



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ
ΦΥΤΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΠΝΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΩΘΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ (*Rosmarinus
officinalis*) ΚΑΙ ΜΕΝΤΑΣ (*Mentha piperita*) ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
ΕΝΤΟΜΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΣΠΟΡΩΝ



ΚΑΝΟΥΛΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΛΑΡΙΣΑ 2020

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ
ΦΥΤΩΝ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΑΠΝΙΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΩΘΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ (*Rosmarinus
officinalis*) ΚΑΙ ΜΕΝΤΑΣ (*Mentha piperita*) ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
ΕΝΤΟΜΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΣΠΟΡΩΝ**

ΚΑΝΟΥΛΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

Τριμελής Επιτροπή

Επιβλέπων καθηγητής : Παναγιώτης Ηλιόπουλος
Ελένη Βογιατζή – Καμβούκου
Νικόλαος Γκουγκουλιάς

ΛΑΡΙΣΑ 2020

[2]

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	σελ.5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	σελ.6
ABSTRACT.....	σελ.7

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ.....	σελ.8
1.1 ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ.....	σελ.8
1.1.1 Βοτανική περιγραφή.....	σελ.9
1.1.2 Συστηματική ταξινόμηση.....	σελ.10
1.2 ΜΕΝΤΑ.....	σελ.10
1.2.1 Βοτανική περιγραφή.....	σελ.11
1.2.2 Συστηματική ταξινόμηση.....	σελ.11
2. ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ.....	σελ.12
2.1 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ.....	σελ.12
2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ.....	σελ.12
2.3 ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ ΩΣ ΕΚΤΟΜΟΚΤΟΝΑ.....	σελ.13
2.3.1 Το νευρικό σύστημα των εντόμων.....	σελ.13
2.3.2 Λειτουργία του νευρικού συστήματος των εντόμων.....	σελ.13
2.3.3 Μηχανισμός δράσης των αιθερίων ελαίων.....	σελ.15
2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ.....	σελ.16
2.5 ΑΙΘΕΡΙΟ ΕΛΑΙΟ ΤΟΥ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ.....	σελ.16
2.6 ΑΙΘΕΡΙΟ ΕΛΑΙΟ ΤΗΣ ΜΕΝΤΑΣ.....	σελ.17
3. ΕΝΤΟΜΑ.....	σελ.19
Έντομα – εχθροί των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων.....	σελ.19
3.1 <i>Tenebrio molitor</i>	σελ.20
3.1.1 Εξωτερική Μορφολογία.....	σελ.20
3.1.2 Βιολογικός κύκλος.....	σελ.21
3.1.3 Ζημίες.....	σελ.21
3.2 <i>Trogoderma granarium</i>	σελ.22
3.2.1 Εξωτερική Μορφολογία.....	σελ.22
3.2.2 Βιολογικός κύκλος.....	σελ.22
3.2.3 Ζημίες.....	σελ.23
3.3 <i>Tribolium confusum</i>	σελ.23
3.3.1 Εξωτερική Μορφολογία.....	σελ.23
3.3.2 Βιολογικός κύκλος.....	σελ.24
3.3.3 Ζημίες.....	σελ.24
3.4 <i>Ephesia kuehniella</i>	σελ.25
3.4.1 Εξωτερική Μορφολογία.....	σελ.25

3.4.2 Βιολογικός κύκλος.....	σελ.26
3.4.3 Ζημίες.....	σελ.26
3.5 <i>Plodia interpunctella</i>	σελ.26
3.5.1 Εξωτερική Μορφολογία.....	σελ.26
3.5.2 Βιολογικός κύκλος.....	σελ.27
3.5.3 Ζημίες.....	σελ.28

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.29
5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	σελ.31
5.1 ΕΚΤΡΟΦΗ ENTOMΩΝ.....	σελ.31
5.2 ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ.....	σελ.31
5.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	σελ.33
5.3.1 Καπνιστική δράση.....	σελ.33
5.3.2 Απωθητική δράση.....	σελ.35
5.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	σελ.36
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	σελ.36
6.1 ΚΑΠΝΙΣΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ.....	σελ.36
6.2 ΑΠΩΘΗΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ.....	σελ.50
7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	σελ.58
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	σελ.61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ.62

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος σπουδών του μεταπτυχιακού προγράμματος «Ολοκληρωμένη διαχείριση αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών» του πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στη Λάρισα.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους καθηγητές μας που προσπάθησαν να μας εφοδιάσουν με τις απαραίτητες γνώσεις σχετικά με την επιστήμη που επιλέξαμε να ασχοληθούμε, και να μας ενδυναμώσουν με θέληση για να συνεχίσουμε να προσπαθούμε για το καλύτερο στη χώρα μας, στις ημέρες αυτές που ζούμε.

Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη οφείλω στον καθηγητή μου κ. Παναγιώτη Ηλιόπουλο, που όλο το διάστημα της συνεργασίας μας μου πρόσφερε τις γνώσεις, τη βοήθεια, το ενδιαφέρον και την καθοδήγησή του, πάντα με χαμόγελο και καλή διάθεση.

Τέλος, ένα θερμό ευχαριστώ στην οικογένεια και τους φίλους μου για την ψυχολογική στήριξη που μου προσέφεραν, καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής της εργασίας αυτής.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί και να αξιολογηθεί η καπνιστική δράση των αιθερίων ελαίων δύο φυτών, της μέντας (*Mentha piperita*, οικογένεια Lamiaceae) και του δεντρολίβανου (*Rosmarinus officinalis*, οικογένεια Lamiaceae), έναντι διαφόρων εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων σπόρων, σε διάφορες δόσεις και χρόνους έκθεσης.

Τα έντομα των βιοδοκιμών ήταν ακμαία και προνύμφες των εντόμων αποθηκών *Tenebrio molitor* και *Tribolium confusum*, προνύμφες από τα Λεπιδόπτερα *Plodia interpunctella*, *Ephestia kuehniella*, και του κολεοπτέρου *Trogoderma granarium*.

Τα αιθέρια έλαια ελήφθησαν από το εμπόριο.

Τα ακμαία και οι προνύμφες των εντόμων εκτέθηκαν σε διάφορες συγκεντρώσεις αιθερίων ελαίων (0,5 – 1 – 2 ml/l air) για 24, 72, 96 ώρες και κατόπιν μετρήθηκαν οι αριθμοί των νεκρών και ζωντανών ατόμων.

Επιπλέον, διερευνήθηκαν οι σχέσεις μεταξύ του χρόνου έκθεσης στο έλαιο και της θνησιμότητας, καθώς και μεταξύ της συγκέντρωσης του αιθερίου ελαίου και της θνησιμότητας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το αιθέριο έλαιο του *Rosmarinus officinalis* ήταν σημαντικά πιο τοξικό από αυτό του *Mentha piperita*, σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις.

Επιπροσθέτως, μελετήθηκε η απωθητική δράση των αιθερίων ελαίων των ιδίων φυτών σε συγκεντρώσεις 10 και 50 μl/l air, έναντι ακμαίων του *Tribolium confusum*.

Το δεντρολίβανο έδειξε και σε αυτή την περίπτωση ισχυρότερη απωθητική δράση συγκριτικά με τη μέντα.

ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate and evaluate the fumigant toxicity of essential oils of two plants, peppermint (*Mentha piperita*, Lamiaceae family) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*, Lamiaceae family), against different stored grain pests, at different doses and exposure times.

The bioassay insects were larvae and adults of *Tenebrio molitor* and *Tribolium confusum*, larvae of Lepidoptera *Plodia interpunctella* and *Ephestia kuehniella*, and larvae of Coleoptera *Trogoderma granarium*.

Essential oils were obtained from commerce.

Both adults and larvae were exposed to a series of concentrations (0,5 - 1 - 2 ml/l air) of essential oils for 24, 72, 96 hours and then the numbers of dead and alive were counted.

Furthermore, the relationships between the time of exposure to oil and mortality, as well as the concentration of essential oil and mortality were investigated.

The results showed that the essential oil of *Rosmarinus officinalis* was significantly more toxic than that of *Mentha piperita*, in almost all applied concentrations and at all exposure times.

In addition, the repellent action of the essential oils of the same plants at concentrations of 10 and 50 μ l/l air against *Tribolium confusum* (adults) was investigated, where again, rosemary showed a stronger repellent action compared to peppermint.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος του φυτικού βασιλείου του πλανήτη μας. Χρησιμοποιούνται είτε σαν αφέψημα (π.χ. τσάι του βουνού) είτε σαν καρύκευμα (ρίγανη στο φαγητό) είτε σαν εκχύλισμα.

Η χρήση τους ανάγεται στους προϊστορικούς χρόνους, καθώς έχουν βρεθεί αποξηραμένα εκχυλίσματα διαφόρων φυτών από λαούς, τα οποία δε διαφέρουν από τα σημερινά, καθώς επίσης χρησιμοποιούνταν στη διατροφή των ανθρώπων, στη λαϊκή ιατρική (τα φαρμακευτικά τους σκευάσματα ήταν φυτικής προέλευσης) αλλά και στις μούμιες, στην αρχαία Αίγυπτο. Αξιοσημείωτο εμπόριο με αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά είχαν αναπτύξει οι Αιγύπτιοι, οι Ρωμαίοι και οι Βυζαντινοί.

Τελευταία παρατηρείται μία αναθέρμανση της καλλιέργειας των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, κυρίως σαν εναλλακτική πρόταση για αντικατάσταση παλιών και ασύμφορων οικονομικά καλλιεργειών (Βογιατζή – Καμβούκου, 2004).

1.1 ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ (*Rosmarinus officinalis*)

Αυτοφύεται και καλλιεργείται στις παραμεσόγειες χώρες. Χρησιμοποιούμενο τμήμα του είναι τα άνθη και τα φύλλα ως αρτυματικό και σαν καρύκευμα σε διάφορα είδη κρεάτων, ψαριών, σούπες λαχανικών και διάφορα τυριά.

Το δεντρολίβανο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή αφεψήματος, κρασιού (ή άλλου αλκοολούχου ποτού), για τη δημιουργία αφρόλουτρου, είναι καλό μελισσοτροφικό φυτό και το αιθέριο έλαιό του χρησιμοποιείται στην αρωματοποιία και στη φαρμακευτική.

Στη λαϊκή φαρμακολογία αναφέρεται να έχει ιδιότητες τονωτικές, εμμηναγωγές, εκτριπτικές, αντιρρευματικές, σπασμολυτικές, χωνευτικές κ.α. Θεωρείται ότι έχει θετική επίδραση στο κυκλοφορικό και νευρικό σύστημα. Η εξωτερική χρήση του αφορά στην τόνωση των μυών. Σε πολύ μεγάλες δόσεις προκαλεί δηλητηριάσεις και μερικές φορές θάνατο.

Στο αιθέριο έλαιο οι κύριες δραστικές είναι: δεψίνες, ρετσίνι, φλαβονοειδή, πικραντικές και σαπωνοειδείς ουσίες (Βογιατζή – Καμβούκου, 2004).

1.1.1 Βοτανική περιγραφή

Είναι αειθαλής πολυετής θάμνος ύψους 0,5 – 1,5 m . Πολύκλαδος και πυκνόφυλλος, ορθόκλαδος ή πλαγιόκλαδος. Τα κλαδιά του θάμνου μετά το δεύτερο χρόνο ξυλοποιούνται.

Τα φύλλα του είναι αντίθετα, δερματώδη, βελονοειδή, σκούρα πράσινα στην πάνω επιφάνεια και γκριζα στην κάτω.



Εικ.1 Φύλλα και άνθη δενδρολίβανου

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rosemary_bush.jpg)

Τα άνθη είναι μασχαλαία και σχηματίζουν βοτρυώδεις ταξιανθίες στην κορυφή των στελεχών, χρώματος γκρι-μπλε. Ανθίζει όλο το χρόνο. Πολλά από τα κύρια ενεργά πτητικά συστατικά βρίσκονται στον κάλυκα.

Ο καρπός είναι τετραχάινιο, μικρός, λείος με καφετί χρώμα (Βογιατζή – Καμβούκου, 2004).



Εικ.2 Κατανομή του δενδρολίβανου στην Ευρώπη

(<https://docplayer.gr/amp/23944032-11-aaianiessaaaii-rosmarinus-of-f-icinalis-l.html>)

1.1.2 Συστηματική ταξινόμηση

Πίνακας 1. Βοτανική ταξινόμηση του δεντρολίβανου

Βασίλειο	Φυτά (Plantae)
Συνομοταξία	Αγγειόσπερμα (Magnoliophyta)
Ομοταξία	Δικοτυλήδονα (Magnoliopsida)
Τάξη	Λαμιώδη (Lamiales)
Οικογένεια	Χειλανθή (Lamiaceae)
Γένος	Ροσμαρίνος (<i>Rosmarinus</i>)
Είδος	Ροσμαρίνος ο φαρμακευτικός (<i>Rosmarinus officinalis</i>)

1.2 MENTA (*Mentha piperita*)

Η μέντα είναι φυτό που συναντάται στις εύκρατες περιοχές. Χρησιμοποιούνται τα αποξηραμένα φύλλα της είτε ολόκληρα είτε τεμαχισμένα, καθώς και το αιθέριο έλαιο.

Για να είναι εμπορεύσιμη η δρόγη της θα πρέπει να πληροί κάποιες προϋποθέσεις:

- Η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο σε όλο το αποξηραμένο φυτό να είναι τουλάχιστον 1,2% και στα τεμαχισμένα φύλλα 0,9%.
- Μέγιστη περιεκτικότητα σε στελέχη 5%,
- Μέγιστη περιεκτικότητα σε άμμο 2%,
- Μέγιστη υγρασία 6% κ.α. (Βογιατζή – Καμβούκου, 2004)

Είναι φυτό φαρμακευτικό και χρησιμοποιείται στη μαγειρική ως καρύκευμα, καθώς και ως αφέψημα. Το αιθέριο έλαιο είναι κατάλληλο για κατώτερης ποιότητας προϊόντα αρωματοποιίας και σαπωνοποιίας.

Η ελληνική χλωρίδα περιλαμβάνει διάφορα είδη μέντας:

Mentha rotundifolia, *Mentha arvensis*, *Mentha spicata* (κοινώς δυόσμος), *Mentha aquatica* και *Mentha pulegium*.

Η μέντα η πιπερώδης είναι υβρίδιο που προκύπτει από την *Mentha aquatica* x *Mentha spicata*.

Χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα ως σήμερα ως αρωματικό στη μαγειρική, την οινοποιία και στη φαρμακοποιία. Από τον 6^ο αιώνα π.Χ. συναντώνται κρέμες καθαρισμού δοντιών με δυόσμο. Τα ποντίκια φαίνεται να αποφεύγουν τη μυρωδιά του, γι' αυτό και χρησιμοποιείται για την απομάκρυνσή τους. Στην Αρχαία Ελλάδα χρησιμοποιούσαν την μέντα κατά της δυσπεψίας, κατά των νευρικών διαταραχών, κατά των ιλίγγων, της αϋπνίας, της γαστρίτιδας, του βήχα, του κρυολογήματος, του πονόλαιμου και ως αντισπασμωδικό.

Τα φύλλα της μέντας περιέχουν: αιθέριο έλαιο: 0,5 – 4% (κύριες δραστικές η μενθόλη, μενθόνη, κινεόλη) , δεσφίνες: 4%, φλαβονοειδή και διάφορους γλυκοζίτες (Βογιατζή – Καμβούκου, 2004).

1.2.1 Βοτανική περιγραφή

Το φυτό φτάνει σε ύψος έως 80 cm και αναπτύσσει παραφυάδες.

Οι βλαστοί είναι λείοι, ελαφρά τετραγωνισμένοι.

Τα φύλλα της είναι αντίθετα κατ' εναλλαγή, επιμήκη, ωοειδή, με νευρώσεις.



Εικ.3 Φύλλα του φυτού της μέντας

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mint_leaves.jpg)

Τα άνθη έχουν χρώμα ρόδινο έως μωβ και σχηματίζουν ταξιανθία στάχυ. Ανθίζει από Ιούλιο έως Σεπτέμβριο. Το χειμώνα καταστρέφεται το υπέργειο τμήμα του φυτού και από την άνοιξη βγάζει πάλι βλαστούς (Βογιατζή – Καμβούκου, 2004).

1.2.2 Συστηματική ταξινόμηση

Πίνακας 2. Βοτανική ταξινόμηση της μέντας

Βασίλειο	Φυτά (Plantae)
Συνομοταξία	Αγγειόσπερμα (Magnoliophyta)
Ομοταξία	Δικοτυλήδονα (Magnoliopsida)
Τάξη	Λαμιώδη (Lamiales)
Οικογένεια	Χειλανθή (Lamiaceae)
Γένος	Μίνθη (<i>Mentha</i>)
Είδος	Μίνθη η πιπερώδης (<i>Mentha piperita</i>)

2. ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ

Τα αιθέρια έλαια ορίζονται ως μίγματα πτητικών ενώσεων με χαρακτηριστική οσμή.

Είναι δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών. Βρίσκονται στους ελαιοφόρους αδένες στο κυτόπλασμα και σε διάφορα ειδικά κύτταρα που βρίσκονται στα φύλλα, στα άνθη, στους καρπούς και στις ρίζες των φυτών. Παραμένουν όμως στο μέρος του φυτού στο οποίο παράγονται (Γκουγκουλιάς & Βογιατζή-Καμβούκου, 2017).

Λόγω των αυτό-οξειδώσεων και των υδρολύσεων των εστέρων τους η οσμή τους αλλοιώνεται με το χρόνο.

Είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου και δεν έχουν καμία σχέση με τα κοινά έλαια (τα οποία είναι γλυκερίδια).

Είναι διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες και σχεδόν αδιάλυτα στο νερό.

Τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται από τα φυτά συνήθως με υδροαπόσταξη στο εργαστήριο, και με απόσταξη με υδρατμούς σε βιομηχανική κλίμακα.

2.1 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ

Τα αιθέρια έλαια περιέχουν στη σύστασή τους ενώσεις με μικρό μοριακό βάρος, όπως: τερπενοειδή, φαινυλοπροπανοειδή, λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια, αλκάνια, αλκένια, αλκοόλες και αλδεΐδες, που προκύπτουν ως προϊόντα μεταβολισμού των λιπαρών οξέων και των φωσφολιπιδίων (Γκουγκουλιάς & Βογιατζή-Καμβούκου, 2017).

2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ

- Τα αιθέρια έλαια περιέχουν ουσίες με αποθητική δράση απέναντι σε παθογόνα,
- Προσελκύουν έντομα βοηθώντας στην επικονίαση,
- Τα πτητικά συστατικά τους δρουν ως αναστολείς φύτρωσης γύρω από το περιβάλλον τους (Pichersky and Gershenzon, 2002)
- Μειώνουν την απώλεια νερού σε πολλά φυτά με την διαπνοή,
- Αυξάνουν την αντοχή τους στη θερμότητα,
- Έχουν αντισηπτικές, συντηρητικές, αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές δράσεις (Chorianopoulos et al., 2006)
- Επίσης παρουσιάζουν αντιφλεγμονώδη, εντομοκτόνο, αντιϊική και επολωτική δράση
- Είναι αναστολείς ενζύμων και
- Έχουν μεγάλη χρήση στη βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων, αρωμάτων, καλλυντικών, σαπωνοποιεία, κηροπλαστική κ.α. (Γκουγκουλιάς & Βογιατζή-Καμβούκου, 2017)

2.3 ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ ΩΣ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ

2.3.1 Το Νευρικό Σύστημα των εντόμων

Το νευρικό σύστημα των εντόμων είναι υπεύθυνο για την πρόσληψη και μεταβίβαση των διαφόρων εσωτερικών και εξωτερικών ερεθισμάτων που δέχεται συνεχώς το έντομο κατά τη διάρκεια της ζωής του (Ηλιόπουλος & Γραβάνης, 2015).

Όπως και σε όλα τα ζωικά είδη, το νευρικό σύστημα αποτελείται από:

- τους νευρώνες/νευρικά κύτταρα, τα οποία παράγουν και μεταδίδουν τα ερεθίσματα
- τα νευρογλοιακά κύτταρα/κύτταρα του Schwann, τα οποία έχουν το διπλό ρόλο της προστασίας και της θρέψης των νευρικών κυττάρων

Το νευρικό σύστημα των εντόμων διακρίνεται σε:

- Κεντρικό νευρικό σύστημα
- Σπλαχνικό/συμπαθητικό νευρικό σύστημα
- Περιφερειακό νευρικό σύστημα

Το νευρικό σύστημα ενός εντόμου δέχεται διαφόρων ειδών ερεθίσματα τόσο εξωτερικά από το περιβάλλον του όσο και εσωτερικά από το ίδιο το σώμα του εντόμου.

Το νευρικό σύστημα λαμβάνει, αξιολογεί και αντιδρά σε κάθε είδους ερέθισμα.

2.3.2 Λειτουργία του νευρικού συστήματος των εντόμων

Από τη στιγμή της άφιξης του ερεθίσματος, η νευρική ώση (neural impulse) θα μεταφερθεί μέσω του νευροάξονα στη σύναψη (αξονική μετάδοση). Σύναψη ονομάζεται το σημείο επαφής δύο νευρώνων.

Η ταχύτητα της αξονικής μετάδοσης αυξάνεται με τη διάμετρο του άξονα και φτάνει τα 3-7 m/sec σε άξονες μεγάλης διαμέτρου (Ηλιόπουλος & Γραβάνης, 2015).

Ακολούθως, το ερέθισμα θα μεταδοθεί μέσω της σύναψης σε γειτονικό νευρικό ή άλλο κύτταρο (μυϊκό, αδενικό κ.α.) προκειμένου είτε να συνεχιστεί η μετάδοση, είτε να συντελεστεί η κατάλληλη ενέργεια από το έντομο (Ηλιόπουλος & Γραβάνης, 2015).

Η μετάδοση αυτή (συναπτική) στο διάκενο είναι χημικής φύσεως και συντελείται μέσω ειδικών ουσιών, τους νευρομεταδότες (neurotransmitters) στους δέκτες (receptors) του γειτονικού κυττάρου.

Ο πιο σημαντικός νευρομεταδότης στα έντομα είναι η ακετυλοχολίνη (ACh), για αυτό και οι συνάψεις των εντόμων λέγονται χολινεργικές.

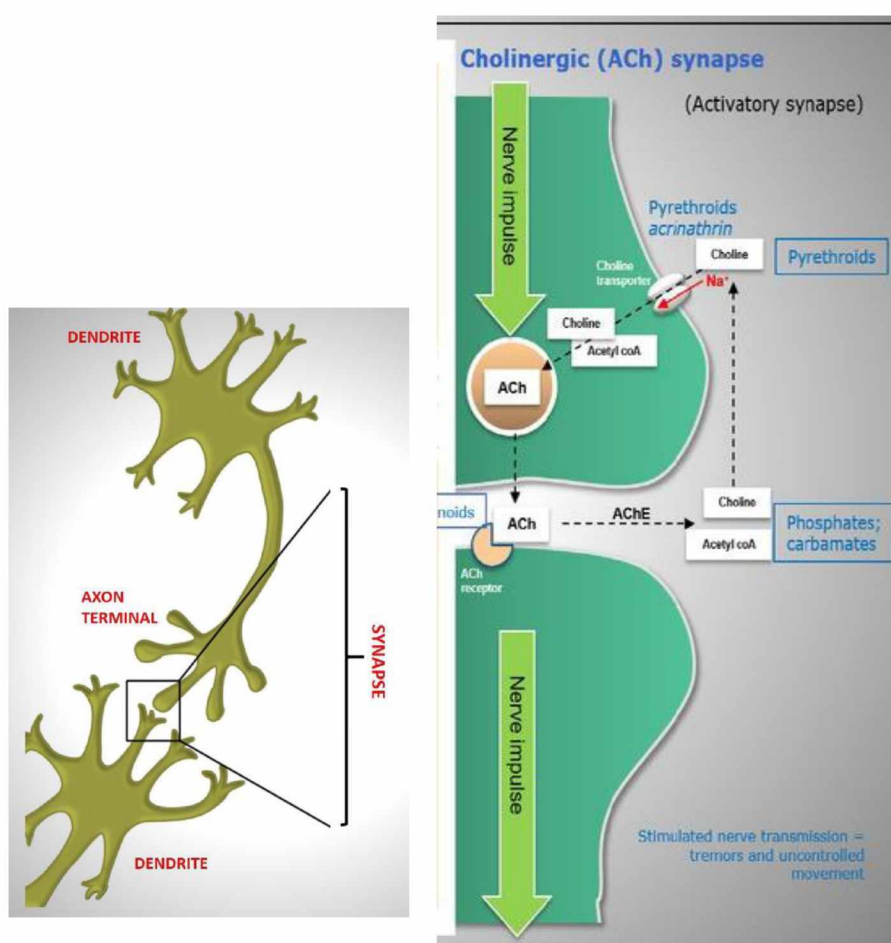
Άλλοι σημαντικοί νευρομεταδότες/νευροδιαβιβαστές είναι: επινεφρίνη, Γ- αμινοβουτυρικό οξύ GABA, ντοπαμίνη, γλυκίνη και ισταμίνη.

Στις μεμβράνες των άκρων των νευρικών κυττάρων, ιόντα Ca^{++} , Na^+ , K^+ και Cl^- παίζουν σημαντικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία των νευροδιαβιβαστών.

Η ομοιόμορφη κατανομή των ιόντων δημιουργεί ένα ηλεκτρικό δυναμικό στο οποίο βασίζεται η μετάδοση των νευρικών σημάτων – εντολών.

Η ώση μεταδίδεται μέσω της ACh η οποία στη συνέχεια διασπάται από το ένζυμο ακετυλοχολινεστεράση (AChE), ώστε να "καθαριστεί" η σύναψη και να είναι έτοιμη για νέα μετάδοση.

Οι χημικές αυτές αντιδράσεις διαρκούν ελάχιστο χρονικό διάστημα (μsec) και επαναλαμβάνονται αδιάκοπα για όσο διάστημα απαιτείται (Ηλιόπουλος & Γραβάνης, 2015).



Εικ. 4 και 5 Σύναψη νευρικών κυττάρων και μηχανισμός διαβίβασης νευρικού ερεθίσματος.

(<https://slideplayer.gr/slide/13796737/>)

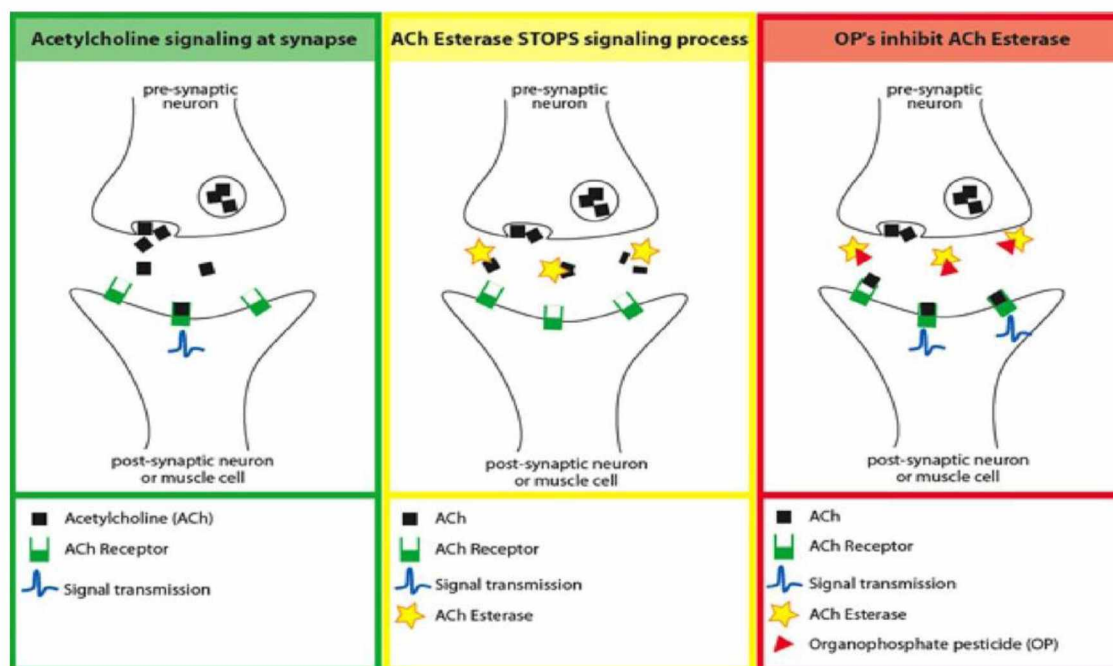
2.3.3 Μηχανισμός δράσης των αιθερίων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια έχουν ανασταλτική δράση επί του ενζύμου της ακετυλοχολινεστεράσης, το οποίο έχει σημαντικό ρόλο στη νευροδιαβίβαση.

Πιο αναλυτικά,

Ο μηχανισμός δράσης των αιθερίων ελαίων είναι παρόμοιος με τον μηχανισμό δράσης των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων (OP), δηλαδή:

- Δρουν στο νευρικό σύστημα (Ν. Σ.)
- Η μετάδοση του νευρικού σήματος στα έντομα γίνεται με τους νευρομεταδότες, εκ των οποίων ο πιο σημαντικός είναι η ακετυλοχολίνη (ACh).
 - Η ακετυλοχολίνη (ACh) παράγεται για να μεταφέρει το σήμα και μετά υδρολύεται γιατί είναι τοξική για το έντομο.
 - Η διάσπαση της ακετυλοχολίνης (ACh) γίνεται με το ένζυμο ακετυλοχολινεστεράση (AChE)
- Τα οργανοφωσφορικά σταματούν την παραγωγή της ακετυλοχολινεστεράσης (AChE), με συνέπεια το έντομο να μη διασπά την ακετυλοχολίνη (ACh) και να πεθαίνει λόγω αδυναμίας λειτουργίας του Ν. Σ.



Εικ. 6 Μηχανισμός δράσης οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων

(<https://slideplayer.gr/slide/1379673/>)

2.4 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΑΙΘΕΡΙΩΝ ΕΛΑΙΩΝ

Η απόδοση και η σύσταση των αιθερίων ελαίων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, (Figueiredo et al., 2008) οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- Η εποχή συλλογής του φυτού, κατά τη διάρκεια του έτους
- Το στάδιο ανάπτυξης (περίοδος ανθοφορίας, πλήρης άνθιση κλπ)
- Το μέρος του φυτού που παραλαμβάνονται τα άνθη, τα φύλλα, οι ρίζες, κλπ
- Οι μηχανικές πληγές που θα προκληθούν στο φυτό κατά τη συγκομιδή του
- Η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων
- Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και οι συνθήκες καλλιέργειας επιδρούν στη σύσταση των αιθερίων ελαίων και στην απόδοσή τους (μεγαλύτερη επίδραση έχει η ηλιοφάνεια, οι βροχοπτώσεις, η άρδευση, η λίπανση και η γεωγραφική θέση)
- Γενετικοί παράγοντες
- Η μέθοδος παραλαβής.

2.5 ΑΙΘΕΡΙΟ ΕΛΑΙΟ ΤΟΥ ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟΥ

Το φυτό αυτό ανήκει στην οικογένεια Lamiaceae. Τα φύλλα του περιέχουν φαινολικές ενώσεις και τερπενοειδή.

Το αφέψημα της ξηρής δρόγης χρησιμοποιείται για την ανακούφιση της δυσπεψίας, της εξάντλησης, της διάρροιας, της κατάθλιψης, και σε περιπτώσεις με προβλήματα μνήμης.

Το αιθέριο έλαιο του δενδρολίβανου χρησιμοποιείται κυρίως ως συντηρητικό στα τρόφιμα, στη βιομηχανία καλλυντικών και στην αρωματοθεραπεία. Το παραλαμβάνουμε από τα φύλλα και τα άνθη.

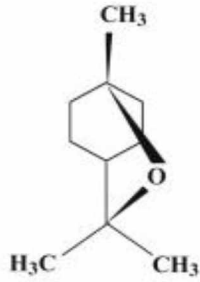
Η σύσταση του αιθερίου ελαίου του δενδρολίβανου δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις ως προς το χρόνο συλλογής των φύλλων και των ανθέων (Γκουγκουλιάς & Βογιατζή-Καμβούκου, 2017).

Τα κύρια συστατικά του αιθερίου ελαίου του δενδρολίβανου (Papageorgiou et al., 2008) είναι: Η 1,8-κινεόλη: περίπου 50% ,

Η βορνεόλη: με 10% ,

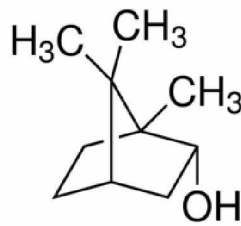
Το α-πινένιο: με 5% και

Το β-πινένιο: με 3% .



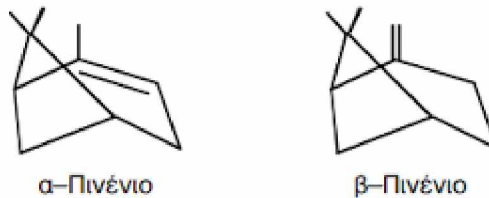
Εικ.7 1,8-κινεόλη

(<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/eucalyptol>)



Εικ.8 Βορνεόλη

(<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/139114?lang=en®ion=GR>)



α-Πινένιο

β-Πινένιο

Εικ.9 α-πινένιο και β-πινένιο

(https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/4703/1/%CE%9A%CE%95%CE%A6_11_1%CE%A3%CE%9F%CE%A0%CE%A1%CE%95%CE%9D%CE%9F%CE%95%CE%99%CE%94%CE%97.pdf)

2.6 ΑΙΘΕΡΙΟ ΕΛΑΙΟ ΤΗΣ ΜΕΝΤΑΣ

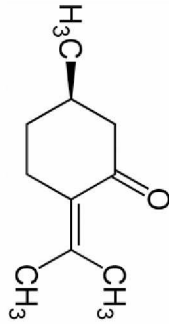
Το φυτό ανήκει στην οικογένεια Lamiaceae.

Το αφέψημα είναι τονωτικό της καρδιάς και χρησιμοποιείται για την θεραπεία διαταραχών του πεπτικού συστήματος.

Το αιθέριο έλαιο της μέντας το παραλαμβάνουμε από τα άνθη.

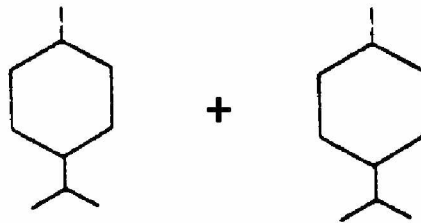
Τα κύρια συστατικά του αιθερίου ελαίου (Agnihotri et al., 2005) είναι:

Η πουλεγόνη: με 45%, η π-μενθόνη: με 20%, το α-πινένιο: με 4%, το β-πινένιο: με 4% και η καρβόνη.



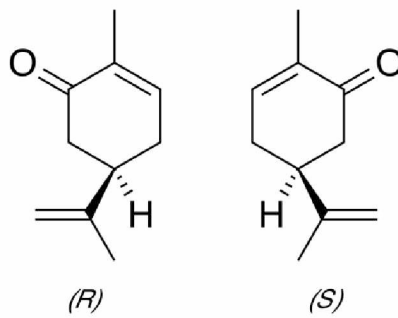
Εικ. 10 πουλεγόνη

(<https://en.wikipedia.org/wiki/Pulegone>)



Εικ. 11 π-μενθόνη

(<https://mortada8.wordpress.com/2009/08/20/phytochemistry-terpenoids/>)



Εικ. 12 Καρβόνη

(<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carvone.svg>)

3. ENTOMA

Τα έντομα είναι ζωικοί οργανισμοί που υπήρχαν στη γη πολλά εκατομμύρια χρόνια πριν από την εμφάνιση του ανθρώπου.

Από πολλά απολιθώματα, φαίνεται ότι η χερσαία εξέλιξη τους διαρκεί πάνω από μισό δισεκατομμύριο χρόνια. Σε αριθμό ειδών ξεπερνούν το 75% του συνολικού αριθμού ειδών του ζωικού βασιλείου.

Τα έντομα που σχετίζονται με τον άνθρωπο είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό σε σχέση με τον συνολικό αριθμό ειδών της κλάσης Insecta. Εκτιμώντας ότι ο αριθμός των ειδών των εντόμων στον πλανήτη μας είναι 5-10 εκατομμύρια είδη, μόνο το 1% σχετίζεται με τον άνθρωπο.

Υπάρχουν σε όλα τα μήκη και πλάτη του πλανήτη μας και σε μεγάλη ποικιλία οικοσυστημάτων. Σχετίζονται με τον άνθρωπο είτε ζημιώνοντας αυτόν άμεσα, (έντομα φορείς παθογόνων μικροοργανισμών) είτε έμμεσα, (ζημιές στα καλλιεργούμενα φυτά) είτε παρέχοντας του μικρά ή μεγάλα οφέλη (π.χ. μέλισσα και μεταξοσκώληκας), είτε συμβάλλοντας στη διατήρηση της ισορροπίας της φύσης.

Η δυσμενής επίδραση των εντόμων αυξήθηκε με την ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού, καθώς ο άνθρωπος άρχισε να καλλιεργεί φυτά και να εκτρέφει ζώα όλο και πιο εντατικά. Επίσης, η δημιουργία αστικών κέντρων και η συγκέντρωση πολλών ανθρώπων σε μικρές εκτάσεις διευκόλυνε τα έντομα να προσβάλλουν όλο και περισσότερους ανθρώπους (Ηλιόπουλος & Γραβάνης, 2015).

Έντομα – εχθροί των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων

Μέσα στις αποθήκες γεωργικών προϊόντων (σπόροι σιτηρών, άλευρα, ξηροί καρποί, όσπρια, αποξηραμένα φρούτα κ.α.) υπάρχουν πολλά είδη εντόμων, κυρίως των τάξεων Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Blattaria, Diptera κ.α. από αυτά τα είδη, των δύο πρώτων τάξεων προκαλούν τις πιο συχνές σοβαρές ζημιές.

Σύμφωνα με υπολογισμούς του F.A.O. (οργανισμός τροφίμων και γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), οι απώλειες από έντομα και ακάρεα σε έτοιμο προϊόν κατά την αποθήκευση ανέρχονται στο 15% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής (στις αναπτυσσόμενες χώρες το ποσοστό αυτό προσεγγίζει το 50%). Το 13% της ετήσιας φυτικής παραγωγής των Η.Π.Α. χάνεται, παρά την εφαρμογή 100.000 τόνων εντομοκτόνων. Στις αναπτυσσόμενες χώρες (Ασία, Αφρική) οι απώλειες είναι πολλαπλάσιες.

Οι ποσότητες που αναλίσκονται από έντομα στις αποθήκες των σιτηρών θα μπορούσαν να αποτρέψουν τους λιμούς που απειλούν την Αφρική και την Ασία. (Ηλιόπουλος & Γραβάνης, 2015).

3.1 *Tenebrio molitor*, Coleoptera: Tenebrionidae (the yellow mealworm)

3.1.1 Εξωτερική Μορφολογία

Ενήλικο: Έχει μήκος 12-18 mm. Το ακμαίο έχει χρωματισμό σώματος καστανό-μαύρο και η νωτιαία του επιφάνεια είναι ελαφρώς γυαλιστερή με καστανέρυθρο χρώμα. Τα έλυτρα έχουν 5 γραμμώσεις κατά μήκος το καθένα (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Προνύμφη: Οι προνύμφες είναι κυλινδρικές, σκληρές και γυαλιστερές. Έχουν μήκος περίπου 25 mm με κίτρινο-ερυθρό χρωματισμό (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).



Εικ. 13 Pronύμφη, νύμφη και ακμαίο του *Tenebrio molitor*

(<http://www.freenatureimages.eu/Animals/Coleoptera%2C%20Kevs%2C%20Beetles/Tenebrio%20molitor%2C%20Yellow%20Mealworm/index.html>)



Εικ. 14 και 15 Ακμαίο του *Tenebrio molitor*

(<http://thewcg.org.uk/Tenebrionidae/0228G.htm>)

(<https://bugguide.net/node/view/1476308/bgimage>)

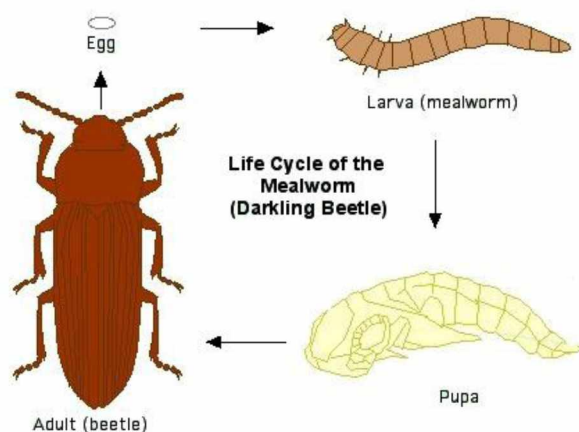
3.1.2 Βιολογικός κύκλος

Η διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου εξαρτάται από το είδος της τροφής και τις συνθήκες του περιβάλλοντος που αναπτύσσονται (Morales-Ramos et al. , 2010, Zeng et al., 2012).

Τα θηλυκά γεννούν λευκά αυγά μεμονωμένα ή σε ομάδες, σε ακανόνιστα χρονικά διαστήματα. Ο αριθμός των αυγών που γεννάει κάθε θηλυκό είναι κατά μέσο όρο 270, ενώ ο χρόνος εκκόλαψης ποικίλλει ανάλογα με την θερμοκρασία που επικρατεί, από 5-15 ημέρες (Σταμόπουλος, 2008).

Οι νεαρές προνύμφες αμέσως μετά την εκκόλαψη αρχίζουν να τρέφονται δημιουργώντας στοές μέσα στα προϊόντα και αποφεύγοντας την έκθεση τους στο φως. Η διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης ποικίλλει επίσης ανάλογα με τη θερμοκρασία. Οι προνύμφες του *Tenebrio molitor* τη συμπληρώνουν σε 160-180 ημέρες στους 28° C (300-350 ημέρες κάτω από τις συνήθεις συνθήκες). Είναι πολύ ανθεκτικές στην ξηρασία και στην έλλειψη τροφής καθώς επίσης σε χαμηλές γενικά θερμοκρασίες.

Αντίθετα, τα ενήλικα επιζητούν υψηλά ποσοστά υγρασίας και δείχνουν μικρότερη αντοχή στο ψύχος, (Σταμόπουλος, 2008) ωστόσο, είναι ανθεκτικότερα στην έκθεση τους σε υψηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τις προνύμφες και τις νύμφες (Vorhees and Bradley, 2012).



Ευκ. 16 Ο βιολογικός κύκλος του *Tenebrio molitor*

(<https://github.com/TinyFarms/OpenBugFarm/wiki/Tenebrio-Molitor-Basic-Facts>)

3.1.3 Ζημίες

Συχνάζει κυρίως σε σκοτεινά μέρη αλευρόμυλων ή αποθηκών, όπου υπάρχουν αποθηκευμένα αλευρώδη προϊόντα. Οι ζημίες που προκαλούν είναι εκτός από ποσοτικές και ποιοτικές, εξαιτίας των αποχωρημάτων ή των προνυμφικών εκδυσμάτων τα οποία αφήνουν στα διάφορα τρόφιμα (Σταμόπουλος, 2008) . Τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες έχουν ιδιαίτερη προτίμηση στα δημητριακά και τα προϊόντα τους, (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012), ωστόσο, έχει παρατηρηθεί να τρέφονται με μεγάλη ποικιλία προϊόντων (τεμάχια καρότου, κόνδυλοι πατάτας).

3.2 *Trogoderma granarium*, Coleoptera: Dermestidae (the khapra beetle)

3.2.1 Εξωτερική Μορφολογία

Ενήλικο: έχει μήκος 2-3 mm, σχήμα ωοειδές και χρώμα καστανό ανοιχτό. Τα έλυτρα του είναι μαύρα ή σκούρα καστανά με ακανόνιστα ανοιχτόχρωμα καστανά σημεία, επενδεδυμένα με τρίχες. Παρόλο που φέρουν μεμβρανώδεις πτέρυγες κατά κανόνα δεν πετούν. Τα θηλυκά είναι πιο μεγαλόσωμα από τα αρσενικά.

Προνύμφη: έχει μήκος έως και 5 mm και χρώμα κιτρινωπό – ανοιχτό καστανό. Μακριές και λεπτές κιτρινωπές τρίχες εκφύονται σε ολόκληρο το σώμα της, οι οποίες σχηματίζουν αραιό θύσανο στο πίσω μέρος του σώματος της (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).



Εικ. 17 Ακμαίο *Trogoderma granarium*

(https://en.wikipedia.org/wiki/Khapra_beetle)



Εικ. 18 Προνύμφη *Trogoderma granarium*

(https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests/key/maize_pests/Media/Html/Trogoderma_granarium_Everts_1899_-_Khapra_Beetle.htm)

3.2.2 Βιολογικός κύκλος

Δραστηριοποιείται μεταξύ 21 - 40°C ενώ η χαμηλή σχετική υγρασία δε φαίνεται να το επηρεάζει αρνητικά. Υπό ιδανικές συνθήκες (35°C και 73% σχετική υγρασία) ο βιολογικός του κύκλος διαρκεί 18 ημέρες (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και απουσία τροφής, ο βιολογικός του κύκλος μπορεί να διαρκέσει κάποια έτη, διότι οι προνύμφες δεν παραμένουν στην τροφή αλλά μεταναστεύουν σε σχισμές όπου μπορούν να παραμείνουν χωρίς να νυμφωθούν μέχρι και 8 χρόνια! (Σταμόπουλος, 2008).

3.2.3 Ζημίες

Μπορεί να τραφεί τόσο με σιτηρά όσο και με καλαμπόκι.

Έχει αποδειχθεί επίσης ότι οι προνύμφες του μπορούν να τραφούν με ζωικά και φυτικά υλικά, το οποίο το καθιστά ένα σοβαρό εχθρό.

Πρόκειται για ένα πολυφάγο είδος με προτίμηση στους ελαιούχους πλακούντες, τους σπόρους και τα προϊόντα τους. Το ενήλικο σπανίως τρέφεται ή πίνει νερό και θεωρείται έντομο <<καραντίνας>> για πολλές χώρες (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).



Εικ. 19 Προνύμφη *Trogoderma granarium* σε σπόρους σίτου

(<https://www.agric.wa.gov.au/biosecurity/khapra-beetle-declared-pest?nopaging=1>)

3.3 *Tribolium confusum*, Coleoptera: Tenebrionidae (the confused flour beetle)

3.3.1 Εξωτερική Μορφολογία

Ενήλικο: έχει μήκος 3-4 mm και μπορεί να πετάξει. Το ακμαίο έχει σώμα επίμηκες, πεπλατυσμένο και φέρει ερυθρο-καστανό γυαλιστερό χρώμα.

Προνύμφη: οι νεαρές προνύμφες έχουν υπόλευκο χρωματισμό ενώ στα επόμενα στάδια το χιτινισμένο τους δερμάτιο έχει κιτρινο-καστανό χρωματισμό (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).



Εικ. 20 Ακμαίο *Tribolium confusum*

(https://en.wikipedia.org/wiki/Confused_flour_beetle)



Εικ. 21 Pronύμφη του *Tribolium confusum*

(<https://www.biolib.cz/en/image/id352445/>)

3.3.2 Βιολογικός κύκλος

Το *Tribolium confusum* απαντάται σε εύκρατες περιοχές. Τα ενήλικα διαχειμάζουν μέσα στο αλεύρι ή στους αποθηκευμένους σπόρους. Μπορούν να ζήσουν επί δύο χρόνια και να γεννήσουν 500-800 αυγά/έτος.

Τα αυγά εκκολάπτονται μεταξύ 15-40 °C και η υγρασία δε φαίνεται να έχει σημαντικό ρόλο. Η προνυμφική ανάπτυξη χρειάζεται 1-3 μήνες ή και περισσότερο, ανάλογα με την καταλληλότητα και ποσότητα της τροφής, την υγρασία και τη θερμοκρασία. Μπορούν να έχουν 3-5 γενεές/έτος στους μη θερμαινόμενους χώρους (Σταμόπουλος, 2008).

Γενικά, φαίνεται ότι θερμοκρασία 28-30 °C και σχετική υγρασία 70-90% αποτελούν το καλύτερο για την ανάπτυξη του εντόμου, είτε στο στάδιο της προνύμφης είτε στο ακμαίο (Howe, 1960), καθώς επίσης έχει ταχύτερη ανάπτυξη σε σπασμένους σπόρους, ενώ αν η τροφή είναι ακατάλληλη, η ανάπτυξη της προνύμφης καθυστερεί (3-4 μήνες) και παράλληλα έχουμε αύξηση του αριθμού των εκδύσεων (από 6-7, φθάνουν τις 12-13) (Σταμόπουλος, 2008).

3.3.3 Ζημίες

Είναι κοσμοπολίτικο είδος. Τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες είναι παμφάγα και προσβάλλουν ποικιλία αποθηκευμένων προϊόντων όπως: αλεσμένα δημητριακά, αραχίδα, κεχρί, σόργο, αλεύρι, σιμιγδάλι, σπασμένους σπόρους σιτηρών, πίτουρα, ξηρά λαχανικά, σοκολάτα, ελαιούχους πλακούντες αποξηραμένα φρούτα κ.α. (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).



Εικ. 22 Ακμαίο *Tribolium confusum* σε σπόρους σίτου
(<https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1233157>)

3.4 *Ephestia kuehniella*, Lepidoptera: Pyralidae (πυραλίδα των αλεύρων)

3.4.1 Εξωτερική Μορφολογία

Ενήλικο: έχει μήκος 10-14 mm. Τα μπροστινά φτερά έχουν άνοιγμα 18-27 mm και χρώμα γκρι με τρεις μαύρες κυματοειδείς γραμμές. Τα πίσω φτερά είναι υπόλευκα ή ανοιχτόχρωμο γκρι (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012). Η κεφαλή του είναι μικρή, σφαιρική, χωρίς λέπια, με μακριές χειλικές προσακτρίδες (Σταμόπουλος, 2008).

Το αυγό είναι υπόλευκο, ελλειψοειδές με κοκκώδη επιφάνεια.

Προνύμφη: έχει μήκος σε πλήρη ανάπτυξη 12 mm και χρώμα υπόλευκο ή ελαφρώς ρόδινο, (Σταμόπουλος, 2008) με κεφαλή καστανού χρώματος (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).



Εικ. 23 και 24 Ακμαίο *Ephestia kuehniella*

(https://en.wikipedia.org/wiki/Mediterranean_flour_moth)

(<https://bugguide.net/node/view/753641/bgimage>)



Εικ. 25 Προνύμφη *Ephestia kuehniella*

(<https://www.alamy.com/mediterranean-flour-moth-ephestia-kuehniella-anagasta-kuehniella-larva-image279632508.html>)

3.4.2 Βιολογικός κύκλος

Απαντάται στις εύκρατες και μεσογειακές περιοχές. Η διάρκεια του βιολογικού του κύκλου εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και από το είδος της τροφής (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).

Στους 26-28° C η ανάπτυξη του συμπληρώνεται σε 83 ημέρες όταν οι προνύμφες τρέφονται με αλεύρι από καλαμπόκι, σε 123 ημέρες όταν οι προνύμφες τρέφονται με αλεύρι από κριθάρι και σε 217 ημέρες όταν οι προνύμφες τρέφονται με αλεύρι από ρύζι (Balachowsky, 1966, 1972).

Τα θηλυκά (τα οποία δραστηριοποιούνται κυρίως τη νύχτα) γεννούν 200-300 αυγά σε ομάδες των 10-30 στην επιφάνεια των αλεύρων και οι προνύμφες που εξέρχονται αρχίζουν να τρέφονται, ενώ σε σύντομο χρονικό διάστημα υφαίνουν "φολιά" με μετάξινα νήματα που εκκρίνουν (Σταμόπουλος, 2008).

3.4.3 Ζημίες

Είναι πολυφάγο είδος. Η προνύμφη του τρέφεται με δημητριακά, σπασμένους σπόρους, αμύγδαλα, σόγια, ρύζι, σιμιγδάλι, σουσάμι, σιτάλευρο και κυρίως ξηρούς καρπούς (Grabe, 1942). Προσβάλλει αλευρόμυλους, αποθήκες αλεύρων, αποθηκευμένους σπόρους, όσπρια, ακόμη και γύρη σε κυψέλες μελισσών (Katerinis, 2012).

3.5 *Plodia interpunctella*, Lepidoptera: Pyralidae (σκουλήκι των αποθηκών)

3.5.1 Εξωτερική Μορφολογία

Ενήλικο: το ενήλικο έχει μήκος περίπου 10 mm και άνοιγμα φτερών 15-20 mm. Οι πρόσθιες πτέρυγες έχουν χρώμα καστανέρυθρο κατά το ήμισυ, με δύο μαύρες γραμμές, ενώ το υπόλοιπο ήμισυ είναι αργυρόλευκο. Οι πίσω πτέρυγες είναι αργυρόλευκες. Η κεφαλή και ο θώρακας είναι καστανέρυθρα.

Αυγό: υπόλευκο, ελλειψοειδές, με ελαφρά ανώμαλη επιφάνεια.

Προνύμφη: η νεαρή προνύμφη έχει χρώμα υπόλευκο ενώ αργότερα γίνεται ελαφρώς ρόδινο. Το χρώμα της προνύμφης εξαρτάται από το είδος της τροφής. Το κεφάλι και ο θώρακας είναι καστανά (Σταμόπουλος, 2008).



Εικ. 26 και 27 Ακμαίο *Plodia interpunctella*

(https://en.wikipedia.org/wiki/Indianmeal_moth)

(https://en.wikipedia.org/wiki/Indianmeal_moth)



Εικ. 28 και 29 Προνύμφη *Plodia interpunctella*

Αριστερά

(http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/stored/indianmeal_moth.htm)

Δεξιά

(https://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?enlarge=1111+1111+2222+0705)

3.5.2 Βιολογικός κύκλος

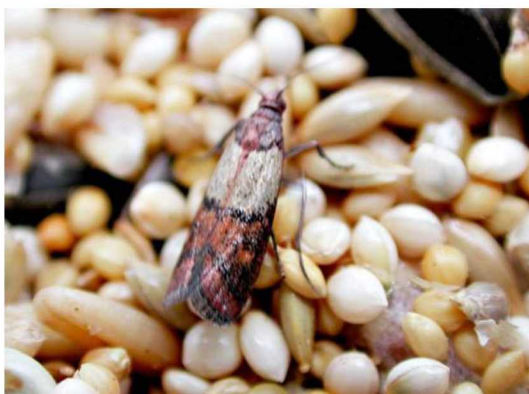
Απαντάται σε χώρες με εύκρατο ή τροπικό κλίμα. Έχει 4-6 γενεές/έτος και σε πιο θερμές περιοχές φτάνει τις 8. Η διάρκεια του βιολογικού του κύκλου αλλά και η εκκόλαψη των αυγών εξαρτάται από τις θερμοκρασίες που επικρατούν, το είδος της τροφής που καταναλώνουν οι προνύμφες και τη γεωγραφική φυλή του εντόμου (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012). Φαίνεται μάλιστα ότι τα αποξηραμένα φρούτα ευνοούν τη γρήγορη ανάπτυξη των προνυμφών.

Οι προνύμφες νυμφώνονται σε υπόλευκα βομβύκια τα οποία ενώνουν με μετάξινα νήματα. (Σταμόπουλος, 2008). Διαπαύει ως ανεπτυγμένη προνύμφη 5^{ης} ηλικίας, μετά την παύση της τροφικής δραστηριότητας του (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012). Αναφέρεται ότι ο βιολογικός κύκλος του μπορεί να διαρκέσει από 27 έως 305 ημέρες (με συνήθεις βέβαια τις 40-80 ημέρες).

Το θηλυκό γεννάει κατά μέσο όρο 150 αυγά και δραστηριοποιείται τη νύχτα, ενώ την ημέρα προτιμά να βρίσκεται σε θέσεις όπου ο φωτισμός είναι περιορισμένος (Σταμόπουλος, 2008).

3.5.3 Ζημίες

Είναι εξαιρετικά πολυφάγο είδος. Η προνύμφη προσβάλλει σπόρους, δημητριακά, ξηρά λαχανικά, γλυκίσματα, αποξηραμένα φρούτα κ.α. Συχνά επάνω στα προσβεβλημένα προϊόντα παρατηρούνται μετάξινοι ιστοί, οι οποίοι εκκρίνονται από τις προνύμφες και αποτελούνται από εκδύματα και αποχωρήματα με τα οποία η προνύμφη λερώνει επιπροσθέτως τα προϊόντα (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012).



Εικ. 30 και 31 Ακμαία *Plodia interpunctella* σε αποθηκευμένους σπόρους

Αριστερά

(<http://www.padil.gov.au/pests-and-diseases/pest/main/136315/5983>)

Δεξιά

(<https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5489418>)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αποθηκευμένα γεωργικά τρόφιμα επηρεάζονται από περισσότερα από 600 είδη σκαθαρίων που προκαλούν ποσοτικές και ποιοτικές απώλειες, προκαλώντας προβλήματα ελέγχου ποιότητας στις βιομηχανίες τροφίμων (Yang et al., 2010).

Η επαναλαμβανόμενη χρήση συνθετικών εντομοκτόνων, (οργανοφωσφορικά, καρβαμιδικά, πυρεθροειδή κ.α.) αν και αποτελεσματική, προκάλεσε πολλές αρνητικές συνέπειες που οδηγούν σε περιβαλλοντικούς κινδύνους και βιοχημικές αλλαγές σε ζώα-μη στόχους (Isman, 2006; Cespedes et al., 2013; Ebadollahi, 2013). Επιπροσθέτως, τα έντομα-εχθροί ανέπτυξαν ανθεκτικότητα έναντι αυτών των χημικών καπνιστικών σκευασμάτων (Nayak et al., 2014).

Ως εκ τούτου, είναι αναγκαία η ανάπτυξη ασφαλών εναλλακτικών λύσεων, με δυνατότητα αντικατάστασης των χημικών/συνθετικών εντομοκτόνων με φυτικά σκευάσματα.

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα επικεντρώνεται σε φυτικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των αιθερίων ελαίων και των βιοδραστικών τους συστατικών, τα οποία μελετούνται ενδελεχώς.

Τα αιθέρια έλαια είναι σύνθετα μίγματα πολλών δραστικών ενώσεων που μπορούν να δράσουν σε πολλαπλές θέσεις-στόχους, μειώνοντας έτσι τις πιθανότητες ανάπτυξης ανθεκτικότητας από το επιδιωκόμενο έντομο.

Έχει αποδειχθεί ότι έχουν ισχυρή εντομοκτόνο δράση ενάντια σε πολλά είδη εντόμων, δράοντας ως αντιδιατροφικά, ωοκτόνα, απωθητικά, καπνιστικά ή μέσω επαφής (Jaya Singh et al., 2014; Kedia et al., 2014; Bougherra et al., 2014; Campolo et al., 2014; Prakash et al., 2013; Shukla et al., 2011, Isman, 2000).

Έχει αναφερθεί επίσης ότι μπορεί να επηρεάσουν ορισμένες βιολογικές παραμέτρους όπως ο ρυθμός ανάπτυξης, η διάρκεια ζωής και η αναπαραγωγή (Gunderson et al., 1985; Stamopoulos, 1991; Saxena et al., 1992; Renault-Roger and Hamraoui, 1994; Pascual-Villalobos, 1996), αποτελώντας πιθανές εναλλακτικές λύσεις για τα χημικά εντομοκτόνα (Vallavan Rajkumar et al., 2019).

Η μέντα (*Mentha piperita*, οικογένεια Lamiaceae) είναι ένα πολυετές αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό. Το αιθέριο έλαιο αυτού του φυτού έχει σημαντικές χημικές ενώσεις όπως η μενθόλη και μενθόνη. Είναι γνωστό για τις εντομοκτόνες και αντιδιατροφικές του ιδιότητες έναντι ευρέος φάσματος εντόμων-εχθρών (Khami et al., 2017; Khami et al., 2012; Lashgaria et al., 2014; Klys, 2012; Lee et al., 2002).

Το δενδρολίβανο (*Rosmarinus officinalis*, οικογένεια Lamiaceae) είναι ένα πολυετές ξυλώδες βότανο της μεσογειακής περιοχής που χρησιμοποιείται ως αρωματικό,

φαρμακευτικό και διακοσμητικό φυτό. Οι αντιμικροβιακές, εντομοκτόνες και αντιοξειδωτικές ιδιότητες του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου είναι γνωστές από την αρχαιότητα (Naroli et al., 2010).

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της επίδρασης των αιθερίων ελαίων του δεντρολίβανου και της μέντας στη θνησιμότητα των προνυμφών και των ακμαίων των πειραματικών εντόμων (σε διάφορες δόσεις και χρόνους έκθεσης), της απωθητικής τους δράσης εναντίον των ακμαίων του *Tribolium confusum*, καθώς και η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των δύο αιθερίων ελαίων μεταξύ τους.

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Εκτροφή εντόμων

Τα έντομα του πειράματος προήλθαν από τις εκτροφές του εργαστηρίου φυτοπροστασίας, στο πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στη Λάρισα. Όλα τα έντομα πριν τις επεμβάσεις παρέμεναν σε θαλάμους με σταθερές συνθήκες στους 27⁰ C, με 60-70% σχετική υγρασία, σε πλήρες σκοτάδι. Η διατροφή τους αποτελούνταν από:

- Σιμιγδάλι για την *Ephesia kuehniella*
- Πίτουρο σιταριού, αλεύρι αραβοσίτου, μαγιά, σκόνη γάλακτος, μέλι, αντιβιοτικό και γλυκερίνη για την *Plodia interpunctella*
- Αλεύρι ολικής 1:10 για το *Tribolium confusum*
- Πίτουρο σιταριού για το *Trogoderma granarium*
- Καλαμπόκι, καρότο και πατάτα για το *Tenebrio molitor*

5.2 Αιθέρια έλαια

Τα αιθέρια έλαια του δεντρολίβανου (*Rosmarinus officinalis*) και της μέντας (*Mentha piperita*) που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα, ελήφθησαν από την εταιρία "Etherio – pure essential oils", και παρέμειναν στο ψυγείο στους 4⁰ C μέχρι τη χρήση.

Η ανάλυση των πτητικών συστατικών των αιθερίων ελαίων έγινε με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας – φασματομετρίας μάζας, η οποία δόθηκε από τον κατασκευαστή.

Τα κύρια δραστικά συστατικά του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου (πίνακας 3) ήταν: η ευκαλυπτόλη (31,5%), η βορνεόλη (14,2%), το α-πινένιο (12,7%).

Τα κύρια δραστικά συστατικά του αιθερίου ελαίου της μέντας (πίνακας 4) ήταν: η μενθόλη (36,02%) και η μενθόνη (24,56%).

Πίνακας 3: Χημική ανάλυση αιθερίου ελαίου δεντρολίβανου

α-Pinene	12.7
Camphene	4.2
β -Pinene	1.1
β -Myrcene	1.6
α -Terpinene	0.1
<i>p</i> -Cymene	0.5
Eucalyptol	31.5
α -Ocimene	0.1
γ -Terpinene	0.7
Terpinolene	0.5
Linalool	1.7
Camphor	4.4
Borneol	14.2
Terpinen-4-ol	1.3
α -Terpineol	4.3
Verbenone	4.4
Bornyl acetate	2.9
Thymol	0.8
Carvacrol	5.7
β -Caryophyllene	1.7
Caryophyllene oxide	0.2

Πίνακας 4: Χημική ανάλυση αιθερίου ελαίου μέντας

β -pinene	2.08
β -myrcene	1.22
β -Phellandrene	1.52
1,8 -cineole	5.13
Terpinolene	2.02
Menthol	36.02
Menthone	24.56
Menthofuran	6.88
Menthyl acetate	8.95
Linalool	0.39
Pulegone	1.35
Trans-carveol	1.69
Cis-carveol	3.49
Cubenol	0.56
Spathulenol	0.10
Eugenol	0.30
τ - cadinol	0.12
Carvone	2.30
β - elemene	1.30

5.3 Πειραματική διαδικασία

5.3.1 Καπνιστική δράση

Στο πείραμα αυτό μελετήθηκε το ποσοστό επιβίωσης των εντόμων, κατά την έκθεση τους στους ατμούς των αιθερίων ελαίων της μέντας και του δεντρολίβανου, σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και χρόνο έκθεσης, των κάτωθι ειδών:

- ❖ προνύμφες και ακμαία του *Tenebrio molitor*,
- ❖ προνύμφες και ακμαία του *Tribolium confusum*,
- ❖ προνύμφες του *Trogoderma granarium*,
- ❖ προνύμφες της *Ephestia kuehniella*,
- ❖ προνύμφες της *Plodia interpunctella*

Μελετήθηκαν επίσης οι κύριες επιδράσεις και αλληλεπιδράσεις των κάτωθι παραγόντων:

- ❖ χρόνος έκθεσης στους ατμούς (1, 3 και 4 ημέρες) ,
- ❖ δοσολογία αιθερίου ελαίου (0,5 - 1 - 2 ml/l air),
- ❖ στάδιο ανάπτυξης εντόμου (προνύμφη, ακμαίο),
- ❖ αιθέριο έλαιο (δεντρολίβανου, μέντας)
- ❖ είδη των εντόμων (*Tenebrio molitor*, *Tribolium confusum*, *Trogoderma granarium*, *Ephestia kuehniella*, *Plodia interpunctella*).

Πιο συγκεκριμένα,

Δέκα άτομα του επιθυμητού σταδίου από το κάθε έντομο, μεταφέρθηκαν από τις εκτροφές και τοποθετήθηκαν σε μικρό υφασμάτινο σακουλάκι με 2 g τροφής.

Η τροφή για το *Tenebrio molitor* (ακμαίο και προνύμφη) ήταν σπασμένο καλαμπόκι, για τα ακμαία του *Tribolium confusum* σιτάρι, ενώ για τις προνύμφες του νιφάδες βρώμης. Για την *Plodia interpunctella* και την *Ephestia kuehniella* νιφάδες βρώμης επίσης, και για το *Trogoderma granarium* σιτάρι.

Στη συνέχεια, τα σακουλάκια αυτά τοποθετήθηκαν σε γυάλινα βάζα του 1 λίτρου, τα οποία σφράγιζαν αεροστεγώς. Στην κάτω πλευρά των καπακιών των γυάλινων βάζων, τοποθετήθηκε διηθητικό χαρτί (Whatman No. 2) το οποίο είχε εμποτιστεί με το αιθέριο έλαιο της μέντας και του δεντρολίβανου αντίστοιχα, με τη χρήση μικροπιπέτας (μl/ l air) , σε δόσεις των 0,5 – 1 – 2 ml/l air .

Τα βάζα αυτά χρησίμευαν ως θάλαμοι καπνισμού και διατηρήθηκαν υπό τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως οι εκτροφές των εντόμων.

Κάθε βιοδοκιμή (το σακουλάκι με τα 10 άτομα) είχε 10 επαναλήψεις (συνολικός αριθμός εντόμων=100) ενώ υπήρχε και μια παρτίδα με έντομα χωρίς την προσθήκη των αιθερίων ελαίων που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας.

Τα άτομα του πειράματος εκτέθηκαν στους ατμούς των αιθερίων ελαίων για 24, 72 και 96 ώρες.



Εικ. 32 Πείραμα καπνισμού
Προσωπική λήψη

Μετά τη συμπλήρωση του επιθυμητού χρόνου έκθεσης, τα γυάλινα βάζα αποσφραγίζονται και τα άτομα των βιοδοκιμών τοποθετούνται σε τρυβλίο Petri για να καταγραφεί ο συνολικός αριθμός των ζωντανών και των νεκρών. Το κριτήριο για τη διαβίωση ήταν η συντονισμένη κίνηση και φυσικά το χρώμα του εντόμου (σκούρο καφέ-μαύρο= νεκρά).



Εικ. 33 Καπνιστική δράση, νεκρές προνύμφες *Plodia interpunctella*
Προσωπική λήψη

5.3.2 Απωθητική δράση

Στο πείραμα αυτό μελετήθηκαν τα ακμαία του *Tribolium confusum*.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση πιθανής απωθητικής δράσης των αιθερίων ελαίων ήταν η ακόλουθη:

Είκοσι ενήλικα άτομα του *Tribolium confusum* μεταφέρθηκαν από τις εκτροφές εντόμων και τοποθετήθηκαν σε τρυβλίο Petri. Ένα μικρό κομμάτι διηθητικού χαρτιού (Whatman No. 2) ήταν κολλημένο στη μισή πλευρά του τρυβλίου για να χρησιμεύσει ως διασκορπιστής ατμού, και η άλλη μισή πλευρά του τρυβλίου ήταν κενή, χωρίς καμία μεταχείριση.

Σε κάθε αγωγή, 10 και 50 $\mu\text{l/l}$ αιθέριου ελαίου δενδρολίβανου (*Rosmarinus officinalis*) και μέντας (*Mentha piperita*) αντίστοιχα, εφαρμόστηκαν στο διηθητικό χαρτί με τη βοήθεια μικροπιπέτας, ενώ ο μάρτυρας (το άλλο μισό του τρυβλίου) αφέθηκε χωρίς καμία επέμβαση.

Υπήρχαν 5 επαναλήψεις για την κάθε δοσολογία (5x10 $\mu\text{l/l}$ αιθ και 5x50 $\mu\text{l/l}$ αιθ , συνολικός αριθμός εντόμων=100 για τα 10 μl και άλλα 100 για τα 50 μl αντίστοιχα) . Τέλος, το τρυβλίο καλύφθηκε με το καπάκι του.

Η κατανομή των ατόμων (ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονταν στην περιοχή χωρίς το αιθέριο έλαιο και ο αριθμός που βρισκόταν στην περιοχή με το αιθέριο έλαιο) μετά την τοποθέτησή τους στο τρυβλίο Petri, καταγράφηκε για τις επόμενες 1,2,3,4 συνεχείς ώρες.

Μετά το πέρας των 4 ωρών, καταμετρήθηκαν πόσα έντομα ήταν στην περιοχή της μεταχείρισης, ώστε να μπορέσουν να ληφθούν συμπεράσματα για την απωθητική ικανότητα των δύο αυτών αιθερίων ελαίων.



Εικ. 34 Απωθητική δράση, ακμαία *Tribolium confusum*
Προσωπική λήψη

5.4 Στατιστική ανάλυση

Σε περίπτωση που εμφανιζόταν θνησιμότητα στο μάρτυρα εφαρμοζόταν η διόρθωση κατά Abbott (Abbott, 1925) σύμφωνα με τον τύπο :

$$\text{Abbott} = \frac{\text{θνησιμότητα επέμβασης} - \text{θνησιμότητα μάρτυρα}}{100 - \text{θνησιμότητα μάρτυρα}} \times 100 \%$$

Για τις συγκρίσεις των αποτελεσμάτων έγινε έλεγχος σημαντικότητας του κριτηρίου του F (ANOVA), σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.

Όπου υπήρχε σημαντικότητα χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία των Tukey – Kramer (HSD Test) (Sokal & Rohlf, 1995).

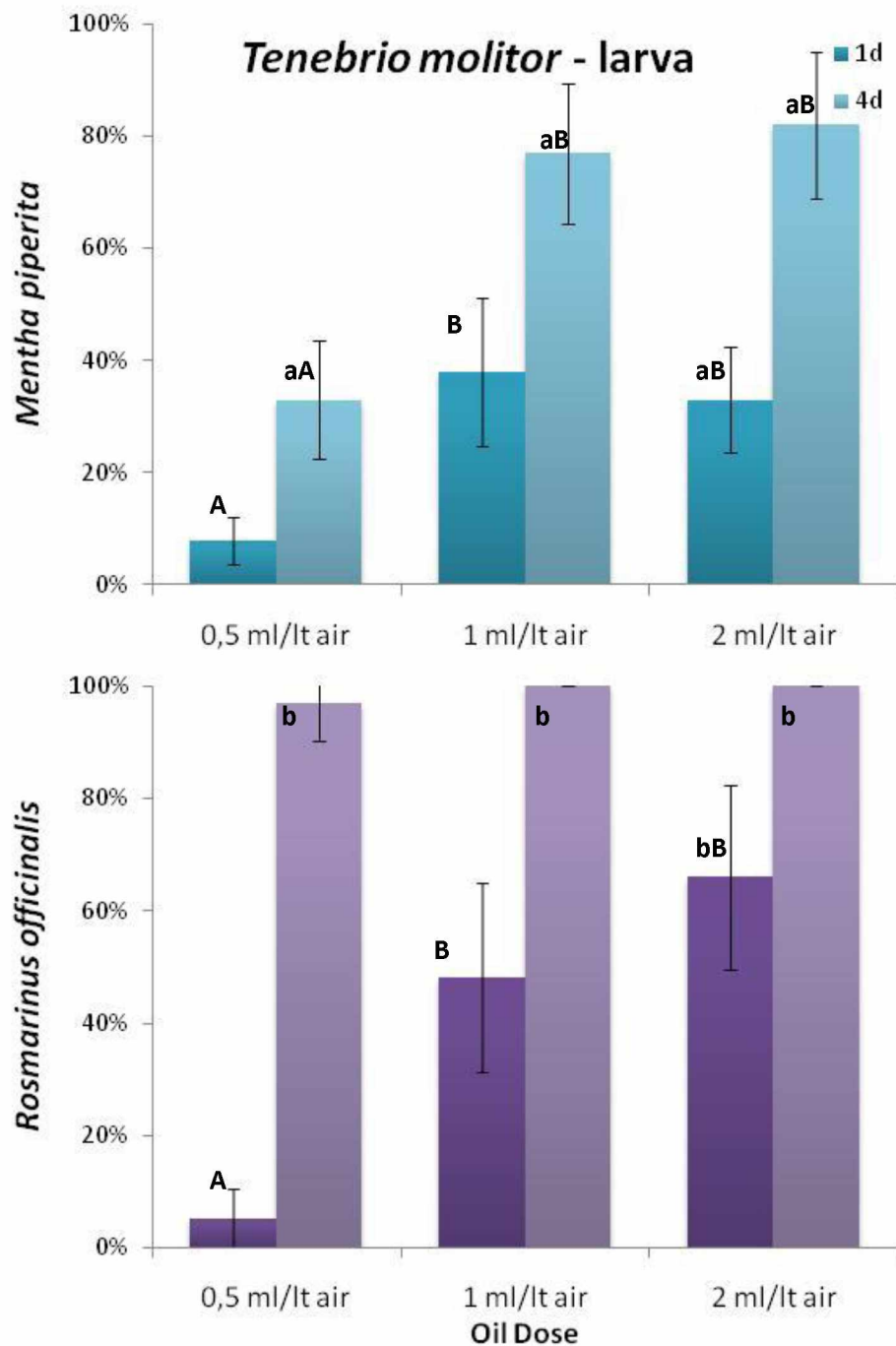
Για τη μελέτη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των κυρίων παραγόντων (είδος αιθερίου ελαίου, στάδιο ανάπτυξης εντόμων και δοσολογίας αιθερίου ελαίου) έγινε πολυπαραγοντική ANOVA για κάθε ένα από τα έντομα των βιοδοκιμών.

Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο JMP 7.0 (SAS Institute Inc, 2007.).

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Καπνιστική δράση

Η μέση θνησιμότητα των προνυμφών και των ακμαίων όλων των πειραματικών εντόμων που εκτέθηκαν στα αιθέρια έλαια του δεντρολίβανου και της μέντας απεικονίζονται στα κάτωθι διαγράμματα (1-7) :



Διάγραμμα 1. Θνησιμότητα (%) των προνυμφών του *Tenebrio molitor*, σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης και τη δοσολογία του αιθερίου ελαίου της μέντας (πάνω) και του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου (κάτω).

Τιμές εντός του ίδιου χρόνου έκθεσης και συγκέντρωσης ελαίου που συνοδεύονται από διαφορετικό μικρό γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Τιμές εντός του ίδιου ελαίου και χρόνου έκθεσης που συνοδεύονται από διαφορετικό κεφαλαίο γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές (Tukey-Kramer HSD test, $\alpha=0,05$)

Στη σχηματική απεικόνιση της μέντας, ως προς τις δοσολογίες, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη θνησιμότητα των εντόμων μεταξύ της συγκέντρωσης του 0,5 ml και των υπολοίπων – 1 και 2 ml, τόσο στη 1^η μέρα έκθεσης των εντόμων στο έλαιο, όσο και στις 4 ημέρες έκθεσης.

Μεταξύ του 1 και 2 ml δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στη θνησιμότητα ούτε κατά τις δοσολογίες, ούτε και στο χρόνο.

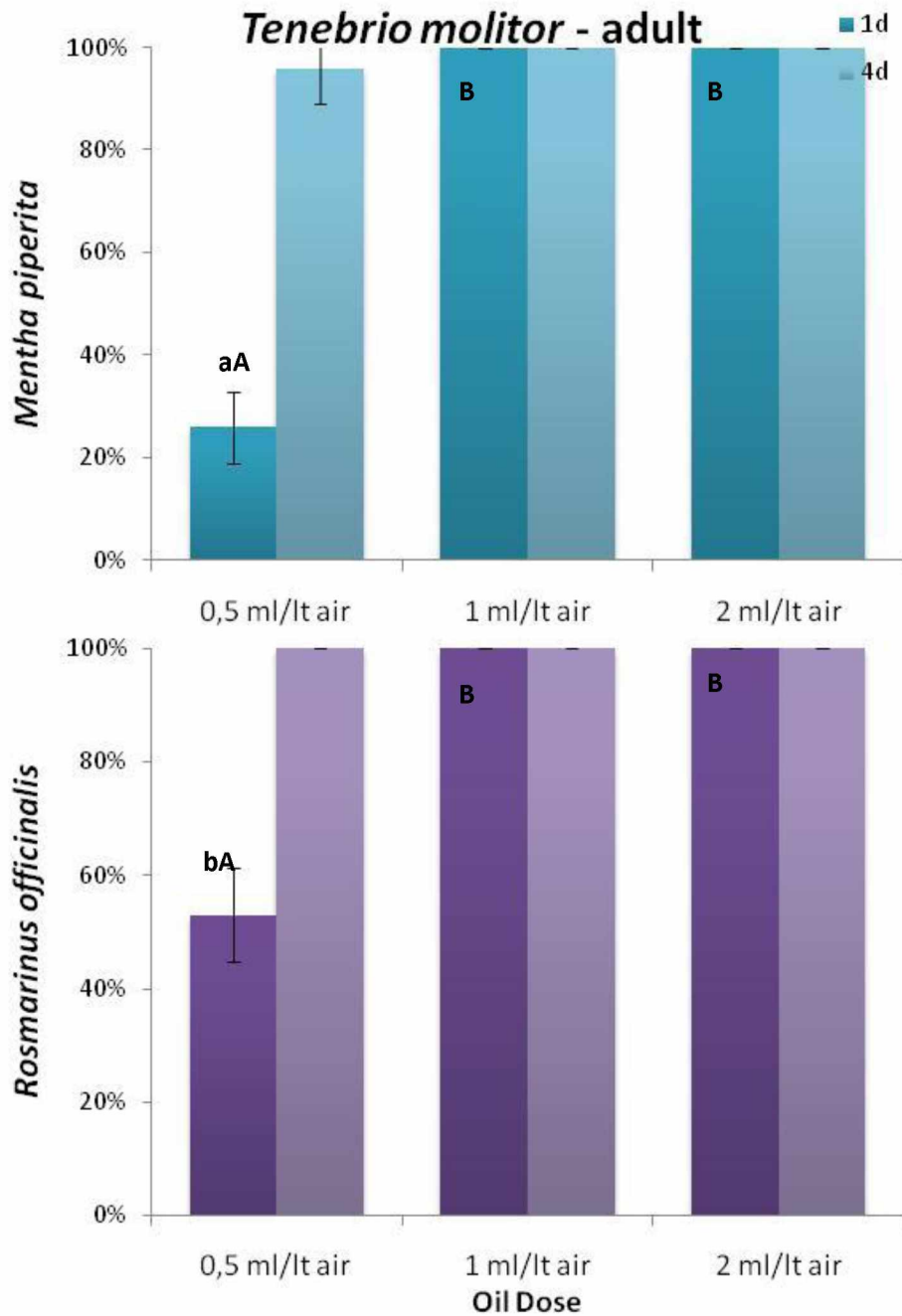
Ως προς τη σύγκριση με βάση το χρόνο έκθεσης, σε κάθε δόση, υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της θνησιμότητας στη 1^η ημέρα έκθεσης και στις 4 ημέρες, κάτι που είναι αναμενόμενο φυσικά, αυξάνοντας το χρόνο έκθεσης στο αιθέριο έλαιο, αυξάνεται και η θνησιμότητα των εντόμων.

Στο διάγραμμα του δεντρολίβανου φαίνεται πως υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της δόσης του 0,5 ml και του 1 ml, όπως επίσης του 0,5 ml με των 2 ml κατά την 1^η ημέρα έκθεσης, ενώ μεταξύ του 1 και 2 ml δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές ούτε στην 1^η ημέρα έκθεσης ούτε κατά την 4^η, όπου η θνησιμότητα των προνυμφών άγγιξε το 100%.

Ως προς το χρόνο έκθεσης για την κάθε δοσολογία ξεχωριστά, υπήρξαν σημαντικές διαφορές, όπου η θνησιμότητα αυξανόταν όσο αυξανόταν και ο χρόνος, και για τις τρεις συγκεντρώσεις.

Μεταξύ των δύο αιθερίων ελαίων – μέντας και δεντρολίβανου – στη συγκέντρωση 0,5 ml την 1^η ημέρα έκθεσης, δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην τοξικότητα των δύο ελαίων. Όμως, στις συγκεντρώσεις του 1 ml και του 2 ml, στο έλαιο του δεντρολίβανου παρατηρήθηκαν αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας στις προνύμφες του *Tenebrio molitor* συγκριτικά με το έλαιο της μέντας.

Κατά την 4^η ημέρα έκθεσης το δεντρολίβανο παρουσίασε υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας από τη μέντα σε όλες τις δοκιμασμένες συγκεντρώσεις.



Διάγραμμα 2. Θνησιμότητα (%) των ακμαίων του *Tenebrio molitor*, σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης και τη δοσολογία του αιθερίου ελαίου της μέντας (πάνω) και του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου (κάτω).

Τιμές εντός του ίδιου χρόνου έκθεσης και συγκέντρωσης ελαίου που συνοδεύονται από διαφορετικό μικρό γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Τιμές εντός του ίδιου ελαίου και χρόνου έκθεσης που συνοδεύονται από διαφορετικό κεφαλαίο γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές (Tukey-Kramer HSD test, $\alpha=0,05$)

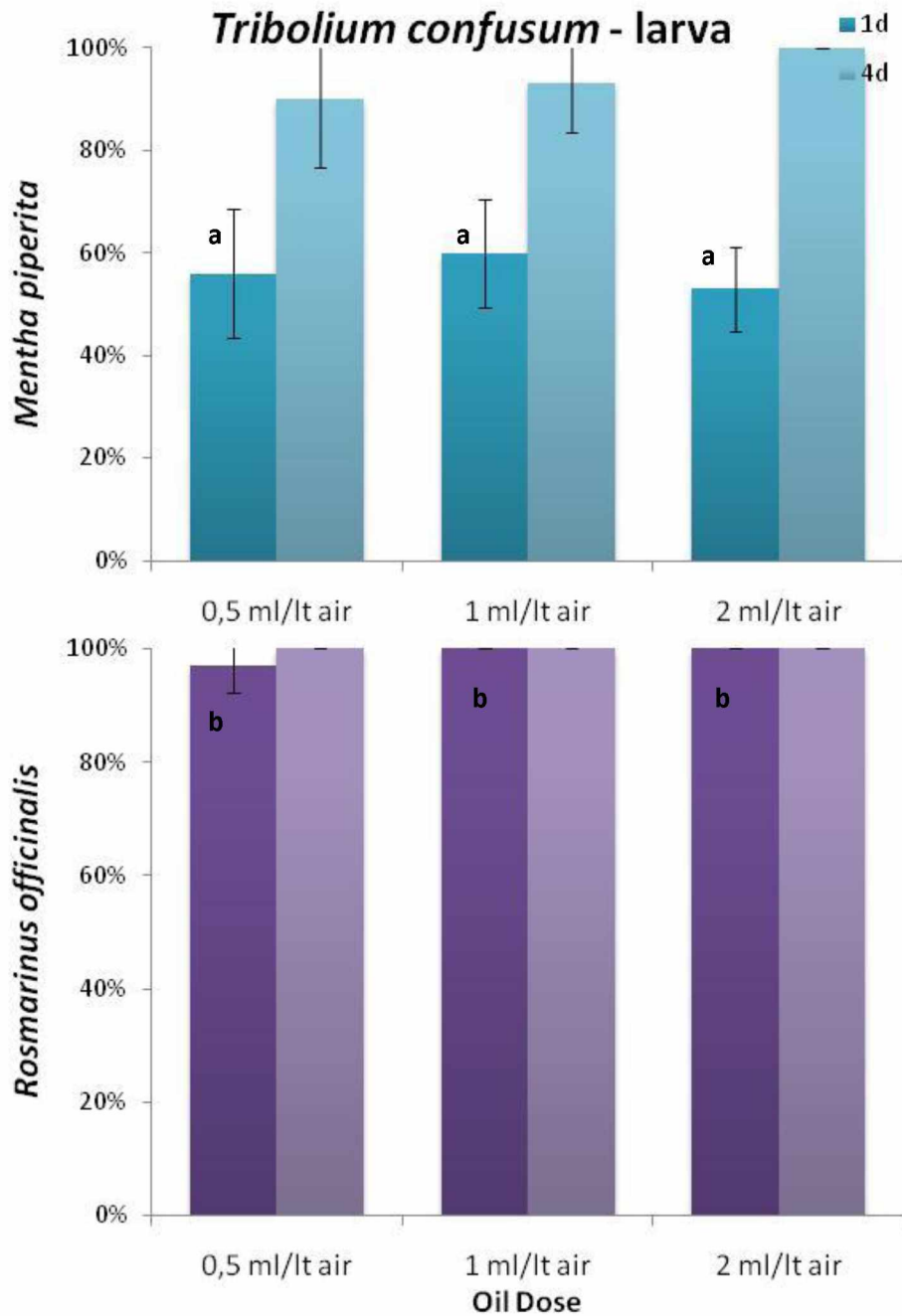
Στο διάγραμμα της θνησιμότητας από το αιθέριο έλαιο της μέντας παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ της δόσης του 0,5 ml έναντι των υπολοίπων – 1 και 2 ml, ενώ δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ του 1 και 2 ml, κατά την 1^η ημέρα έκθεσης.

Κατά την 4^η ημέρα έκθεσης στο έλαιο, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές θνησιμότητας στις συγκεντρώσεις, δεδομένου ότι τα ποσοστά έφτασαν το 100%.

Σημαντική διαφορά ως προς το χρόνο έκθεσης φαίνεται να υπάρχει μόνο στη δοσολογία του 0,5 ml.

Για το δεντρολίβανο υπήρξε διαφορά μόνο στο 0,5 ml με βάση τον χρόνο έκθεσης (την 1^η ημέρα) έναντι των υπολοίπων, καθώς στις υπόλοιπες συγκεντρώσεις τα ποσοστά ήταν 100% σε όλο το χρόνο έκθεσης στο έλαιο.

Κατά τη σύγκριση των δύο αιθερίων ελαίων μεταξύ τους, υπήρξε αισθητή διαφορά θνησιμότητας μόνο στη δόση του 0,5 ml την 1^η ημέρα έκθεσης με το δεντρολίβανο να υπερτερεί της μέντας, ενώ σε όλες τις άλλες συγκεντρώσεις και στο χρόνο, όλα τα ποσοστά άγγιζαν το 100%.



Διάγραμμα 3. Θνησιμότητα (%) των προνυμφών του *Tribolium confusum*, σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης και τη δοσολογία του αιθερίου ελαίου της μέντας (πάνω) και του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου (κάτω).

Τιμές εντός του ίδιου χρόνου έκθεσης και συγκέντρωσης ελαίου που συνοδεύονται από διαφορετικό μικρό γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

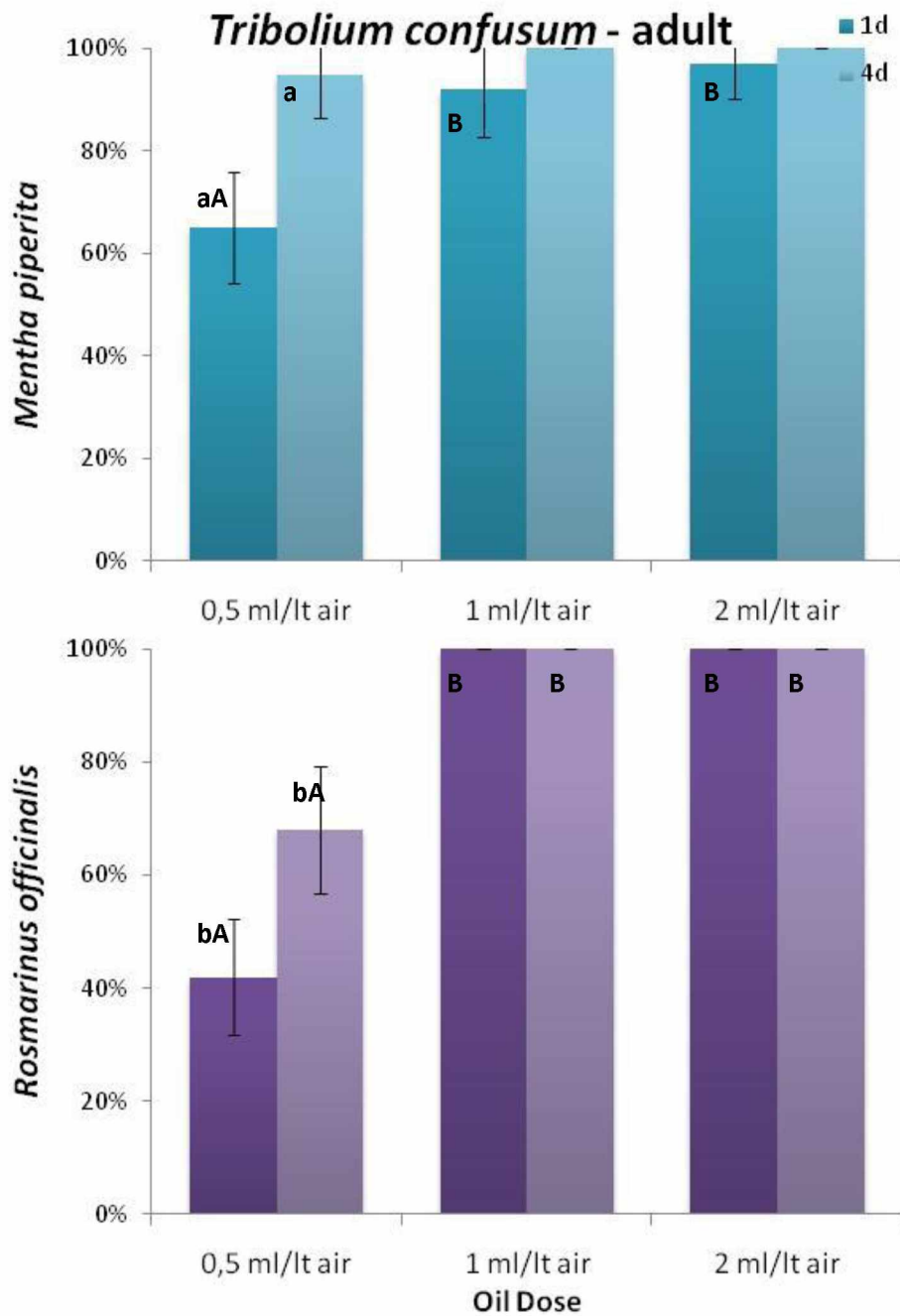
Τιμές εντός του ίδιου ελαίου και χρόνου έκθεσης που συνοδεύονται από διαφορετικό κεφαλαίο γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές (Tukey-Kramer HSD test, $\alpha=0,05$)

Στο διάγραμμα του αιθερίου ελαίου της μέντας δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στη θνησιμότητα των προνυμφών του *Tribolium confusum* κατά τη 1^η ημέρα έκθεσης, σε καμία από τις δοκιμασμένες συγκεντρώσεις, αλλά ούτε και κατά την 4^η ημέρα. Ως προς το χρόνο για την κάθε δόση χωριστά, υπήρξαν διαφορές μεταξύ των ημερών και για τις 3 συγκεντρώσεις του αιθερίου ελαίου.

Για το δεντρολίβανο βλέπουμε πως δεν υπάρχει κάποια σημαντική διαφορά ούτε μεταξύ των συγκεντρώσεων στο χρόνο, ούτε κατά τον χρόνο στην κάθε δοσολογία ελαίου ξεχωριστά, εφόσον όλα αγγίζουν το 100%.

Κατά τη σύγκριση των δύο αιθερίων ελαίων μεταξύ τους, υπήρξαν διαφορές κατά την 1^η ημέρα έκθεσης σε όλες τις συγκεντρώσεις, με το δεντρολίβανο να υπερτερεί αγγίζοντας σχεδόν το 100%, ενώ για την 4^η ημέρα έκθεσης δεν είχαμε μεγάλες διαφορές γιατί και η θνησιμότητα που προκάλεσε το έλαιο της μέντας αυξήθηκε στο 100%.



Διάγραμμα 4. Θνησιμότητα (%) των ακμαίων του *Tribolium confusum*, σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης και τη δοσολογία του αιθερίου ελαίου της μέντας (πάνω) και του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου (κάτω).

Τιμές εντός του ίδιου χρόνου έκθεσης και συγκέντρωσης ελαίου που συνοδεύονται από διαφορετικό μικρό γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Τιμές εντός του ίδιου ελαίου και χρόνου έκθεσης που συνοδεύονται από διαφορετικό κεφαλαίο γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές (Tukey-Kramer HSD test, $\alpha=0,05$)

Στη μέντα βλέπουμε πως υπάρχει διαφορά μεταξύ των συγκεντρώσεων (του 0,5 ml με των υπόλοιπων δύο) στο χρόνο κατά την 1^η ημέρα έκθεσης στο έλαιο, αλλά μεταξύ του 1 και 2 ml δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές.

Στις 4 ημέρες έκθεσης δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των συγκεντρώσεων πουθενά.

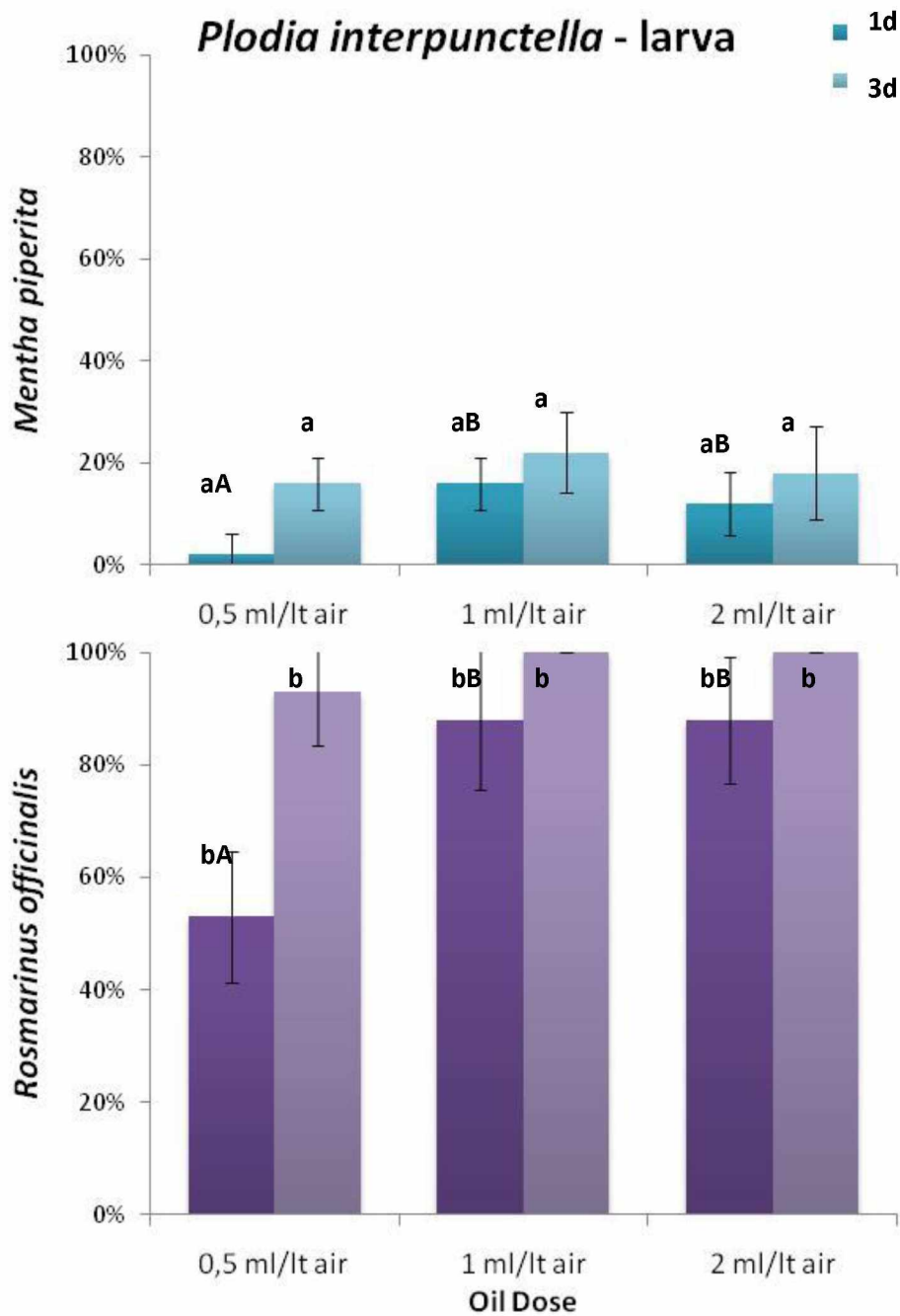
Ως προς το χρόνο στην κάθε δοσολογία ξεχωριστά, υπήρξαν διαφορές στη θνησιμότητα μόνο στο 0,5 ml.

Στο δεντρολίβανο παρατηρούμε πως η διαφορά στη θνησιμότητα είναι στη δόση του 0,5 ml και με βάση το χρόνο έκθεσης μόνο του, αλλά και συγκριτικά με τις άλλες δύο δοσολογίες.

Στο 1 και 2 ml δεν έχουμε καθόλου διαφορές ούτε από τη δοσολογία ούτε από τον χρόνο έκθεσης.

Μεταξύ των δύο αιθερίων ελαίων βλέπουμε πως στη δόση του 0,5 ml υπερτερεί η μέντα, και κατά την 1^η ημέρα έκθεσης και κατά την 4^η ημέρα.

Στις υπόλοιπες συγκεντρώσεις και ημέρες δεν έχουμε σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, καθώς η θνησιμότητα σε όλες είναι το ίδιο υψηλή.



Διάγραμμα 5. Θνησιμότητα (%) των προνυμφών του *Plodia interpunctella*, σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης και τη δοσολογία του αιθερίου ελαίου της μέντας (πάνω) και του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου (κάτω).

Τιμές εντός του ίδιου χρόνου έκθεσης και συγκέντρωσης ελαίου που συνοδεύονται από διαφορετικό μικρό γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Τιμές εντός του ίδιου ελαίου και χρόνου έκθεσης που συνοδεύονται από διαφορετικό κεφαλαίο γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές (Tukey-Kramer HSD test, $\alpha=0,05$)

Στη μέντα κατά την 1^η ημέρα έκθεσης υπάρχουν ελάχιστες διαφορές μεταξύ του 0,5 ml και των άλλων δύο.

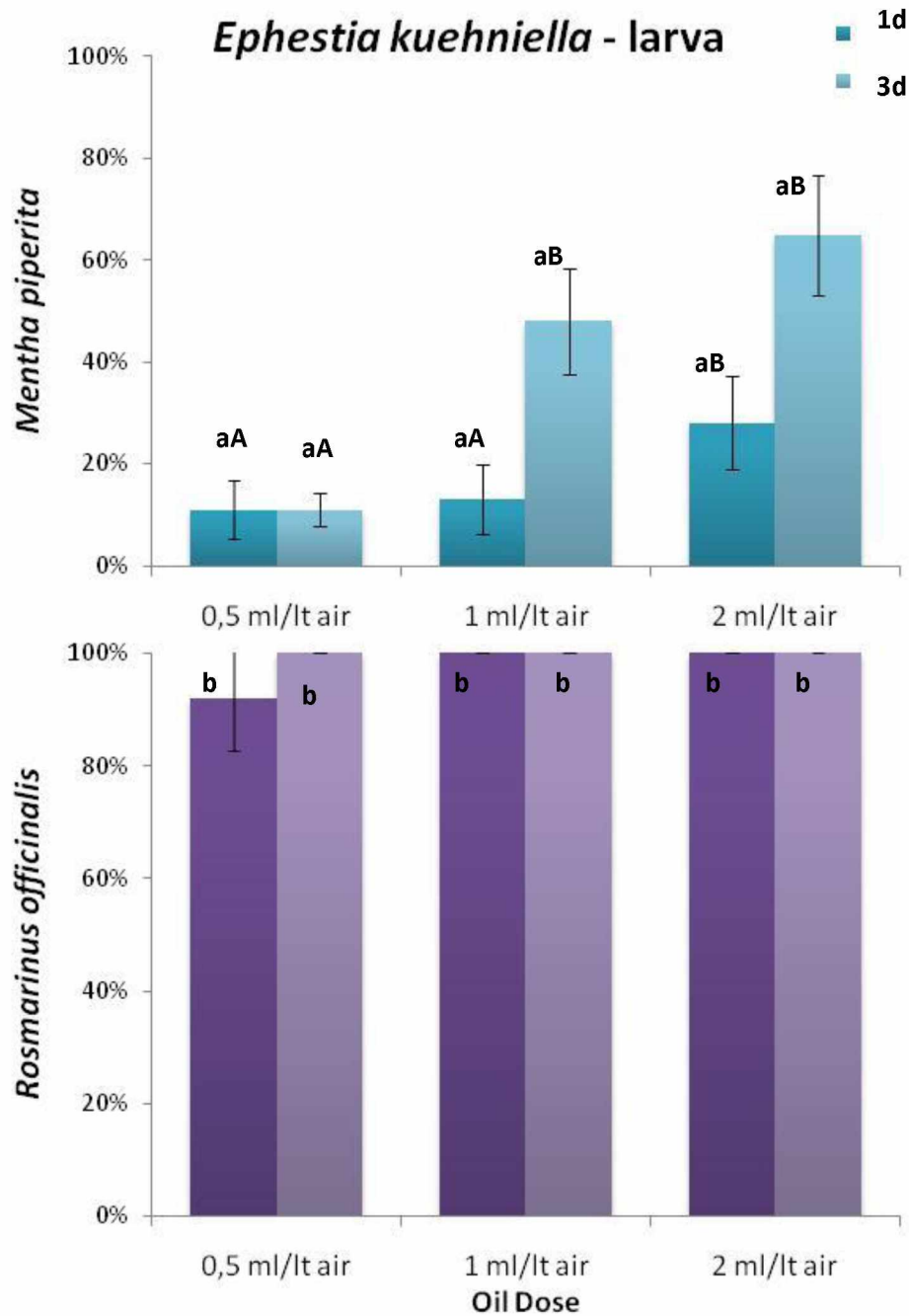
Στην 3^η ημέρα έκθεσης δεν υπάρχουν διαφορές θνησιμότητας μεταξύ των συγκεντρώσεων.

Ως προς το χρόνο για την κάθε δόση χωριστά, βλέπουμε διαφορές στη δόση του 0,5 ml, ενώ στις άλλες δύο δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ τους.

Στο δεντρολίβανο βλέπουμε ότι στις 3 μέρες έκθεσης η θνησιμότητα των προνυμφών ήταν στο 100% για τις συγκεντρώσεις του 1 και 2 ml, ενώ στο 0,5 ml άγγιξε το 93%. Στην 1^η ημέρα έκθεσης έχουμε διαφορές μόνο στη δόση του 0,5 ml και όχι μεταξύ του 1 και του 2 ml.

Επίσης, παρατηρούνται και διαφορές ως προς το χρόνο στη συγκέντρωση 0,5 ml μεμονωμένα.

Στη σύγκριση μεταξύ των δύο ελαίων βλέπουμε εντυπωσιακές διαφορές με κυρίαρχο το δεντρολίβανο, όπου τα ποσοστά θνησιμότητας είναι αρκετά υψηλά για τις προνύμφες του *Plodia interpunctella* σε όλες τις συγκεντρώσεις συγκριτικά με τη μέντα, και την 1^η και κατά την 3^η ημέρα έκθεσης.



Διάγραμμα 6. Θνησιμότητα (%) των προνυμφών του *Ephestia kuehniella* σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης και τη δοσολογία του αιθερίου ελαίου της μέντας (πάνω) και του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου (κάτω).

Τιμές εντός του ίδιου χρόνου έκθεσης και συγκέντρωσης ελαίου που συνοδεύονται από διαφορετικό μικρό γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Τιμές εντός του ίδιου ελαίου και χρόνου έκθεσης που συνοδεύονται από διαφορετικό κεφαλαίο γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές (Tukey-Kramer HSD test, $\alpha=0,05$)

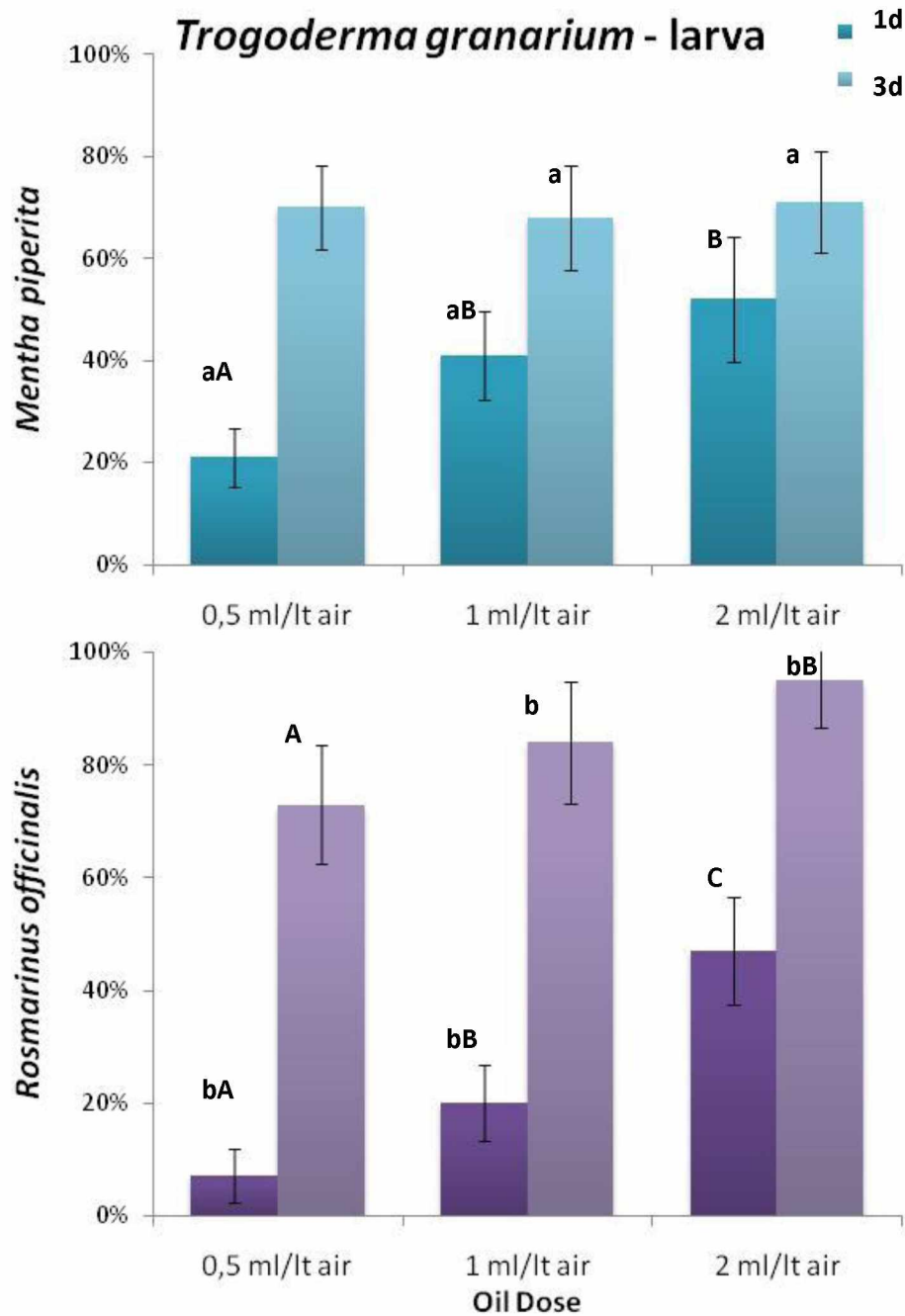
Στη μέντα βλέπουμε πως δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στη 1^η ημέρα έκθεσης μεταξύ του 0,5 ml και του 1 ml, ούτε του 1 ml με του 2 ml, αλλά μεταξύ του 0,5 ml με του 2 ml.

Στις 3 ημέρες έκθεσης μεταξύ του 1 και του 2 ml δεν υπήρχαν διαφορές, αλλά υπήρξαν μεταξύ του 0,5 ml και των άλλων δύο.

Ως προς το χρόνο για τις δοσολογίες ξεχωριστά, δεν είχαμε σημαντικές διαφορές για το 0,5 ml αλλά είχαμε για το 1 ml και για τα 2 ml.

Στο δεντρολίβανο δεν έχουμε σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των συγκεντρώσεων (σε καμία από τις ημέρες έκθεσης) ούτε στο χρόνο για την κάθε δόση ξεχωριστά.

Μεταξύ των δύο ελαίων έχουμε τεράστιες διαφορές, με το δεντρολίβανο πάλι να κάνει τη διαφορά, ξεπερνώντας κατά πολύ τη μέντα σε όλες τις συγκεντρώσεις ελαίου, και στην 1^η ημέρα και την 3^η.



Διάγραμμα 7. Θνησιμότητα (%) των προνυμφών του *Trogoderma granarium* σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης και τη δοσολογία του αιθερίου ελαίου της μέντας (πάνω) και του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου (κάτω).

Τιμές εντός του ίδιου χρόνου έκθεσης και συγκέντρωσης ελαίου που συνοδεύονται από διαφορετικό μικρό γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Τιμές εντός του ίδιου ελαίου και χρόνου έκθεσης που συνοδεύονται από διαφορετικό κεφαλαίο γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές (Tukey-Kramer HSD test, $\alpha=0,05$)

Στη μέντα παρατηρούμε διαφορές ανάμεσα στις συγκεντρώσεις 0,5-1 ml και 0,5-2 ml, αλλά όχι μεταξύ του 1-2 ml κατά την 1^η ημέρα.

Στις 3 ημέρες, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των συγκεντρώσεων του ελαίου.

Ως προς το χρόνο έκθεσης στις δόσεις ξεχωριστά, βλέπουμε σημαντική διαφορά στο 0,5 ml και στο 1 ml αλλά όχι στα 2 ml.

Στο δεντρολίβανο παρατηρούμε μεγάλες διαφορές κατά το χρόνο στις δοσολογίες ξεχωριστά: υπάρχουν μεγάλες διαφορές και στις 3 συγκεντρώσεις σε όλο το χρόνο έκθεσης.

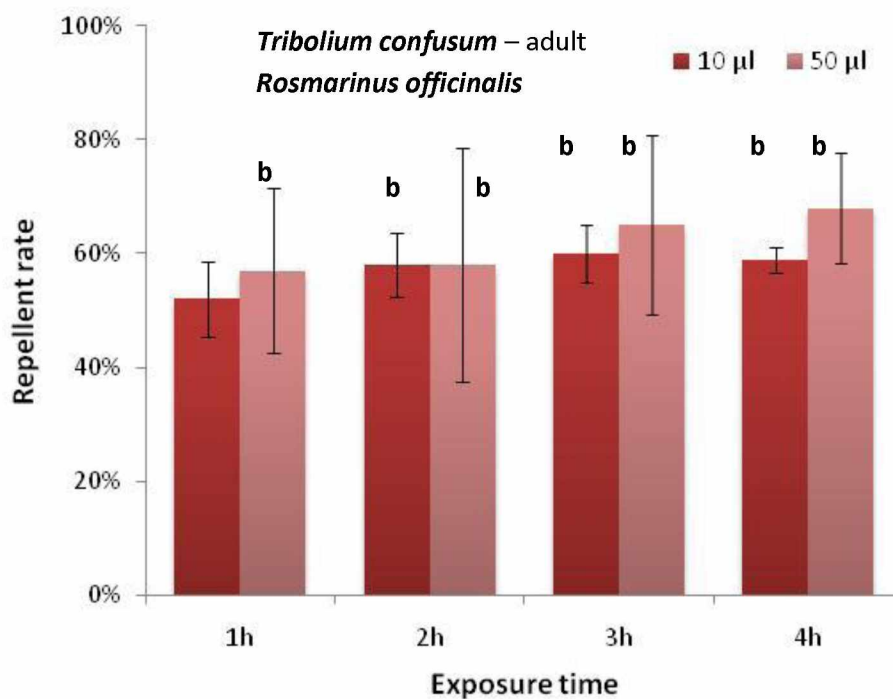
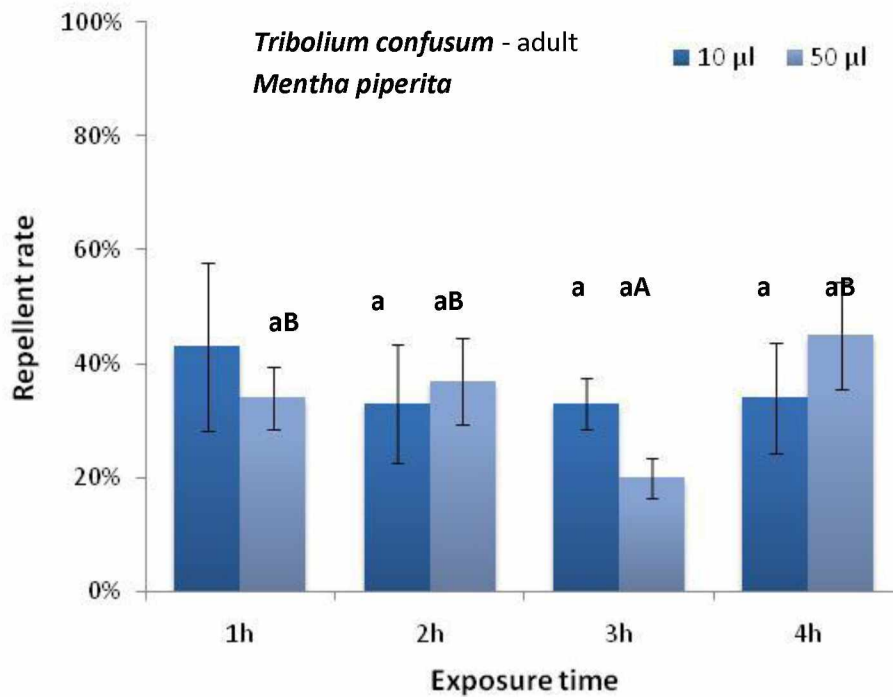
Ως προς τη δοσολογία, βλέπουμε ότι στη 1^η μέρα δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ του 0,5 ml και του 1 ml αλλά υπάρχουν μεταξύ του 1 με του 2 ml και του 0,5 με του 2 ml.

Στις 3 ημέρες δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ 0,5 – 1 ml, 1-2 ml αλλά ούτε και 0,5-2 ml, οριακά.

Μεταξύ των δύο ελαίων βλέπουμε ότι η μέντα υπερτερεί του δεντρολίβανου σε όλες τις συγκεντρώσεις την 1^η ημέρα, αλλά στις 3 ημέρες το δεντρολίβανο αποδείχθηκε πιο τοξικό.

6.2 Απωθητική δράση

Η μέση απωθητική δράση του αιθερίου ελαίου της μέντας και του δεντρολίβανου έναντι των ακμαίων του *Tribolium confusum* απεικονίζεται παρακάτω (διάγραμμα 8):



Διάγραμμα 8. Αποθητική δράση (%) του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου στο ακμαίο *Tribolium confusum* σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης και τη δοσολογία του ελαίου της μέντας (πάνω) και του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου (κάτω).

Τιμές εντός του ίδιου χρόνου έκθεσης και συγκέντρωσης ελαίου που συνοδεύονται από διαφορετικό μικρό γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Τιμές εντός του ιδίου ελαίου και χρόνου έκθεσης που συνοδεύονται από διαφορετικό κεφαλαίο γράμμα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές (Tukey-Kramer HSD test, $\alpha=0,05$)

Στη μέντα δεν έχουμε σημαντικές διαφορές στη δόση των 10 μl μεταξύ των ωρών.

Στα 50 μl υπάρχει διαφορά μόνο κατά τις 3 ώρες, πουθενά αλλού.

Μεταξύ των δόσεων 10 και 50, έχουμε διαφορά μόνο στις 3 ώρες.

Στο δεντρολίβανο δεν έχουμε σημαντικές διαφορές στα 10 μl σε όλο το πέρασμα του χρόνου.

Στα 50 μl, πάλι δεν έχουμε διαφορές πουθενά.

Μεταξύ των 2 συγκεντρώσεων υπάρχει επικάλυψη παντού, άρα δεν υπάρχει καμία σημαντική διαφορά και στο χρόνο.

Μεταξύ των 2 ελαίων, στα 10 μl, στη 1 ώρα δεν υπάρχουν διαφορές, ενώ στις υπόλοιπες ώρες υπερτερεί το δεντρολίβανο.

Στα 50 μl, την 1^η ώρα υπερτερεί το δεντρολίβανο, στις 2 ώρες δεν υπάρχουν διαφορές, και στις υπόλοιπες 2 ώρες το δεντρολίβανο υπερτερεί ξανά, οριακά.

Στους ακόλουθους πίνακες (5,6) φαίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών της καπνιστικής τοξικότητας των αιθερίων ελαίων με όλους τους παράγοντες που εξετάστηκαν, οι οποίοι είναι:

- ❖ το είδος εντόμου,
- ❖ το στάδιο ανάπτυξής του,
- ❖ ο τύπος αιθερίου ελαίου,
- ❖ ο χρόνος έκθεσης στο αιθέριο έλαιο και
- ❖ η δοσολογία του αιθερίου ελαίου.

Πίνακας 5. Μέση (%) θνησιμότητα (\pm ΤΣ) των πειραματικών εντόμων που εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο της μέντας.

Αιθέριο έλαιο	Είδος εντόμου	Στάδιο ανάπτυξης	Χρόνος έκθεσης	Δόση (ml/L air)	Μέση Θνησιμότητα (%)
<i>Mentha piperita</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	larva	1 day	0,5 ml	8,0 \pm 4,2
				1 ml	38,0 \pm 13,2
				2 ml	33,0 \pm 9,5
		4 days	0,5 ml	33,0 \pm 10,6	
			1 ml	77,0 \pm 12,5	
			2 ml	82,0 \pm 13,2	
	adult	1 day	0,5 ml	26,0 \pm 7,0	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
		4 days	0,5 ml	96,0 \pm 7,0	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
<i>Mentha piperita</i>	<i>Tribolium confusum</i>	larva	1 day	0,5 ml	56,0 \pm 12,6
				1 ml	60,0 \pm 10,5
				2 ml	53,0 \pm 8,2
		4 days	0,5 ml	90,0 \pm 13,3	
			1 ml	93,0 \pm 9,5	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
	adult	1 day	0,5 ml	65,0 \pm 10,8	
			1 ml	92,0 \pm 9,2	
			2 ml	97,0 \pm 6,7	
		4 days	0,5 ml	95,0 \pm 8,5	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
<i>Mentha piperita</i>	<i>Plodia interpunctella</i>	larva	1 day	0,5 ml	2,0 \pm 4,2
				1 ml	16,0 \pm 5,2
				2 ml	12,0 \pm 6,3
		3 days	0,5 ml	16,0 \pm 5,2	
			1 ml	22,0 \pm 7,9	
			2 ml	18,0 \pm 9,2	
<i>Mentha piperita</i>	<i>Ephestia kuehniella</i>	larva	1 day	0,5 ml	11,0 \pm 5,7
				1 ml	13,0 \pm 6,7
				2 ml	28,0 \pm 9,2
		3 days	0,5 ml	11,0 \pm 3,2	
			1 ml	48,0 \pm 10,3	
			2 ml	65,0 \pm 11,8	
<i>Mentha piperita</i>	<i>Trogoderma granarium</i>	larva	1 day	0,5 ml	21,0 \pm 5,7
				1 ml	41,0 \pm 8,8
				2 ml	52,0 \pm 12,3
		3 days	0,5 ml	70,0 \pm 8,2	
			1 ml	68,0 \pm 10,3	
			2 ml	71,0 \pm 9,9	

Πίνακας 6. Μέση (%) θνησιμότητα (\pm ΤΣ) των πειραματικών εντόμων που εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο του δεντρολίβανου.

Αιθέριο Έλαιο	Είδος εντόμου	Στάδιο ανάπτυξης	Χρόνος έκθεσης	Δόση (ml/L air)	Μέση Θνησιμότητα (%)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	larva	1 day	0,5 ml	5,0 \pm 5,3
				1 ml	48,0 \pm 16,9
				2 ml	66,0 \pm 16,5
		4 days	0,5 ml	97,0 \pm 6,7	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
	adult	1 day	0,5 ml	53,0 \pm 8,2	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
		4 days	0,5 ml	100,0 \pm 0,0	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Tribolium confusum</i>	larva	1 day	0,5 ml	97,0 \pm 4,8
				1 ml	100,0 \pm 0,0
				2 ml	100,0 \pm 0,0
		4 days	0,5 ml	100,0 \pm 0,0	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
	adult	1 day	0,5 ml	42,0 \pm 10,3	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
		4 days	0,5 ml	68,0 \pm 11,4	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Plodia interpunctella</i>	larva	1 day	0,5 ml	53,0 \pm 11,6
				1 ml	88,0 \pm 12,3
				2 ml	88,0 \pm 11,4
		3 days	0,5 ml	93,0 \pm 9,5	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Ephestia kuehniella</i>	larva	1 day	0,5 ml	92,0 \pm 9,2
				1 ml	100,0 \pm 0,0
				2 ml	100,0 \pm 0,0
		3 days	0,5 ml	100,0 \pm 0,0	
			1 ml	100,0 \pm 0,0	
			2 ml	100,0 \pm 0,0	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Trogoderma granarium</i>	larva	1 day	0,5 ml	7,0 \pm 4,8
				1 ml	20,0 \pm 6,7
				2 ml	47,0 \pm 9,5
		3 days	0,5 ml	73,0 \pm 10,6	
			1 ml	84,0 \pm 10,7	
			2 ml	95,0 \pm 8,5	

Με βάση τα αποτελέσματα, παρατηρούμε ότι το αιθέριο έλαιο του δεντρολίβανου είναι πιο τοξικό από της μέντας, δεδομένου ότι στη συγκέντρωση 1 ml/l air σε 24 ώρες, είχε ως αποτέλεσμα:

100% θνησιμότητα για το *Tribolium confusum* - adult (η μέντα 92%),
 100% θνησιμότητα για το *Tribolium confusum* - larva (η μέντα 60%),
 100% θνησιμότητα για την *Ephestia kuehniella* - larva (η μέντα 13%) αλλά και
 88% θνησιμότητα για την *Plodia interpunctella* - larva (η μέντα μόλις 16%).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι προνύμφες του *Tribolium confusum* και της *Ephestia kuehniella* ήταν οι πιο ευαίσθητες σε όλο το πείραμα, εφόσον με 0,5 ml/l air σε 24 ώρες επήλθε 97% θνησιμότητα για την πρώτη και 92% για τη δεύτερη, αντίστοιχα.

Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν τα πιο ανθεκτικά έντομα της βιοδοκιμής αυτής, όπου στη δοσολογία του 0,5 ml/l air σε 24 ώρες έκθεσης, η θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 8%. Τα έντομα αυτά ήταν:

Οι προνύμφες του *Tenebrio molitor* (8% για τη μέντα, 5% για το δεντρολίβανο),
 Οι προνύμφες της *Plodia interpunctella* (2% για τη μέντα),
 Οι προνύμφες του *Trogoderma granarium* (7% για το δεντρολίβανο).

Στη συνέχεια φαίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών της αποθητικής ικανότητας των δύο αιθερίων ελαίων (πίνακας 7 και 8), όπου και πάλι το αιθέριο έλαιο του δεντρολίβανου ήταν πιο αποτελεσματικό σε όλες τις χρησιμοποιούμενες δόσεις και χρόνους έκθεσης:

Πίνακας 7. Η αποθητική ικανότητα (\pm ΤΣ) του αιθερίου ελαίου μέντας έναντι των ακμαίων του *Tribolium confusum*

Αιθέριο Έλαιο	Είδος εντόμου	Στάδιο ανάπτυξης	Χρόνος έκθεσης	Δόση ελαίου (μl/l air)	Αποθητική δράση (%)
<i>Mentha piperita</i>	<i>Tribolium confusum</i>	adult	1 hour	10 μl	43,0±14,8
			2 hours		33,0±10,4
			3 hours		33,0±4,5
			4 hours		34,0±9,6
<i>Mentha piperita</i>	<i>Tribolium confusum</i>	adult	1 hour	50 μl	34,0±5,5
			2 hours		37,0±7,6
			3 hours		20,0±3,5
			4 hours		45,0±9,4

Πίνακας 8. Η αποθητική ικανότητα (\pm ΤΣ) του αιθερίου ελαίου δεντρολίβανου έναντι των ακμαίων του *Tribolium confusum*

Αιθέριο έλαιο	Είδος εντόμου	Στάδιο ανάπτυξης	Χρόνος έκθεσης	Δόση ελαίου ($\mu\text{l/l air}$)	Αποθητική δράση (%)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Tribolium confusum</i>	adult	1 hour	10 μl	52,0 \pm 6,7
			2 hours		58,0 \pm 5,7
			3 hours		60,0 \pm 5,0
			4 hours		59,0 \pm 2,2
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Tribolium confusum</i>	adult	1 hour	50 μl	57,0 \pm 14,4
			2 hours		58,0 \pm 20,5
			3 hours		65,0 \pm 15,8
			4 hours		68,0 \pm 9,7

Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης 3way ANOVA (πίνακας 9 και 10) :

Πίνακας 9. Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και αλληλεπιδράσεις των παραγόντων: είδος ελαίου, είδος εντόμου και συγκέντρωση ελαίου, στη θνησιμότητα των πειραματικών εντόμων (στάδιο ανάπτυξης: προνύμφη, χρόνος έκθεσης: 24h).

Επίδραση	df	F	P
Essential Oil	1	1345,1423	<.0001
Insect Species	4	280,9414	<.0001
Oil dose (ml/l)	2	176,0209	<.0001
Insect Species*Essential Oil	4	274,5146	<.0001
Insect Species*Oil dose (ml/l)	8	23,8766	<.0001
Oil dose (ml/l)*Essential Oil	2	14,0962	<.0001
Insect Species*Essential Oil*Oil dose (ml/l)	8	6,6485	<.0001
Υπόλοιπο	270		
Σύνολο	299		

οι τιμές P με έντονη γραφή δείχνουν ότι η επίδραση ήταν σημαντική ($P < 0,05$)

Πίνακας 10. Αποτελέσματα ανάλυσης ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και αλληλεπιδράσεις των παραγόντων: είδος ελαίου, είδος εντόμου και στάδιο ανάπτυξης, στη θνησιμότητα των πειραματικών εντόμων (δόση ελαίου: 1 ml/lit αέρα, χρόνος έκθεσης: 24h, ακμαία και προνύμφες του *Tenebrio molitor* και του *Tribolium confusum*).

Επίδραση	df	F	P
Essential Oil	1	51,4898	<.0001
Insect Species	1	66,6735	<.0001
Developmental Stage	1	326,2653	<.0001
Essential Oil*Insect Species	1	22,1020	<.0001
Essential Oil*Developmental Stage	1	27,0000	<.0001
Insect Species*Developmental Stage	1	102,9184	<.0001
Essential Oil*Insect Species*Developmental Stage	1	7,4082	0,0081
Υπόλοιπο	72		
Σύνολο	79		

οι τιμές P με έντονη γραφή δείχνουν ότι η επίδραση ήταν σημαντική ($P < 0,05$)

Όπως φαίνεται στα αποτελέσματα, σε όλες τις περιπτώσεις, τόσο οι επιδράσεις των κύριων παραγόντων όσο και οι αλληλεπιδράσεις τους ήταν στατιστικά σημαντικές.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι ατμοί του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου και της μέντας αποδείχθηκαν ισχυρά τοξικοί για τα περισσότερα από τα πειραματικά έντομα, και κυρίως για το ενήλικο τους στάδιο (μεγαλύτερη ευαισθησία).

Τα αιθέρια έλαια από τα συγκεκριμένα φυτά έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης σε πολλές έρευνες ανά τα χρόνια εναντίον διαφόρων εντόμων-εχθρών, όχι μόνο των αποθηκών, όπως φαίνεται παρακάτω (πίνακες 11, 12) :

Πίνακας 11. Τοξική επίδραση καπνισμού του αιθερίου ελαίου της μέντας εναντίον διαφόρων εντόμων - εχθρών

Είδος εντόμου	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση αιθερίου ελαίου	Χρόνος έκθεσης	Θνησιμότητα (%)	Βιβλιογραφική πηγή
<i>Sitophilus oryzae</i>	adult	15 µl/l	24 h	>75	
<i>Rhyzopertha dominica</i>	adult	15 µl/l	24 h	>75	
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	adult	15 µl/l	24 h	>75	Eli Shaaya et al (1991)
<i>Tribolium castaneum</i>	adult	15 µl/l	24 h	80	
<i>Aedes aegypti</i>	larva	3 ml/l	24 h	90	
<i>Anopheles stephensi</i>	larva	3 ml/l	24 h	85	M. A. Ansari et al (2000)
<i>Culex quinquefasciatus</i>	larva	3 ml/l	24 h	100	
<i>Callosobruchus maculatus</i>	adult	21,42 µl/l	24 h	>70	Mohammad Mahmoudvand et al (2011)
<i>Musca domestica</i>	larva	70 µl/l	48 h	95	Peeyush Kumar et al. (2012)
<i>Sitophilus oryzae</i>	adult	75 µl/l	24 h	100	Vallavan
<i>Tribolium castaneum</i>	adult	100 µl/l	24 h	100	Rajkumar et al (2019)

Επίσης, οι M. A. Ansari et al (2000), παρατήρησαν μια ισχυρή απωθητική δράση του αιθερίου ελαίου της μέντας έναντι του ακμαίου κουνουπιού *Culex quinquefasciatus* παρέχοντας 84,5 % προστασία στο ανθρώπινο δέρμα.

Το αιθέριο έλαιο της μέντας είναι γνωστό για την εντομοκτόνο δράση του έναντι πολλών εντόμων, ωστόσο, οι αναφορές σχετικά με τις προνύμφες και τις δράσεις τους είναι περιορισμένες (Kumar et al, 2011a).

Πίνακας 12. Τοξική επίδραση καπνισμού του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου εναντίον διαφόρων εντόμων αποθηκών

Είδος εντόμου	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση αιθερίου ελαίου	Χρόνος έκθεσης	Θνησιμότητα (%)	Βιβλιογραφική πηγή
<i>Rhyzopertha dominica</i>	adult	15 μl/l	24 h	100	
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	adult	15 μl/l	24 h	100	Eli Shaaya et al (1991)
<i>Sitophilus oryzae</i>	adult	15 μl/l	24 h	100	
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	larva	2,5 μl/ml	48 h	80	D. P. Papachristos et al (2002)
<i>Callosobruchus maculatus</i>	adult	128,52 μl/l	24 h	88	Mohammad Mahmoudvand et al (2011)
<i>Sitophilus oryzae</i>	adult	0,15 μl/ml	24 h	16,66	Kiran S. et al (2015)
			72 h	100	
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	adult	0,15 μl/ml	24 h	94,42	
			36 h	100	

Το 2002 οι D. P. Papachristos και D. C. Stamopoulos μελέτησαν τις επιδράσεις του αιθερίου ελαίου του δεντρολίβανου ως προς τη θνησιμότητα των ενήλικων αρσενικών και θηλυκών ατόμων ξεχωριστά του *Acanthoscelides obtectus*, και διαπίστωσαν ότι η LC₅₀ για τα αρσενικά άτομα ήταν 2,1 μl/l air ενώ για τα θηλυκά ήταν 3,3 μl/l air. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε μια ισχυρή απωθητική δράση έναντι των θηλυκών σκαθαριών σε 10 μl του αιθερίου ελαίου (>80% των σκαθαριών μετακινήθηκαν προς τη περιοχή του μάρτυρα τις επόμενες 3-6 ώρες μετά την επέμβαση).

Παρόλα αυτά, οι Choi et al (2004) στη δική τους μελέτη ανέφεραν ότι το εκχύλισμα του δεντρολίβανου (ανάμεσα σε 53 αιθέρια έλαια) παρουσίασε μικρή τοξική δράση στα ωά και τα ενήλικα άτομα του *Tetranychus urticae*, πιο συγκεκριμένα, η θνησιμότητα ήταν χαμηλότερη από 60% σε $19 \cdot 10^{-3}$ μl/ml σε βιοδοκιμή διάχυσης.

Το 2006 οι Miresmailli et al βρήκαν ότι η LC₅₀ του δεντρολίβανου για τον τετράνυχχο (ακμαία) σε φυτά φασολιού ήταν 10 ml/l ενώ για σε φυτά τομάτας ήταν 13 ml/l.

Αργότερα, οι Rafael Laborda et al το 2013, μελέτησαν την τοξικότητα επαφής του εκχυλίσματος του δεντρολίβανου σε θηλυκά ενήλικα άτομα του *Tetranychus urticae* πραγματοποιώντας δύο βιοδοκιμές, την slide-dip και την leaf-disk. Κατά την πρώτη, χρειάστηκε 0,20 % του εκχυλίσματος του δεντρολίβανου για να επέλθει πλήρης θνησιμότητα (100%) μετά από 24 ώρες, ενώ στην δεύτερη, η θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 8% με δοσολογία 0,25% του εκχυλίσματος.

Τα διαφορετικά αποτελέσματα με το αιθέριο έλαιο του δεντρολίβανου μπορεί να οφείλονται στις διαφορετικές χρησιμοποιούμενες δόσεις του κάθε ερευνητή (Mansour et al, 2004; Sertkaya et al, 2010).

Σε ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, συμπεραίνουμε πως το εντομοκτόνο δυναμικό των αιθερίων ελαίων εξαρτάται από το χημικό τους προφίλ, και οι διακυμάνσεις στο προφίλ μπορούν να επηρεάσουν τη βιοδραστικότητά τους (Burt, 2004; Prakash et al, 2010, 2012).

Βέβαια, οι μεταβολές στην τοξικότητα των αιθερίων ελαίων που προκύπτουν, μπορεί επίσης να οφείλονται στη μείωση της διείσδυσης, στις βιοχημικές ή φυσιολογικές αλλαγές στο ίδιο το έντομο (Regnault-Roger 1997; Zapata and Snagghe 2010; Choi et al 2003), στη μεταβολή των δραστικών συστατικών καθώς και στην αναλογία τους, στον τρόπο εφαρμογής, την ηλικία του εντόμου κ.α. (Papachristos and Stamopoulos 2001; Burt 2004; Phasomkusolsiland Soomnera 2011)

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αυξανόμενα προβλήματα σχετικά με τη χρήση των συνθετικών εντομοκτόνων όπως η υπολειματικότητα, η ανθεκτικότητα, η μόλυνση του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας, έχουν στρέψει το ενδιαφέρον των ερευνητών προς τις φυτικές ενώσεις.

Ενώ η εντομοκτόνος ικανότητα πολλών φυτικών εκχυλισμάτων είναι γνωστή εδώ και αιώνες, αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι βιολογικές δραστικές ενώσεις των φυτών θεωρείται ότι είναι πιο αποδεκτές από περιβαλλοντική άποψη και λιγότερο επικίνδυνες για τον άνθρωπο από τις συνθετικές (Eli Shaaya et al., 1991).

Με βάση την ισχυρή καπνιστική τοξικότητα της παρούσας μελέτης, την αντιδιατροφική δραστηριότητα και την έλλειψη δυσμενούς επιρροής στη βλάστηση των σπόρων (Kiran S., Branu Prakash, 2015), το αιθέριο έλαιο του δεντρολίβανου μπορεί να συνιστάται για τη σύνθεση εντομοκτόνων φυτικής προέλευσης και για τη βελτίωση της διάρκειας ζωής των γεωργικών ειδών διατροφής κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Πρέπει να αναφερθεί πως δεν είναι δυνατόν να αποσαφηνιστεί με ασφάλεια ο ακριβής ρόλος του κάθε συστατικού των αιθερίων ελαίων, ούτε ο τρόπος δράσης τους (D. P. Papachristos, D. C Stamopoulos, 2002).

Δεν πρέπει επίσης να παραβλέψουμε το γεγονός ότι η φυσιολογία των φυτών ποικίλλει ανάλογα με τις εποχές, και ότι μέσα στα ίδια φυτικά είδη υπάρχουν διαφορετικές ποικιλίες που μπορεί να παράγουν διαφορετικούς χημικούς τύπους, που θα έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στα έντομα (Regnault-Roger and Hamraoui, 1993).

Επομένως, θα πρέπει να διεξαχθούν περαιτέρω μελέτες για τον προσδιορισμό της ακριβούς χημικής δομής των αιθερίων ελαίων για να διευκρινιστεί ο τρόπος με τον οποίο κάθε ένα από τα συστατικά τους επηρεάζει τη φυσιολογία και τη συμπεριφορά των εντόμων.

Τέλος, για να έχουμε μια όσο γίνεται πιο ολοκληρωμένη άποψη σχετικά με την πραγματική αξία και χρήση των αιθερίων ελαίων σαν μία αποτελεσματική μέθοδο καταπολέμησης των εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων, θα πρέπει να γίνουν περισσότερες μελέτες, σε πολλά είδη εντόμων, σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους' μελέτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα του καπνισμού σε εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς και της δυνατότητας συνδυασμού της χρήσης τους με άλλες μεθόδους ολοκληρωμένης καταπολέμησης εντόμων σε πραγματικές συνθήκες αποθηκών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Βογιατζή – Καμβούκου, Ε. 2004. Επιλογή Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών. Εκδόσεις σύγχρονη παιδεία, ISBN 960-357-065-6.
- Γκουγκουλιάς, Ν., Βογιατζή-Καμβούκου, Ε. 2017. Χημικές Βιοδραστικές Ενώσεις Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών. Εκδόσεις γραμμικό, ISBN 978-960-9506-16-8.
- Ηλιόπουλος, Π., Γραβάνης, Φ. 2015. Γενική Γεωργική Ζωολογία & Εντομολογία. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλίας.
- Ναβροζίδης Ι. Εμμανουήλ, Ανδρεάδης Σ. Στέφανος. 2012. Ειδική Γεωργική Εντομολογία. Εκδόσεις COPY CITY ΕΠΕ, ISBN 978-960-9551-02-1.
- Σταμόπουλος, Δ. Κ. 2008. Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας.
- Σταμόπουλος, Δ. Κ. 1999. Έντομα αποθηκών, μεγάλων καλλιέργειών & λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entom. 18, 265-267.
- Agnihorti, K.V., Agarwal, G.S., Dhar, L.P., Thappa, Kapahi, K.B., Saxena, K.R., Qazi, N.G., 2005. Essential oil composition of *Mentha pulegium* L. growing wild in the north-western Himalayas India. Flavour and Fragrance Journal 20(6), 607-610.
- Balachowsky, A.S 1966. Entomologie Appliquée a l'agriculture. Traite. Tome II. Lepidopteres. Masson et Cie, Saint Germain, Paris, France.
- Bougherra, H.H., Bedini, S., Flamini, G., Cosci, F., Belhamel, K., Conti, B., 2014. *Pistacia lentiscus* essential oil has repellent effect against three major insect pests of pasta. Ind. Crops Prod.
- Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. Int. J. Food Microbiol. 94, 223–253.
- Campolo, O., Romeo, F.V., Malacrinò, A., Laudani, F., Carpinteri, G., Fabroni, S., Palmeri, V., 2014. Effects of inert dusts applied alone and in combination with sweet orange essential oil against *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) and wheat microbial population. Ind. Crops Prod. 61, 361–369.
- Cespedes, C.L., Muñoz, E., Salazar, J.R., Yamaguchi, L., Werner, E., Alarcon, J., Kubo, I., 2013. Inhibition of cholinesterase activity by extracts, fractions and compounds from *Calceolaria talcana* and *C. Integrifolia* (Calceolariaceae: Scrophulariaceae). Food Chem. Toxicol. 62, 919–926.
- Choi, W.I., Lee, E.H., Choi, B.R., Park, H.M., Ahn, Y.J., 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 96, 1479–1484.

- Choi, W.I., Lee, S.G., Park, H.M., Ahn, Y.J., 2004. Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 97, 553-558.
- Chorianopoulos, N., Evergetis, E., Mallouchos, A., Kalpoutzakis, E., Nychas, G. J., & Haroutounian, S. A. 2006. Characterization of the essential oil volatiles of *Satureja thymbra* and *Satureja parnassica*: Influence of harvesting time and antimicrobial activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(8), 3139-3145.
- David Rees. 2004. *Insects of Stored Products*. Manson Publishing Ltd, ISBN 1-84076-060-5.
- D. P. Papachristos, D. C. Stamopoulos. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 38 (2002) 117-128.
- D. P. Papachristos, D.C. Stamopoulos. Toxicity of vapours of three essential oils to the immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 38 (2002) 365–373.
- Ebadollahi, A., 2013. Essential oils isolated from Myrtaceae family as natural insecticides. *Annu. Rev. Res. Biol.* 3, 148–175.
- Eli Shaaya, Uzi Ravid, Nachmsn Paster, Benjamin Juven, Uzi Zisman and Vladimir Pissarev. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 17, No. 3, 1991.
- Figueirido, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G., & Scheffer, J.J., 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 23(4), 213-226.
- Gunderson, A.C., Samuelian, H.J., Evans, K.C., Brattsten, B.L., 1985. Effects of the mint monoterpene pulegone on *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 14, 859–863.
- Howe, R.W. 1960. The effects of temperature and humidity on the rate of development and the mortality of *Tribolium confusum* (Duval). *Annals of Applied Biology* 48:363-376.
- Isman, M.B., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Prot.* 19, 603–608.
- Isman, M., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51, 45–66.
- Jaya Singh, P., Prakash, B., Dubey, N.K., 2014. Insecticidal activity of *Ageratum conyzoides* L., *Coleus aromaticus* Benth. and *Hyptissu aveolens* (L.) Poit essential oils as fumigant against storage grain insect *Tribolium castaneum* Herbst. *J. Food Sci. Technol.* 51,2210–2215.
- Katerinis, S. 2012. Efficacy evaluation of six Essential Oils in controlling *Anagasta (Ephestia) kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) within Integrated Pest Management frame. PhD Thesis, University of Bari “Aldo Moro”, Italy, 160pp.
- Kedia, A., Prakash, B., Mishra, P.K., Chanotiya, C.S., Dubey, N.K., 2014. Antifungal, anti-aflatoxinogenic, and insecticidal efficacy of spearmint (*Mentha spicata* L.) essential oil. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 89, 29–36.

- Khani, M., Awang, R.M., Omar, D., 2012. Insecticidal effects of peppermint and black pepper essential oils against rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. and rice moth, *Corcyra cephalonica* (St.). J. Med. Plants 11, 97–110.
- Khani, M., Marouf, A., Amini, S., Yazdani, D., Farashiani, M.E., Ahvazi, M., Khalighi-Sigaroodi, F., Gharalari, A.H., 2017. Efficacy of three herbal essential oils against rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). TROP 20, 937–950.
- Kiran S., Bhanu Prakash. Toxicity and biochemical efficacy of chemically characterized *Rosmarinus officinalis* essential oil against *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis*. Industrial Crops and Products 74 (2015) 817–823.
- Klys, M., 2012. The influence of herb species on population processes of *Sitophilus oryzae* L. Entomol. Gen. 33, 273–280.
- Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., Satya, S., 2011a. Insecticidal properties of *Mentha* species: a review. Ind. Crops Prod. 34, 802–817.
- Lashgaria, A., Mashayekhia, S., Javadzadehb, M., Marzbanc, R., 2014. Effect of *Mentha piperita* and *Cuminum cyminum* essential oil on *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. Arch. Phytopathol. Plant Protect. 47, 324–329.
- Lee, B.H., Lee, S.E., Annis, P., Pratt, S., Park, S., Tumaalii, F., 2002. Fumigant toxicity of essential oils and monoterpenes against the red flour beetle, *Tribolium castaneum*. Herbst. J. Asia-Pacific Entomol. 5, 237–240.
- M.A. Ansari, Padma Vasudevan, Mamta Tandon, R.K. Razdan. Larvicidal and mosquito repellent action of peppermint (*Mentha piperita*) oil. Bioresource Technology 71 (2000) 267-271.
- Mansour, F., Azaizeh, H., Saad, B., Tadmor, Y., Abo-Moch, F., Said, O., 2004. The potential of middle eastern flora as a source of new safe bio-acaricides to control *Tetranychus cinnabarinus*, the carmine spider mite. Phytoparasitica 32, 66–72.
- Miresmailli, S., Bradbury, R., Isman, M.B., 2006. Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) on two different host plants. Pest Manage.Sci. 62, 366–371.
- Miresmailli, S., Isman, M.B., 2006. Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against twospotted spider mite (Acari:Tetranychidae) on greenhouse tomato. J. Econ. Entomol. 99, 2015–2023.
- Mohammad Mahmoudvand, Habib Abbasipour, Mohammad Hossein Hosseinpour, Fahimeh Rastegar and Moslem Basij. 2011. Using some plant essential oils as natural fumigants against adults of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Munis Entomology & Zoology, 6 (1): 150-154.
- Morales-Ramos, J.A., M.G Rojas, D.I. Shapiro-Nan and W.L. Tedders. 2010. Developmental plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of instar variation in number and developmental time under different diets. Journal of Entomological Science 45:75-90.
- Napoli, E. M., Curcuruto, G., Ruberto, G., 2010. Screening of the essential oil composition of wild Sicilian rosemary. Biochem. System. Ecol. 38, 659–670.
- Nayak, M.K., Collins, P.J., Throne, J.E., Wang, J.J., 2014. Biology and management of psocids infesting stored products. Annu. Rev. Entomol. 59, 279-297.

- Papageorgiou, V., Gardeli, C., Mallouchos, A., Papaioannou, M., & Komaitis, M., 2008. Variation of the chemical profile and antioxidant behavior of *Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia fruticosa* Miller grown in Greece. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(16), 7254-7264.
- Pascual-Villalobos, M.J., 1996. Evaluation of the insecticidal activity of *Chrysanthemum coronarium* L. plant extracts. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 22, 411–420.
- Peeyush Kumar, Sapna Mishra, Anushree Malik, Santosh Satya. Efficacy of *Mentha×piperita* and *Mentha citrata* essential oils against housefly, *Musca domestica* L. *Industrial Crops and Products* 39 (2012) 106–112.
- Phasomkusolsil, S., Soonwera, M., 2011. Comparative mosquito repellency of essential oils against *Aedes aegypti* (linn.), *Anopheles dirus* (Peyton and Harrison) and *Culex quinquefasciatus* (Say). *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 1,113–118.
- Pichersky, E., & Gershenzon, J., 2002. The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. *Current opinion in plant biology*, 5(3), 237-243.
- Prakash, B., Shukla, R., Singh, P., Kumar, A., Mishra, P.K., Dubey, N.K., 2010. Efficacy of chemically characterized *Piper betle* L. Essential oil against fungal and aflatoxin contamination of some edible commodities and its antioxidant activity. *Int. J. Food Microbiol.* 142, 114–119.
- Prakash, B., Singh, P., Mishra, P.K., Dubey, N.K., 2012. Safety assessment of *Zanthoxylum alatum* Roxb. essential oil, its antifungal, antiaflatoxin, antioxidant activity and efficacy as antimicrobial in preservation of *Piper nigrum* L. Fruits. *Int. J. Food Microbiol.* 153, 183–191.
- Prakash, B., Singh, P., Yadav, S., Singh, S.C., Dubey, N.K., 2013. Safety profile assessment and efficacy of chemically characterized *Cinnamomum glaucescens* essential oil against storage fungi, insect, aflatoxin secretion and antioxidant. *Food Chem. Toxicol.* 53, 160–167.
- Rafael Laborda ,Israel Manzano, Miguel Gamón, Isabel Gavidia, Pedro Pérez-Bermúdez, Rafael Boluda. Effects of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis* essential oils on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Industrial Crops and Products* 48 (2013) 106–110.
- Regnault-Roger, C., 1997. The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Int. Pest Manage. Rev.* 2, 25–34.
- Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., 1993. Efficiency of plants from the south of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Journal of Stored Products Research* 29,259–264.
- Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., Hotelman, M., Theron, E., Pineal, R., 1993. Insecticidal effect of essential oils from Mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Chemical Ecology* 19, 1233–1244.
- Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., 1994. Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), a kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection* 13, 624–628.

- Saxena, C.R., Dixit, P.D., Harshan, V., 1992. Insecticidal action of *Lantana camara* against *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 28, 279–281.
- Sertkaya, E., Kaya, K., Soylu, S., 2010. Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against *Tetranychus cinnabarinus* (Acarina: Tetranychidae). *Ind. Crops Prod.* 31, 107–112.
- Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J., Sukprakarn, C., 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research* 33, 7–15.
- Shukla, R., Singh, P., Prakash, B., Kumar, A., Mishra, P. K., Dubey, N. K., 2011. Efficacy of essential oils of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown and *Callistemon lanceolatus* (Sm.) sweet and their major constituents on mortality, oviposition and feeding behavior of pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* L. *J. Sci. Food Agric.* 91, 2277-2283.
- Stamopoulos, D.C., 1991. Effects of four essential oil vapours on the oviposition and fecundity of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae): laboratory evaluation. *Journal of Stored Products Research* 27, 199–203.
- Vallavan Rajkumar, Chinappan Gunasekaran, Inbaraj Kanitha Christy, Jayaraman Dharmaraj, Panneerselvam Chinnaraj, Cheruvathur Amita Paul. 2019. Toxicity, antifeedant and biochemical efficacy of *Mentha piperita* L. essential oil and their major constituents against stored grain pest. *Pesticide Biochemistry and Physiology*.
- Vorhees, A.S. and T.J. Bradley. 2012. Differences in critical thermal maxima and mortality across life stages of the mealworm beetle *Tenebrio molitor*. *Journal of Experimental Biology* 215:2319-2326.
- Yang, F.L. Zhu, F., Lei, G.L., 2010. Garlic essential oil and its major component as fumigants for controlling *Tribolium castaneum* (Herbst) in chambers filled with stored grain. *J. Pest. Sci.* 83, 311-317.
- Zapata, N., Smagghe, G., 2010. Repellency and toxicity of essential oils from the leaves and bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* against *Tribolium castaneum*. *Ind. Crops Prod.* 32, 405–410.