

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΕΩΝ ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ
(EFFICACY OF NEW ESSENTIAL OIL FORMULATIONS)

Λαζαρίδου Αναστασία
Συμεωνίδου Κατερίνα

Λάρισα
2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα	
1	Εισαγωγή	3
1.1	Γενικά	3
1.1.1	Ανάλυση των αιθέριων ελαίων	7
1.1.2	Διατήρηση των αιθέριων ελαίων	7
1.1.3	Οι σπουδαιότερες οικογένειες αρωματικών φυτών	9
1.2	Φυτοτοξικότητα αιθέριων ελαίων	10
1.3	Προβλήματα εφαρμογής αιθέριων ελαίων στον αγρό	14
1.4	Σκοπός της εργασίας	14
2	Πειραματικό μέρος	17
2.1	Υλικά και μέθοδοι	17
2.1.1	Παρασκευή νέου σκευάσματος	17
2.1.2	Πείραμα εργαστηρίου	17
2.1.3	Πείραμα θερμοκηπίου	18
2.1.4	Πείραμα αγρού	19
2.2	Αποτελέσματα και συζήτηση	22
2.2.1	Πείραμα εργαστηρίου	22
2.2.2	Πείραμα θερμοκηπίου	23
2.2.3	Πείραμα αγρού	28
2.3	Συμπεράσματα	30
3	Βιβλιογραφία	31
	Παράρτημα	33

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα αιθέρια έλαια είναι πολυσύνθετα μίγματα οργανικών ουσιών, τα οποία εκκρίνονται από το φυτό, εξατμίζονται εύκολα και δίνουν στα αρωματικά φυτά τη χαρακτηριστική μυρωδιά τους, καθώς και τις θεραπευτικές ιδιότητες τους. Τις ιδιότητες αυτές τις αντιλήφθηκαν πρώτοι οι Ινδοί και οι Αιγύπτιοι, οι οποίοι με την μέθοδο της απόσταξης απομόνωσαν τα αιθέρια έλαια από τα φυτά. Ακόμη, οι Αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν όλα σχεδόν τα αρωματικά φυτά σαν αρτύματα και για να αρωματίσουν το κρασί. Η εμπορία τους ξεκίνησε από την Ασία πριν από 6000-7000 χρόνια από τους Κινέζους και συνεχίστηκε από τους Άραβες, οι οποίοι το διακινούσαν στην Ευρώπη. Η πρώτη αναφορά για την μέθοδο της απόσταξης ανήκει στον Καταναλό γιατρό Arnaldde Villanova (1235-1311), ενώ 200 χρόνια περίπου μετά έχουμε την πρώτη περιγραφή για μέθοδο απόσταξης με τη βοήθεια θερμότητας από τους Ελβετούς Paracalsus και Honhehhein (Σκουμπής, 1988).

Στο μεσαίωνα, τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά χρησιμοποιήθηκαν κατεξοχήν στην λαϊκή ιατρική. Ο τρόπος χρήσης τους διαδόθηκε προφορικά από γενιά σε γενιά. Στην σκοτεινή όμως εκείνη εποχή παρατηρήθηκαν και παρεκτροπές από την σωστή χρήση αυτών.

Με την εμφάνιση των χημικών σκευασμάτων στον 20^ο αιώνα αντικαταστάθηκε η χρήση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών με τα φαρμακευτικά παρασκευάσματα.

Στην Ελλάδα, η χρήση των φυτών αυτών προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τη συλλογή αυτοφυών πληθυσμών. Με βάση τα στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής ανάπτυξης, καλλιεργήθηκαν το 1984, 6820 στρ. με χαμομήλι. Εντούτοις, από το 1990 σταμάτησε σχεδόν η καλλιέργεια των

αρωματικών φυτων. Με βάση τα στοιχεία της εθνικής στατιστικής υπηρεσίας για τα έτη 2001 και 2002 έγιναν οι παρακάτω εισαγωγές και εξαγωγές αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών: τσάι, κανέλα, γαρύφαλλο, μοσχοκάρυδο, γλυκάνισο, κολιάνδρος, κύμινο, μάραθο, κρόκος, θυμάρι, φασκόμηλο, λεβάντα και ρίγανη.

Τα αιθέρια έλαια έχουν φυτική προέλευση. Είναι ομάδα πτητικών ουσιών και χαρακτηρίζονται από διακριτική μυρωδιά. Είναι δυσδιαλυτά στο νερό και αποτελούνται, από χημικής πλευράς, από οξυγονούχα μείγματα, τα οποία προσδίδουν το χαρακτηριστικό άρωμα στα φυτά και τα οποία ανήκουν στις ομάδες εστέρες, αλδεΐδες, αλκοόλες, κετόνες, οξέα και φαινόλες. Ακόμη, αποτελούνται από μη οξυγονούχα συστατικά όπως τα τερπένια (λιμονένιο, καμφένιο). Περιλαμβάνονται επίσης σε αυτά όλα τα μικρότερης χρησιμότητας συστατικά των αιθερίων ελαίων, όπως τα αλκαλοειδή, οι βλεννώδεις ουσίες, τα φλαβονοειδή, τα σαπωνοειδή και οι κουμαρίνες, η συμβολή των οποίων στο άρωμα είναι μικρή ή μηδαμινή. Ακόμη έχουν χαμηλότερη πυκνότητα από το νερό, γεγονός που επιτρέπει το διαχωρισμό τους κατά την υδροαπόσταξη. Βρίσκονται σε υγρή μορφή σε θερμοκρασία 23 °C, αλλά γίνονται πτητικά σε θερμοκρασίες βρασμού (50-320 °C) και εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού έχουν ιδιαίτερο άρωμα. Η πλειονότητα των αιθερίων ελαίων είναι άχρωμα και έχουν υψηλό δείκτη διάθλασης. Η παραγωγή των αιθερίων ελαίων γίνεται στο μεσοκυττάριο χώρο κυτταρικών σχηματισμών ή σε εξειδικευμένα σημεία του φυτού που ονομάζονται ελαιοφόροι αδένες και μπορεί να βρίσκονται σε διάφορα τμήματα του φυτού όπως τα άνθη, τα φύλλα, το βλαστό ή ακόμα και στις ρίζες του. Παραμένουν εκεί που παράγονται και δεν κυκλοφορούν στα διάφορα μέρη του φυτού. Από χημική άποψη δεν έχουν καμία σχέση με τα πραγματικά έλαια (π.χ. γλυκερίδια).

Η βιοσύνθεση των αιθερίων ελαίων είναι μια σειρά διαφόρων χημικών αντιδράσεων που γίνονται μέσα στους φυτικούς ιστούς και καταλήγουν στον

τελικό σχηματισμό τους. Ενώ οι επιστήμες της χημείας και βιοχημείας σημείωσαν αλματώδεις εξελίξεις, δεν κατόρθωσαν ακόμη να διερευνήσουν πλήρως το μηχανισμό της βιοσύνθεσης των αιθέριων ελαίων.

Τα αιθέρια έλαια βρίσκονται μέσα σε ειδικούς αδένες εκκρίσεως που είτε είναι εσωτερικοί είτε εξωτερικοί. Η κατανομή τους είναι ακανόνιστη μέσα στα διάφορα φυτικά όργανα. Έτσι, στα φύλλα της μέντας, η κάτω επιφάνεια περιέχει 10-25 και η πάνω 1-6 αδένες σε κάθε τετραγωνικό χιλιοστό. Οι διαστάσεις και ο αριθμός των αδένων αυξάνει όσο αυτοί βρίσκονται πλησιέστερα στις μεγάλες νευρώσεις των φύλλων. Η έκλυση (διαφυγή) του αιθέριου ελαίου από τα φυτά αποδίδεται τόσο στην εξάτμιση, όσο και στη ρήξη τοιχωμάτων των αδένων που προκαλείται από την αναπτυσσόμενη ωσμωτική πίεση των κυττάρων που τους περιβάλλουν, τα οποία περιέχουν διάλυμα από σάκχαρα, άλατα και κολλοειδείς ουσίες.

Τα αιθέρια έλαια επηρεάζονται κυρίως από την θερμοκρασία, έτσι στις θερμότερες χώρες παρατηρείτε υψηλότερη περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια. Η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο είναι συνδεδεμένη με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού και αλλάζει με το στάδιο της βλαστικής περιόδου. Συγκριτικές αναλύσεις αιθέριων ελαίων που πάρθηκαν στην αρχή και στο τέλος της βλαστικής περιόδου στη μέντα, έδειξαν μεγάλες διαφορές στη σύσταση του. Επίσης διαφορές παρατηρήθηκαν και στο ίδιο φυτό, μεταξύ νεαρών και ώριμων φύλλων. Στα φυτά, των οποίων χρησιμοποιούμε τις ρίζες, η υψηλότερη περιεκτικότητα παρουσιάζεται στο τέλος φθινοπώρου. Μεγάλες απώλειες της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο παρατηρήθηκαν από τον τρόπο αποξήρανσης των φυτών, π.χ. σε υψηλότερες θερμοκρασίες μπορούν να χαθούν τα 2/3 της περιεκτικότητας σε αιθέριο έλαιο. Ακόμα η περιεκτικότητα και η σύσταση επηρεάζεται από το υψόμετρο, τον φωτισμό και το γεωγραφικό πλάτος.

Τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται από τα αρωματικά φυτά με διάφορες μεθόδους. Για την εκλογή της κατάλληλης μεθόδου λαμβάνονται υπόψη τα εξής (Mukhopadhyay, 2000):

- Το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού (άνθη, βλαστοί, φύλλα, σπέρματα).
- Η περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέρια έλαια.
- Η αξία (τιμή) του αιθέριου ελαίου.
- Η χημική σύνθεση των διαφόρων συστατικών του αιθέριου ελαίου .
- Διάφοροι άλλοι, οικονομικοί κυρίως, παράγοντες.

Ωστόσο, οι μέθοδοι με τις οποίες λαμβάνονται τα αιθέρια έλαια είναι οι εξής:

1. Απόσταξη:

- Υδραπόσταξη
- Υδρο-ατμοαπόσταξη
- Με υδρατμούς
- Άλλα είδη αποστάξεως

2. Εκχύλιση:

- Με πτητικούς διαλύτες
- Με ψυχρό λίπος
- Με θερμό λίπος

3. Μηχανική:

- Με σύνθλιψη
- Με απόξεση

1.1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ

Η ποιότητα των αιθέριων ελαίων εξαρτάται από διάφορες φυσικές σταθερές και κυρίως από την χημική σύστασή τους. Για να γίνει πλήρης ανάλυση ενός αιθέριου ελαίου πρέπει να προσδιοριστούν τα εξής:

1. Φυσικές σταθερές. Απ' αυτές οι σπουδαιότερες είναι:

- Ειδικό βάρος
- Δείκτης διαθλάσεως
- Στροφική ικανότητα
- Διαλυτότητα
- Σημείο ζέσεως

2. Χημική σύνθεση. Ο προσδιορισμός των συστατικών έχει μεγάλη σημασία γιατί από την παρουσία και την ποσότητά τους εξαρτάται κυρίως η ποιότητα των αιθερίων ελαίων.

1.1.2. ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ

Τα αιθέρια έλαια κατά την διάρκεια της αποθήκευσής τους, εφόσον οι συνθήκες δεν είναι κατάλληλες, υφίσταται ορισμένες αλλοιώσεις. Οι κυριότεροι παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα των αιθέριων ελαίων είναι οι εξής:

1. Θερμοκρασία αποθηκείσεως: Αυτή πρέπει να βρίσκεται μερικούς βαθμούς υπό το μηδέν.
2. Φως: Τα αιθέρια έλαια για να προστατευτούν από την επίδραση του φωτός πρέπει να διατηρούνται μέσα σε αδιαφανή δοχεία.

3. Νερό: Τα αιθέρια έλαια πριν από την αποθήκευση υφίσταται αφυδάτωση (ξήρανση). Αυτή γίνεται με μετάγγιση ή με τη χρησιμοποίηση ουσιών, όπως θειικού νατρίου ή θειικού μαγνησίου.

4. Αέρας: Για να αποφεύγονται αλλοιώσεις από την επίδραση του αέρα, από τα δοχεία όπου φυλάγονται τα αιθέρια έλαια πρέπει να πληρούνται.

5. Δοχεία αποθηκεύσεως: Κατάλληλα δοχεία είναι τα γυάλινα ή μεταλλικά από ανοξείδωτο χάλυβα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πλαστικά ή ξύλινα δοχεία.

Ο πραγματικός ρόλος των αιθέρων ελαίων στο φυτικό μεταβολισμό δεν έχει μέχρι σήμερα ξεκαθαρίσει πλήρως, αφού μόνο υποθέσεις διατυπώνονται σχετικά με τη δράση και την συμβολή τους στην δημιουργία και ανάπτυξη των αρωματικών φυτών. Με βεβαιότητα μπορεί όμως να ειπωθεί ότι οι πρακτικές και οι οικολογικές λειτουργίες των αιθέρων ελαίων είναι διάφορες και μπορεί να γίνονται για ποικίλους λόγους. Μερικοί από τους λόγους αυτούς είναι οι εξής:

α. Η προστασία των φυτών από το ψύχος: Λόγω της εξατμίσεως σχηματίζεται ένα προστατευτικό νέφος γύρω από τα φυτά.

β. Η αύξηση της ταχύτητας κυκλοφορίας των θρεπτικών ουσιών: Οι ουσίες αυτές ρυθμίζουν τον μεταβολισμό των φυτών.

γ. Η προστασία των φυτών από έντομα και παράσιτα: Τα αιθέρια έλαια, με το άρωμά τους, αποτρέπουν την εγκατάσταση αυτών στα φυτικά όργανα.

δ. Η δράση των αιθέρων ελαίων σαν καταλύτες: Αυτά δρουν ως καταλύτες στο μεταβολισμό των γλυκοζιτών και άλλων ουσιών.

ε. Η αύξηση της ανθεκτικότητας των φυτών στην ξηρασία: Τα αιθέρια έλαια μπαίνουν στους μεσοκυττάριους χώρους και ελαττώνουν την διαπνοή.

στ. Η προσέλκυση των εντόμων με το άρωμα των ανθέων: Επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο η γονιμοποίηση και η διασταύρωση των μη αυτογονιμοποιουμένων φυτών.

ζ. Η δράση των αιθερίων ελαίων ως ορμονών: Τα αιθέρια έλαια δρώντας ως ορμόνες προάγουν διάφορες λειτουργίες στα φυτά.

η. Η κάλυψη των πληγών του φλοιού: Το ρητινώδες περιεχόμενο πολλών αειθαλών φυτών συμβάλλει στην κάλυψη των πληγών του φλοιού και έτσι αποφεύγεται η σήψη των φυτικών ιστών.

θ. Η μετακίνηση των αιθερίων ελαίων κατά την διάρκεια της περιόδου αναπαραγωγής: Τα αιθέρια έλαια μετακινούνται από τα πράσινα μέρη του φυτού προς τα όργανα αναπαραγωγής. Εκεί ένα μέρος από αυτά καταναλίσκεται, ενώ το υπόλοιπο επιστρέφει στην αρχική του θέση.

ι. Η προστασία των φυτών από την υψηλή θερμοκρασία: Η εξάτμιση των αιθερίων ελαίων ελαττώνει την θερμοκρασία.

ια. Η αποτροπή της βρώσεως των φυτών: Τα αιθέρια έλαια αποτρέπουν την βρώση των φυτών που έχουν αυτά από φυτοφάγα ζώα και η προστασία τους από ασθένειες.

ιβ. Η προστασία από τις ασθένειες: Τα αιθέρια έλαια προστατεύουν τα φυτά από κάποιες ασθένειες.

1.1.3. ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΕΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ

Σύμφωνα με τον Σκουμπρή (1988) οι σπουδαιότερες οικογένειες που περιλαμβάνουν αρωματικά φυτά είναι οι κάτωθι:

Οικογένεια *Apiaceae*: είναι μια οικογένεια με κυρίως αρωματικά φυτά, στην οποία συγκαταλέγονται 3700 είδη τα οποία κατανέμονται σε 434 γένη. Τα πιο γνωστά είδη είναι καρότο (*Daucus carota*), σέλινο (*Apium graveolens*), ο μαϊντανός (*Petroselinum crispum*), το κύμινο (*Cuminum cyminum*), ο άνηθος (*Anethum greveolens*) και ο γλυκάνισος (*Pimpinella anisum*) (Watson και Dallwitz, 1992).

Οικογένεια Asteraceae: η οικογένεια των σύνθετων ανήκει στα αγγειόσπερμα και είναι εξαιρετικά μεγάλη. Σ αυτήν ανήκουν πάνω από 23000 είδη, τα οποία είναι ποώδη φυτά, θάμνοι, δέντρα και αμπέλια. Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι το σύνθετο άνθος, στο οποίο οφείλεται και το όνομα της οικογένειας, εξαιτίας της ομοιότητας του με αστέρι που προέρχεται από την λέξη αστήρ (aster). Η Asteraceae έχει μια αξιόλογη οικολογική και οικονομική σημασία αντιπροσωπεύοντας το 10% της χλωρίδας σε πολλές περιοχές του κόσμου. Τα φυτά της οικογένειας παρέχουν προϊόντα όπως μαγειρικά έλαια, βρώσιμους καρπούς, γλυκαντικές ουσίες, υποκατάστατα του καφέ και αφεψήματα. Χρησιμοποιούνται στην κηπουρική όπως οι μαργαρίτες, οι ντάλιες και τα χρυσάνθεμα, καθώς και στην φαρμακευτική. Τα φυτά της οικογένειας αυτής αποθηκεύουν ενέργεια με την μορφή ινουλίνης και περιέχουν τερπενοειδή αιθέρια έλαια (Jeffrey, 2007).

Οικογένεια Lamiaceae: τα φυτά της οικογένειας των χειλιανθών ανήκουν σε 236 γένη και περίπου 7000 είδη, είναι θάμνοι ή δέντρα συχνά αρωματικά και περιλαμβάνουν πολλά μαγειρικά βότανα όπως ο βασιλικός (*Ocimum basilicum*), η μέντα (*Mentha piperita*), το δενδρολίβανο (*Posmarinus officinalis*), το θυμάρι (*Thymus capitatus*), η λεβάντα (*Levandula angustifolia*), το μελισσόχορτο (*Melissa officinalis*), η ματζουράνα (*Origanum majorana*) και η ρίγανη (*Origanum vulgare*) (Watson και Dallwitz, 1992).

Οικογένεια Lauraceae: στην οικογένεια αυτή περιλαμβάνονται πάνω από 3000 είδη ανθοφόρων φυτών σε πάνω από 50 γένη σε όλο τον κόσμο. Εμφανίζονται συνήθως σε ζεστές εύκρατες και τροπικές περιοχές. Τα περισσότερα είναι αειθαλή δέντρα ή θάμνοι, όμως υπάρχουν και μερικά γένη που είναι φυλλοβόλα. Πολλά είδη της οικογένειας περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε αιθέρια έλαια, μερικά από τα οποία έχουν αποτιμηθεί για

καρυκεύματα και αρώματα. Τα πιο σημαντικά είδη είναι η δάφνη (*Laurus nobilis*) και η κανέλα (*Cinnamomum zeylanicum*) (Watson και Dallwitz, 1992).

1.2. ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ

Μετά από χρόνια παρατήρηση των ιδιοτήτων που προσδίδουν οι αρωματικές ουσίες στα φυτά, κάνοντας τα ικανά να αμυνθούν σε προσβολές από παθογόνα και να απωθήσουν έντομα, οι επιστήμονες θέλησαν να ερευνήσουν τις εντομοκτόνες, αλλά και ζιζανιοκτόνες ιδιότητες των αιθέριων ελαίων αφού παρατήρησαν ότι στο περιβάλλον μπορούν να κυριαρχήσουν έναντι άλλων καλλιεργούμενων φυτών και ζιζανίων. Έτσι άρχισε η χρήση των αρωματικών φυτών και των αιθέριων ελαίων και στην γεωργία, ενώ μέχρι πρόσφατα περιοριζόταν η εκμετάλλευσή τους στη βιομηχανία καλλυντικών, τροφίμων και στην φαρμακοβιομηχανία. Ειδικότερα, τα αιθέρια έλαια της Λουίζας (GreenMatch EX), του γαρύφαλου (Burnout TM), του πεύκου ή των εσπεριδοειδών έχουν χρησιμοποιηθεί στη βιολογική γεωργία.

Σε πρόσφατες έρευνες ανακαλύφθηκε ότι η βλαστική ικανότητα των χειμερινών σιτηρών (*Triticum aestivum*) και του βλήτου (*Amaranthus palmeri*) αναστάλθηκε από αιθέρια έλαια συγκεκριμένων αρωματικών φυτών, συμπεριλαμβανομένου του βασιλικού (*Ocimum citriodum*), της ρίγανης (*Origanum vulgare*) και της μαντζουράνας (*Origanum majorana*) (Dudai κ.ά., 1999). Τα αιθερία έλαια από κόκκινο θυμάρι (*Thymus vulgaris*), γαρύφαλλο (*Syzygium aromaticum*) και κανέλα (*Cinnamomum zeylanicum*) προκάλεσαν διαρροή ηλεκτρολυτών με αποτέλεσμα το θάνατο των κυττάρων αγριοράδικου (*Taraxacum officinale*) (Tworkoski, 2002). Οι Ismaiel και Pierson (1990) επίσης ερεύνησαν τον ανασταλτικό μηχανισμό του *Clostridium botulinum* (ενός βακτηρίου που βρίσκεται στα τρόφιμα και παράγει νευροτοξίνες, οι οποίες είναι θανατηφόρες) από αιθέρια έλαια καρυκευμάτων και δε βρήκαν επίδραση στο DNA, RNA ή στη σύνθεση

πρωτεϊνών. Διαπίστωσαν όμως ότι τα αιθέρια έλαια άλλαξαν τη διαπερατότητα της μεμβράνης. Επιπλέον, οι Baum κ.ά. (1998) και Romagni κ.ά. (2000) έχουν αναφέρει ότι πτητικά μονοτερπενια, όπως η ευκαλυπτόλη, είναι ισχυροί αναστολείς της μίτωσης. Ωστόσο, ο μηχανισμός που προκαλεί τη βλάβη από αιθέρια έλαια δεν είναι γνωστός. Ακόμη σε πρόσφατα πειράματα που έγιναν στην Ελλάδα από τους Vasilakoglou κ.ά. (2007) διαπιστώθηκε ότι τα αιθέρια ελαία της ρίγανης (*Origanum spp.*) και του βασιλικού (*Ocimum basilicum*) εμπόδισαν την αύξηση της ρίζας και την βλαστική ικανότητα της μουχρίτσας (*Echinochloa crus-galli*) και της λουβούδιας (*Chenopodium album*), εξαιτίας της μεγάλης περιεκτικότητας τους σε θυμόλη ή καρβακρόλη.

Ακόμα, έχει αναφερθεί ότι αυτά τα αιθέρια έλαια μπορούν να πρησιμοποιηθούν στο μέλλον ως επιλεκτικά φυσικά ζιζανιοκτόνα, παρά το γεγονός ότι η ανασταλτική δράση των αιθέρων ελαίων ποικίλλει ανάλογα με τα είδη από τα οποία προέρχονται .

Σύμφωνα με έρευνες και πειράματα που έχουν γίνει με αιθέρια έλαια, η υψηλή περιεκτικότητά τους σε οξυγονούχα μονοτερπένια συνδέεται με μια ισχυρή φυτοτοξική δραστηριότητα. Η Vokou (2007) αναφέρει ότι σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν με 47 μονοτερπένια, τα οποία ανήκουν σε διαφορετικές χημικές ομάδες, διαπιστώθηκε ότι οι κετόνες και οι αλκοόλες που περιέχονται στα έλαια καθώς και οι αλδεΐδες και οι φαινόλες μείωσαν σημαντικά την βλαστική ικανότητα των σπόρων σε πειράματα βιοδοκιμών, καθώς επίσης εμπόδισαν την έγκαιρη ανάπτυξη του ριζιδίου. Ακόμα, ο Vasilakoglou κ.ά. (2007) διαπίστωσαν ότι τα αιθέρια έλαια βασιλικού που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι περισσότερο φυτοτοξικά, σε σύγκριση με άλλα αιθέρια έλαια που απομονώθηκαν από ποικιλίες γλυκού βασιλικού. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις της λιναλοόλη και ευγενόλης. Ομοίως, η μεγαλύτερη συγκέντρωση της θυμόλης στα αιθέρια έλαια της ρίγανης από την περιοχή των Άγραφων και της

Ραψάνης, σε σχέση με το αιθέριο έλαιο ρίγανης που διατίθεται στο εμπόριο, μπορεί να ευθύνεται για τη μεγαλύτερη φυτοτοξικότητα κατά της μουχρίτσα και της λουβουδιάς. Ακόμη σε κάποιες άλλες έρευνες που έγιναν για να διαπιστωθεί η φυτοτοξική ικανότητα που έχουν τα αρωματικά φυτά όπως ο γλυκάνισος, ο γλυκός μάραθος, το άνηθο και ο μαϊντανός εναντίον τριών πλατύφυλλων ετήσιων ζιζανίων, της λουβουδιάς (*Chenopodium album*), της γλυστρίδας (*Portulaca oleracea*) και του στύφνου (*Solanum nigrum*), καθώς και ενός αγρωστώδους ζιζανίου της μουχρίτσας (*Echinochloa crus-galli*), έδειξαν ότι η ανάπτυξη και η βλάστηση κυρίως των δικοτυλήδων φυτών επηρεάζεται σημαντικά, μέχρι και σε ποσοστό 70%. Άλλοι ερευνητές έχουν βρει ότι το αιθέριο έλαιο μανούκας (*Leptospermum scorarium*) προκαλεί λευκές κηλίδες στα φύλλα πλατύφυλλων και αγρωστωδών ζιζανίων, εξαιτίας της β-τρικετόνης που αναστέλει την δράση του ενζύμου 4-HPPD (4-διοξυγενάση του υδροξυφαινυλοπυροσταφυλικού) (Dayan κ.ά., 2011). Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι σε σπόρους αιματόχορτου (*Digitaria ischaemum*) που βλάστησαν μετά την εφαρμογή του αιθέριου ελαίου μανούκας, τα φυτά παρουσίασαν λεύκανση, παρατήρηση που οδήγησε στο συμπέρασμα ότι το αιθέριο έλαιο του φυτού μπορεί να παραμείνει στο έδαφος για παρατεταμένη χρονική περίοδο, γεγονός που του επιτρέπει να έχει και προφυτρωτική δράση. Προσέτι, αιθέρια έλαια του φυτού λεμονόχορτο (*Cymborogon citratus*), που συγκέντωσαν κατόπιν υδροαπόσταξης, χρησιμοποιήθηκαν σε φυτά μουχρίτσας (*Echinochloa crus-galli*) (Batish κ.ά., 2004). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά την εφαρμογή του αιθέριου ελαίου παρατηρήθηκε μεταβολή του ποσοστού των καρτενοειδών και της χλωροφύλλης α και β. Ειδικότερα, η χλωροφύλλη α μειώθηκε περισσότερο από την χλωροφύλλη β, γεγονός που οδήγησε σε μείωση της αναλογίας χλωροφύλλης α/β, ενώ η μείωση των καρτενοειδών ήταν παρόμοια της χλωροφύλλης α. Τελικό συμπέρασμα ήταν ότι τα αιθέρια έλαια του λεμονόχορτου ανέστειλαν σημαντικά τη βλάστηση των σπόρων και

την ανάπτυξη των βλαστών της μουχρίτσας. Συγκεκριμένα, 1 ώρα μετά το ψεκασμό προκλήθηκε μαρασμός και τα φύλλα παρουσίασαν συμπτώματα ξήρανσης. Στις 6 ώρες μετά το ψεκασμό τα καρετονοειδή των χλωροφυλλών παρουσίασαν διαρροή ηλεκτρολυτών και υπεροξείδωση λιπιδίων, με αποτέλεσμα τη μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των ψεκαζόμενων φυτών. Η αύξηση της διαρροής των ηλεκτρολυτών δείχνει επίσης ότι τα αιθέρια έλαια του λεμονόχορτου διαταράσσουν την ακεραιότητα της μεμβράνης, γεγονός που επηρεάζει με τη σειρά του και άλλες φυσιολογικές και βιοχημικές διεργασίες που συνδέονται με την λειτουργία του κυττάρου.

Με βάση τα παραπάνω ερευνητικά αποτελέσματα, η έρευνα στράφηκε πλέον στη δημιουργία φυσικών ζιζανιοκτόνων σκευασμάτων με δραστική ουσία αιθέρια έλαια, προκειμένου να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά τα ζιζάνια στα πλαίσια της βιολογικής γεωργίας.

1.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ

Εξαιτίας της πτητικότητας που παρουσιάζουν τα αιθέρια έλαια, η εφαρμογή τους στον αγρό ως φυτοπροστατευτικά προϊόντα παρουσιάζει προβλήματα. Επιπλέον, η ισχυρά λιπόφιλη φύση τους καθιστά αδύνατη την ανάμιξή τους με το νερό, προκειμένου να εφαρμοστούν με τα συμβατικά ψεκαστικά μέσα. Για το λόγο αυτό πρέπει να τυποποιηθούν σε μορφή σκευάσματος συμβατή με το νερό και να συνδυαστούν με κατάλληλες βοηθητικές ουσίες, ώστε να καταστούν λιγότερο πτητικά και περισσότερο αποτελεσματικά. Η κατάλληλη τυποποίηση μπορεί λοιπόν να κάνει τα αιθέρια έλαια περισσότερο εύχρηστα και αποτελεσματικά. Επιπλέον, τα φυσικώς συντιθέμενα ζιζανιοκτόνα, όπως αυτά που βασίζονται στη φυτοτοξική δράση των αιθέριων ελαίων, συνήθως είναι μη εκλεκτικές για τα φυτά ουσίες. Έτσι δυσκολεύει η εφαρμογή τους, καθώς απαιτούν προσεκτικούς χειρισμούς από ειδικευμένα άτομα και χρήση κατάλληλων

μέσων εφαρμογής στην καλλιέργεια, ώστε να μη βλάψουν το καλλιεργούμενο φυτό.

1.4 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Γενικά, η παρουσία των ζιζανίων προκαλεί τη μεγαλύτερη οικονομική απώλεια στην απόδοση των καλλιεργειών, σε σύγκριση με τους άλλους εχθρούς ή παθογόνους μικροοργανισμούς. Ως αποτέλεσμα, οι συμβατικές γεωργικές πρακτικές βασίζονται κυρίως σε αποτελεσματικά συνθετικά ζιζανιοκτόνα για την καταπολέμηση ζιζανίων, ενώ τα σκευάσματα αυτά αποτελούν περίπου το 50% των φυτοπροστατευτικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως στον αγροτικό τομέα. Ενώ το δημόσιο αίσθημα προς τα συνθετικά ζιζανιοκτόνα και τις αρνητικές επιπτώσεις που έχουν στο περιβάλλον όλο και αυξάνεται, και νέοι κανονισμοί φυτοφαρμάκων συνέβαλαν στη μείωση του αριθμού των νέων δραστικών ουσιών και προϊόντων στο εμπόριο από τους σημαντικότερους κατασκευαστές αγροχημικών. Αυτό είχε ιδιαίτερα αρνητικές επιπτώσεις στις μικρές καλλιέργειες παραγωγών, καθώς τα μέσα καταπολέμησης λιγότεψαν και παράλληλα η παραγωγή μειώθηκε, καθώς τα δυσεξόντωτα πλέον ζιζάνια ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά. Προσέτι, τα σκευάσματα αυτά (χημικώς συντιθέμενα) δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα βιολογικής γεωργίας.

Σχετικά με τα φυσικώς συντιθέμενα ζιζανιοκτόνα, δύο από τους σημαντικότερους περιορισμούς των εγκεκριμένων φυσικών ζιζανιοκτόνων για βιολογική χρήση είναι η έλλειψη σταθερά αποτελεσματικής δράσης και οι αδιευκρίνιστοι μηχανισμοί δράσης. Σε μια προσπάθεια για την ανάπτυξη νέων φυσικών ζιζανιοκτόνων με προηγμένες ιδιότητες, έχει αναφερθεί πρόσφατα ότι πολλά φυσικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών β-τρικετονών που βρίσκονται στο αιθέριο έλαιο της μανούκας έχουν τον ίδιο

μηχανισμό δράσης με τα χημικώς συντιθέμενα ζιζανιοκτόνα sulcotrione και mesotrione, δηλαδή το ένζυμο HPPD (Dayan κ.ά., 2009).

Εντούτοις, τα φυσικά ζιζανιοκτόνα έχουν αρκετά πλεονεκτήματα, σε σύγκριση με τα χημικώς συντιθέμενα. Διασπώνται εύκολα στο περιβάλλον χωρίς να αφήνουν υπολείμματα σε αυτό, μειώνοντας έτσι τη ρύπανση των εδαφών και των υδάτων. Το τελικό προϊόν που φτάνει στον καταναλωτή είναι απαλλαγμένο από ίχνη του φυτοφαρμάκου. Ακόμη, είναι λιγότερο επικίνδυνα για το χρήστη του σκευάσματος.

Με βάση τα παραπάνω πλεονεκτήματα των φυσικών σκευασμάτων, την ανάγκη για νέα φυτοφάρμακα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιολογικές καλλιέργειες, καθώς και τη φυτοτοξική δράση των αρωματικών φυτών, σκοπός της εργασίας ήταν 1. η δημιουργία ενός εύχρηστου και αποτελεσματικού σκευάσματος με κύριο συστατικό αιθέριο έλαιο και 2. η αξιολόγησή του εναντίον πλατύφυλλων και αγρωστωδών ζιζανίων σε συνθήκες θερμοκηπίου και αγρού.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στα πλαίσια της εργασίας διεξήχθησαν 3 πειράματα: 1. αξιολόγησης της φυτοτοξικότητας του νέου σκευάσματος με αιθέρια έλαια ρίγανης και κανέλας σε συνθήκες εργαστηρίου (βιοδοκιμές), 2. αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των παραπάνω σκευασμάτων εναντίον ζιζανίων σε συνθήκες θερμοκηπίου (φυτοδοχεία) και 3. αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας του σκευάσματος αιθέριου ελαίου ρίγανης σε συνθήκες αγρού.

2.1.1 ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΝΕΟΥ ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΟΣ

Κατά την παρασκευή των δύο σκευασμάτων χρησιμοποιήθηκαν αιθέρια έλαια ρίγανης και κανέλας (προϊόντα απόσταξης που διατίθενται στο εμπόριο), μεθανόλη και άμυλο. Αρχικά, σε πλαστικό δοχείο τοποθετήθηκε η μεθανόλη και το αιθέριο έλαιο ρίγανης ή κανέλας. Ακολούθησε ανάδευση και κατόπιν έγινε προσθήκη αμύλου. Το μείγμα ανακινήθηκε μέχρι πλήρους ομογενοποίησης. Στη συνέχεια, το μείγμα τοποθετήθηκε σε θερμοκρασία μικρότερη των 0 °C για περίπου 30 min. Ακολούθως, το μείγμα τοποθετήθηκε σε συσκευή λιωφιλιωτή. Το τελικό σκεύασμα (25% σε αιθέριο έλαιο ρίγανης ή κανέλας) παραλήφθηκε μετά το πέρας 24 h, τοποθετήθηκε σε γυάλινα δοχεία και αποθηκεύτηκε σε δροσερό και σκιερό σημείο μέχρι που χρησιμοποιήθηκε για τα 3 πειράματα.

2.1.2 ΠΕΙΡΑΜΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Το πείραμα εργαστηρίου (βιοδοκιμές) διεξήχθη την άνοιξη του 2012 στο Εργαστήριο Ζιζανιολογίας, του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Τ.Ε.Ι.

Λάρισας. Χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα τριβλία (Petri) διαμέτρου 8 cm και ως φυτό δείκτης χρησιμοποιήθηκε η λεπτή ήρα (*Lolium rigidum*).

Σε κάθε τριβλίο τοποθετήθηκαν 20 σπόροι της λεπτής ήρας (με φυτρωτική ικανότητα > 70%) και καλύφθηκαν με 5 g περλίτη (υλικό που δεν έχει προσροφητική ικανότητα). Κατόπι, σε κάθε τριβλίο εφαρμόστηκαν 10 ml απιονισμένο νερό ή διάλυμα των δύο σκευασμάτων (25% σε αιθέριο έλαιο) σε απιονισμένο νερό, ώστε να επιτευχθούν συγκεντρώσεις αιθέριου ελαίου, 0, 0,25, 0,5, 1,0 και 2,0 g ανά τριβλίο, συνολικού όγκου 50 cm³. Τα τριβλία σφραγίστηκαν ερμητικά με κολλητική χαρτοταινία, ώστε να αποφευχθούν οι απώλειες του αιθέριου ελαίου και τυχαιοποιήθηκαν σε πλαστικούς δίσκους. Οι δίσκοι καλύφθηκαν με πλαστικές σακκούλες και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης φυτών (21 °C) για 8 ημέρες. Μετά το πέρας αυτού του χρονικού διαστήματος, τα τριβλία ανοίχθηκαν, απομακρύνθηκε ο περλίτης από τα φυτά της λεπτής ήρας και αξιολογήθηκε 1. η % βλάστηση και 2. το μήκος ρίζας των φυτών λεπτής ήρας που βλάστησαν. Χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο των πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων με 4 επαναλήψεις για κάθε συνδυασμένο παράγοντα (αιθέριο έλαιο x συγκέντρωση). Το πείραμα επαναλήφθηκε στο χρόνο.

2.1.3 ΠΕΙΡΑΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η εγκατάσταση του πειράματος έγινε στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Ζιζανιολογίας, του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Τ.Ε.Ι. Λάρισας την άνοιξη του 2012. Χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά φυτοδοχεία διαμέτρου 12 cm και ύψους 15 cm. Σε κάθε φυτοδοχείο τοποθετήθηκε έδαφος με τα κάτωθι φυσικοχημικά χαρακτηριστικά: άμμος 509 g kg⁻¹, ιλύς 200 g kg⁻¹, άργιλος 291 g kg⁻¹, οργανικός άνθρακας 6 g kg⁻¹ και pH (1:2 H₂O) 7,5. Κατόπιν, σε κάθε φυτοδοχείο τοποθετήθηκαν 100 σπόροι ενός από τα ζιζάνια 1. τραχύ βλήτο (*Amaranthus retroflexus*), 2. λουβουδιά (*Chenopodium album*) ή 3. σπονδυλωτή σετάρια (*Setaria verticillata*). Οι σπόροι των ζιζανίων είχαν

συλλεχθεί το προηγούμενο έτος από το Αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Λάρισας. Τα φυτοδοχεία δέχθηκαν προφυτρωτικές και μεταφυτρωτικές επεμβάσεις των δύο νέων σκευασμάτων αιθέριων ελαίων ρίγανης και κανέλας, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Χρησιμοποιήθηκε ως επιφανειοδραστική ουσία το Dush (μείγμα υδρογονανθράκων, αλκυλεστέρων και ανιονικά δραστικά) σε δόση 300 ml/στρέμμα. Αμέσως μετά την προφυτρωτική εφαρμογή ακολούθησε άρδευση για να ενεργοποιηθεί το σκεύασμα. Το πείραμα περιελάμβανε αψέκαστο μάρτυρα για κάθε είδος ζιζανίου. Εφαρμόστηκε το πλήρως τυχαιοποιημένο πειραματικό σχέδιο με 42 (3 είδη ζιζανίων x 7 επεμβάσεις σκευασμάτων x 2 τρόπους εφαρμογής) επεμβάσεις και 4 επαναλήψεις. Η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων έγινε εκτός θερμοκηπίου, με ψεκαστήρα ακριβείας (ο οποίος είχε 6 ακροφύσια διπλού ριπιδίου και ήταν ρυθμισμένος να εφαρμόζει 45 λίτρα νερό ανά στρέμμα με πίεση 3,2 atm), ενώ η τοποθέτηση των φυτοδοχείων στο θερμοκήπιο έγινε 30 min μετά τον ψεκασμό. Καθόλη την διάρκεια του πειράματος η απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ζιζανίων γινόταν με το χέρι. Τα φυτοδοχεία αρδεύονταν καθημερινά, μέχρι το τέλος του πειράματος. Η ευαισθησία των τριών ζιζανίων αξιολογήθηκε με μετρήσεις του αριθμού των φυτών που φύτεψαν (στις προφυτρωτικές εφαρμογές) και του αριθμού επιβιωσάντων φυτών και του νωπού βάρους αυτών σε κάθε φυτοδοχείο, στις 4 εβδομάδες μετά την εφαρμογή. Το πείραμα επαναλήφθηκε στο χρόνο.

2.1.4 ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ

Η εγκατάσταση του πειράματος έγινε στο φοιτητικό αγρό του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Τ.Ε.Ι. Λάρισας το φθινόπωρο του 2012, σε έδαφος με τα κάτωθι φυσικοχημικά χαρακτηριστικά: άμμος 509 g kg⁻¹, ιλύς 200 g kg⁻¹, άργιλος 291 g kg⁻¹, οργανικός άνθρακας 6 g kg⁻¹ και pH (1:2 H₂O) 7,5. Ο αγρός ήταν μολυσμένος με τα ζιζάνια 1. δωδεκάνθι (*Lamium amplexicaule*), 2. στελλάρια (*Stellaria media*), 3. άγριο σινάπι (*Sinapis arvensis*), 4.

αγριοβρώμη (*Avena sterilis*), 5. καπνόχορτο (*Fumaria officinalis*), 6. Κουφάγκαθο (*Silybum marianum*) και 7. ανθεμίδα (*Anthemis arvensis*). Η εφαρμογή του σκευάσματος (25% σε αιθέριο έλαιο ρίγανης) έγινε μεταφυτρωτικά σε δύο διαφορετικά στάδια των ζιζανίων: όταν βρίσκονταν στα 2-4 φύλλα και όταν βρίσκονταν στα 6-10 φύλλα. Χρησιμοποιήθηκε επιφανειοδραστική ουσία σε δόση 3,0 Lit/στρ. Οι επεμβάσεις του πειράματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων στις 1, 2 και 3 εβδομάδες από την εφαρμογή με μακροσκοπική % οπτική εκτίμηση της φυτοτοξικότητας και με μετρήσεις του αριθμού επιβιωσάντων φυτών. Χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο των πλήρων ομάδων σε ελεύθερη διάταξη με τέσσερις ομάδες. Το μέγεθος κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν 2,5 x 6 m = 15 m².

Πίνακας 1. Επεμβάσεις του νέου σκευάσματος αιθέριων ελαίων (25% σε αιθέριο έλαιο) που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα θερμοκηπίου και αγρού.

α/α	Αιθέριο έλαιο	Δόση	Στάδιο εφαρμογής	
Πείραμα θερμοκηπίου				
		kg σκευ./στρ	Προφυτρωτικό	Μεταφυτρωτικό
1	Κανέλα	1,5	Μετά σπορά	2-4 φύλλα
2		3,0	Μετά σπορά	2-4 φύλλα
3		6,0	Μετά σπορά	2-4 φύλλα
4	Ρίγανη	1,5	Μετά σπορά	2-4 φύλλα
5		3,0	Μετά σπορά	2-4 φύλλα
6		6,0	Μετά σπορά	2-4 φύλλα
7	Μάρτυρας	-	-	-
Πείραμα αγρού			Επιφανειοδραστικό	Στάδιο εφαρμογής
1	Ρίγανη	9,0	Ορυκτέλαιο	2-4 φύλλα
2	Ρίγανη	9,0	Μίγμα συστατικών*	2-4 φύλλα

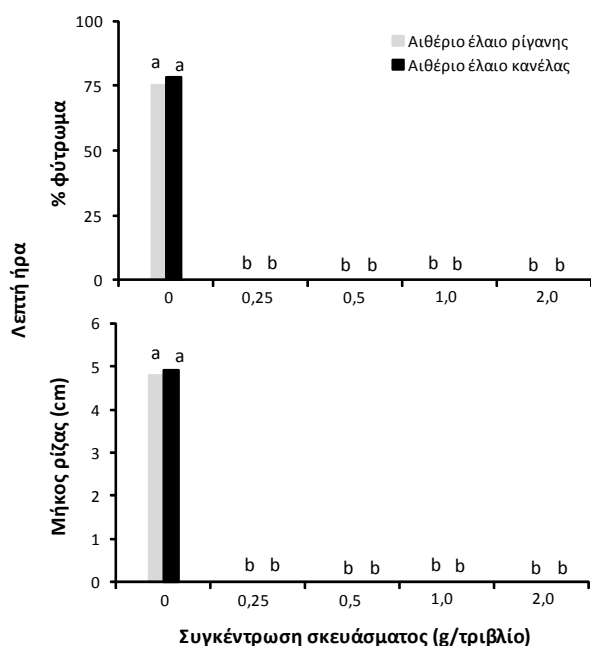
4	Μάρτυρας	-	-	2-4 φύλλα
5	Ρίγανη	12,0	Ορυκτέλαιο	6-10 φύλλα
6	Ρίγανη	12,0	Μίγμα συστατικών*	6-10 φύλλα
7	Μάρτυρας	-	-	6-10 φύλλα

*Μίγμα ανιονικών και μη ιονικών συστατικών.

2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

2.2.1 ΠΕΙΡΑΜΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι το φύτρωμα και το μήκος ρίζας της λεπτής ήρας επηρεάστηκε σημαντικά ($P < 0,001$) από τις συγκεντρώσεις του νέου σκευάσματος με δραστικά συστατικά τα αιθέρια έλαια ρίγανης και κανέλας. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε μείωση 100% και στα δύο χαρακτηριστικά που αξιολογήθηκαν, δηλαδή το % φύτρωμα και το μήκος ρίζας (Σχήμα 1). Με βάση τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι το νέο σκεύασμα απελευθερώνει σε μικρό χρονικό διάστημα το δραστικό συστατικό (αιθέριο έλαιο) και αυτό προκαλεί φυτοτοξικότητα στο ζιζάνιο λεπτή ήρα. Σε παρόμοια πειράματα φυτοτοξικότητας αιθέριων ελαίων, οι Vasilakoglou κ.ά. (2007) βρήκαν ότι τα αιθέρια έλαια της ρίγανης και του βασιλικού μείωσαν το φύτρωμα και την ανάπτυξη των ζιζανίων μουχρίτσα και λουβουδιά.

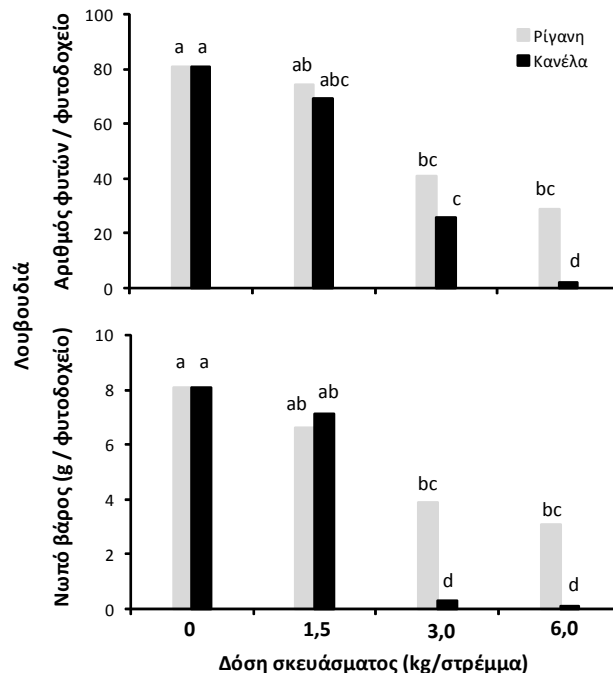


Σχήμα 1. Επίδραση της συγκέντρωσης ενός νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό αιθέριο έλαιο ρίγανης ή κανέλας στο φύτρωμα και το μήκος ρίζας του ζιζανίου λεπτή ήρα. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων. Στήλες με διαφορετικό γράμμα δηλώνουν

σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το κριτήριο Tukey και $P = 0,05$.

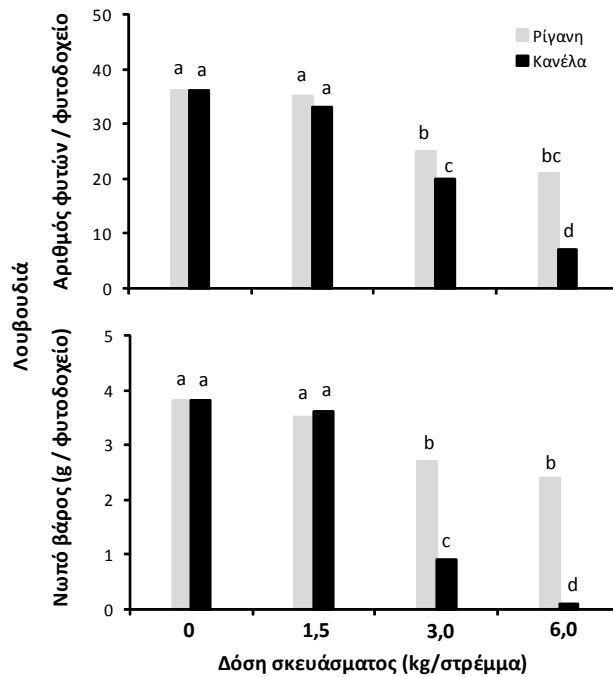
2.2.2 ΠΕΙΡΑΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η ανάλυση των δεδομένων από το πείραμα θερμοκηπίου έδειξε ότι η αποτελεσματικότητα του νέου σκευάσματος επηρεάστηκε σημαντικά ($P < 0,001$) από το είδος του αιθέριου ελαίου, από τη δόση εφαρμογής και από το στάδιο εφαρμογής. Ειδικότερα, το σκεύασμα με δραστικό συστατικό το αιθέριο έλαιο της κανέλας ήταν αποτελεσματικότερο, στις περισσότερες περιπτώσεις, από ό,τι ήταν αυτό με το αιθέριο έλαιο της ρίγανης (Σχήματα 2, 3, 4, 5, 6 και 7). Αυτό πιθανώς να οφείλεται στα διαφορετικά δραστικά συστατικά, αλλά και στη συνεργιστική δράση που πιθανώς παρατηρείται μεταξύ των συστατικών σε κάθε αιθέριο έλαιο (Bainard κ.ά., 2006; Vasilakoglou κ.ά., 2013).



Σχήμα 2. Επίδραση της δόσης εφαρμογής στην αποτελεσματικότητα ενός νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό αιθέριο έλαιο ρίγανης ή κανέλας εναντίον της λουβουδιάς, 3 εβδομάδες μετά την προφυτρωτική εφαρμογή. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων.

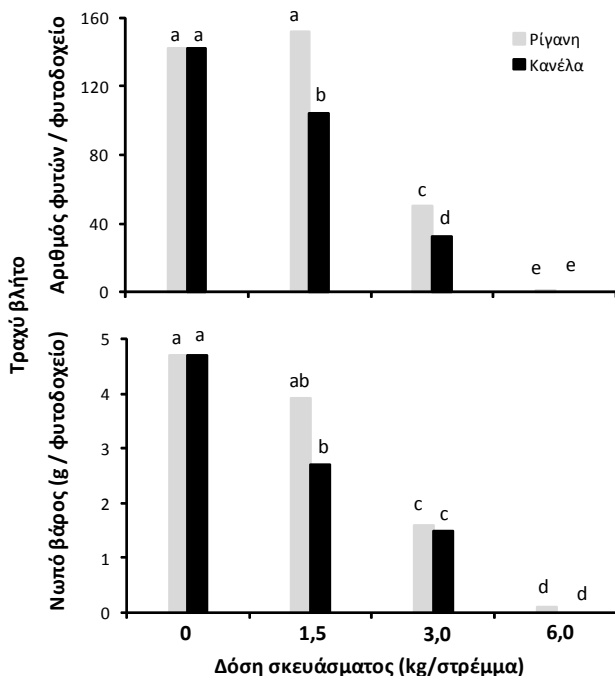
Στήλες με διαφορετικό γράμμα δηλώνουν σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το κριτήριο Tukey και $P = 0,05$.



Σχήμα 3. Επίδραση της δόσης εφαρμογής στην αποτελεσματικότητα ενός νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό αιθέριο έλαιο ρίγανης ή κανέλας εναντίον της λουβουδιάς, 3 εβδομάδες μετά τη μεταφυτρωτική εφαρμογή. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων. Στήλες με διαφορετικό γράμμα δηλώνουν σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το κριτήριο Tukey και $P = 0,05$.

Η δόση των 1,5 kg σκευάσματος ανά στρέμμα δε μείωσε ικανοποιητικά τον αριθμό φυτών και το νωπό βάρος των τριών ζιζανίων που αξιολογήθηκαν στα πείραμα (Σχήματα 2, 3, 4, 5, 6 και 7). Εντούτοις, η αύξηση της δόσης από 1,5 σε 6,0 kg σκευάσματος ανά στρέμμα προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση στον αριθμό φυτών και το νωπό βάρος των ζιζανίων. Ειδικότερα, η δόση των 6,0 kg σκευάσματος ανά στρέμμα μείωσε ικανοποιητικά έως άριστα τον αριθμό φυτών και το νωπό βάρος των τριών ζιζανίων. Μάλιστα, το νέο σκεύασμα ήταν εξίσου αποτελεσματικό στην προφυτρωτική και μεταφυτρωτική εφαρμογή του. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν οι Dayan κ.ά. (2011), οι

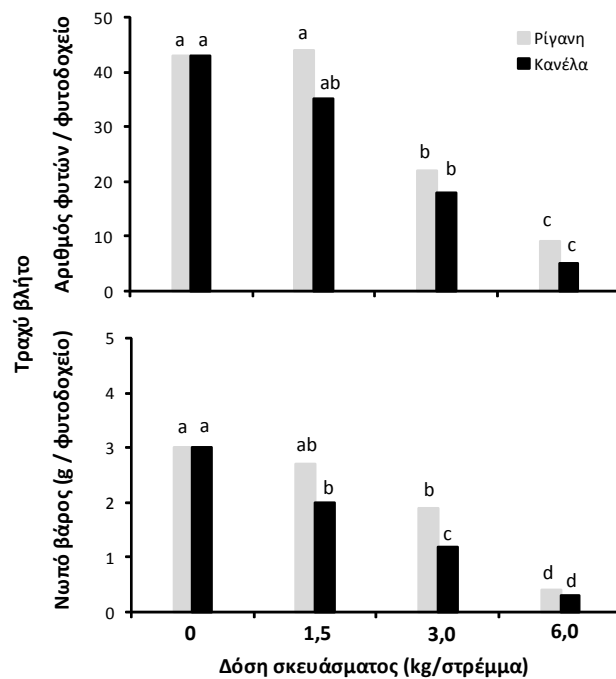
οποίοι βρήκαν ότι το αιθέριο έλαιο της μανούκα έλεγξε αποτελεσματικά τα ζιζάνια μετά από προφυτρωτική εφαρμογή.



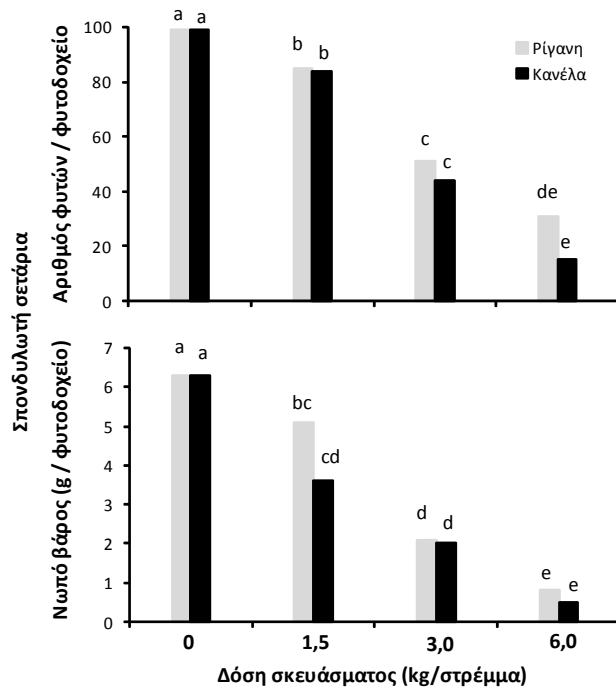
Σχήμα 4. Επίδραση της δόσης εφαρμογής στην αποτελεσματικότητα ενός νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό αιθέριο έλαιο ρίγανης ή κανέλας εναντίον του τραχύ βλήτου, 3 εβδομάδες μετά την προφυτρωτική εφαρμογή. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων. Στήλες με διαφορετικό γράμμα δηλώνουν σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το κριτήριο Tukey και $P = 0,05$.

Σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες που αποδεικνύουν την φυτοτοξικότητα των αιθέριων ελαίων τα αποτελέσματα που λαμβάνονται είναι σημαντικά, δεδομένου ότι η φυτοτοξικότητα αιθέριων ελαίων έχει μεγάλο ενδιαφέρον για τη βιομηχανία φυτοφαρμάκων. Αν και δεν είχαμε διερευνήσει τους λόγους για την παρατηρούμενη παρεμποδιστική δράση του αιθέριου ελαίου της ρίγανης και της κανέλας, παρόλα αυτά μελέτες έχουν αναφέρει ότι τα αιθέρια έλαια και τα συστατικά τους αναστέλλουν την κυτταρικής διαίρεσης σε αναπτυσσόμενα άκρες ρίζας και παρεμβαίνουν στη σύνθεση DNA σε αναπτυσσόμενα μεριστώματα (Baum κ.ά., 1998).

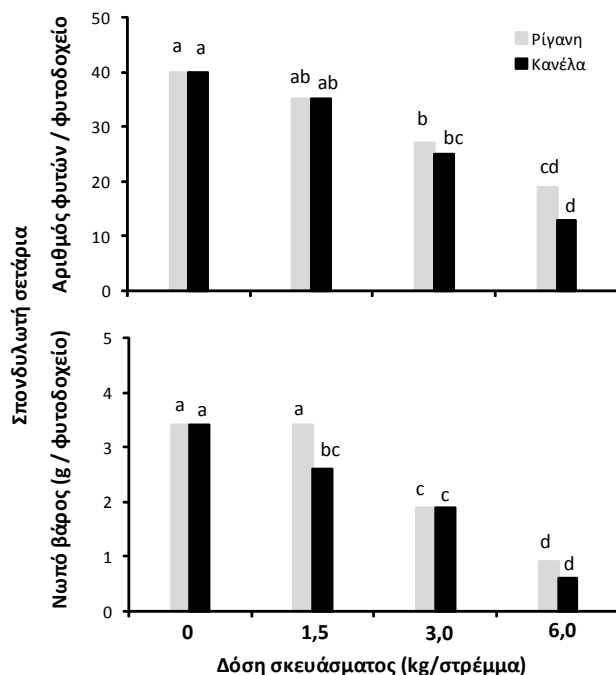
Προηγούμενες μελέτες έχουν αναφέρει ότι τα αιθέρια έλαια αναστέλλουν την ανάπτυξη των φυτών μέσω διακοπής της ακεραιότητας της μεμβράνης (Bainard κ.ά., 2006). Επιπλέον, οι μελέτες έχουν τεκμηριώσει ότι το αιθέριο έλαιο και τα συστατικά τους προκαλούν οξειδωτικό στρες και αναστέλλουν την ανάπτυξη των ριζών (Baum κ.ά., 1998; Romagni κ.ά., 2000). Προσέτι, έχει αναφερθεί ότι προάγουν την υπεροξείδωση λιπιδίων και τη συσσώρευση του υπεροξειδίου του υδρογόνου και την αύξηση τις διαρροής ηλεκτρολύτων στον ιστό της ρίζας.



Σχήμα 5. Επίδραση της δόσης εφαρμογής στην αποτελεσματικότητα ενός νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό αιθέριο έλαιο ρίγανης ή κανέλας εναντίον του τραχύ βλήτου, 3 εβδομάδες μετά τη μεταφυτρωτική εφαρμογή. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων. Στήλες με διαφορετικό γράμμα δηλώνουν σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το κριτήριο Tukey και $P = 0,05$.



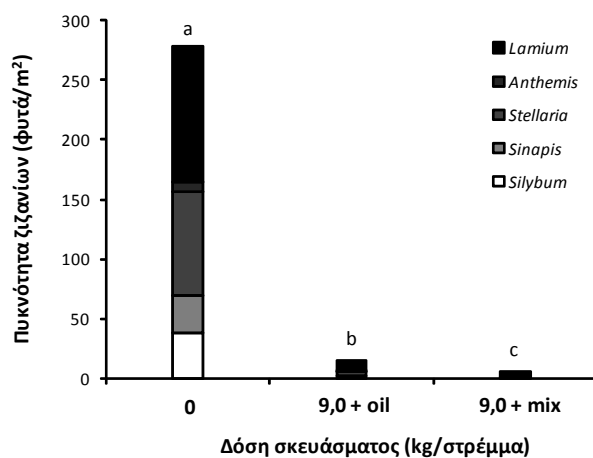
Σχήμα 6. Επίδραση της δόσης εφαρμογής στην αποτελεσματικότητα ενός νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό αιθέριο έλαιο ρίγανης ή κανέλας εναντίον της σπονδυλωτής σετάριας, 3 εβδομάδες μετά την προφυτρωτική εφαρμογή. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων. Στήλες με διαφορετικό γράμμα δηλώνουν σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το κριτήριο Tukey και $P = 0,05$.



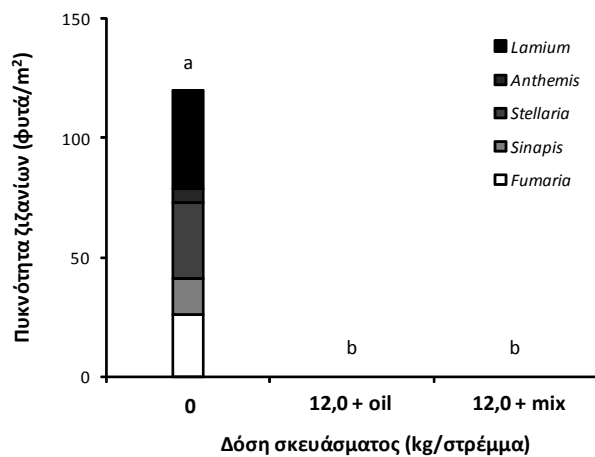
Σχήμα 7. Επίδραση της δόσης εφαρμογής στην αποτελεσματικότητα ενός νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό αιθέριο έλαιο ρίγανης ή κανέλας εναντίον της σπονδυλωτής σετάριας, 3 εβδομάδες μετά τη μεταφυτρωτική εφαρμογή. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων. Στήλες με διαφορετικό γράμμα δηλώνουν σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το κριτήριο Tukey και $P = 0,05$.

2.2.3 ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΓΡΟΥ

Τα δεδομένα από το πείραμα αγρού έδειξαν ότι όλες οι επεμβάσεις προκάλεσαν σημαντική μείωση ($P < 0,001$) στον αριθμό φυτών και την ανάπτυξη των φθινοπωρινών ζιζανίων. Ειδικότερα, η αποτελεσματικότητα του νέου σκευάσματος εναντίον των φθινοπωρινών ζιζανίων ήταν από πολύ ικανοποιητική έως άριστη, όπως παρουσιάζεται στα Σχήματα 8 και 9. Η εμφάνιση της τοξικότητας στα ζιζάνια ξεκίνησε λίγες ώρες μετά την εφαρμογή και ολοκληρώθηκε στις 3 ημέρες από την εφαρμογή. Με βάση το σύντομο χρονικό διάστημα μεταξύ εφαρμογής και θανάτου των ευαίσθητων ζιζανίων, συμπεραίνεται ότι η δράση του νέου σκευάσματος είναι δράση επαφής (Βασιλάκογλου, 2012). Ο Tworkoski (2002) βρήκε ότι τα αιθέρια έλαια των φυτών κόκκινο θυμάρι, (*Thymus vulgaris*), γαρύφαλο (*Syzygium aromaticum*) και κανέλα (*Cinnamomum zeylanicum*) προκάλεσαν διαρροή ηλεκτρολυτών από τα κύτταρα του αγριοράδικου (*Taraxacum officinale*) και τελικά το θάνατο αυτών. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Bainard κ.ά. (2006) που μελέτησαν την επίδραση του αιθέριου ελαίου του γαρύφαλου. Επιπλέον, οι Baum κ.ά. (1998) και Romagnì κ.ά. (2000) βρήκαν ότι τα πτητικά μονοτερπένια όπως οι σινεόλες (συστατικά αιθέριων ελαίων) μπορούν να παρεμποδίσουν τη διεργασία της μίτωσης.



Σχήμα 8. Επίδραση της επιφανειοδραστικής ουσίας στην αποτελεσματικότητα ενός νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό αιθέριο έλαιο ρίγανης εναντίον πέντε ετήσιων φθινοπωρινών ζιζανίων, 3 εβδομάδες μετά την εφαρμογή. Η εφαρμογή έγινε στο στάδιο των 2-4 φύλλων. Στήλες με διαφορετικό γράμμα δηλώνουν σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το κριτήριο Tukey και $P = 0,05$.



Σχήμα 9. Επίδραση της επιφανειοδραστικής ουσίας στην αποτελεσματικότητα ενός νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό αιθέριο έλαιο ρίγανης εναντίον πέντε ετήσιων φθινοπωρινών ζιζανίων, 3 εβδομάδες μετά την εφαρμογή. Η εφαρμογή έγινε στο στάδιο των 6-10 φύλλων. Στήλες με διαφορετικό γράμμα δηλώνουν σημαντικές διαφορές, σύμφωνα με το κριτήριο Tukey και $P = 0,05$.

2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η υψηλή ανταγωνιστική ικανότητα των καλλιέργουμένων φυτών ως μέσο αντιμετώπισης των ζιζανίων έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα γεωργικά συστήματα που επιδιώκουν τη μη χρήση ή τη μείωση των χημικών εισροών. Τα αρωματικά φυτά θα μπορούσαν να διαδραματίσουν ένα σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη βιώσιμων συστημάτων βιολογικής γεωργίας ή ολοκληρωμένης διαχείρισης, λόγω της ικανότητάς τους να παράγουν τα αιθέρια έλαια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη των φυσικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτά τα συστήματα. Τα αιθέρια έλαια θεωρούνται ασφαλή τόσο για τους καταναλωτές, όσο και για το περιβάλλον, κυρίως λόγω της ταχείας αποδόμησής τους στο περιβάλλον και την χαμηλή τοξικότητά τους.

Η αποτελεσματικότητα του νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό τα αιθέρια έλαια ρίγανης ή κανέλας ήταν αποτελεσματικά εναντίον ετήσιων ζιζανίων, τόσο σε συνθήκες θερμοκηπίου, όσο και σε συνθήκες αγρού. Επιπλέον, ήταν απόλυτα συμβατό με το νερό και συμπεριφέρθηκαν πολύ καλά κατά την εφαρμογή τους με τον ψεκαστήρα ακριβείας. Συνεπώς, θα μπορούσε το νέο σκεύασμα να αποτελέσει χημική λύση αντιμετώπισης των ζιζανίων σε συστήματα βιολογικής γεωργίας, όπου δεν επιτρέπεται η χρήση χημικώς συντιθέμενων ζιζανιοκτόνων.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bainard, L.D., M.B. Isman, and M.K. Upadhyaya. 2006. Phytotoxicity of clove oil and its primary constituent eugenol and the role of leaf epicuticular wax in the susceptibility to these essential oils. *Weed Science* 54:833-837.
- Βασιλάκογλου, Ι. 2012. Σύγχρονη ζιζανιολογία, 2^η έκδοση. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα. Σελ. 488.
- 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.
- Batish, R.D., N. Setia, H.P. Singh, and R.K. Kohli. 2004. Phytotoxicity of lemon-scented-eucalypt oil and its potential use as a bioherbicide. *Crop Protection* 23:1209–1214.
- Dayan, F.E., N. Singh, C. McCurdy, C.A. Godfrey, L. Larsen, R.T. Weavers, J.W. Van Klink, and N.B. Perry. 2009. b-triketone inhibitors of plant p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase: Modeling and comparative molecular field analysis of their interactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57:5194–5200.
- Dayan, F.E., L. Jowell, J.P. Marais, D. Ferreira, and M. Koivunen. 2011. Manuka oil, a natural herbicide with preemergence activity. *Weed Science* 59:464-469.
- Dudai, N., A. Poljakoff-Mayber, A.M. Mayer, E. Putievsky, and H.R. Lerner. 1999. Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicide. *Journal of Chemical Ecology* 25:1079–1089.
- Jeffrey, C. 2007. Compositae: Introduction with key to tribes. Pages 61-87 in *Families and Genera of Vascular Plants*, vol. VIII, Flowering Plants, Eudicots, Asterales (J. W. Kadereit and C. Jeffrey, eds.). Springer-Verlag, Berlin.

- 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.
- Mukhopadhyay, M. 2000. Natural extracts using supercritical carbon dioxide. pp. 131-157. CRC Press, New York.
- 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.
- Σκουμπής, Γ.Β. 1988. Αρωματικά φυτά και αιθέρια έλαια. Θεσσαλονίκη.
- 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* 20:297-306.
- Vasilakoglou, I., K. Dhima, K. Paschalidis, and Ch. Ritzoulis. 2013. Herbicidal potential on *Lolium rigidum* of nineteen major essential oil components and their synergy. *Journal of Essential oil Research* (in press).
- Vokou, D. 2007. Allelochemicals, allelopathy and essential oils: A field in search of definitions and structure. *Allelopathy Journal* 19:119-134.
- Watson, L. and M.J. Dallwitz. 1992. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. <http://delta-intkey.com>.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 1. Φυτά κουφάγκαθου και δωδεκάθι, 3 ημέρες μετά την εφαρμογή του νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό το αιθέριο έλαιο ρίγανης (πείραμα αγρού).



Εικόνα 2. Φυτά λουβουδιάς, 3 ημέρες μετά την εφαρμογή του νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό το αιθέριο έλαιο ρίγανης (πείραμα θερμοκηπίου).



Εικόνα 3. Φυτά βλήτου, 3 ημέρες μετά την εφαρμογή του νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό το αιθέριο έλαιο κανέλας (πείραμα θερμοκηπίου).



Εικόνα 4. Πείραμα αγρού, 7 ημέρες μετά την εφαρμογή του νέου σκευάσματος με δραστικό συστατικό το αιθέριο έλαιο ρίγανης, στο στάδιο των 6-10 φύλλων.