιθέριων ελαίων της ρίγανης, του θυμαριού, του δίκταμου και της μαντζουράνας παρεμπόδισαν την αύξηση των παθογόνων *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. και *Clavibacter michiganensis*. Το αποτέλεσμα αυτό οι ερευνητές το απέδωσαν στην παρουσία της θυμόλης στη ρίγανη και της

καρβακρόλης στα υπόλοιπα αιθέρια έλαια. Αντίθετα τα αιθέρια έλαια της λεβάντας, του δενδρολίβανου και του φασκόμηλου είχαν μικρότερη αποτελεσματικότητα. Επιπλέον, σε έρευνα σχετική με φυτά της οικογένειας *Lamiaceae* και διαφόρων συγκεντρώσεων των αιθέριων ελαίων τους βρέθηκε ότι αυτά (αιθέρια έλαια) δρουν απωθητικά και αποτρεπτικά εναντίον του θρίπα (*Thrips tabaci*) (Koschier, κ.ά., 2003). Συγκεκριμένα το αιθέριο έλαιο του δεντρολίβανου σε συγκέντρωση 1% εμπόδισε την εγκατάσταση του εντόμου, ενώ η μαντζουράνα και η μέντα σε συγκέντρωση 0,1 και 1% έδειξαν ότι απέτρεψαν σημαντικά τη γέννηση αυγών του θρίπα επάνω σε τμήματα φύλλων. Οι Nokou κ.ά. (1993), βρήκαν ισχυρή αντιμικροβιακή δράση των αιθέριων ελαίων διαφόρων φυτών εναντίον της *Erwinia carotovora* στην πατάτα. Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκαν τα αιθέρια έλαια της λεβάντας, της μέντας, του δυόσμου, της ρίγανης, του δενδρολίβανου και του φασκόμηλου.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, τα αρωματικά φυτά μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην καθιέρωση της αειφόρου γεωργίας, λόγω της ικανότητάς τους να παράγουν αιθέρια έλαια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη φυσικώς συντιθέμενων φυτοπροστατευτικών προϊόντων (Isman, 2000).

1.9. Σκοπός της πειραματικής εργασίας

Η εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης γεωργικών προϊόντων και της βιολογικής γεωργίας προϋποθέτει τη χρήση φυσικώς συντιθέμενων ουσιών για την αντιμετώπιση των ζιζανίων. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι τα αιθέρια έλαια επιδρούν στο φύτρωμα και την ανάπτυξη των φυτών, και πιθανώς ορισμένα από αυτά, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στα συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης των ζιζανίων. Στόχος αυτής της έρευνας ήταν να διερευνηθεί μέσω των βιοδοκιμών που διεξήχθησαν στο εργαστήριο, η επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα των 19 σπουδαιότερων συστατικών των αιθέριων ελαίων. Ως φυτό δείκτης χρησιμοποιήθηκε το ετήσιο αγρωστώδες ζιζάνιο ήρα (*Lolium rigidum*).

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. Υλικά και Μέθοδοι

Η πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ζιζανιολογίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Τ.Ε.Ι. Λάρισας κατά τη χρονική περίοδο Ιανουάριος 2011 - Ιούνιος 2011. Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν:

- γυάλινα τριβλία (Petri dish) διαμέτρου 8 cm και συνολικού όγκου 50 cm³.
- περλίτης (αδρανές υλικό που συγκρατεί την υγρασία)
- κυλινδρικές θήκες από αλουμινόχαρτο, διαμέτρου 8mm
- χαρτοταινία
- σπόροι του ζιζανίου ήρα (*Lolium rigidum*)
- πλαστικοί δίσκοι
- πλαστικές σακούλες
- τα αξιολογηθέντα 19 συστατικά των αιθέριων ελαίων (πρότυπες ουσίες, τα οποία προέρχονται από το εμπόριο) που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

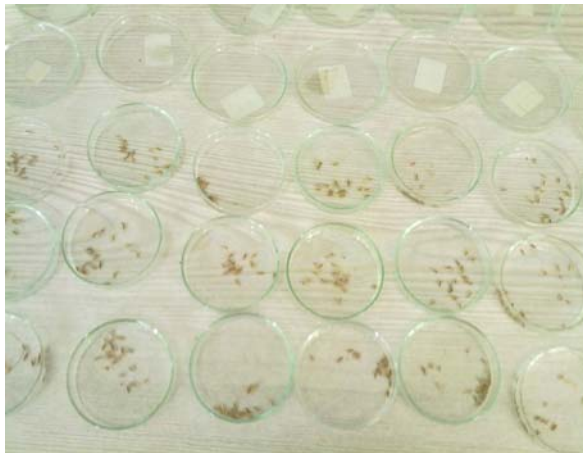
Χρησιμοποιήθηκε το παραγοντικό σχέδιο (19 x 8) που περιελάμβανε τα 19 κυριότερα συστατικά των αιθέριων ελαίων σε 8 διαφορετικές συγκεντρώσεις: 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16 και 32 μl/50 cm³ (ή 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320 και 640 nl/cm³, αντίστοιχα). Το πειραματικό σχέδιο ήταν το πλήρως τυχαιοποιημένο με τρεις επαναλήψεις για κάθε συνδυασμένο παράγοντα (συστατικό αιθέριων ελαίων x συγκέντρωση), ενώ το πείραμα επαναλήφθηκε δύο φορές. Τα δεδομένα πριν την ανάλυση μετατράπηκαν σε ποσοστά % του μάρτυρα, προκειμένου να αυξηθεί η ομοιομορφία των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 1. Τα συστατικά των αιθέριων ελαίων που αξιολογήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος και παρασκευάστριες εταιρείες.

α/α	Συστατικό	Παρασκευάστρια εταιρεία
1	trans-Anethole (98%)	Alfa Aesar
2	Thymol (98%)	Alfa Aesar
3	Linalool (97%)	Alfa Aesar
4	Carvacrol (98%)	Aldrich chemistry
5	(+)-Carvone	Fluka analytical
6	(+)-Fenchone (98%)	Alfa Aesar
7	4-Allylanisole (Estragole)	Fluka analytical
8	Thujone	Fluka analytical
9	Eugenol (99%)	Alfa Aesar
10	trans-2-Decenal (97%)	Alfa Aesar
11	Decanal	Alfa Aesar
12	Methyl cinnamate, predominantly trans (99%)	Alfa Aesar
13	Eucalyptol	Fluka analytical
14	Myrcene	Fluka analytical
15	(+/-)-Limonene	Alfa Aesar
16	(+)-alpha-pinene (98%)	Alfa Aesar
17	(1S)-(-)-β-pinene (99%)	Alfa Aesar
18	p-cymene (97%)	Alfa Aesar

2.1.1. Διαδικασία βιοδοκιμής

Η διαδικασία της βιοδοκιμής περιελάμβανε αρχικά την τοποθέτηση 20 σπόρων ήρας περιμετρικά σε γυάλινα τριβλία διαμέτρου 8 cm, και την κάλυψή τους με 5 g περλίτη. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε μικρή θήκη από αλουμίνιο στο κέντρο κάθε τριβλίου (Εικόνα 1 και 2). Έπειτα έγινε προσθήκη 10 ml απεσταγμένου νερού σε κάθε τριβλίο. Η εφαρμογή των αιθερίων ελαίων έγινε στο αλουμινένιο δοχείο κάθε τριβλίου, αμέσως μετά την προσθήκη νερού, ώστε να επιτευχθούν συγκεντρώσεις 0 (μάρτυρας δίχως συστατικό αιθέριων ελαίων), 0,2, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16 και 32 μl ελαίου / τριβλίο. Ταυτόχρονα, τοποθετήθηκε το καπάκι κάθε τριβλίου και σφραγίστηκε ερμητικά με χάρτινη κολλητική ταινία (Εικόνα 3 και 4). Ακολούθησε η τοποθέτηση των τριβλίων σε πλαστικούς δίσκους και στη συνέχεια καλύφθηκαν με πλαστικές σακούλες, για να μην υπάρξουν απώλειες των συστατικών των αιθέριων ελαίων (λόγω εξάτμισης) (Εικόνα 5 και 6).



Εικόνα 1. Τοποθέτηση σπόρων του φυτού δείκτη, σε γυάλινα τριβλία.

Κατόπιν, οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών όπου παρέμειναν για επτά ημέρες σε θερμοκρασία 21°C. Μετά το πέρας των επτά

ημερών, απομακρύνθηκε ο περλίτης από τα φυτά της ήρας, και μετρήθηκε ο αριθμός των σπόρων που βλάστησαν και το μήκος των ριζών. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των σπόρων κάθε τριβλίου που βλάστησαν και του μήκους ρίζας αυτών και εκφράστηκαν ως ποσοστό % του μάρτυρα (μέσος όρος τριβλίων με μηδενική συγκέντρωση συστατικών αιθέριων ελαίων).



Εικόνα 2. Τοποθέτηση περλίτη και δοχείου αλουμινίου σε γυάλινα τριβλία.



Εικόνα 3. Η εφαρμογή των αιθέριων ελαίων, για να επιτευχθούν οι συγκεντρώσεις 0, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16 και 32 μ l τριβλίο, έγινε με μικροπιπέτες.



Εικόνα 4. Ερμητικό κλείσιμο τριβλίων με κολλητική ταινία.



Εικόνα 5. Τοποθέτηση των τριβλίων σε πλαστικούς δίσκους.



Εικόνα 6. Κάλυψη δίσκων με πλαστικές σακούλες, πριν την εισαγωγή στο θάλαμο ανάπτυξης.

Η αλληλοπαθητική επίδραση της συγκέντρωσης των συστατικών των αιθέριων λαίων το φύτρωμα και το μήκος ρίζας της λεπτής ήρας υπολογίστηκε επιπλέον με τη χρήση της μεθόδου Whole-range assessment (An κ.ά., 2005). Οι συντελεστές αναστολής (I) υπολογίστηκαν με τη χρήση της εξίσωσης #1, η οποία αναπτύχθηκε από τους Liu κ.ά. (2007). Στην εξίσωση αυτή, οι συγκεντρώσεις που αξιολογήθηκαν κυμαίνονται από 0 έως D_n , D_c είναι η συγκέντρωση πάνω από την οποία παρατηρείται αναστολή στα χαρακτηριστικά του φυτού δείκτη, $R(0)$ είναι η ανταπόκριση του φυτού δείκτη στη συγκέντρωση 0 nl/cm^3 (μάρτυρας) και το $f(D)$ αντιπροσωπεύει την αντίδραση του φυτού δείκτη σε συγκεκριμένη συγκέντρωση.

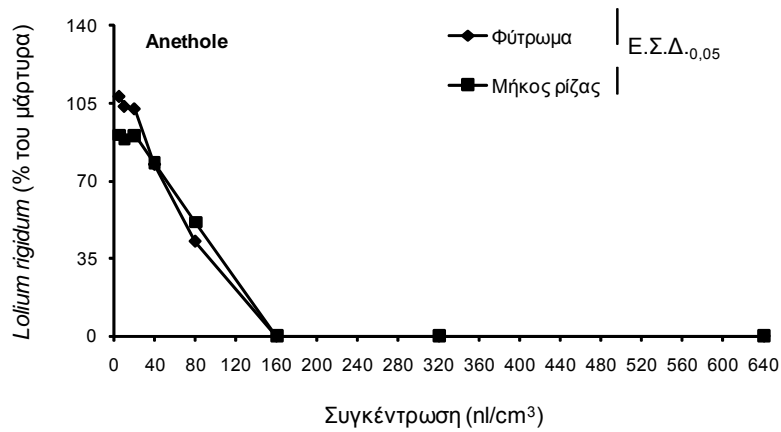
$$I = \int_{D_c}^{D_n} [R(0) - f(D)] dD / \int_0^{D_n} R(0) dD \quad [1]$$

2.2. Αποτελέσματα και συζήτηση

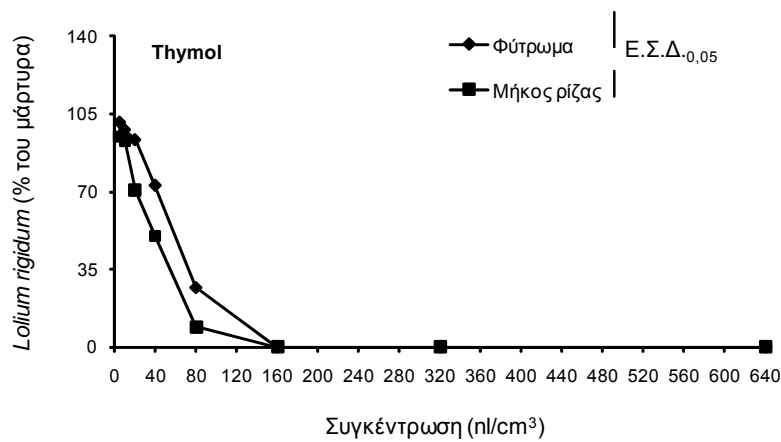
Η ανάλυση της παραλλακτικότητας (ANOVA) των δεδομένων από τις βιοδοκιμές έδειξε ότι το φύτερωμα και η ανάπτυξη της ρίζας της λεπτής ήρας επηρεάστηκαν από τα συστατικά των αιθερίων ελαίων ($P < 0,001$), από τη συγκέντρωση των συστατικών ($P < 0,001$) και από την μεταξύ τους αλληλεπίδραση ($P < 0,001$) (Παράρτημα). Εφόσον η ανάλυση παραλλακτικότητας έδειξε ότι δεν υπήρξε σημαντική αλληλεπίδραση χρόνου διεξαγωγής των βιοδοκιμών x συστατικά αιθέριων ελαίων x συγκέντρωση, παρουσιάζεται η αλληλεπίδραση συστατικά αιθέριων ελαίων x συγκέντρωση (Σχήματα 1-19, Πίνακας 2).

Ειδικότερα, τα συστατικά Anethole, Thymol, Linalool, Carvacrol, Carvone, Fenchone, 4-Allylanisole (Estragole), Thujone και Eugenol προκάλεσαν τη μεγαλύτερη μείωση του φυτρώματος και της ανάπτυξης της ρίζας της λεπτής ήρας (Σχήματα 1-9). Μάλιστα, η μείωση αυτή ήταν μεγαλύτερη με την αύξηση της συγκέντρωσης από 5 σε 640 nl/cm^3 . Αντίθετα, τα συστατικά Myrcene, Limonene, α -pinene, β -pinene, p -cymene και Ocimene προκάλεσαν μηδενική έως πολύ μικρή μείωση του φυτρώματος και της ανάπτυξης της ρίζας της λεπτής ήρας (Σχήματα 14-19). Τα υπόλοιπα συστατικά προκάλεσαν ενδιάμεση μείωση.

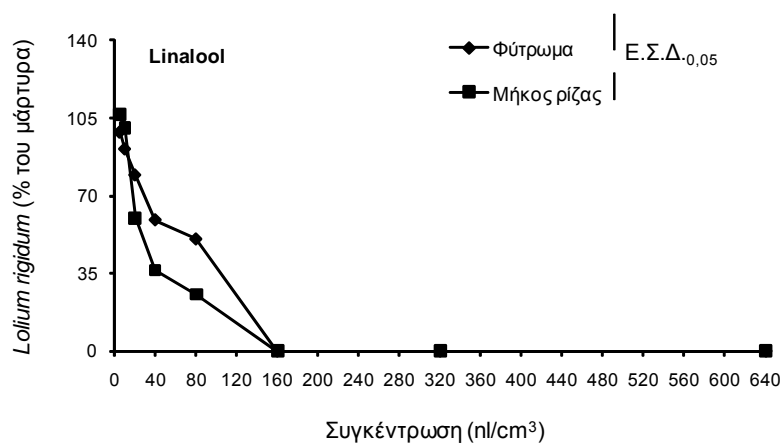
Με βάση τους συντελεστές αναστολής (I_s) που προσδιορίστηκαν με την μέθοδο Whole-range assessment, το δραστικότερο συστατικό ήταν η Carvone (Πίνακας 2), το οποίο ανέστειλε πλήρως το φύτερωμα της λεπτής ήρας στη συγκέντρωση των 80 nl/cm^3 (Σχήμα 5). Το δραστικό συστατικό αυτό βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα αιθέρια έλαια της μέντας και του δυόσμου. Τα αμέσως δραστικότερα συστατικά ήταν τα Carvacrol και Thymol που βρίσκονται στα αιθέρια έλαια της ρίγανης, καθώς και τα Linalool που βρίσκεται στα αιθέρια έλαια του βασιλικού της λεβάντας και Anethole που βρίσκεται στα αιθέρια έλαια του μάραθου και του γλυκάνισου. Τα συστατικά αυτά ανέστειλαν πλήρως το φύτερωμα της λεπτής ήρας στη συγκέντρωση των 160 nl/cm^3 (Σχήματα 1-4). Συνεπώς, τα πέντε προαναφερθέντα συστατικά των αιθέριων ελαίων παρουσίασαν υψηλή φυτοτοξική δράση και αναστολή στην ανάπτυξη και στο φύτερωμα του ζιζανίου λεπτή ήρα, σημαντική, έτσι ώστε πιθανώς να υπάρξει στο μέλλον χρήση αυτών των συστατικών ως φυσικά ζιζανιοκτόνα.



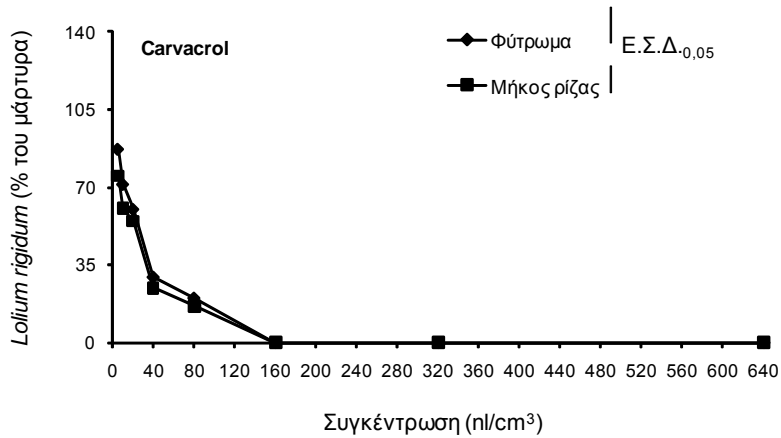
Σχήμα 1. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της ανηθόλης στη λεπτή ήρα.



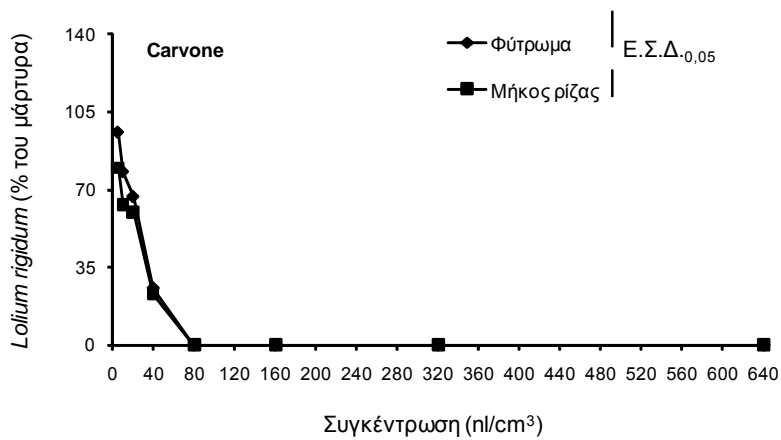
Σχήμα 2. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της θυμόλης στη λεπτή ήρα.



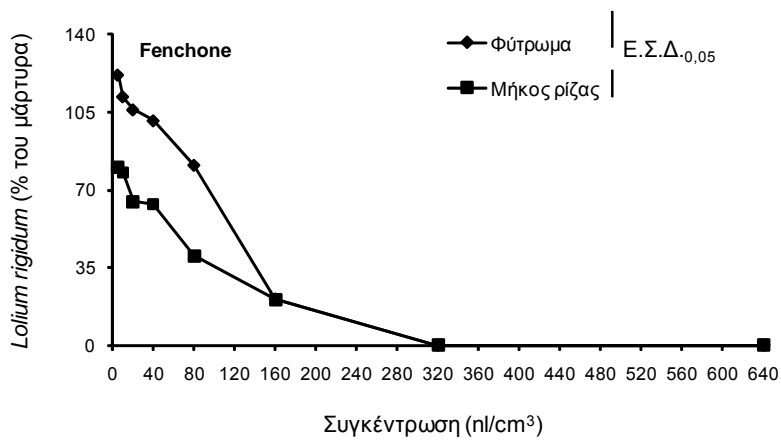
Σχήμα 3. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της λιναλοόλης στη λεπτή ήρα.



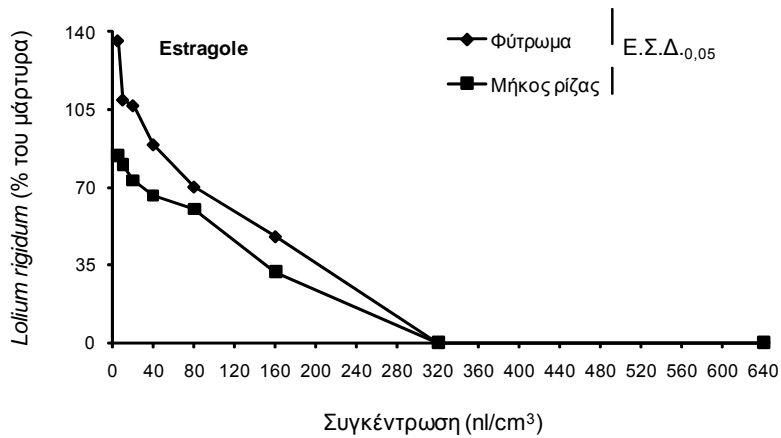
Σχήμα 4. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της καρβακρόλης στη λεπτή ήρα.



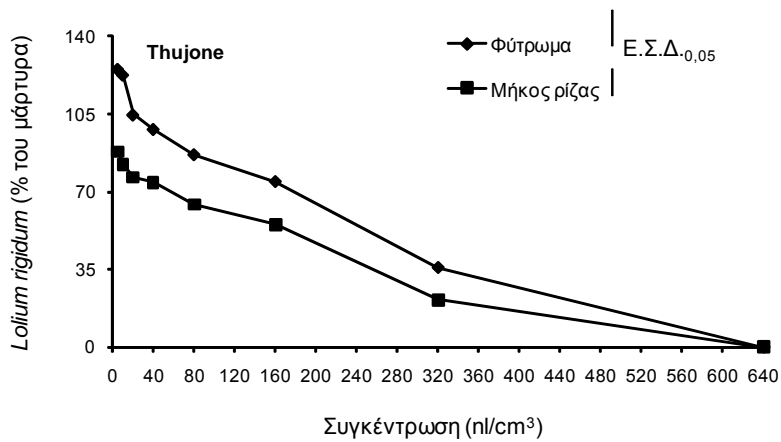
Σχήμα 5. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της καρβόνης στη λεπτή ήρα.



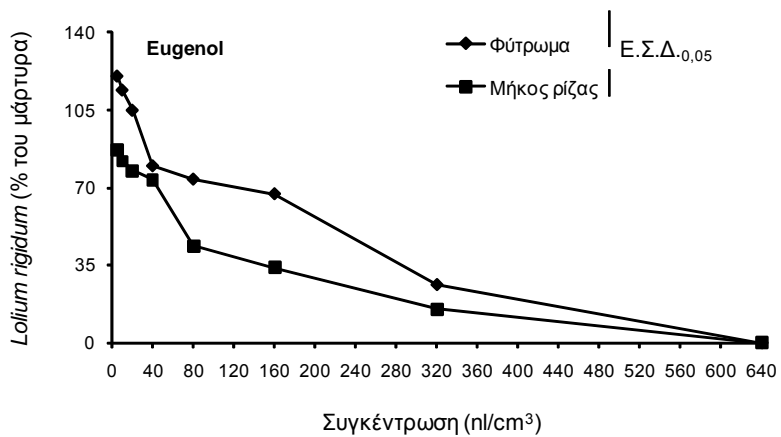
Σχήμα 6. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της φενχόνης στη λεπτή ήρα.



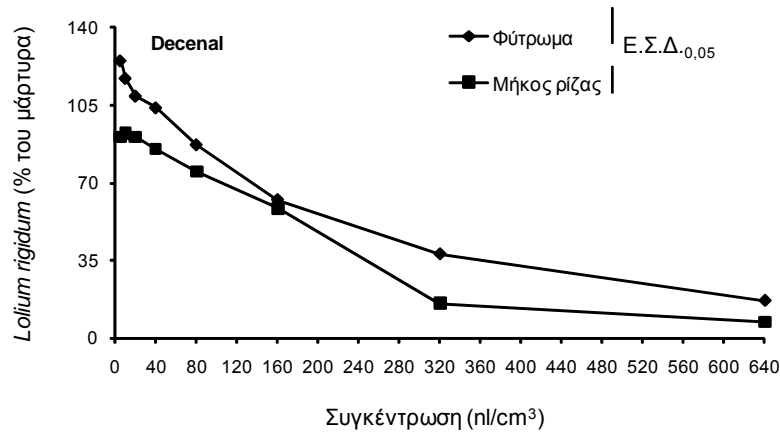
Σχήμα 7. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της εστραγκόλης στη λεπτή ήρα.



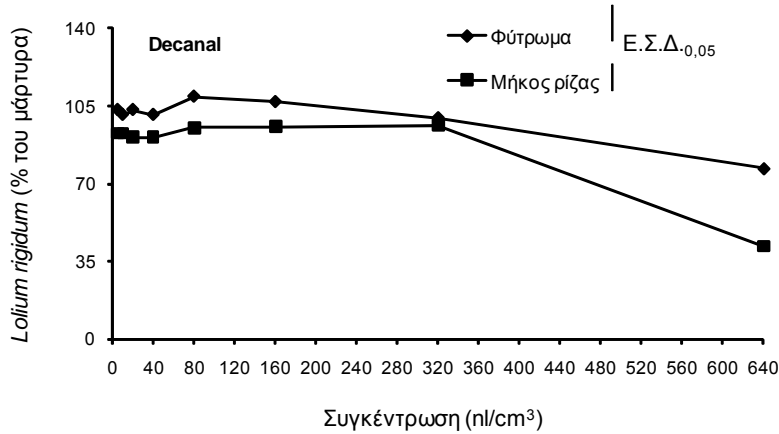
Σχήμα 8. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της θουγιόνης στη λεπτή ήρα.



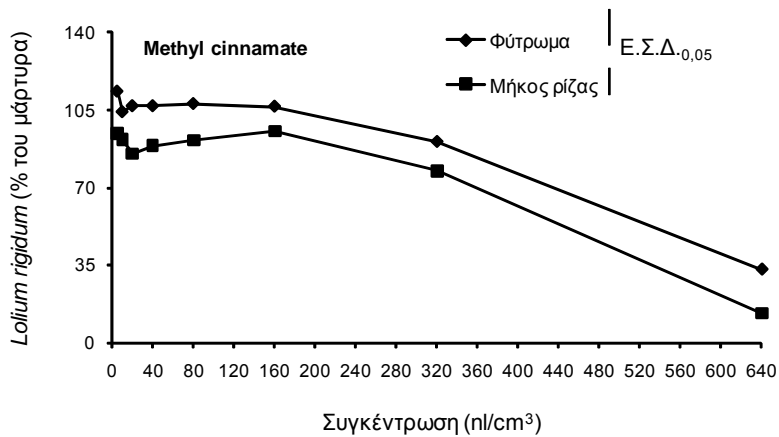
Σχήμα 9. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της ευγενόλης στη λεπτή ήρα.



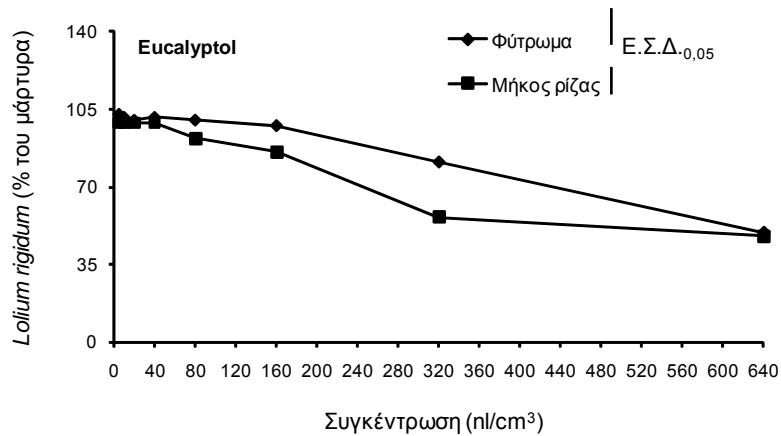
Σχήμα 10. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα του decenal στη λεπτή ήρα.



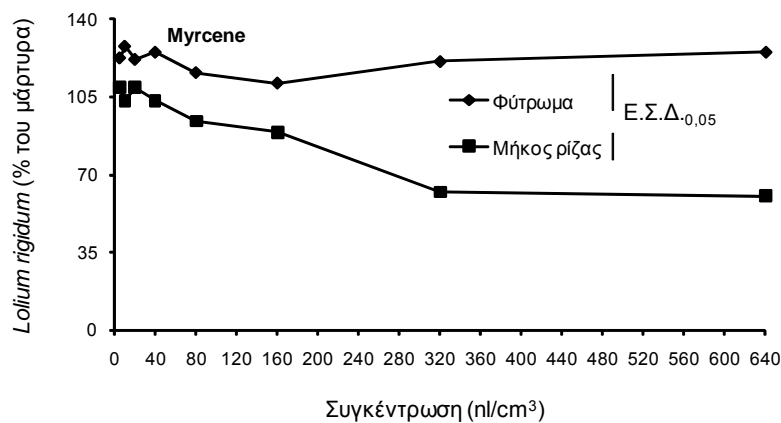
Σχήμα 11. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα του decanal στη λεπτή ήρα.



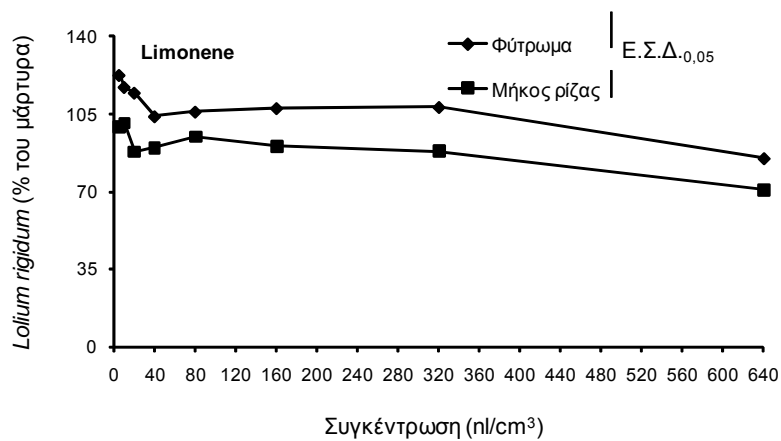
Σχήμα 12. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα του methyl-cinnamate στη λεπτή ήρα.



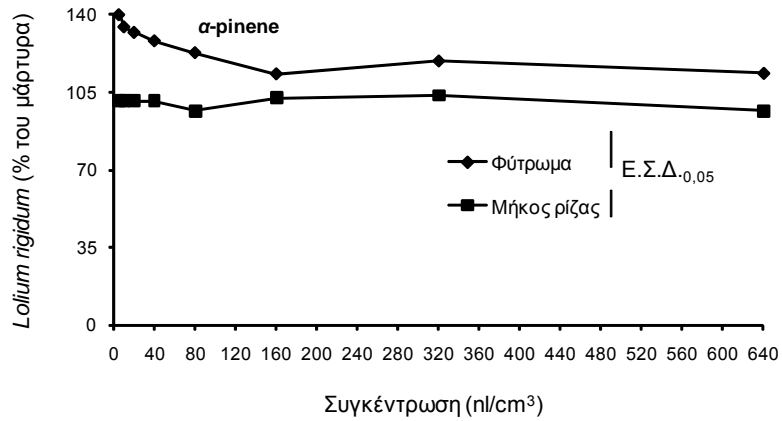
Σχήμα 13. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της ευκαλυπτόλης στη λεπτή ήρα.



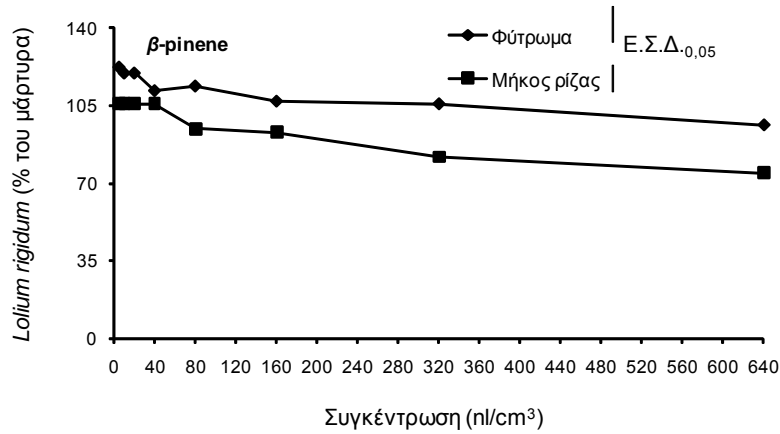
Σχήμα 14. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα της μυρσίνης στη λεπτή ήρα.



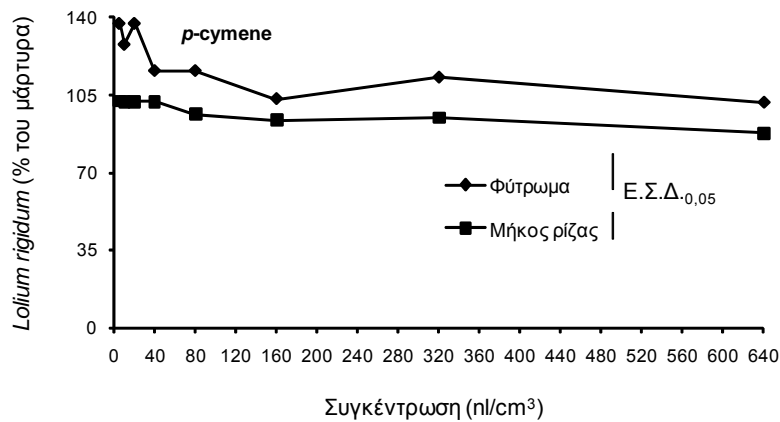
Σχήμα 15. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα του λιμονένιου στη λεπτή ήρα.



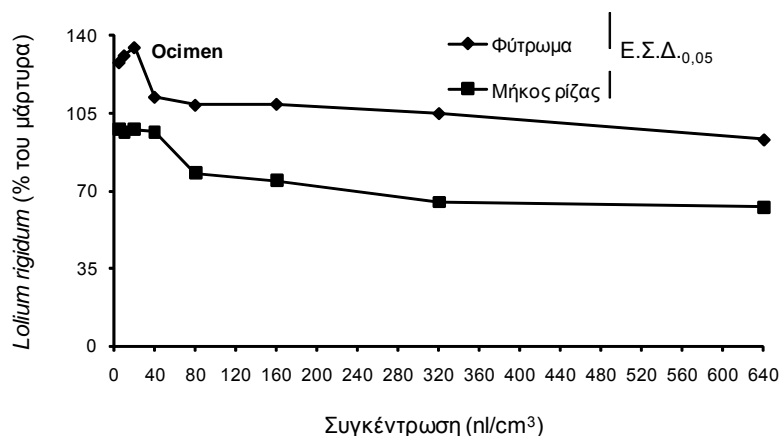
Σχήμα 16. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα του α-πινένιου στη λεπτή ήρα.



Σχήμα 17. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα του β-πινένιου στη λεπτή ήρα.



Σχήμα 18. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα του p-κυμένιου στη λεπτή ήρα.



Σχήμα 19. Επίδραση της συγκέντρωσης στη φυτοτοξικότητα του Ocimen στη λεπτή ήρα.

Για το σύνολο των συστατικών αιθέριων ελαίων που αξιολογήθηκαν, η σειρά φυτοτοξικότητας στο φύτρωμα της λεπτής ήρας, σύμφωνα με το δείκτη αναστολής (*I*) που προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Whole-range assessment, ήταν η κάτωθι: Carvone \geq Carvacrol = Thymol \geq Linalool = Anethole \geq Fenchone = Estragole \geq Eugenol = Thujone = Decenal > Eucalyptol = Methyl cinnamate > Decanal = Limonene = Ocimen = β -pinene = Myrcene = α -pinene = *p*-cymene. Η αντίστοιχη σειρά φυτοτοξικότητας στη μείωση της ανάπτυξης της ρίζας ήταν: Carvone \geq Thymol = Carvacrol = Linalool > Anethole = Estragole = Fenchone > Eugenol \geq Thujone \geq Decenal > Eucalyptol \geq Methyl cinnamate = Ocimen = Myrcene > Decanal = Limonene = β -pinene > *p*-cymene = α -pinene.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι ορισμένα από τα συστατικά των αιθέριων ελαίων που αξιολογήθηκαν σε αυτό το πείραμα παρουσίασαν φυτοτοξική δράση, καθώς κατάφεραν να μειώσουν τη φυτρωτική ικανότητα και την ανάπτυξη της ρίζας του φυτού δείκτη. Η επίδραση αυτή ήταν μικρή στην αρχή και όλο και περισσότερο αρνητική με τη σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης των συστατικών από 5 nl/cm³ έως και 640 nl/cm³. Γενικά, οι πολύ μικρές συγκεντρώσεις δεν μπόρεσαν να περιορίσουν σημαντικά το φύτρωμα και το μήκος ρίζας του ζιζανίου.

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Dudai κ.ά. (1999), Toworkoski (2002), Vasilakoglou κ.ά. (2007) και Dhima κ.ά. (2010), οι οποίοι πειραματίστηκαν με διάφορα αιθέρια έλαια και βρήκαν ότι τα αιθέρια έλαια της ρίγανης, του βασιλικού, της ματζουράνας, του άνηθου και του γλυκάνισου ήταν φυτοτοξικά εναντίον

ζιζανίων όπως η μουχρίτσα και η λουβουδιά. Τέλος με αυτή την εργασία διαπιστώνουμε τις ουσίες στις οποίες οφείλεται η φυτοτοξική δράση ορισμένων αιθέριων ελαίων των αρωματικών φυτών, και για τις οποίες στο παρελθόν μπορούσαμε μόνο να υποθέσουμε ότι ευθύνονται για τη δράση αυτή, λόγω της μεγάλης τους περιεκτικότητας στα έλαια. Έτσι μπορούμε να ξεχωρίσουμε τα χρήσιμα για τη δράση τους συστατικά των αιθέριων ελαίων, από αυτά που δεν εκδηλώνουν φυτοτοξική δράση και να τα αξιοποιήσουμε ή και να διευρύνουμε τη δράση τους στο μέλλον, σε συνδυασμό και με άλλες ουσίες.

Πίνακας 2. Δείκτες αναστολής (*I*) του φυτρώματος και του μήκους ρίζας της λεπτής ήρας εξαιτίας της δράσης των επιμέρους συστατικών των αιθέριων ελαίων.

α/α	Συστατικό	Φύτρωμα	Μήκος ρίζας
		<i>I</i> (%)	
1	trans-Anethole (98%)	83,7	82,4
2	Thymol (98%)	86,0	89,6
3	Linalool (97%)	84,0	88,7
4	Carvacrol (98%)	88,9	89,1
5	(+)-Carvone	91,3	91,2
6	(+)-Fenchone (98%)	77,3	81,1
7	4-Allylanisole (Estragole)	71,5	81,8
8	Thujone	56,3	70,2
9	Eugenol (99%)	62,3	74,2
10	trans-2-Decenal (97%)	51,7	67,5
11	Decanal	4,4	15,8

12	Methyl cinnamate, predominantly trans (99%)	17,4	30,2
13	Eucalyptol	19,4	33,4
14	Myrcene	0,0	27,1
15	(+/-)-Limonene	2,3	15,4
16	(+)-alpha-pinene (98%)	0,0	0,3
17	(1S)-(-)- β -pinene (99%)	0,1	14,6
18	<i>p</i> -cymene (97%)	0,0	6,8
19	Ocimen (90+%)	1,2	29,6

2.3. Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι πέντε από τα συστατικά των αιθέριων ελαίων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα παρουσίασαν έντονη φυτοτοξική δράση (Anethole, Thymol, Linalool, Carvacrol, Carvone) γεγονός που δηλώνει πως θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον ως φυσικά ζιζανιοκτόνα για την αντιμετώπιση ζιζανίων σε συστήματα βιολογικής γεωργίας ή ολοκληρωμένης διαχείρισης της γεωργικής παραγωγής.

Επιπλέον πειραματισμός σχετικά με την εκλεκτικότητα των συστατικών αυτών των αιθέριων ελαίων, καθώς και με τη φυτοτοξικότητά τους εναντίον άλλων ζιζανίων, είναι απαραίτητος προκειμένου να διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης τους ως φυσικά εκλεκτικά ή μη εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα σε διάφορες καλλιέργειες.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- An, M., J.E., Pratley, T. Haig, and D.L. Liu. 2005. Whole-range assessment: a simple method for analysing allelopathic dose-response data. *Nonlinearity in Biology, Toxicology and Medicine* 3: 245-260.
- Baum, S.F., L. Karanastasis, and T.L. Rost. 1998. Morphogenetic effects of the herbicide Cinch on *Arabidopsis thaliana* root development. *Journal of Plant Growth Regulation* 17: 107-114.
- Βογιατζή-Καμβούκου, Ε. 2004. Επιλογή αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΠΑΙΔΕΙΑ, Θεσσαλονίκη. Σελ. 160.
- Daferera, D.J., B.N. Ziogas, and M.G. Polissiou. 2003. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Crop Protection* 22: 39-44.
- Dhima, K., I. Vasilakoglou, V. Garane, C. Ritzoulis, V. Lianopoulou, and E. Panou-Philotheou. 2010. Competitiveness and Essential Oil Phytotoxicity of Seven Annual Aromatic Plants. *Weed Science* 58:457-465.
- Dudai, N., A. Poljakoff-Mayber, A.M. Mayer, E. Putievsky, and H.R. Lerner. 1999. Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. *J. Chemical Ecology* 25: 1079-1089.
- Gravanis, F.T., I.K. Vagelas, D. Paraschi, and V. Palamiotou. 2004. Effectiveness of three essential oils on root-knot nematodes on tomato. BCPC Seminars – Crop Science and Technology 2004. Glasgow, Scotland, UK.
- Gravanis, F.T., N. Chouliaras, I.K. Vagelas, N. Gougoulas, P. Sabani, and E. Wogiatzi. 2005. The effect of oregano (*Origanum vulgare*) as an alternative soil-borne pathogen control agent, on soil organic matter biodegradation and other soil chemical properties. BCPC International Congress – Crop Science and Technology 2005. Glasgow, Scotland, UK.
- Ismail, A.A. and M.D. Pierson. 1990. Inhibition of germination, outgrowth, and vegetative growth of *Clostridium botulinum* 67B by spice oils. *Journal of Food Protection* 53: 755-758.
- Isman, B.M. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection* 19: 603-608.

- Koschier, E.H. and K.A. Sedy. 2003. Labiate essential oils affecting host selection and acceptance of *Thrips tabaci* Lindeman. *Crop Protection* 22: 929-934.
- Liu, D.L., M. An, and H. Wu. 2007. Implementation of WESIA: Whole-range evaluation of the strength of inhibition in allelopathic-bioassay. *Allelopathy Journal* 19: 203-214.
- Νταντάλια Ζ. και Β. Σκλαβούνου. 2005. Φυτοτοξικότητα αιθέριου ελαίου διαφόρων βιότυπων ρίγανης και μαντζουράνας στο τραχύ βλήτο (*Amaranthus retroflexus*) και τη λουβουδιά (*Chenopodium album*). Πτυχιακή Διατριβή. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, σελ. 27.
- Παπαδοπούλου Σ. 2002. Έλεγχος της φυτοτοξικότητας των αιθέριων ελαίων. Πτυχιακή διατριβή. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, σελ. 103.
- Romagni, J.G., S.N. Allen, and F.E. Dayan. 2000. Allelopathic effects of volatile cineoles on two plant species. *Journal of Chemical Ecology* 26: 303-313.
- Σκρουμπής, Β. 1998. Αρωματικά, φαρμακευτικά και μελισσοτροφικά φυτά της Ελλάδας. ΑΓΡΟΤΥΠΟΣ, Αθήνα, σελ. 256.
- Tworkoski, T. 2002. Herbicide effects of essential oils. *Weed Science* 50: 425-431.
- Vasilakoglou, I., K. Dhima, E. Wogiatzi, I. Eleftherohorinos, and A. Lithourgidis. 2007. Herbicidal potential of essential oils of oregano or marjoram (*Origanum spp.*) and basil (*Ocimum basilicum*) on *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. And *Chenopodium album* L. weeds. *Allelopathy journal* 20 (2): 297-306
- Vokou, D., S. Varelzidou, and P. Katinakis. 1993. Effects of aromatic plants on potato storage: sprout suppression and antimicrobial activity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 47: 223-235.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 3. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων φυτρώματος της λεπτής ήρας (*Lolium rigidum*) εκφρασμένων ως % του μάρτυρα (απεσταγμένο νερό).

Πηγή παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	23131	110	***
Επαναλήψεις (στο χρόνο)	4	201	1	
Συσατικό (Σ)	18	44897	213	***
Τ x Σ	18	1244	6	***
Συγκέντρωση (ΣΥ)	7	85333	405	***
Τ x ΣΥ	7	2244	11	***
Σ x ΣΥ	126	2553	12	***
Τ x Σ x ΣΥ	126	373	2	
Σφάλμα	604	211		

CV% = 17,4

Πίνακας 4. Ανάλυση παραλλακτικότητας των δεδομένων μήκους ρίζας της λεπτής ήρας (*Lolium rigidum*) εκφρασμένων ως % του μάρτυρα (απεσταγμένο νερό).

Πηγή παραλλακτικότητας	B.E.	Μέσο Τετράγωνο	F-τιμή	Πιθανότητα
Χρόνος (Τ)	1	249	2	
Επαναλήψεις (στο χρόνο)	4	50	0,4	
Συσατικό (Σ)	18	29441	249	***
Τ x Σ	18	1326	11	***
Συγκέντρωση (ΣΥ)	7	63318	536	***
Τ x ΣΥ	7	474	4	***
Σ x ΣΥ	126	1712	14	***
Τ x Σ x ΣΥ	126	207	2	
Σφάλμα	604	118		

CV% = 16,3