

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΦΥΤΟΤΟΞΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ
ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ ΣΤΗ ΦΥΤΡΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ (*Gossypium hirsutum*)
ΚΑΙ ΤΗΣ ΛΟΥΒΟΥΔΙΑΣ (*Chenopodium album*)**

Πτυχιακή Διατριβή
Ζουπανιώτης Γεώργιος
Τσαούσης Ευάγγελος

Υπεύθυνος Καθηγητής: Ιωάννης Βασιλάκογλου

ΛΑΡΙΣΑ 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
1.1 Αιθέρια έλαια	3
1.2 Φυσικές ιδιότητες των αιθέριων ελαίων	3
1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων	3
1.4 Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων	4
1.5 Ανάλυση των αιθέριων ελαίων	4
1.6 Χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων	4
1.7 Παραλαβή των αιθέριων ελαίων	7
1.8 Μέθοδοι παραλαβής αιθέριων ελαίων	7
1.9 Σκοπός πειραματικής εργασίας	8
2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	9
2.1 Υλικά και Μέθοδοι	9
2.2 Αποτελέσματα και Συζήτηση	12
3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	19

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά αποτελούν μια μεγάλη κατηγορία του φυτικού βασιλείου που κατέχει ιδιαίτερη θέση ανάμεσα στους ανθρώπους όλων των λαών και όλων των εποχών. Τα βότανα χρησιμοποιήθηκαν από τους παραδοσιακούς θεραπευτές πολλών πολιτισμών χάρη στις θεραπευτικές τους ιδιότητες. Ειδικότερα στις μέρες μας, το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, των παραγωγών και των καταναλωτών για τα φυτά και για τα παράγωγα αυτών αυξήθηκε, εξαιτίας της αποδοχής αυτών από την ιατρική κοινότητα ως πολύτιμα μέσα για τη διατήρηση της ψυχικής και σωματικής υγείας. Επιπλέον, η ανάγκη εξεύρεσης φυτικών προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα βιολογικής ή ολοκληρωμένης διαχείρισης γεωργικών προϊόντων, έστρεψε την έρευνα στη μελέτη των παραπάνω φυτών.

Τα αρωματικά φυτά, οφείλουν την ευχάριστη οσμή τους στα αιθέρια έλαια που υπάρχουν μέσα σ' αυτά. Πήραν το όνομα τους από τον αιθέρα, ο οποίος είναι πτητικός και από την λιπαρή υφή τους. Τα έλαια αυτά δε διαλύονται στο νερό, αυτό όμως δε σημαίνει ότι έχουν κάποια σχέση με τα έλαια που γνωρίζουμε. Τα κοινά έλαια αποτελούνται από λιπαρά οξέα, ενώ τα αιθέρια έλαια περιέχουν τερπενικές ουσίες χαμηλού μοριακού βάρους, όπως σκιτερπένια και σε μικρότερο βαθμό σιπερπένια.

Κατόπιν επιστημονικών μελετών που διεξήχθησαν πρόσφατα βρέθηκε 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 των αιθέριων ελαίων που αποτρέπει την εγκατάσταση αυτών στα διάφορα στα φυτικά όργανα.
- Προστατεύουν τα φυτά από τις υψηλές θερμοκρασίες, λόγω εξατμίσεως τους.
- Το ρητινώδες περιεχόμενο πολλών αειθαλών φυτών συμβάλλει στην κάλυψη των πληγών του φλοιού και έτσι αποφεύγεται η σήψη των φυτικών ιστών.
- Σε ορισμένα είδη επιτυγχάνεται η καλύτερη γονιμοποίηση των λουλουδιών και η διασταύρωση των μη αυτογονιμοποιούμενων φυτών, εφόσον το άρωμα των λουλουδιών προσελκύει τα έντομα - επικονιαστές.
- Μπαίνουν στους μεσοκυττάριους χώρους των φυτών και τα κάνουν πιο ανθεκτικά στην ξηρασία, διότι ελαττώνουν την διαπνοή.
- Αυξάνουν την ταχύτητα κυκλοφορίας των θρεπτικών ουσιών που ρυθμίζουν τον μεταβολισμό των φυτών.

- Δρουν καταλυτικά στο μεταβολισμό των γλυκοζιδίων και άλλων ουσιών.
- Πιθανόν 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 της αναπαραγωγής μεταναστεύουν από τα πράσινα μέρη του φυτού προς τα όργανα αυτής και ένα μέρος από αυτά αξιοποιείται, ενώ το υπόλοιπο επιστρέφει στην αρχική τους θέση.

1.1. Αιθέρια έλαια

Η ευχάριστη οσμή των αρωματικών φυτών οφείλεται στην παρουσία των αιθέριων ελαίων. Η ονομασία ήταν γνωστή από πολύ παλιά όταν σχεδόν τίποτα δεν ήταν γνωστό για τη χημεία τους. Αιθέρια ονομάστηκαν διότι είναι πτητικά όπως και ο αιθέρας και έλαια γιατί είναι λιπαρά στην αφή και επιπλέουν στο νερό. Δεν έχουν όμως καμία σχέση με τα έλαια που γνωρίζουμε και τα οποία συνίστανται από μίγματα λιπαρών οξέων. Αν σε διηθητικό χαρτί ενσταλάξουμε αιθέριο έλαιο και το θερμάνουμε αυτό θα εξατμιστεί αφήνοντας σχεδόν ξηρό (στεγνό) χαρτί. Τα λίπη αντίθετα, απλώνονται, στο χαρτί, σχηματίζοντας λιπαρή κηλίδα.

1.2. Φυσικές ιδιότητες των αιθέριων ελαίων.

Τα περισσότερα αιθέρια έλαια είναι υγρά στη συνήθη θερμοκρασία, άχρωμα ή ελαφρώς κίτρινα και διαφανή. Εξαιρεση αποτελούν μερικά αιθέρια έλαια που είναι έγχρωμα π.χ. το αιθέριο έλαιο χαμομηλιού που είναι κυανό (μπλε) λόγω παρουσίας του αζουλενίου.

Όλα τα αιθέρια έλαια έχουν χαρακτηριστική οσμή και οξεία γεύση (καυστικά). Η πυκνότητα τους κυμαίνεται από 0,75 g/ml 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 το γαρυφαλέλαιο. Είναι πολύ λίγο διαλυτά στο νερό, αλλά αυτό αρκεί ώστε να δώσουν στο νερό την αντίστοιχη οσμή και γεύση. Είναι όμως διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες. Στην απόλυτη αλκοόλη διαλύονται πλήρως, ενώ σε αλκοόλη με διαφορετικούς βαθμούς μόνο σε συγκεκριμένες ποσότητες. Πολύ καλά διαλύονται στο εξάνιο, χλωροφόρμιο, πετρελαϊκό αιθέρα, διθειάνθρακα κ.α. Σχεδόν όλα τα αιθέρια έλαια είναι οπτικά ενεργά και είναι ουδέτερης ή όξινης αντίδρασης.

1.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αιθέριων ελαίων διαφέρουν στα είδη ή και ποικιλίες φυτών. Το άρωμα κάθε αιθέριου ελαίου είναι η συνισταμένη όλων των συστατικών του από τα οποία μερικά παίζουν σπουδαίο ρόλο στην τελική έκφραση. Έτσι σε μερικά αιθέρια έλαια η

παρουσία ενός συστατικού σε αναλογία 1% ή και μικρότερη προσδίδει σε αυτό το χαρακτηριστικό άρωμα του ή και χαρακτηριστικές ιδιότητες.

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 οι εστέρες, τα οξέα κ.λ.π. που είναι συστατικά στα οποία κυρίως οφείλεται το άρωμα των αιθέριων ελαίων. Στα μη οξυγονούχα περιλαμβάνονται οι υδρογονάνθρακες.

1.4. Βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων

Βιοσύνθεση λέγεται η σύνθεση χημικών ουσιών που γίνεται από ζωντανούς οργανισμούς και μέσα σ' αυτούς. Ειδικότερα η βιοσύνθεση των αιθέριων ελαίων είναι μια σειρά διαφόρων χημικών αντιδράσεων, που γίνονται μέσα στους φυτικούς ιστούς και καταλήγουν στον τελικό σχηματισμό τους.

Υπάρχουν διάφορες θεωρίες ή υποθέσεις που προσπαθούν να εξηγήσουν το μυστήριο της βιοσύνθεσης των αιθέριων ελαίων που δεν θεωρείται σκόπιμο να αναπτυχθούν εδώ. Γενικά διαπιστώθηκε ότι τα διάφορα συστατικά σχηματίζονται από απλούστερες ουσίες, που θεωρούνται ως πρόδρομοι τους. 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 πάρθηκαν στην αρχή και τέλος της βλαστικής περιόδου, καθώς επίσης και στο αιθέριο έλαιο νεαρών και ώριμων φύλλων του ίδιου φυτού.

1.5. Ανάλυση των αιθέριων ελαίων

Η ποιότητα των αιθέριων ελαίων εξαρτάται από τις φυσικοχημικές ιδιότητες τους, οι οποίες είναι:

- Ειδικό βάρος
- Δείκτης διαθλάσεως
- Στροφική ικανότητα
- Διαλυτότητα
- Σημείο ζέσεως.
- Χημική σύσταση

Η κυριότερη χημική μέθοδος είναι η αέριο - χρωματογραφία που είναι γρήγορη, χρειάζεται μικρές ποσότητες αιθέριων ελαίων και προσδιορίζει με μεγάλη ακρίβεια τα συστατικά τους. Άλλη μια μέθοδος ανάλυσης γίνεται με τον φασματογράφο μάζας, ενώ πλήρης ανάλυση ενός μίγματος πετυχαίνεται με συνδυασμό των δύο.

1.6. 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, οι εστέρες, κ.λ.π. 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 ελαίων είναι μικρή έως ανύπαρκτη.

Τα κυριότερα από τα οξυγονούχα συστατικά είναι:

- **Αλκοόλες:** Λιναλοόλη, γερανιόλη, κιτρονελλόλη, νερόλη, τερπινεόλη, πουλεγάλη, μενθόλη, πιπεριτόλη, καρβεόλη και βορνεόλη.
- **Αλδεΐδες:** Κιτράλη, κιτρονελλάλη, φελλανδράλη, μυρτενάλη και σαφρανάλη.
- **Κετόνες:** Μενθόνη, πουλεγόνη, κερβόνη, πιπεριτόνη και καμφορά.
- **Φαινόλες:** Θυμόλη, καρβακρόλη, ανηθόλη και ευγενόλη.
- **Οξέα:** Διάφορα οργανικά οξέα ενωμένα συνήθως με αλκοόλες σε εστέρες.
- **Εστέρες:** Οξικός γερανυλεστέρας, οξικός λιναλυεστέρας, οξικός κιτρονελλυεστέρας και οξικός μενθυλεστέρας.

Από όλα τα παραπάνω συστατικά, εκείνα που συμβάλλουν πιο πολύ στο άρωμα των αιθέριων ελαίων είναι οι εστέρες.

Επιπλέον, τα κυριότερα συστατικά, από τα μη οξυγονούχα, είναι τα νομοκυκλικά και δικυκλικά τερπένια (λεμονένιο, πινένιο, καμφένιο).

Δάφνη

Περιέχει 3% πτητικό έλαιο που περιλαμβάνει 30-50% κινεόλη, α-πινένιο, α-τερπινεόλη, οξικό άλας, τανίνες, ρητίνες, δερανιόλη, λινασοόλη και ευγενόλη.

Βασιλικός

Το ποσοστό των ουσιών που περιέχονται εξαρτάται από τους τέσσερις τύπους του βασιλικού οι οποίοι συνολικά περιλαμβάνουν λιναλοόλη, μεθυλική διαβικόλη, t-cinamete methyl και ευγενόλη.

Λεβάντα

Επίσης, το ποσοστό των ουσιών που περιέχονται στη λεβάντα εξαρτάται από το είδος του φυτού. Γενικά, περιέχονται λιναλοόλη, οξειικός λιναλεστέρας, λεμονένιο, κινεόλη, καμφορά, α-τερπινεόλη, β-οκιμένιο-cis, β-οκιμένιο-trans, 1-τερπινέν-4-όλη, 3-οκτανόνη, λεβαντουλόλη + οξειικός εστέρας λαβαντουλόλης.

Φασκόμηλο

Το αιθέριο έλαιο του φασκόμηλου περιέχει τα κάτωθι συστατικά:

<i>α/α</i>	<i>Συστατικά</i>	<i>Ποσοστό</i>
1.	α- πινένιο	0,28-5,68
2.	β-πινένιο	0,60-7,22
3.	καμφένιο	0,23-6,48
	4. μυρσένιο	0,37-2,29
	5. 1,8 κινεόλη	8,42-56,3
6.	α-θουγιόνη	1,80-19,9
7.	β-θουγιόνη	1,11-6,35
8.	καμφορά	4,23-45,7
9.	οξείδιο καρυοφυλλενίου	0,29-2,40
10.	β-καρυοφυλλένιο	2,29-11,2
11.	βορνεόλητα - τερπινεόλη	3,30-9,08

Δενδρολίβανο

Το 1-2,5% του αιθέριου ελαίου που παράγεται από τους ετήσιους ανθισμένους βλαστούς του, περιέχει: 15-25% καμφορά, 15-30% κινεόλη, 25% α-πινένιο και βορκεόλη. Φαινόλες με φλοβονοειδή μεθυλωμένες γενόνες και φαινολικά οξέα κυρίως ροσμαρινικό οξύ, εστέρα του καφεϊνικού οξέως, υδροξυδιυδροκαφεϊκό οξύ. Επίσης περιέχει τρικυκλικά διτερπένια, όπως ροσμαριδιφαινόλη, καρνοζόλη, ροσμανόλη, ροσμαδιάλη.

Γλυκάνισος

Το αιθέριο έλαιο του γλυκάνισου περιέχει τα κάτωθι συστατικά:

<i>α/α</i>	<i>Συστατικά</i>	<i>Ποσοστό</i>
1	λεμονένιο	ίχνη
2	γ-τερπινένιο	ίχνη
3	π-κυμένιο	ίχνη
4	εστραγάλη	1-2
5	trans- ανιθόλη	90-96
6	cis-ανιθόλη	1-3
7	ανασαλδεύδη	0,-0,7

Ρίγανη

Επίσης, το αιθέριο έλαιο της ρίγανης περιέχει τα κάτωθι συστατικά:

<i>α/α</i>	<i>Συστατικά</i>	<i>Ποσοστό</i>
1	καρβακρόλη	2,41-9,03
2	θυμόλη	0,22-6,8

3	α-πινένιο	0,17-2,47
4	β-πινένιο	0,03-0,48
5	π-κυμένιο	2,68-31,6
6	καμφένιο	0,04-0,86
7	μυρσένιο	0,18-1,56
8	α-τερπινένιο	0,31-3,74
9	γ-τερπινένιο	0,12-14,5
10	λιναλόλη	0,05-0,88
11	δ-καδινένιο	0,19-7,28

Δυόσμος

Περιέχει δύο κύρια συστατικά: την καρβάνη και διυδροκαρβάνη.

Θυμάρι

Περιέχει καρβακρόλη, θυμόλη, φαινόλη, ρ-γυμόλη και λιναλόνη.

Μάραθος

Περιέχει ανηθόλη (50-70%), φενχόλη (10-20%) και μονοτερπένια.

1.7. Παραλαβή των αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται από τα αρωματικά φυτά με διάφορες μεθόδους. Για την εκλογή της κατάλληλης μεθόδου λαμβάνονται υπ' όψιν τα εξής:

- 1) Το είδος και το τμήμα του φυτικού υλικού (γιασεμί, μέντα, άνθη, βλαστοί, φύλλα, σπέρματα κ.λ.π.)
- 2) Η περιεκτικότητα του φυτού σε αιθέριο έλαιο.
- 3) Η αξία (τιμή) του αιθέριου ελαίου.
- 4) Η χημική σύνθεση των διαφόρων συστατικών του αιθέριου ελαίου.
- 5) Διάφοροι άλλοι οικονομικοί, κυρίως, παράγοντες.

1.8. Μέθοδοι παραλαβής των αιθέριων ελαίων

A. Απόσταξη

Υδραπόσταξη Υδρο-ατμοαπόσταξη Με υδρατμούς Άλλα είδη αποστάξεως

B. Εκχύλιση

Με πτητικούς διαλύτες Με ψυχρό λίπος Με θερμό λίπος

Γ. Μηχανικά

Σύνθλιψη, απόξεση κ.λ.π.

Απόσταξη

Είναι η ποιο απλή, οικονομική και ευρύτατα 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, εφ' όσον έχει διαφορετικό ειδικό βάρος εκείνου του νερού, διαχωρίζεται από αυτό και σχηματίζονται δυο φάσεις, δηλαδή εκείνων της υδάτινης και του αιθέριου ελαίου. Η απόσταξη μπορεί να διαχωριστεί στα εξής είδη: 1. υδροαπόσταξη, 2. υδρο-ατμοαπόσταξη και 3. με υδρατμούς.

Εκχύλιση

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

Μηχανική μέθοδος

Στην περίπτωση αυτή τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται μόνο με μηχανικά μέσα. Τέτοιες μηχανές χρησιμοποιούνται στους ξηρούς καρπούς, καθώς και στους φλοιούς των εσπεριδοειδών.

Τα μηχανήματα για τους ξηρούς καρπούς είναι πιεστήρια που έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τα κοινά ελαιοτριβεία. Αντίθετα, για τους φλοιούς των εσπεριδοειδών χρησιμοποιούνται ειδικά μηχανήματα που είτε τους ξύνουν, είτε τους τρυπούν με αποτέλεσμα να ελευθερώνονται τα αιθέρια έλαια, που στην συνέχεια με ειδική κατεργασία διαχωρίζονται από τα στερεά υπολείμματα.

1.9. Σκοπός πειραματικής εργασίας.

Η εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης γεωργικών προϊόντων και της βιολογικής γεωργίας προϋποθέτει τη χρήση φυτικών ουσιών για την αντιμετώπιση των ζιζανίων. Πρόσφατες εργασίες (Dudai κ.ά., 1999: Tworkoski, 2002) 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. Ο σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν να διερευνηθεί η φυτοτοξικότητα δώδεκα αιθέριων ελαίων στην φυτρωτική ικανότητα και ανάπτυξη του βαμβακιού και του ζιζανίου λουβουδιά.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. Υλικά και μέθοδοι.

Η πειραματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Φυτοπροστασίας του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του Τ.Ε.Ι. Λάρισας κατά την χρονική περίοδο Σεπτέμβριος 2003 - Ιανουάριος 2004.

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 8 mm
- χαρτοταινία
- σπόροι βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* "Elanco Velos")
- σπόροι του ζιζανίου λουβουδιά (*Chenopodium album*) που συλλέχθηκαν από αγρούς του Νομού Θεσσαλονίκης κατά την καλλιεργητική περίοδο 2002.
- πλαστικοί δίσκοι
- αδιαφανείς πλαστικές σακούλες
- τα αξιολογηθέντα αιθέρια έλαια 12 αρωματικών φυτών, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Χρησιμοποιήθηκε το παραγοντικό σχέδιο (12 X 4) που περιελάμβανε δώδεκα (12) αιθέρια έλαια (Πίνακας 1) σε τέσσερις (4) διαφορετικές συγκεντρώσεις (0, 6, 12 και 24 μl/50 cm³). Το πειραματικό σχέδιο ήταν το πλήρως τυχαιοποιημένο με τρεις (3) επαναλήψεις για κάθε συνδυασμένο παράγοντα (αιθέριο έλαιο x συγκέντρωση), ενώ το πείραμα επαναλήφθηκε δυο (2) φορές. Η ανάλυση παραλλακτικότητας έγινε για κάθε φυτό χωριστά. Τα δεδομένα πριν την ανάλυση της παραλλακτικότητας μετατράπηκαν σε ποσοστά % του μάρτυρα, προκειμένου να αυξηθεί η ομοιομορφία των αποτελεσμάτων και τα ποσοστά αυτά μετατράπηκαν σε log (x + 1), προκειμένου να μειωθεί η διασπορά αυτών (αποτελεσμάτων).

Διαδικασία βιοδοκιμής

Δέκα σπόροι βαμβακιού ή 50 σπόροι λουβουδιάς τοποθετήθηκαν περιμετρικά σε γυάλινα τριβλία (petri dish) διαμέτρου 8 cm και καλύφθηκαν με 5 g περλίτη. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε μικρή θήκη από αλουμίνιο στο κέντρο κάθε τριβλίου. Ακολούθως, έγινε προσθήκη 15 ml αποιονισμένου νερού σε κάθε τριβλίο. Η εφαρμογή των αιθέριων ελαίων έγινε στο αλουμινιένο δοχείο κάθε τριβλίου, αμέσως μετά την προσθήκη νερού, ώστε να επιτευχθούν συγκεντρώσεις 0, 6, 12 και 24 μl ελαίου / τριβλίο (50 cm³). Ταυτόχρονα, τοποθετήθηκε το καπάκι κάθε τριβλίου και σφραγίστηκε ερμητικά με χάρτινη κολλητική

ταινία. Ακολούθησε τυχαιοποίηση των τριβλίων σε πλαστικούς δίσκους και στη συνέχεια έγινε κάλυψη με μαύρες πλαστικές σακούλες, ώστε να αποφευχθεί διάσπαση των συστατικών των αιθέριων ελαίων (Φωτογραφία 1). Κατόπιν, οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε θάλαμο αναπτύξεως φυτών (συνθήκες σκότους και θερμοκρασίας $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$) όπου παρέμειναν για επτά ημέρες. Μετά την πάροδο του χρόνου αυτού, απομακρύνθηκε ο περλίτης από τα φυτά του βαμβακιού και της λουβουδιάς και μετρήθηκε ο αριθμός σπόρων που βλάστησε και το μήκος των ριζών (με ακρίβεια ενός δεκαδικού) από τα βλαστήσαντα φυτά. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των σπόρων που βλάστησαν και των ριζών του βαμβακιού και της λουβουδιάς κάθε τριβλίου και εκφράστηκε ως % του μάρτυρα (μέσος όρος τριβλίων με μηδενική συγκέντρωση).

Πίνακας 1. Επιστημονικό, κοινό όνομα και οικογένεια των φυτών από τα οποία προήλθαν τα αιθέρα έλαια που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διεξαγωγή του πειράματος.

α/α	Κοινό όνομα ¹	Κοινό όνομα ²	Επιστημονικό όνομα	Οικογένεια
1	Δενδρολίβανο		<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae
2	Φασκόμηλο (σάλβια μηλοφόρος)		<i>Salvia pomifera</i>	Lamiaceae
3	Δάφνη		<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae
4	Φασκόμηλο (σάλβια τρίλοβη)		<i>Salvia triloba</i>	Lamiaceae
5		Βασιλικός	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae
6		Δυόσμος	<i>Mentha viridis</i>	Lamiaceae
7		Λεβάντα	<i>Lavandula X intermedia</i>	Lamiaceae
8		Γλυκάνισο	<i>Pimpinella anisum</i>	Apiaceae
9		Μάραθος	<i>Foeniculum vulgare</i>	Apiaceae
10		Ρίγανη	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae
11		Μέντα	<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae
12		Θυμάρι	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae

¹Αιθέρια έλαια που προήλθαν από απόσταξη φυτικών τμημάτων.

²Αιθέρια έλαια εμπορίου.

Ακολούθως, οι μέσοι όροι των επεμβάσεων για κάθε συνδυασμένο παράγοντα (αιθέριο έλαιο x συγκέντρωση) (ως ποσοστό % του μάρτυρα) χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της γραμμής συµµεταβολής που περιγράφει καλύτερα (υψηλότερος συντελεστής προσδιορισµού (r^2)) τη σχέση µεταξύ φυτρωτικής ικανότητας / μήκους ρίζας βαµβακιού ή λουβουδιάς και συγκέντρωσης αιθέριου ελαίου. Στη συνέχεια, µε τη βοήθεια

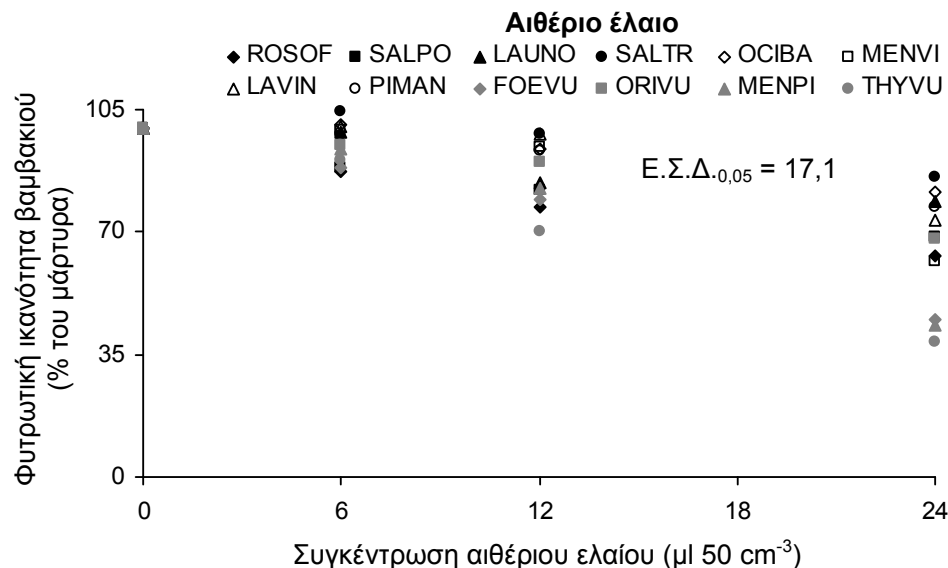
των εξισώσεων συμμεταβολής υπολογίστηκαν για κάθε αιθέριο έλαιο οι τιμές GR_{50} (συγκεντρώσεις του αιθέριου ελαίου που απαιτούνται για να μειωθούν κατά 50% τη φυτρωτική ικανότητα και το μήκος ρίζας του βαμβακιού ή της λουβουδιάς). Η ανάλυση της παραλλακτικότητας των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος MSTAT, ενώ η εξεύρεση των εξισώσεων συμμεταβολής με το στατιστικό πρόγραμμα MICROSOFT EXCEL.



Φωτογραφία 1. Βιοδοκιμή βαμβακιού για την αξιολόγηση της φυτοτοξικότητας 12 αιθέριων ελαίων. Τυχαιοποίηση τριβλίων πριν την κάλυψη και εισαγωγή των δίσκων στο θάλαμο αναπτύξεως φυτών.

2.2. Αποτελέσματα και Συζήτηση

Τα αιθέρια έλαια που χρησιμοποιήθηκαν προκάλεσαν μέτρια μείωση στη φυτρωτική ικανότητα του βαμβακιού (Σχήμα 1). Επιπλέον, η αύξηση της συγκέντρωσης προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση της φυτρωτικής ικανότητας. Ειδικότερα, τη μεγαλύτερη μείωση προκάλεσε η συγκέντρωση των 24 μl/τριβλίο των αιθέριων ελαίων μάραθου, μέντας και θυμαριού. Η μείωση αυτή ήταν 50, 57 και 62%, αντίστοιχα. Τη μικρότερη μείωση στη φυτρωτική ικανότητα του βαμβακιού προκάλεσαν η δάφνη και ο βασιλικός (7% κατά μέσο όρο). Τα αιθέρια έλαια του δενδρολίβανου, του δυόσμου και της ρίγανης προκάλεσαν σημαντική μείωση στη φυτρωτική ικανότητα του βαμβακιού, αλλά η μείωση αυτή ήταν μικρότερη από εκείνη του θυμαριού και της μέντας. Ακόμη, το φασκόμηλο, το γλυκάνισο και η λεβάντα προκάλεσαν ενδιάμεση μείωση στο φύτεμα του βαμβακιού.

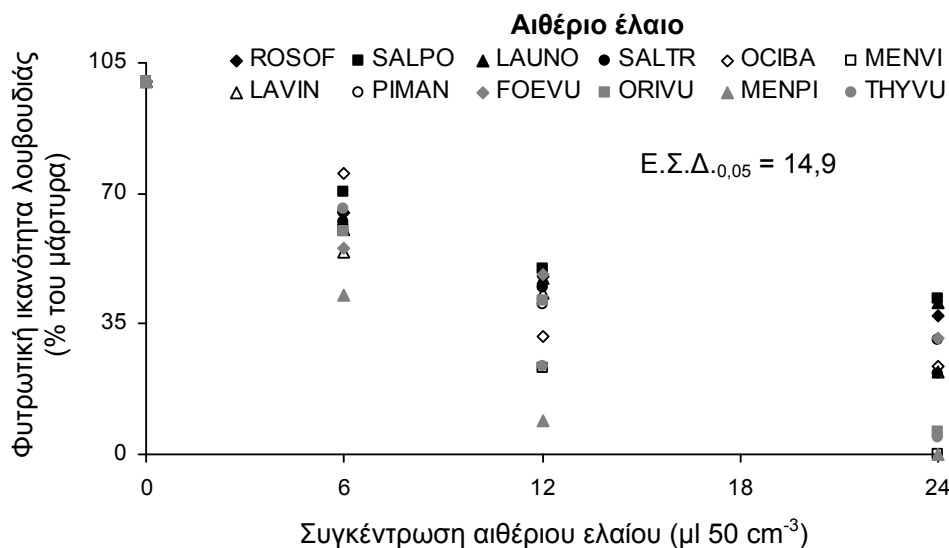


Σχήμα 1. Επίδραση της συγκέντρωσης δώδεκα αιθέριων ελαίων στη φυτρωτική ικανότητα του βαμβακιού. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων.

ROSOF: δενδρολίβανο, **SALPO:** φασκόμηλο (μηλοφόρο), **LAUNO:** δάφνη, **SALTR:** φασκόμηλο (τρίλοβο), **OCIBA:** βασιλικός, **MENVI:** δυόσμος, **LAVIN:** λεβάντα, **PIMAN:**, γλυκάνισο, **FOEVU:** μάραθο, **ORIVU:** ρίγανη, **MENPI:** μέντα, **THYVU:** θυμάρι.

Αντίθετα με τα αποτελέσματα της φυτρωτικής ικανότητας του βαμβακιού, όλα τα αιθέρια έλαια προκάλεσαν μεγαλύτερη μείωση στην φυτρωτική ικανότητα της λουβουδιάς από εκείνη στο βαμβάκι (Σχήμα 2). Τα αιθέρια έλαια του δυόσμου και της μέντας

προκάλεσαν τη μεγαλύτερη μείωση στη φυτρωτική ικανότητα της λουβουδιάς (100% με την εφαρμογή της μεγάλης συγκέντρωσης). Η μείωση που προκάλεσαν το θυμάρι και η ρίγανη ήταν μεγάλη, αλλά μικρότερη από εκείνη του δυόσμου και της μέντας. Το μηλοφόρο φασκόμηλο και η δάφνη προκάλεσαν τη μικρότερη μείωση, ενώ η μείωση στη φυτρωτική ικανότητα που προκλήθηκε από το τρίλοβο φασκόμηλο ήταν σημαντική (78% μετά από εφαρμογή της μεγάλης συγκέντρωσης). Τα υπόλοιπα αιθέρια έλαια προκάλεσαν ενδιάμεση μείωση στη φυτρωτική ικανότητα της λουβουδιάς.

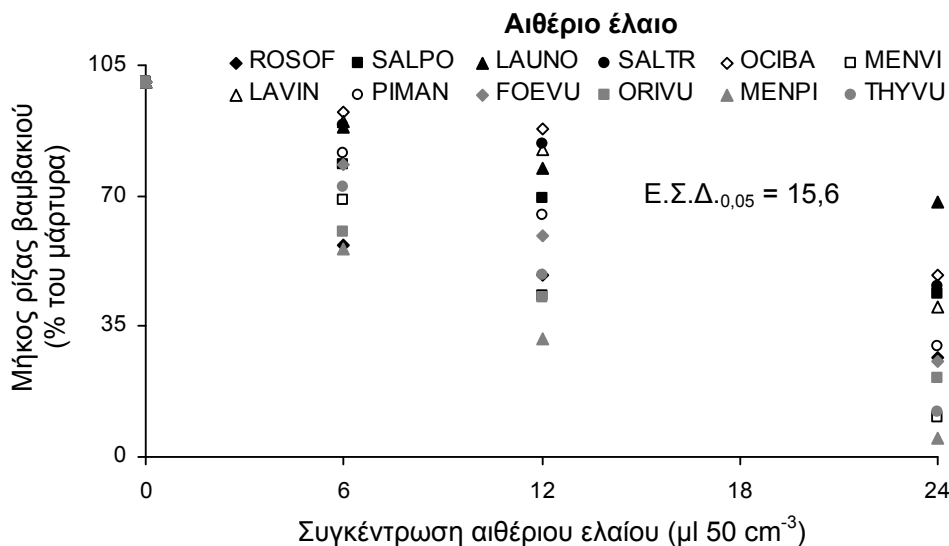


Σχήμα 2. Επίδραση της συγκέντρωσης δώδεκα αιθέριων ελαίων στη φυτρωτική ικανότητα της λουβουδιάς. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων.

ROSOF: δενδρολίβανο, **SALPO:** φασκόμηλο (μηλοφόρο), **LAUNO:** δάφνη, **SALTR:** φασκόμηλο (τρίλοβο), **OCIBA:** βασιλικός, **MENVI:** δυόσμος, **LAVIN:** λεβάντα, **PIMAN:**, γλυκάνισο, **FOEVU:** μάραθο, **ORIVU:** ρίγανη, **MENPI:** μέντα, **THYVU:** θυμάρι.

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι το μήκος ρίζας του βαμβακιού μειώθηκε περισσότερο εκεί όπου εφαρμόστηκαν οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των αιθέριων ελαίων. Επιπλέον, η μείωση αυτή ήταν ανάλογη της αύξησης της συγκέντρωσης (Σχήμα 3). Τη μεγαλύτερη μείωση στο μήκος ρίζας προκάλεσαν τα αιθέρια έλαια του δυόσμου, της μέντας και του θυμαριού (90, 95 και 88%, αντίστοιχα, μετά την εφαρμογή της μεγάλης συγκέντρωσης). Τη μικρότερη μείωση προκάλεσαν τα αιθέρια έλαια της δάφνης, των

φασκόμηλων και του βασιλικού, ενώ η μείωση που προκάλεσαν τα υπόλοιπα αιθέρια έλαια ήταν ενδιάμεση.



Σχήμα 3. Επίδραση της συγκέντρωσης δώδεκα αιθέριων ελαίων στο μήκος ρίζας του βαμβακιού. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων.

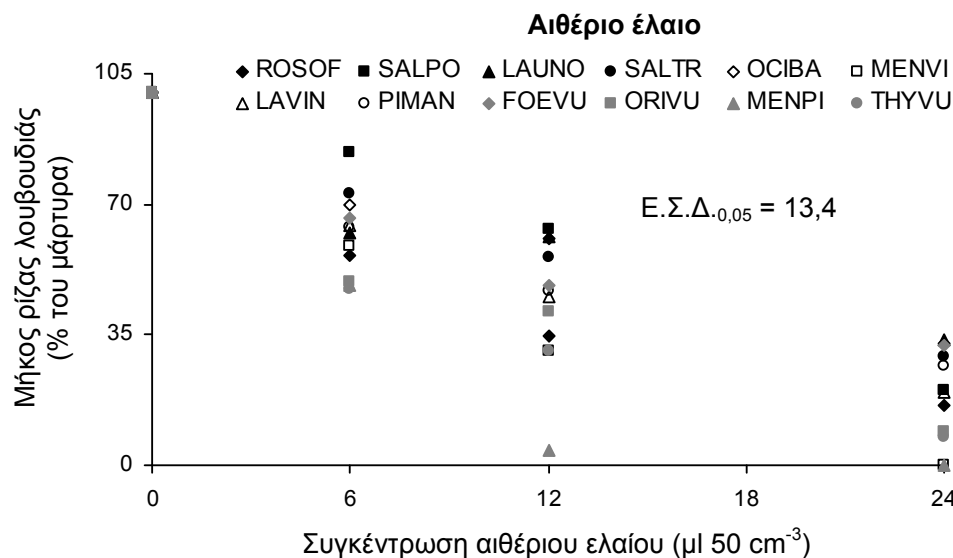
ROSOF: δενδρολίβανο, **SALPO:** φασκόμηλο (μηλοφόρο), **LAUNO:** δάφνη, **SALTR:** φασκόμηλο (τρίλοβο), **OCIBA:** βασιλικός, **MENVI:** δυόσμος, **LAVIN:** λεβάντα, **PIMAN:**, γλυκάνισο, **FOEVU:** μάραθο, **ORIVU:** ρίγανη, **MENPI:** μέντα, **THYVU:** θυμάρι.

Η αύξηση της συγκέντρωσης των αιθέριων ελαίων προκάλεσε τη μεγαλύτερη μείωση του μήκους ρίζας της λουβουδιάς. Τη μεγαλύτερη μείωση προκάλεσαν τα αιθέρια έλαια του δυόσμου και της μέντας (100% μετά την εφαρμογή της μεγάλης συγκέντρωσης) (Σχήμα 4). Τα αιθέρια έλαια της ρίγανης και του θυμαριού προκάλεσαν μεγάλη μείωση στο μήκος ρίζας της λουβουδιάς, αλλά η μείωση αυτή ήταν μικρότερη από εκείνη του δυόσμου και της μέντας. Τη μικρότερη μείωση προκάλεσαν τα αιθέρια έλαια της δάφνης και του μάραθου, ενώ τα υπόλοιπα αιθέρια έλαια προκάλεσαν ενδιάμεση μείωση.

Η ανάλυση των δεδομένων για την εξεύρεση της γραμμής που περιγράφει καλύτερα τη σχέση μεταξύ φυτρωτικής ικανότητας ή μήκους ρίζας του βαμβακιού ή της λουβουδιάς ($y = \log [\text{φυτρωτική ικανότητα (\% του μάρτυρα)} + 1]$ ή $\log [\text{μήκος ρίζας (\% του μάρτυρα)} + 1]$) και συγκέντρωσης αιθέριου ελαίου ($x = \mu\text{l } 50 \text{ cm}^{-3}$) έδειξε ότι η ευθύγραμμη εξίσωση σε όλες τις περιπτώσεις είχε τον υψηλότερο συντελεστή προσδιορισμού (Πίνακες 2, 3, 4, 5).

Η σειρά φυτοτοξικότητας των δώδεκα αιθέριων ελαίων στο βαμβάκι, με βάση τις υπολογισθείσες GR_{50} τιμές από τις εξισώσεις συμμεταβολής, ήταν μέντα > δυόσμος >

θυμάρι > ρίγανη > δενδρολίβανο > μάραθο > γλυκάνισο > μηλοφόρο φασκόμηλο > λεβάντα > τρίλοβο φασκόμηλο > βασιλικός = δάφνη (Πίνακας 3). Αντίστοιχα, η σειρά φυτοτοξικότητας των αξιολογηθέντων αιθέριων ελαίων στη λουβουδιά, με βάση τις υπολογισθείσες GR_{50} τιμές από τις εξισώσεις συμμεταβολής, ήταν μέντα > δυόσμος > θυμάρι > ρίγανη > δενδρολίβανο > λεβάντα > γλυκάνισο > μηλοφόρο φασκόμηλο > μάραθο > τρίλοβο φασκόμηλο > δάφνη > βασιλικός (Πίνακας 5).



Σχήμα 4. Επίδραση της συγκέντρωσης δώδεκα αιθέριων ελαίων στο μήκος ρίζας της λουβουδιάς. Οι τιμές είναι μέσοι όροι δύο πειραμάτων.

ROSOF: δενδρολίβανο, **SALPO:** φασκόμηλο (μηλοφόρο), **LAUNO:** δάφνη, **SALTR:** φασκόμηλο (τρίλοβο), **OCIBA:** βασιλικός, **MENVI:** δυόσμος, **LAVIN:** λεβάντα, **PIMAN:**, γλυκάνισο, **FOEVU:** μάραθο, **ORIVU:** ρίγανη, **MENPI:** μέντα, **THYVU:** θυμάρι.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι ορισμένα αιθέρια έλαια επιδρούν φυτοτοξικά σε διάφορα είδη καλλιεργούμενων φυτών και ζιζανίων. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν οι Dudai κ.ά. (1999) και Tworkoski (2002), οι οποίοι πειραματίστηκαν με διαφορετικά αιθέρια έλαια. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν ως προς τη φυτοτοξικότητα μεταξύ των αιθέριων ελαίων πιθανώς να οφείλονται σε διαφορές φυσικοχημικών χαρακτηριστικών και αναλογίας των επιμέρους συστατικών τους. Τα αιθέρια έλαια της ρίγανης, της μέντας, του δυόσμου και του θυμαριού ήταν μεταξύ των περισσότερο φυτοτοξικών. Η αυξημένη αυτή δράση πιθανώς να οφείλεται στις χημικές ομάδες της καρβόνης, διθδροκαρβόνης, μινθόλης,

καρβακρόλης και θυμόλης, που αποτελούν τα κύρια συστατικά των ελαίων των φυτών αυτών (Παπαδοπούλου, 2002). Αντίθετα, τα αιθέρια έλαια της δάφνης και του βασιλικού ήταν μέτρια φυτοτοξικά στο ζιζάνιο λουβουδιά, ενώ ελάχιστα επηρέασαν το καλλιεργούμενο φυτό (βαμβάκι). Πειραματισμός σχετικά με την αποτελεσματικότητα διαφόρων συγκεντρώσεων των δύο αυτών αιθέριων ελαίων είναι απαραίτητος προκειμένου να διερευνηθεί η δυνατότητα μελλοντικής χρήσης τους ως φυσικά ζιζανιοκτόνα στην καλλιέργεια του βαμβακιού.

Πίνακας 2. Εξίσωση ευθύγραμμης συμμεταβολής ($y = a + bx$) και συντελεστής προσδιορισμού (r^2) της σχέσης μεταξύ φυτρωτικής ικανότητας βαμβακιού ($y = \log$ [μήκος ρίζας (% του μάρτυρα) + 1]) και συγκέντρωσης αιθέριου ελαίου ($x = \mu\text{l } 50 \text{ cm}^{-3}$), καθώς και υπολογισθείσες GR_{50} τιμές από τις αντίστοιχες εξισώσεις συμμεταβολής.

Αρωματικό φυτό	Σταθερά a	Κλίση b	r^2	GR_{50}^a (μl)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	2,00	- 0,008	0,99	>24 ^b
<i>Salvia pomifera</i>	2,00	- 0,007	0,99	>24 ^b
<i>Laurus nobilis</i>	2,01	- 0,005	0,89	>24 ^b
<i>Salvia triloba</i>	2,02	- 0,003	0,76	>24 ^b
<i>Ocimum basilicum</i>	2,02	- 0,004	0,92	>24 ^b
<i>Mentha viridis</i>	2,04	- 0,009	0,85	>24 ^b
<i>Lavandula X intermedia</i>	2,03	- 0,006	0,81	>24 ^b
<i>Pimpinella anisum</i>	2,02	- 0,005	0,94	>24 ^b
<i>Foeniculum vulgare</i>	2,03	- 0,014	0,95	23
<i>Origanum vulgare</i>	2,02	- 0,007	0,94	>24 ^b
<i>Mentha piperita</i>	2,05	- 0,015	0,92	22,8
<i>Thymus vulgaris</i>	2,04	- 0,018	0,97	18,4

^a GR_{50} : συγκέντρωση αιθέριου ελαίου που απαιτείται για να προκαλέσει μείωση του μήκους ρίζας του φυτού δείκτη κατά 50%.

^bΥπολογισθείσες τιμές πέραν των συγκεντρώσεων του πειράματος.

Πίνακας 3. Εξίσωση ευθύγραμμης συμμεταβολής ($y = a + bx$) και συντελεστής προσδιορισμού (r^2) της σχέσης μεταξύ μήκος ρίζας βαμβακιού ($y = \log$ [μήκος ρίζας (% του μάρτυρα) + 1]) και συγκέντρωσης αιθέριου ελαίου ($x = \mu\text{l } 50 \text{ cm}^{-3}$), καθώς και υπολογισθείσες GR_{50} τιμές από τις αντίστοιχες εξισώσεις συμμεταβολής.

Αρωματικό φυτό	Σταθερά a	Κλίση b	r^2	GR_{50}^a (μ l)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,96	- 0,022	0,96	11,5
<i>Salvia pomifera</i>	2,00	- 0,015	0,99	19,5
<i>Laurus nobilis</i>	1,99	- 0,007	0,97	>24 ^b
<i>Salvia triloba</i>	2,04	- 0,014	0,92	23,7
<i>Ocimum basilicum</i>	2,04	- 0,013	0,89	>24 ^b
<i>Mentha viridis</i>	2,06	- 0,040	0,98	8,8
<i>Lavandula X intermedia</i>	2,05	- 0,017	0,91	20,1
<i>Pimpinella anisum</i>	2,04	- 0,022	0,98	15,1
<i>Foeniculum vulgare</i>	2,03	- 0,025	0,98	12,9
<i>Origanum vulgare</i>	1,98	- 0,027	0,99	10,1
<i>Mentha piperita</i>	2,05	- 0,052	0,99	6,6
<i>Thymus vulgaris</i>	2,06	- 0,037	0,97	9,5

^a GR_{50} : συγκέντρωση αιθέριου ελαίου που απαιτείται για να προκαλέσει μείωση του μήκους ρίζας του φυτού δείκτη κατά 50%.

^bΥπολογισθείσες τιμές πέραν των συγκεντρώσεων του πειράματος.

Πίνακας 4. Εξίσωση ευθύγραμμης συμμεταβολής ($y = a + bx$) και συντελεστής προσδιορισμού (r^2) της σχέσης μεταξύ φυτρωτικής ικανότητας λουβουδιάς ($y = \log$ [μήκος ρίζας (% του μάρτυρα) + 1]) και συγκέντρωσης αιθέριου ελαίου ($x = \mu$ l 50 cm⁻³), καθώς και υπολογισθείσες GR_{50} τιμές από τις αντίστοιχες εξισώσεις συμμεταβολής.

Αρωματικό φυτό	Σταθερά a	Κλίση b	r^2	GR_{50}^a (μ l)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,95	- 0,017	0,91	14,2
<i>Salvia pomifera</i>	1,96	- 0,015	0,89	16,8
<i>Laurus nobilis</i>	1,92	- 0,015	0,82	14,1
<i>Salvia triloba</i>	1,98	- 0,027	0,99	10,1
<i>Ocimum basilicum</i>	1,98	- 0,027	0,89	10,1
<i>Mentha viridis</i>	2,19	- 0,086	0,95	5,6
<i>Lavandula X intermedia</i>	1,96	- 0,026	0,97	9,7
<i>Pimpinella anisum</i>	1,95	- 0,021	0,92	11,5
<i>Foeniculum vulgare</i>	1,94	- 0,019	0,92	12,2
<i>Origanum vulgare</i>	2,07	- 0,048	0,97	7,5
<i>Mentha piperita</i>	2,06	- 0,085	0,99	4,1

<i>Thymus vulgaris</i>	2,06	- 0,054	0,99	6,5
------------------------	------	---------	------	-----

^a GR_{50} : συγκέντρωση αιθέριου ελαίου που απαιτείται για να προκαλέσει μείωση του μήκους ρίζας του φυτού δείκτη κατά 50%.

^bΥπολογισθείσες τιμές πέραν των συγκεντρώσεων του πειράματος.

Πίνακας 5. Εξίσωση ευθύγραμμης συμμεταβολής ($y = a + bx$) και συντελεστής προσδιορισμού (r^2) της σχέσης μεταξύ μήκος ρίζας λουβουδιάς ($y = \log [\text{μήκος ρίζας (\% του μάρτυρα)} + 1]$) και συγκέντρωσης αιθέριου ελαίου ($x = \mu\text{l } 50 \text{ cm}^{-3}$), καθώς και υπολογισθείσες GR_{50} τιμές από τις αντίστοιχες εξισώσεις συμμεταβολής.

Αρωματικό φυτό	Σταθερά a	Κλίση b	r^2	GR_{50}^a (μl)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,97	- 0,031	0,99	8,5
<i>Salvia pomifera</i>	2,07	- 0,029	0,94	12,5
<i>Laurus nobilis</i>	1,97	- 0,018	0,94	14,6
<i>Salvia triloba</i>	2,01	- 0,022	0,99	13,7
<i>Ocimum basilicum</i>	2,00	- 0,019	0,99	15,4
<i>Mentha viridis</i>	2,21	- 0,085	0,93	5,9
<i>Lavandula X intermedia</i>	2,00	- 0,029	0,99	10,1
<i>Pimpinella anisum</i>	1,98	- 0,023	0,99	11,8
<i>Foeniculum vulgare</i>	1,97	- 0,020	0,97	13,1
<i>Origanum vulgare</i>	2,01	- 0,041	0,97	7,4
<i>Mentha piperita</i>	2,02	- 0,088	0,95	3,5
<i>Thymus vulgaris</i>	1,99	- 0,044	0,99	6,4

^a GR_{50} : συγκέντρωση αιθέριου ελαίου που απαιτείται για να προκαλέσει μείωση του μήκους ρίζας του φυτού δείκτη κατά 50%.

^bΥπολογισθείσες τιμές πέραν των συγκεντρώσεων του πειράματος.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βογιατζή – Καμβούκου, Ε. 1988. Αρωματικά φυτά και αιθέρια έλαια. Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας V. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας. Σελ. 1-158.
- 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.
- Fluck, H. 1988. Τα φαρμακευτικά φυτά και οι χρήσεις τους. BIBIS PRESS, σελ. 48-64.
- Πάνου – Φιλοθέου, Ε. 2000. Εργαστηριακές σημειώσεις. Ειδική Γεωργία V. Μέρος III. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, σελ. 110.
- Παπαδοπούλου Στρατηγούλα. 2002. Έλεγχος της φυτοτοξικότητας των αιθέριων ελαίων. Πτυχιακή διατριβή. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, σελ. 103.
- Σκουμπρής, Β. 1990. Αρωματικά – Μελισσοκομικά – Φαρμακευτικά Φυτά της Ελλάδας. Αγροτύπος, σελ. 59-69.
- Tworkoski, T. 2002. Herbicide effects of essential oils. *Weed Science* 50: 425-431.