



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ”**

**Μελέτη της εντομοκτόνου και απωθητικής δράσης
αιθέριου ελαίου κανέλας (*Cinnamomum verum*)
και γαρίφαλου (*Syzygium aromaticum*),
εναντίων εντόμων αποθηκών.**



Μαλάμης Αστέριος

Λάρισα 2020



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ”

Μελέτη της εντομοκτόνου και απωθητικής δράσης
αιθέριου ελαίου κανέλας (*Cinnamomum verum*)
και γαρίφαλου (*Syzygium aromaticum*),
εναντίων εντόμων αποθηκών.

Μαλάμης Αστέριος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

1. ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
2. ΒΟΓΙΑΤΖΗ ΕΛΕΝΗ
3. ΓΚΟΥΓΚΟΥΛΙΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Λάρισα 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα

Περίληψη	7
Abstract.....	8
1. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ	9
1.1 Κανέλα η γνήσια	9
1.1.1 Ονομασία - Καταγωγή – Εξάπλωση	9
1.1.2 Βοτανική ταξινόμηση	10
1.1.3 Βοτανική περιγραφή	10
1.1.4 Ιστορικά στοιχεία	11
1.2 Συζύγιον το αρωματικών	12
1.2.1 Ονομασία - Καταγωγή – Εξάπλωση	12
1.2.2 Βοτανική ταξινόμηση	12
1.2.3 Βοτανική περιγραφή	13
1.2.4 Ιστορικά στοιχεία	14
Βιβλιογραφία	15
2. ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ	16
2.1 Πρώτες ύλες και χρήσεις των προϊόντων κανέλας	17
2.1.1 Ξηρή δρόγη	17
2.1.2 Αιθέριο έλαιο	17
2.1.3 Χημική σύσταση αιθέριου ελαίου	17
2.2 Πρώτες ύλες και χρήσεις των προϊόντων γαρύφαλλου.....	19
2.2.1 Ξηρή δρόγη	19
2.2.2 Αιθέριο έλαιο	19
2.2.3 Χημική σύσταση αιθέριου ελαίου	20
2.3 Τα αιθέρια έλαια ως εντομοκτόνα.	21
2.3.1 Το νευρικό σύστημα των εντόμων.....	21
2.3.2 Λειτουργία του νευρικού συστήματος των εντόμων	21
2.3.3 Μηχανισμός δράσης των αιθέριων ελαίων.....	22
Βιβλιογραφία	24
3. ENTOMA.....	25
3. Έντομα – εχθροί των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων.	25

3.1. <i>Callosobruchus maculatus</i> F.	26
3.1.1 Εξωτερική μορφολογία	26
3.1.2 Βιολογικός κύκλος.....	26
3.1.3 Ζημιές.....	27
3.2 <i>Sitophilus oryzae</i>	28
3.2.1 Εξωτερική μορφολογία	28
3.2.2 Βιολογικός κύκλος.....	28
3.2.3 Ζημιές.....	29
3.3 <i>Stegobium raniceum</i> L.....	30
3.3.1 Εξωτερική μορφολογία	30
3.3.2 Βιολογικός κύκλος.....	30
3.3.3 Ζημιές.....	30
3.4 <i>Tenebrio molitor</i>	31
3.4.1 Εξωτερική μορφολογία	31
3.4.2 Βιολογικός κύκλος.....	31
3.4.3 Ζημιές.....	32
3.5 <i>Tribolium confusum</i>	33
3.5.1 Εξωτερική μορφολογία	33
3.5.2 Βιολογικός κύκλος.....	33
3.5.3 Ζημιές.....	33
3.6 <i>Trogoderma granarium</i>	34
3.6.1 Εξωτερική μορφολογία	34
3.6.2 Βιολογικός κύκλος.....	34
2.6.3 Ζημιές.....	35
Βιβλιογραφία	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	38
4.1 Εισαγωγή.....	38
4.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	39
4.2.1 Εκτροφή εντόμων.....	39
4.2.2 Αιθέρια έλαια και χημική ανάλυση	40
4.2.3 Διενέργεια πειραμάτων	41
Βιβλιογραφία	44

Κεφάλαιο 5	45
5.1 Αποτελέσματα	45
Κεφάλαιο 6	55
Συζήτηση	55
Βιβλιογραφία	57
Κεφάλαιο 7	58
Συμπεράσματα.....	58
Βιβλιογραφία	60

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρούσα διατριβή ολοκληρώνεται ο κύκλος των μεταπτυχιακών μου σπουδών με θέμα «ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ & ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στη Λάρισα. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Φυτοπροστασίας (πρώην τμήματος της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής), με υπεύθυνο καθηγητή τον κύριο Παναγιώτη Ηλιόπουλο, αναπληρωτή καθηγητή εντομολογίας.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου και την ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη μου στον κύριο Παναγιώτη Ηλιόπουλο, ο οποίος πάντα χαρούμενος και με τον ιδιαίτερο τρόπο του, μου πρόσφερε γνώσεις, καθοδήγηση και βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου, καθώς και της συνεργασίας μας ώστε το αποτέλεσμα να είναι άρτιο.

Τις ευχαριστίες μου επίσης, θα ήθελα να εκφράσω στους καθηγητές μου, οι οποίοι αφενός προσπάθησαν να μας παρέχουν τις απαραίτητες γνώσεις, αφετέρου να ενισχύσουν την αγάπη μας για το παρόν αντικείμενο.

Επίσης, ένα ξεχωριστό ευχαριστώ στην πολύτιμη συνεργάτη - φίλη μου Ελένη Μαρία Μηλιακίδη, με την οποία ξεκινήσαμε και ολοκληρώσαμε μαζί αυτό το ταξίδι γνώσης και ήταν πάντα δίπλα μου.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στην οικογένεια μου. Στον πατέρα μου Βασίλη, στη μητέρα μου Σοφία και στα αδέρφια μου, Νάσο και Κώστα, τόσο για την στήριξη όλα αυτά τα χρόνια, όσο και την συμπαράσταση, την κατανόηση και την ενθάρρυνση που μου πρόσφεραν, ανεξαρτήτως αντιλήψεων, πεποιθήσεων και πιστεύω.

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη, εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών με τίτλο «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών». Περιλαμβάνει δύο σκέλη που απαρτίζονται από το θεωρητικό και το πειραματικό κομμάτι που αφορά την καταπολέμηση σημαντικών εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων με την χρήση δύο διαφορετικών δράσεων (καπνιστικής και απωθητικής), δύο διαφορετικών αιθέριων ελαίων (της κανέλα και του γαρύφαλλου), σε διαφορετικές δόσεις και χρόνους έκθεσης.

Στο θεωρητικό κομμάτι, γίνεται μια αναλυτική περιγραφή τόσο των φυτών και κατ' επέκταση των αιθέριων ελαίων αυτών όσο και των εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή. Επιπλέον, αναφέρεται η χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων καθώς και ο τρόπος δράσης των αιθέριων ελαίων στο νευρικό σύστημα των εντόμων.

Στο πειραματικό κομμάτι, εξετάστηκε η εντομοτοξικότητα αιθέριων ελαίων κανέλας και γαρύφαλλου σε δράση καπνιστική και απωθητική που προσδιορίστηκε με βιοδοκιμές στο εργαστήριο. Τα έντομα που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές ήταν προνύμφες και ακμαία των εντόμων *Callosobruchus maculatus* F. (οικογένεια Chrysomelidae), *Sitophilus oryzae*, *Stegobium paniceum* L. (οικογένεια Anobiidae), *Tenebrio molitor* L (οικογένεια Tenebrionidae), *Tribolium confusum* (οικογένεια Tenebrionidae) και *Trogoderma granarium* (οικογένεια Dermestidae), από τις εκτροφές του εργαστηρίου.

Οι βιοδοκιμές για την καπνιστική δράση έγιναν τόσο σε ακμαία όσο και σε προνύμφες, για το *Callosobruchus maculatus* (ακμαία), *Tenebrio molitor* (ακμαία και λάρβες), *Tribolium confusum* (λάρβες) και *Trogoderma granarium* (λάρβες), στις συγκεντρώσεις των 10, 50, 500, 1000 και 2000 μl/lτ αέρα. Οι βιοδοκιμές για την απωθητική δράση έγιναν σε ακμαία των εντόμων *Sitophilus oryzae*, *Stegobium paniceum* και *Tribolium confusum*. Οι συγκεντρώσεις των βιοδοκιμών για την απωθητική δράση είναι 10μl/lτ αέρα.

Abstract

This study was conducted during the postgraduate study program entitled as "Integrated Management of Aromatic and Medicinal Plants". It consists of two parts, the theoretical and the experimental part, that concerns the treatment against important enemy insects of stored products, by using two different ways of action (fumigant and repellent), two different essential oils (cinnamon and clove), in different doses and time of exposure.

In the theoretical part, a detailed description is given for both plants and consequently their essential oils, as well as the insects used in the present thesis. Additionally, there is a reference on the chemical composition of the essential oils and the mode of action of the essential oils on the nervous system of the insects.

In the experimental part, the insect toxicity of cinnamon and clove essential oils on fumigant and repellent action was determined by bioassays in the laboratory. The insects used in these bioassays were larvae and adults of the species *Callosobruchus maculatus* F. (family Chrysomelidae), *Sitophilus oryzae*, *Stegobium paniceum* L. (family Anobiidae), *Tenebrio molitor* L (family Tenebrionidae), *Tribolium confusum* (family Dermestidae).

The bioassays of fumigant appliance were performed on both adult and larvae, on *Callosobruchus maculatus* (adult), *Tenebrio molitor* (adult and larvae), *Tribolium confusum* (larvae) and *Trogoderma granarium* (larvae) and concentrations of 10, 500, 1000 and 2000 µl/lit air. Bioassays for repulsive action were performed on adult of *Sitophilus oryzae*, *Stegobium paniceum* and *Tribolium confusum*. The concentrations of bioassays for repulsive action were 10µl/lit air.

1. ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΑ ΦΥΤΑ

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά αποτελούν ένα μεγάλο μέρος του φυτικού βασιλείου. Έχουν χρησιμοποιηθεί, είτε ως αφέψημα (χαμομήλι, φλαμούρι κ.α.) είτε ως καρυκεύματα στη μαγειρική και ζαχαροπλαστική (μοσχοκάρυδο, πιπέρι κ.α.) είτε ως εκχύλισμα.

Η χρήση των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, ανάγεται στους προϊστορικούς χρόνους, καθώς έχουν βρεθεί ανά τον κόσμο αποξηραμένα εκχυλίσματα και απολιθωμένα φυτικά μέρη διαφόρων φυτών, τα οποία δε διαφέρουν από τα σημερινά, καθώς επίσης χρησιμοποιούνταν στη διατροφή των ανθρώπων, στη λαϊκή ιατρική (τα φαρμακευτικά σκευάσματα ήταν φυτικής προέλευσης), αλλά και τη μουμιοποίηση, στην αρχαία Αίγυπτο. Αξιοσημείωτο εμπόριο με αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά είχαν αναπτύξει οι Αιγύπτιοι, οι Ρωμαίοι και οι Βυζαντινοί.

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μία αναθέρμανση της καλλιέργειας των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, κυρίως όμως ως μία εναλλακτική πρόταση για αντικατάσταση παλιών και ασύμφορων οικονομικά καλλιεργειών^[1].

1.1 Κανέλα η γνήσια



Εικόνα 1: *Cinnamomum verum*

https://el.m.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF:Cinnamomum_verum_002.JPG

1.1.1 Ονομασία - Καταγωγή – Εξάπλωση

Το είδος *Cinnamomum verum* J. Presl^[13] (Κιννάμωμον το γνήσιο), κοινώς κανέλα Κεϋλάνης, είναι ένα μικρό δέντρο, ιθαγενές στη Σρι Λάνκα. Μεταξύ άλλων ειδών του γένους *Cinnamomum*, ο φλοιός του δέντρου χρησιμοποιείται για την παραγωγή της κανέλας, καρύκευμα ευρέως γνωστό σε παγκόσμιο επίπεδο^[14]. Η

κανέλα καλλιεργείται σε αρκετές χώρες στις νοτιοανατολικής Ασίας, καθώς επίσης τη Μαδαγασκάρη και τις Σεϋχέλλες. Το 2018, τις πρώτες θέσεις στην παραγωγή κανέλας, κατέχουν, η Ινδονησία με 83.734 τόνους, η Κίνα με 81.545 τόνους, το Βιετνάμ με 29.053 τόνους, η Σρι Λάνκα με 24.020 τόνους και η Μαδαγασκάρη με 3.113 τόνους^[10].

1.1.2 Βοτανική ταξινόμηση

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Cinnamomum verum*.

Βασίλειο	Plantae (Φυτά)
Συνομοταξία	Magnoliophyta (Αγγειόσπερμα)
Ομοταξία	Magnoliopsida (Δικοτυλήδονα)
Τάξη	Lurales (Δαφνώδη)
Οικογένεια	Lauraceae (Λαουρίδες)
Γένος	Cinnamomum (Κιννάμωμον)
Είδος	<i>C. verum</i> J. Presl (Κ. το γνήσιον)

Η κανέλα (*Cinnamomum verum* J. Presl) ανήκει στην τάξη των Δαφνωδών (*Lurales*) της οικογένεια των Λαουριδών (*Lauraceae*). Το γένος *Cinnamomum*, περιλαμβάνει περί τα 370 είδη, εκ των οποίων, 40 περίπου έχουν μελετηθεί^{[5], [15]}. Συναντάται στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές της Κεντρικής, Νότιας και Βόρειας Αμερικής, την Ωκεανία, και την Ασία.

1.1.3 Βοτανική περιγραφή



Εικόνα 2: *Cinnamomum verum* J. Presl

<https://i.pinimg.com/originals/ea/8f/2a/ea8f2a4a097b3ce6c8a778143514af9c.jpg>

Η κανέλα, είναι ένα αειθαλές δέντρο, όπου αυτοφυές μπορεί να φτάσει σε ύψος τα 18m περίπου, αλλά σε καλλιέργεια, δεν αφήνεται να ξεπεράσει τα 3m. Ο φλοιός, έντονα αρωματικός, στους νεαρούς βλαστούς είναι χρώματος ανοιχτού καφέ

και λείος, ενώ σε μεγαλύτερης ηλικίας κλάδους, σκούρου καφέ χρώματος και τραχύς και έχει πάχος περίπου 10mm^[12].

Τα φύλλα, είναι αντίθετα διατεταγμένα, και διαφέρουν μεταξύ τους σε μέγεθος και σχήμα. Ο μίσχος έχει μήκος 1-2cm, το έλασμα έχει λογχοειδές ή ελλειπτικό σχήμα και φέρει αυλάκωση στην άνω πλευρά. Οι διαστάσεις των φύλλων ποικίλουν, με μήκος από 5-25cm και πλάτος 3-10cm. Φέρουν τριπλή ή και πενταπλή νεύρωση και έχουν σκούρο πράσινο χρώμα στην άνω πλευρά και πιο ανοιχτό στην κάτω^[12].

Τα άνθη, φέρονται σε ταξιανθίες μήκους 10cm ή και περισσότερο, σε πλάγιους βλαστούς ή επάκρια. Ο ποδίσκος είναι χρώματος υπόλευκου και φέρουν λίγο χνούδι. Η διάμετρός τους είναι περίπου 3mm, με όχι τόσο ευχάριστο άρωμα και χρώματος ανοιχτού κίτρινου^{[12], [14]}.

Ο καρπός είναι δρύπης, χρώματος μωβ έως σχεδόν μαύρο, έχει ελλειψοειδές ή ωοειδές σχήμα και μήκος 1-2cm, που περιβάλλεται από το περιάνθιο στη βάση του. Κάθε καρπός περιέχει ένα σπέρμα^{[12], [14]}.

Τα φυτά, ευδοκιμούν σε υψόμετρο από το επίπεδο της θάλασσας έως τα 700m περίπου ή μέχρι και τα 2000m σύμφωνα με άλλους επιστήμονες. Προτιμούν εδάφη όξινα με pH από 4 έως 6, ετήσιο ύψος βροχόπτωσης από 2000-2500mm, ενώ ιδανική θερμοκρασία είναι αυτή των 27-30°C^{[2], [5]}.

1.1.4 Ιστορικά στοιχεία

Η κανέλα, είναι γνωστή από της αρχαιότητα. Εισαγόταν στην Αίγυπτο, από το 2000 π.Κ.Ε., ενώ χρησιμοποιούνταν στη διαδικασία του βαλσαμώματος των μουμιών, αλλά και ως αρωματικό για καύση, ενός μείγματος κανέλας με κασσία^[4]. Τόσο ακριβή ήταν η κανέλα την εποχή εκείνη, που θεωρούνταν ως ένα δώρο ιδανικό για τους μονάρχες της εποχής, ακόμη και για μια θεότητα. Η κανέλα αποτελούσε ένα μέσο συναλλαγών των Βαβυλωνίων, των Ελλήνων της Εφέσου, αλλά μόνο οι Άραβες εμπορευόταν μη νοθευμένο προϊόν^[2].

Ο Πλίνιος, ήταν ο πρώτος Ρωμαίος που διατύπωσε πως η κανέλα δεν προέρχεται από τους Άραβες. Αναφέρει επίσης την κασσία ως αρωματικό παράγοντα για κρασί.^{[8], [9]} Την εποχή εκείνη μάλιστα, μία ρωμαϊκή λίβρα (327γρ.) κανέλας, κόστιζε περίπου 1500 δηνάρια, όσο και το εισόδημα δηλαδή για πενήντα μήνες εργασίας^[2].

Κατά το 15^ο αιώνα Κ.Ε. η τιμή της κανέλας ήταν τόσο υψηλή, που χρησιμοποιούνταν ως μέσο συναλλαγών στο εμπόριο σκλάβων^[2]. Το 1638 Γερμανοί έμποροι καθιέρωσαν έναν εμπορικό σταθμό στη Σρι Λάνκα, και μέχρι το 1640, πήραν τον έλεγχο των παραγωγών ενώ εκδίωξαν τους υπόλοιπους Πορτογάλους

παραγωγούς μέχρι το 1658 ^[3]. Μέχρι το 1833 περίπου, που το μονοπώλιο της κανέλας έλαβε τέλος, το προϊόν αυτό αποτέλεσε σημείο ανταγωνισμού μεταξύ των αποικιοκρατικών κρατών της Αγγλίας, της Γαλλίας, της Ολλανδίας και της Πορτογαλίας ^[2].

1.2 Συζύγιον το αρωματικόν

1.2.1 Ονομασία - Καταγωγή – Εξάπλωση



Εικόνα 3: *Syzygium aromaticum*

<https://ayushvedah.com/admin/resizer/uploads/0229834001570466834.jpg>

Το είδος *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry ^[13] (Συζύγιον το αρωματικόν), κοινώς γαρίφαλο, είναι ένα δέντρο, με καταγωγή από τις νήσους Μολούκες, στην Ινδονησία. Τα ανώριμα άνθη του δέντρου χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του μπαχαρικού γαρίφαλου, καρύκευμα ευρέως γνωστό σε παγκόσμιο επίπεδο. Το γαρίφαλο, καλλιεργείται σε αρκετές χώρες της νοτιοανατολικής Ασίας, καθώς επίσης τη Μαδαγασκάρη, την Τανζανία και τη Μοζαμβίκη. ^[2] Το 2018, τις πρώτες θέσεις στην παραγωγή γαρίφαλου, κατέχουν, η Ινδονησία με 123.339 τόνους, η Μαδαγασκάρη με 23.325 τόνους και η Τανζανία με 9.121 τόνους ^[10].

1.2.2 Βοτανική ταξινόμηση

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΙΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Syzygium aromaticum*.

Βασίλειο	Plantae (Φυτά)
Συνομοταξία	Magnoliophyta (Αγγειόσπερμα)
Ομοταξία	Magnoliopsida (Δικοτυλήδονα)
Τάξη	Myrtales (Μυρτώδη)
Οικογένεια	Myrtaceae (Μυρτίδες)
Γένος	Syzygium (Συζύγιον)
Είδος	<i>S. aromaticum</i> L (Σ. το αρωματικόν)

Το γαρούφαλλο (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry), ανήκει στην τάξη των Μυρτωδών (*Myrtales*), στην οικογένεια των Μυρτίδων (*Myrtaceae*). Το γένος *Syzygium*, περιλαμβάνει περί τα 1.186 είδη, ενώ τα περισσότερα είδη συνίστανται από αειθαλή δέντρα και θάμνους. Συναντάται στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές της Αφρικής, της Νοτιοανατολικής Ασίας, την Ινδονησία, την Αυστραλία και νησιά του Ειρηνικού Ωκεανού.^[3]

1.2.3 Βοτανική περιγραφή



Εικόνα 4: *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry
<https://en.wikipedia.org/wiki/Clove>

Το γαρούφαλλο, είναι ένα θαμνώδες αειθαλές δέντρο, με ύψος που κυμαίνεται από 8-20m. Όλα τα μέρη του φυτού είναι αρωματικά, αλλά καλλιεργείται κυρίως για τα αρωματικά, ανώριμα άνθη, τα οποία συνήθως συλλέγονται με το χέρι.^[5]

Τα φύλλα είναι απλά, διατεταγμένα αντίθετα. Ο μίσχος έχει μήκος 1-3 cm ελαφρώς ερυθρός, με μικρή πάχυνση στη βάση. Το έλασμα έχει μήκος 6-13 cm περίπου, λογχοειδές ή ελλειπτικό σχήμα, με δερματώδη υφή. Είναι γυαλιστερά, έντονου πράσινου χρώματος με μικρά στίγματα.^{[12], [15]}

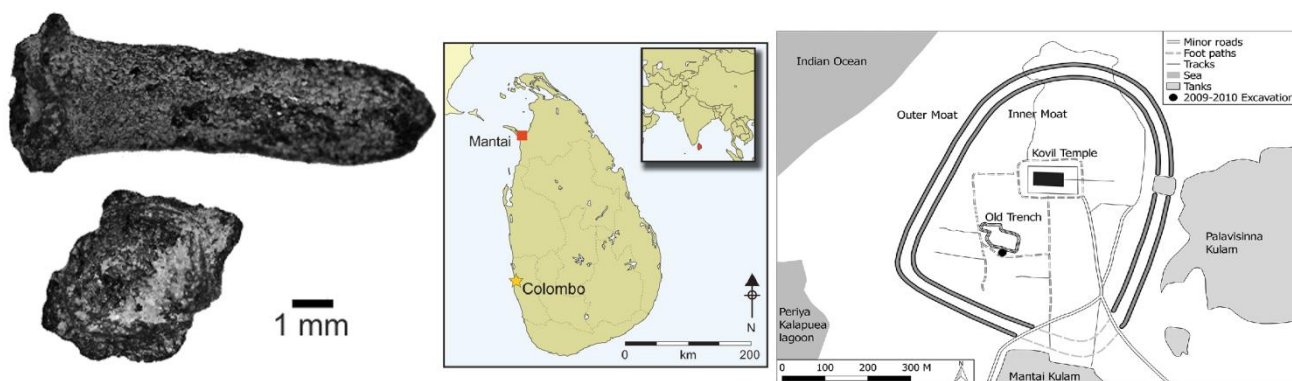
Τα άνθη σχηματίζονται κατά ομάδες σε ταξιανθίες, στις άκρες των βλαστών. Τα νεαρά μπουμπούκια, έχουν δερματώδη υφή, είναι χλωρωτικά, ενώ καθώς ωριμάζουν αποκτούν ένα φωτεινό ερυθρό χρώμα. Αποτελούνται από μια λεπτή ωοθήκη μήκους 1,5-2 cm, με τέσσερα τριγωνικά σέπαλα, τα οποία περιβάλλουν

τέσσερα πέταλα, ενωμένα μεταξύ τους, που σχηματίζουν την καλύπτρα, προστατεύοντας τα αναπτυσσόμενα αναπαραγωγικά μέρη του άνθους. Αυτή είναι και η μορφή του άνθους, κατά την οποία γίνεται η συλλογή τους. Αν τα άνθη παραμείνουν στο φυτό, τότε τα πέταλα αποκολλώνται αποκαλύπτοντας έτσι τους στήμονες που περιβάλλουν το επίμηκες στίγμα. [12], [15]

Ο καρπός είναι ράγα (συχνά αναφέρεται και ως «μητέρα των γαρύφαλλων»), σκούρου μωβ χρώματος και ωριμάζει μετά από περίπου εννέα μήνες από την ανθοφορία. Έχει μήκος 2-2,5 cm περίπου και περιέχει ένα σπέρμα, μήκους 1,5cm περίπου. Τα καλλιεργούμενα δέντρα γαρύφαλλου, σπάνια αφήνονται να φτάσουν στο στάδιο του καρπού [12], [15].

1.2.4 Ιστορικά στοιχεία

Το πρώτο χρονολογικά επιβεβαιωμένο εύρημα γαρύφαλλου, χρονολογείται πολύ αργότερα από ότι αρχικά πιστεύονταν. Χαρακτηριστικά είναι τα βιοαρχαιολογικά ευρήματα στο Μαντάι, ένα αρχαίο εμπορικό λιμάνι της Σρι Λάνκα, στο βόρειο άκρο του νησιού, τα οποία χρονολογήθηκαν μεταξύ του 900-1100 Κ.Ε.. Παλιότερα δείγματα που είχαν βρεθεί στη Συρία και είχαν χρονολογηθεί από το 1700 π.Κ.Ε. περίπου, βάσει νέων μελετών φαίνεται να μην ταυτοποιούνται ως δείγματα γαρίφαλου [6], [7]. Κατά το Μεσαίωνα, στη διάρκεια των πανδημιών βουβωνικής πανώλης και χολέρας, οι γιατροί επισκεπτόταν τους ασθενείς μασώντας γαρίφαλο [2].



Εικόνα 5: Βιοπολίθωμα γαρίφαλου (Αριστερά). Πόλη Μαντάι στο χάρτη (Κέντρο). Αρχαίο λιμάνι του Μαντάι (Δεξιά).

<https://theconversation.com/worlds-oldest-clove-heres-what-our-find-in-sri-lanka-says-about-the-early-spice-trade-109686>

<https://www.cambridge.org/core/journals/antiquity/article/spice-and-rice-pepper-cloves-and-everyday-cereal-foods-at-the-ancient-port-of-mantai-sri-lanka/57A710C9438E73D78C21494A9E99A1E7/core-reader>

Βιβλιογραφία

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βογιατζή – Καμβούκου, Ε. 2004. Επιλογή Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών. Εκδόσεις σύγχρονη παιδεία, ISBN 960-357-065-6.
2. Δρ. Ελένη Κ. Βογιατζή – Καμβούκου, Φαρμακευτικά και ελαιούχα φυτά, Καρυκεύματα, 2010.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

3. Braudel, Fernand (1984). The Perspective of the World. 3. University of California Press. p. 699. ISBN 978-0-520-08116-1
4. Burlando, B.; Verotta, L.; Cornara, L.; Bottini-Massa, E. (2010). Herbal principles in cosmetics: properties and mechanisms of action. Boca Raton: CRC Press. p. 121. ISBN 978-1-4398-1214-3.
5. CINNAMOMUM GENUS: A REVIEW ON ITS BIOLOGICAL ACTIVITIES (https://www.researchgate.net/publication/313161554_CINNAMOMUM_GENUS_A_REVIEW_ON_ITS_BIOLOGICAL_ACTIVITIES).
6. Kingwell-Banham, Eleanor, 2010. "World's oldest clove? Here's what our find in Sri Lanka says about the early spice trade". The Conversation.
7. Lape, Peter V. (November 2010). "Political dynamics and religious change in the late pre-colonial Banda Islands, Eastern Indonesia". World Archaeology.
8. Pliny the Elder; Bostock, J.; Riley, H.T. (1855). "42, Cinnamomum. Xylocinnamum". Natural History of Pliny, book XII, The Natural History of Trees. 3. London: Henry G. Bohn.
9. Pliny the Elder (1938). Natural History. Harvard University Press. p. 14. ISBN 978-0-674-99433-1.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

10. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (The Food and Agriculture Organization of the United Nations)
11. <http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:601421-1>
12. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/13573>
13. <https://www.itis.gov/>
14. <https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Cinnamomum+verum>
15. <http://www.theplantlist.org/browse/A/Lauraceae/Cinnamomum/>
16. [https://uses.plantnet-project.org/en/Syzygium_aromaticum_\(PROSEA\)](https://uses.plantnet-project.org/en/Syzygium_aromaticum_(PROSEA))

2. ΑΙΘΕΡΙΑ ΕΛΑΙΑ

Τα αιθέρια έλαια ορίζονται ως μείγματα πτητικών ενώσεων, μικρού μοριακού βάρους, όπως τερπένια, σεσκιτερπένια κ.α., με χαρακτηριστική οσμή. Αποτελούν δευτερογενείς μεταβολίτες των φυτών και εντοπίζονται τόσο στους ελαιοφόρους αδένες, όσο και στο κυτόπλασμα και σε ειδικά κύτταρα που βρίσκονται στα φύλλα, τα άνθη, τους καρπούς αλλά και τις ρίζες των φυτών. Χαρακτηριστικό των αιθέριων ελαίων είναι ότι παραμένουν στο μέρος του φυτού από το οποίο παρήχθησαν ^[1].

Τα αιθέρια έλαια παραλαμβάνονται από τα φυτά συνήθως με τη μέθοδο της υδραπόσταξης στο εργαστήριο, ενώ σε βιομηχανική κλίμακα η απόσταξη γίνεται συνήθως με τη μέθοδο της ατμοαπόσταξης, πλην εξαιρέσεων (π.χ. απόσταξη ανθών τριαντάφυλλου όπου χρησιμοποιείται η υδραπόσταξη).

Λόγω της αυτό-οξειδωσης και της υδρόλυσης των εστέρων που εμπεριέχουν, η οσμή τους αλλιώνεται με το χρόνο. Είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου και δεν έχουν καμία σχέση με τα κοινά έλαια, τα οποία αποτελούν μείγματα γλυκεριδίων. Είναι διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες και σχεδόν αδιάλυτα στο νερό.

Τα αιθέρια έλαια περιέχουν ουσίες με απωθητική δράση απέναντι σε παθογόνα, καθώς παρουσιάζουν αντισηπτικές, συντηρητικές, αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες ^[3], αλλά και αντιφλεγμονώδη, εντομοκτόνο, αντική και επουλωτική δράση. Τα πτητικά συστατικά των αιθέριων ελαίων, δρουν ως αναστολείς του φυτρώματος, στο περιβάλλον δράσης τους ^[4], μειώνουν την απώλεια νερού σε πολλά φυτικά είδη μέσω της διαπνοή, αυξάνουν την αντοχή τους στην υψηλή θερμοκρασία και προσελκύουν πληθώρα εντόμων, βοηθώντας έτσι την επικονίαση. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι τα αιθέρια έλαια, είναι αναστολείς ενζύμων και έχουν ευρεία χρήση στη βιομηχανία τροφίμων, φαρμάκων, αρωμάτων, καλλυντικών, τη σαπωνοποιεία, την κηροπλαστική κ.α. ^[1].

2.1 Πρώτες ύλες και χρήσεις των προϊόντων κανέλας



Εικόνα 6: Ξυλάκια κανέλας και γαρύφαλλα

<https://nourishingjoy.com/wp-content/uploads/2013/08/tooth-powder.jpg>

2.1.1 Ξηρή δρόγη

Η ξηρή δρόγη κανέλας, δηλαδή τα αποξηραμένα κομμάτια του φλοιού, αποτελούν το κατεξοχήν χρησιμοποιούμενο μέρος του φυτού. Έχει ευρύ πεδίο χρήσεων στη ζαχαροπλαστική, την ποτοποιία, καθώς επίσης αποτελεί βασικό συστατικό μιγμάτων μπαχαρικών για κρέας, πουλερικά κ.α. Η δρόγη, θεωρείται ότι έχει δράση αντιμικροβιακή, αντιμυκητιακή, αντισηπτική, βοηθά την πέψη ενώ είναι διεγερτική της μήτρας, γι' αυτό και θα πρέπει να αποφεύγεται κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης ^[2].

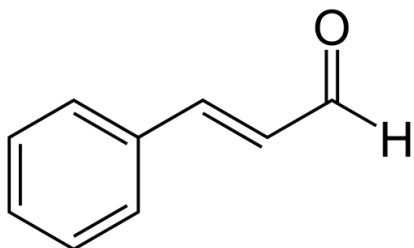
2.1.2 Αιθέριο έλαιο

Το αιθέριο έλαιο κανέλας, βρέθηκε ότι έχει, όχι μόνο αντιμικροβιακή και αντιμυκητιακή δράση ενάντια σε μικροοργανισμούς που προκαλούν αλλοίωση των τροφίμων, αλλά πληθώρα άλλων δράσεων, όπως αντιφλεγμονώδη και αντιοξειδωτική, καθώς επίσης ενισχύει τη μνήμη ^[4]. Το αιθέριο έλαιο φύλλων και φλοιού, παραλαμβάνεται με υδροατμοαπόσταξη, και χρησιμοποιείται τόσο στη φαρμακοβιομηχανία, όσο και την κοσμετολογία ^[2], ενώ πραγματοποιούνται έρευνες, για την καταπολέμηση παθογόνων βακτηρίων σε ιατρικό εξοπλισμό, όπως για παράδειγμα, την αποφυγή σχηματισμού βιομεμβράνης του βακτηρίου *Escherichia coli* σε ουροκαθετήρες ^[7].

2.1.3 Χημική σύσταση αιθέριου ελαίου

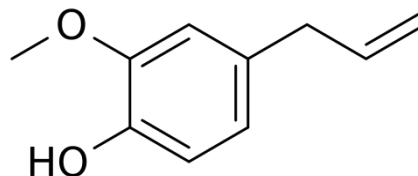
Το αιθέριο έλαιο φύλλων και φλοιού κανέλας, αποτελεί ένα μείγμα ενώσεων, που αποτελείται κυρίως από τερπένια, σεσκιτερπένια, αλδεΐδες, βλεννώδεις ουσίες κόμμι, σάκχαρα κ.α. ^[2]. Από έρευνες που διεξήχθησαν ανά τον κόσμο, παρατηρήθηκε

ότι το αιθέριο έλαιο που εξήχθη από φύλλα, είχε ως κύρια δραστική ουσία την ευγενόλη σε ποσοστό περίπου 70%, ενώ εκείνο του φλοιού, ως κύρια δραστική ουσία, παρουσιάζεται η κινναμική αλδεΐδη σε ποσοστό 75% ^[11]. Άλλες ενώσεις που εντοπίστηκαν στο αιθέριο έλαιο των φύλλων και του φλοιού κανέλας, είναι η λιναλοόλη, η 1,8-κινεόλη, το α-πινένιο, το β-καρυοφυλλένιο και άλλες ^{[5], [6]}.



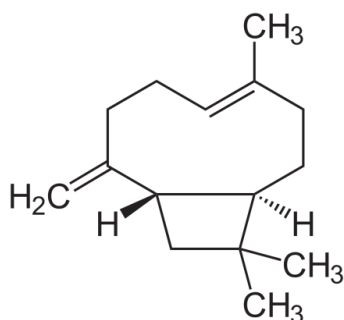
Εικόνα 7: Κινναμική αλδεΐδη

<https://en.wikipedia.org/wiki/Cinnamaldehyde>



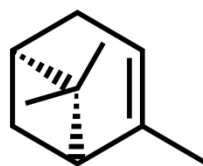
Εικόνα 8: Ευγενόλη

<https://en.wikipedia.org/wiki/Eugenol>



Εικόνα 9: β-Καρυοφυλλένιο

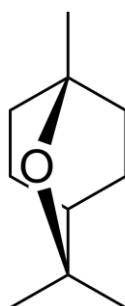
<https://en.wikipedia.org/wiki/Caryophyllene>



(+)-α-pinene (-)-α-pinene

Εικόνα 10: Ισομερή α-πινένιου

<https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha-Pinene>



Εικόνα 11: 1,8-Κινεόλη

<https://en.wikipedia.org/wiki/Eucalyptol>

2.2 Πρώτες ύλες και χρήσεις των προϊόντων γαρούφαλλου.



Εικόνα 12: Καρφάκια και τριμμένο γαρούφαλλο.

<https://www.thespruceeats.com/what-are-cloves-995621>

2.2.1 Ξηρή δρόγη

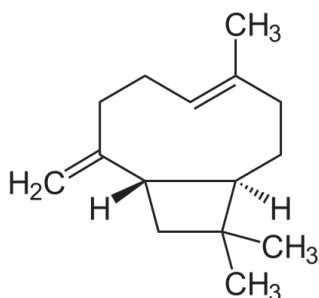
Την ξηρή δρόγη του γαρούφαλλου, αποτελούν τα αποξηραμένα, ανώριμα άνθη. Η συλλογή τους γίνεται όταν ξεκινήσει ο μεταχρωματισμός τους από κιτρινωπό σε ανοιχτό ροζ, αλλά πριν γίνουν κόκκινα και συνήθως τέσσερις φορές το χρόνο. Στο εμπόριο κυκλοφορεί είτε ως καρφάκια είτε ως σκόνη γαρούφαλλου. Χρησιμοποιείται ευρέως στη ζαχαροπλαστική και την ποτοποιία, ενώ στην Ινδονησία χρησιμοποιείται από καπνοβιομηχανίες για τον αρωματισμό τσιγάρων, καθώς επίσης χρησιμοποιείται ενάντια σε παθήσεις του στομάχου και του εντέρου. Τέλος, κατά το Μεσαίωνα, στη διάρκεια των επιδημιών πανούκλας και χολέρας, οι γιατροί της εποχής μασούσαν γαρούφαλλο κατά τη διάρκεια της επίσκεψης των ασθενών τους^[2].

2.2.2 Αιθέριο έλαιο

Το αιθέριο έλαιο γαρούφαλλου, γνωρίζει ευρείας χρήσης σήμερα. Υπάρχουν τρεις τύποι αιθέριου ελαίου, φύλλων, βλαστού και των ανώριμων ανθέων, τα οποία όλα χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων και την κοσμετολογία. Έχει μελετηθεί αρκετά ανά τον κόσμο για την αντιμυκητιακή του δράση ενάντια σε σημαντικά παθογόνα εδάφους όπως *Fusarium oxysporum*^[9], καθώς επίσης στη λαϊκή ιατρική, έχει χρησιμοποιηθεί ως αποχρεμπτικό, αντιεμετικό, αντιφλεγμονώδες και κατά της δυσπεψίας. Χάρη στις πολυάριθμες βιολογικές του δράσεις, χρησιμοποιείται σε οδοντόκρεμες, στοματικά διαλύματα, σαπούνια κ.α.^[8].

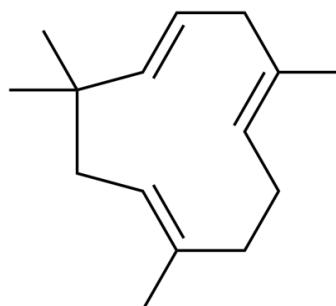
2.2.3 Χημική σύσταση αιθέριου ελαίου

Το αιθέριο έλαιο γαρύφαλλου, αποτελεί ένα μείγμα χημικών ενώσεων, με κυριότερες την ευγενόλη, με συνήθη περιεκτικότητα στο αιθέριο έλαιο από 70-75% περίπου ^{[9], [10]}, ακόμη και σε ποσοστό μέχρι και 94% ^[8], και το β-καρυοφυλλένιο. Άλλες ενώσεις που εντοπίζονται είναι η καρβόνη, το χουμουλένιο (α-χουμουλένιο ή ακαρυοφυλλένιο), eugenyl acetate κ.α.. Επίσης περιέχονται πικραντικές ουσίες σε ποσοστό 8-14% περίπου, φλαβονοειδή, στερόλες και περίπου 10% λιπαρές ουσίες ^[2].



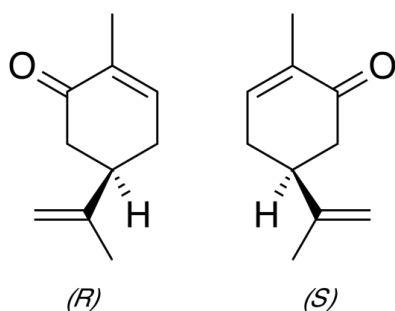
Εικόνα 13: β-καρυοφυλλένιο

<https://en.wikipedia.org/wiki/Caryophyllene>



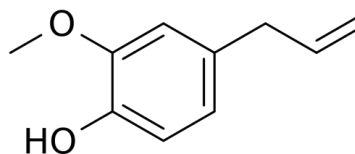
Εικόνα 14: Χουμουλένιο

<https://en.wikipedia.org/wiki/Humulene>



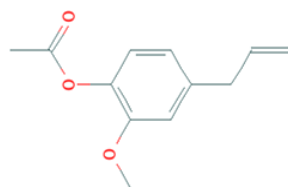
Εικόνα 15: Στερεοϊσομερή καρβόνης

<https://en.wikipedia.org/wiki/Carvone>



Εικόνα 16: Ευγενόλη

<https://en.wikipedia.org/wiki/Eugenol>



Εικόνα 17: Eugenol acetate

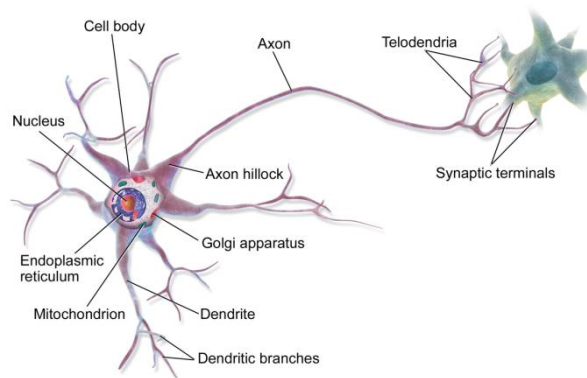
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetyleugenol>

2.3 Τα αιθέρια έλαια ως εντομοκτόνα.

2.3.1 Το νευρικό σύστημα των εντόμων.

Το νευρικό σύστημα, είναι υπεύθυνο για την πρόσληψη και μεταβίβαση των διαφόρων ερεθισμάτων, εσωτερικών και εξωτερικών, που δέχεται το έντομο κατά τη διάρκεια της ζωής του [3].

Όπως σε όλα τα είδη του ζωικού βασιλείου, το νευρικό σύστημα αποτελείται από, τους νευρώνες ή νευρικά κύτταρα, τα οποία παράγουν και μεταδίδουν το ερέθισμα και τα νευρογλοιακά κύτταρα ή κύτταρα του Schwann, τα οποία έχουν διπλό ρόλο, αυτόν της προστασίας και αυτόν της θρέψης των νευρικών κυττάρων



Εικόνα 18: Σχηματική απεικόνιση πολυπολικού νευρώνα και σύναψης.
https://en.wikipedia.org/wiki/Neural_circuit

Το νευρικό σύστημα των εντόμων διακρίνεται σε:

- Κεντρικό νευρικό σύστημα,
- Σπλαχνικό ή συμπαθητικό νευρικό σύστημα και
- Περιφερειακό νευρικό σύστημα.

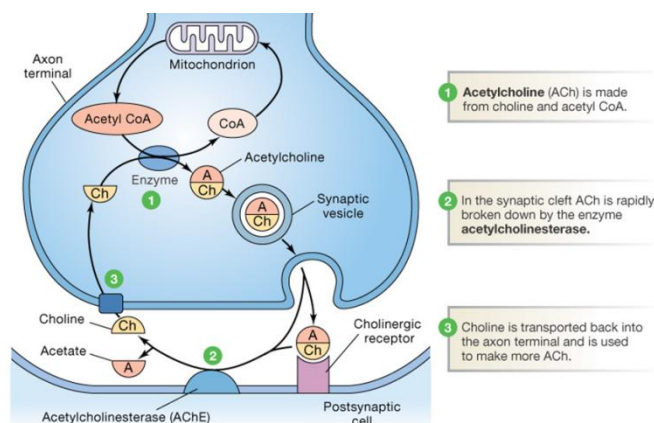
Το νευρικό σύστημα ενός εντόμου είναι υπεύθυνο για τη λήψη των διαφόρων ειδών ερεθισμάτων τόσο από το περιβάλλον του (εξωτερικά ερεθίσματα), όσο και από το ίδιο το σώμα του εντόμου (εσωτερικά), λαμβάνοντας, αξιολογώντας και αντιδρώντας ανάλογα στο είδος του ερεθίσματος. Αποτελεί δηλαδή ζωτικής σημασίας συνδετικό κρίκο μεταξύ των οργάνων αίσθησης (οφθαλμοί, κεραίες κ.α.) και των οργάνων δράσης (μύες, αδένες κ.α.) [3].

2.3.2 Λειτουργία του νευρικού συστήματος των εντόμων

Από τη στιγμή της άφιξης του ερεθίσματος, η νευρική ώση (neural impulse), αυτό θα μεταφερθεί μέσω του νευράξονα στη σύναψη (αξονική μετάδοση), δηλαδή το σημείο επαφής δύο νευρώνων. Η ταχύτητα της αξονικής μετάδοσης αυξάνεται με

τη διάμετρο του άξονα και μπορεί να φτάσει τα 3-7 m/sec, σε άξονες μεγάλης διαμέτρου [3].

Έπειτα, το ερέθισμα θα μεταδοθεί μέσω της σύναψης σε γειτονικό νευρικό ή άλλο κύτταρο (μυϊκό, αδενικό κ.λπ.) προκειμένου, είτε να συνεχιστεί η μετάδοση, είτε να συντελεστεί η κατάλληλη ενέργεια από το έντομο [3]. Η μετάδοση αυτή (συναπτική) είναι χημικής φύσεως και συντελείται μέσω ειδικών ουσιών, τους νευρομεταδότες (neurotransmitters) στους δέκτες (receptors) του γειτονικού κυττάρου.



Εικόνα 19: Σχηματική απεικόνιση μετάδοσης του νευρικού σήματος.

<https://socratic.org/questions/what-is-the-role-of-acetylcholinesterase-at-a-synapse-1>

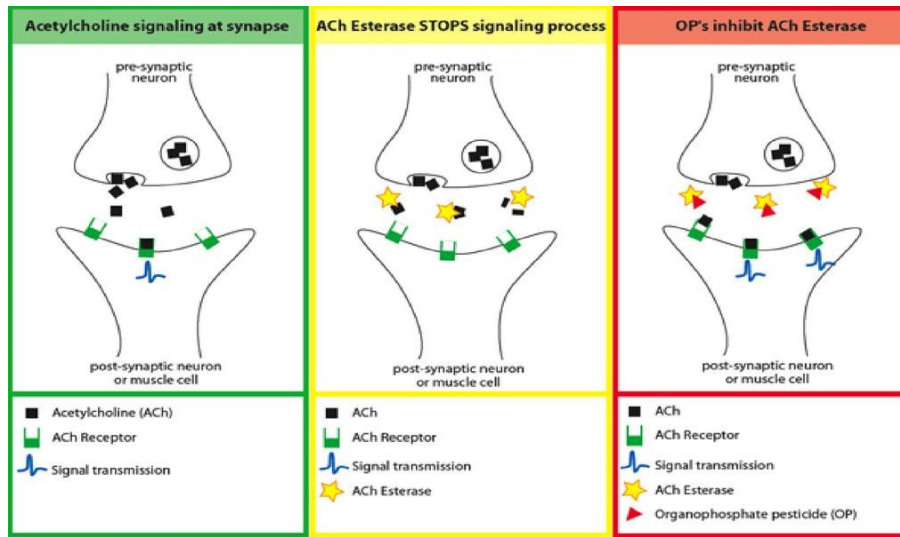
Ο πιο σημαντικός νευρομεταδότης στα έντομα είναι η ακετυλοχολίνη (ACh), για αυτό και οι συνάψεις των εντόμων ονομάζονται χολινεργικές. Η ώση μεταδίδεται μέσω της ACh, η οποία στη συνέχεια διασπάται από το ένζυμο ακετυλοχολινεστεράση (AChE), ώστε να «καθαριστεί η σύναψη και να είναι έτοιμη για μια νέα μετάδοση. Οι χημικές αντιδράσεις αυτές διαρκούν ελάχιστο χρόνο (μsec) και επαναλαμβάνονται αδιάκοπα για όσο διάστημα απαιτείται [3].

Άλλοι σημαντικοί νευροδιαβιβαστές είναι η επινεφρίνη, το Γ- αμινο-βουτυρικό οξύ GABA, η ντοπαμίνη, η γλυκίνη και η ισταμίνη. Στις μεμβράνες των άκρων των νευρικών κυττάρων, τα ιόντα Ca^{++} , Na^{+} , K^{+} και Cl^{-} παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ομαλή λειτουργία των νευροδιαβιβαστών. Έτσι μια ομοιόμορφη κατανομή των ιόντων αυτών, δημιουργεί ένα ηλεκτρικό δυναμικό στο οποίο βασίζεται η μετάδοση των νευρικών σημάτων – εντολών.

2.3.3 Μηχανισμός δράσης των αιθέριων ελαίων

Τα αιθέρια έλαια έχουν ανασταλτική δράση επί του ενζύμου της ακετυλοχολινεστεράσης (AChE), το οποίο παίζει βασικό ρόλο στη διαδικασία της νευροδιαβίβασης. Πιο αναλυτικά, ο μηχανισμός δράσης των αιθέριων ελαίων είναι παρόμοιος με εκείνο των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων, δηλαδή δρουν στο

νευρικό σύστημα. Η μετάδοση του νευρικού σήματος στα έντομα γίνεται με τους νευρομεταδότες, ο σημαντικότερος εκ των οποίων είναι η ακετυλοχολίνη (ACh).



Εικόνα 20: Μηχανισμός δράσης οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων.
<https://slideplayer.gr/slide/13796737/>

Η ACh παράγεται για να μεταφέρει το σήμα και στη συνέχεια υδρολύεται από το ένζυμο AChE, καθώς είναι τοξική για το έντομο. Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, σταματούν την παραγωγή της AChE, με συνέπεια να μη διασπά η ACh και το έντομο να πεθαίνει λόγω αδυναμίας λειτουργίας του νευρικού συστήματος.

Βιβλιογραφία

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γκουγκουλιάς, Ν., Βογιατζή-Καμβούκου, Ε. 2017. Χημικές Βιοδραστικές Ενώσεις Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών. Εκδόσεις γραμμικό, ISBN 978-960-9506-16-8.
2. Δρ. Ελένη Κ. Βογιατζή – Καμβούκου, Φαρμακευτικά και ελαιούχα φυτά, Καρυκεύματα, 2010.
3. Ηλιόπουλος, Π., Γραβάνης, Φ. 2015. Γενική Γεωργική Ζωολογία & Εντομολογία. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλίας.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

4. Active food packaging from chitosan incorporated with plant polyphenols, Ubonrat Siripatrawan, in Novel Approaches of Nanotechnology in Food, 2016
5. Ildenice Nogueira Monteiro, Odairdos Santos Monteiro 2017, Chemical composition and acaricide activity of an essential oil from arare chemotype of *Cinnamomum verum* Presl on *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae)
6. M. Vazirian , S. Alehabib 2015, Antimicrobial effect of cinnamon (*Cinnamomum verum* J. Presl) bark essential oil in cream-filled cakes and pastries
7. Prospects of Essential Oils in Controlling Pathogenic Biofilm, Huma Jafri, Iqbal Ahmad, in New Look to Phytomedicine, 2019
8. Raina, V. K., Srivastava, S. K., Aggarwal, K. K., Syamasundar, K. V., & Kumar, S. (2001). *Essential oil composition of Syzygium aromaticum leaf from Little Andaman, India. Flavour and Fragrance Journal, 16(5), 334–336.*
9. Sharma, A., Rajendran, S., Srivastava, A., Sharma, S., & Kundu, B. (2017). Antifungal activities of selected essential oils against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* 1322, with emphasis on *Syzygium aromaticum* essential oil. *Journal of Bioscience and Bioengineering, 123(3), 308–313.*
10. Srivastava, A. K., Srivastava, S. K., & Syamsundar, K. V. (2004). *Bud and leaf essential oil composition of Syzygium aromaticum from India and Madagascar. Flavour and Fragrance Journal, 20(1), 51–53*
11. T.J. Zachariah, N.K. Leela 2006 Volatiles from herbs and spices, in Handbook of Herbs and Spices, Volume 3

3. ENTOMA

3. Έντομα – εχθροί των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων.

Τα έντομα, είναι ζωικοί οργανισμοί, των οποίων τα αρχέγονα είδη υπάρχουν στον πλανήτη από πολύ πριν την εμφάνιση του ανθρώπου. Από απολιθώματα, έχει βρεθεί ότι η εξελικτική τους πορεία διαρκεί περισσότερο από πεντακόσια εκατομμύρια χρόνια, επιτελώντας ένα σπουδαίο ρόλο στη δημιουργία του ζωικού βασιλείου.

Σήμερα είναι γνωστά περισσότερα από 1.000.000 είδη της κλάσης Insecta, τα οποία αποτελούν περίπου το 75% του συνόλου των ειδών του ζωικού βασιλείου. Περίπου 300.000 είδη, είναι ο αριθμός των υπόλοιπων ζωικών ειδών, εκ των οποίων μόλις τα 15.000 είναι τα θηλαστικά.

Εκτιμάται ότι ο πραγματικός αριθμός του αριθμού ειδών εντόμων, κυμαίνεται μεταξύ 5-10 εκατομμυρίων. Από αυτά μόνο το 1% φαίνεται να σχετίζεται με τον άνθρωπο, ενώ περίπου 10.000 είδη είναι αυτά που αποκαλούνται εχθροί.

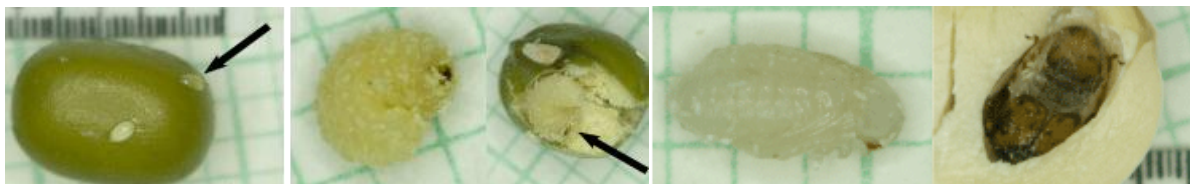
Τα έντομα υπάρχουν σε όλα τα σημεία του πλανήτη, και σε ποικιλία οικοσυστημάτων. Από αυτό και μόνο μπορεί να φανεί η άμεση συσχέτιση αυτών με τον άνθρωπο, είτε ζημιώνοντας αυτόν άμεσα (έντομα, φορείς παθογόνων μικροοργανισμών), είτε έμμεσα, προκαλώντας ζημιές στις καλλιεργούμενες εκτάσεις, είτε παρέχοντας μικρά ή μεγάλα οφέλη, με χαρακτηριστικά παραδείγματα εντόμων, αυτά της μέλισσας και του μεταξοσκώληκα, είτε τέλος συμβάλλοντας στην ισορροπία του οικοσυστήματος.

Με την ανάπτυξη και εξέλιξη του ανθρώπινου πολιτισμού, παρατηρήθηκε και αύξηση των δυσμενών επιδράσεων των εντόμων. Η αρχή της εκτεταμένης καλλιέργειας φυτών, η εκτροφή ζώων, αλλά και η δημιουργία μεγάλων αστικών κέντρων αύξησε αυτές τις δυσμενείς επιδράσεις, καθώς επίσης διευκόλυνε τα έντομα ώστε να προσβάλουν περισσότερους ανθρώπους^[1].

3.1. *Callosobruchus maculatus* F.

3.1.1 Εξωτερική μορφολογία

Το *Callosobruchus maculatus* F., ανήκει στην οικογένεια Chrysomelidae της τάξης Coleoptera. Είναι ένα κοσμοπολίτικο είδος, με πιθανή προέλευση τις χώρες της Δυτικής Αφρικής [2]. Τα ακμαία, έχουν μήκος 2.0-3.5mm.



Εικόνα 21: Αυγό, προνύμφη και νυμφικά στάδια του *C. maculatus*.
https://beanbeetles.org/new_website/wp-content/images/Figure-2-a-b.gif

Το είδος αυτό, παρουσιάζει φυλετικό διμορφισμό, δηλαδή τα θηλυκά άτομα διαφέρουν από τα αρσενικά. Έτσι, τα θηλυκά, συνήθως φέρουν σκούρα σημάδια στο μέσο των ελύτρων και πιο αχνά στο μπροστινό και πίσω άκρο αυτών, ενώ το υπόλοιπο καλύπτεται από ανοιχτό καφέ χρώμα. Τα αρσενικά έχουν λιγότερο ή και καθόλου διακριτά σημάδια στα έλυτρα. Οι κεραίες και στα δύο φύλα είναι ελαφρώς πριονωτές [6], [14].

Τέλος, υπάρχουν δύο μορφές του εντόμου, η άπτερη και η πτερωτή. Η πτερωτή μορφή, έχει και την ικανότητα να πετάει και είναι πιο συνηθισμένη σε πληθυσμούς, όπου η πυκνότητα των λαρβών, αλλά και η θερμοκρασία, είναι αυξημένες. Τα άτομα αυτά έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, αλλά χαμηλότερη γονιμότητα, καθώς επίσης ο διμορφισμός μειώνεται, δυσχεραίνοντας τον προσδιορισμό του φύλου [6].



Εικόνα 22 Ακμαία *C. maculatus*.
Αριστερά αρσενικό. Δεξιά θηλυκό.
https://sites.google.com/site/dkyogoku/_/rsrc/1488373505780/gallery/image51.png

3.1.2 Βιολογικός κύκλος

Από τη στιγμή της γονιμοποίησης, τα ενήλικα θηλυκά άτομα αρχίζουν να γεννάνε τα αυγά τους, συνήθως πάνω από 100, μεμονωμένα στην εξωτερική επιφάνεια των σπερμάτων, τα οποία καλύπτουν με μια κολλώδη ουσία. Προσβάλλουν πληθώρα καρπών, διαφόρων ειδών της οικογένειας Fabaceae (Ψυχανθή), ενδεικτικά κάποια από τα οποία είναι η *Vigna radiata* (πράσινα φασόλια), *Vigna unguiculata* (μαυρομάτικα φασόλια), *Lens culinaris* (Φακή) και άλλα.

Μετά από 5-6 μέρες, τα αυγά εκκολάπτονται, και οι προνύμφες ανοίγουν το δρόμο προς το εσωτερικό του καρπού, από την πλευρά του αυγού που έρχεται σε επαφή με το περίβλημα του σπέρματος. Η κάθε προνύμφη, τρέφεται αποκλειστικά και μόνο από ένα σπέρμα. Ο χρόνος που απαιτείται για την ανάπτυξη των λαρβών μέχρι να νυμφωθούν, επηρεάζεται από τη θερμοκρασία (Θ) και τη σχετική υγρασία ($\Sigma.Υ.$) του χώρου στον οποίο υπάρχει η προσβολή, αλλά και από το είδος των σπερμάτων που προσβάλλονται. Έτσι, όταν $\Theta=32^{\circ}\text{C}$ και $\Sigma.Υ.=90\%$, η διάρκεια αυτή, ανέρχεται σε περίπου τρεις εβδομάδες, ενώ όταν $\Theta=25^{\circ}\text{C}$ και $\Sigma.Υ.=70\%$, ο χρόνος αυξάνεται στις 36 μέρες ^[6].

Σε πραγματικές συνθήκες, τα ενήλικα άτομα, θα αρχίσουν να εμφανίζονται σε διάστημα από 3-7 συνήθως εβδομάδες, από την απόθεση των αυγών. Μόλις εμφανιστούν τα ενήλικα άτομα, χρειάζονται περίπου 24-36 ώρες για την πλήρη τους ωρίμανση. Η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται από 10-14 μέρες, ενώ σε αυτό το διάστημα δεν απαιτούν νερό ή τροφή. Συνήθως ολοκληρώνονται περίπου 6 γενεές ανά έτος, ανάλογα τις περιβαλλοντικές συνθήκες ^{[6], [14]}.

3.1.3 Ζημιές

Προσβάλλουν περισσότερο τα σπέρματα των μαυρομάτικων φασολιών (*Vigna unguiculata*), πράσινων φασολιών (*Vigna radiate*) και φασολιών adzuki (*Vigna angularis*) ^[4]. Έχει επίσης παρατηρηθεί, ότι τα έντομα αυτά αλλάζουν ξενιστή, αν γίνει κάποιος άλλος διαθέσιμος ^[6]. Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, καθώς επίσης και το είδος σπερμάτων που έχουν προσβληθεί, παίζουν καθοριστικό ρόλο στο χρόνο ανάπτυξης των προνυμφών. Έτσι, στα μαυρομάτικα φασόλια, σε θερμοκρασία 30°C και σχετικής υγρασίας 40-60%, ο βιολογικός κύκλος διαρκεί περίπου ένα μήνα, δίνοντας τη δυνατότητα στα έντομα να δημιουργήσουν περισσότερες γενεές και κατ' επέκταση προκαλώντας μεγαλύτερη ποιοτική και ποσοτική ζημιά στο προϊόν ^[4].

3.2 Sitophilus oryzae

3.2.1 Εξωτερική μορφολογία

Οι προνύμφη του *Sitophilus oryzae*, είναι σκαραβαιοειδή, άποδη με υπόλευκο έως υποκίτρινο χρώμα. Τα ακμαία, έχουν μήκος συνήθως 3-5 mm, ενώ στον προθώρακα φέρουν βοθρία (αυλακώσεις). Τα έλυτρα είναι επιμήκη, με τα μεσοδιαστήματα αυτών να είναι πιο πλατιά από τα βοθρία. Το ζεύγος πτερύγων απουσιάζει, οπότε και δεν έχουν πτητική ικανότητα. Το χρώμα τους είναι καστανό και φέρουν από δύο ανοιχτόχρωμες (κιτρινωπές) κηλίδες σε κάθε έλυτρο^{[7]. [2]}.



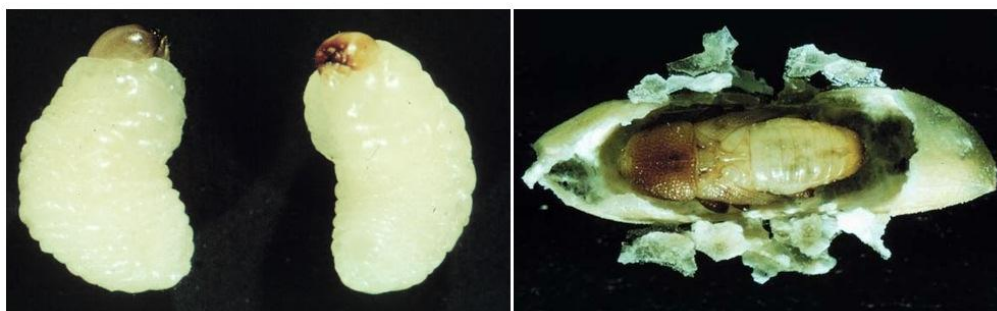
Εικόνα 23: Ακμαίο του *Sitophilus oryzae*.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sitophilus_oryzae_\(Linnaeus\)_1763_\(3546202126\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sitophilus_oryzae_(Linnaeus)_1763_(3546202126).jpg)

3.2.2 Βιολογικός κύκλος

Ο βιολογικός κύκλος του είδους σε ιδανικές συνθήκες ολοκληρώνεται, σε περίπου 40 ημέρες. Ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης, βρέθηκε ότι είναι 22-25°C, ενώ αν η θερμοκρασία είναι μικρότερη των 12°C, η ανάπτυξη του σταματάει. Συνήθως ολοκληρώνει 4-5 γενεές ανά έτος.

Το θηλυκό αποθέτει τα αυγά στο εσωτερικό του σπόρου αφού πρώτα τον διανοίξει. Κατά τη διάρκεια της ζωής του μπορεί να γεννήσει πάνω από 150 αυγά. Η προνύμφη αναπτύσσεται κρυμμένη μέσα σε κοιλοτήτες στους σπόρους κυρίως σιτηρών.



Εικόνα 24: *Sitophilus oryzae* L, Προνύμφη αριστερά, Πλαγγόνα δεξιά..

http://spiru.cgahr.ksu.edu/db/insect/search_results.asp?family_id=33&genus_id=&genus_name=

<https://www.ozanimals.com/Insect/Rice-Weevil/Sitophilus/oryzae.html>

Στις προνύμφες υπάρχει το φαινόμενο του κανιβαλισμού, όπου οι πιο ανεπτυγμένες προνύμφες τρέφονται με τις μικρότερες και πιο αδύναμες. Όταν η προνύμφη ολοκληρώσει την ανάπτυξή της, περνά από το στάδιο της πλαγγόνας, διαδικασία που διαρκεί λίγες μέρες. Τα ενήλικα άτομα συνεχίζουν να τρέφονται με σιτηρά και η διάρκεια ζωής τους δεν ξεπερνά τους 8 μήνες ^{[2], [3]}.

3.2.3 Ζημιές

Ζημιές σε αποθηκευμένα προϊόντα προκαλούν τόσο οι προνύμφες, όσο και τα ακμαία. Οι προσβολές περιλαμβάνουν μια ευρεία γκάμα σπόρων σιτηρών και κάποιων παράγωγων αυτών, όπως σιτάρι, σίκαλη, κριθάρι, σόργο και αμυλούχα τρόφιμα όπως ξερό ψωμί, ζυμαρικά και φρυγανιές. Μπορούν επίσης να τραφούν με άλευρα, πλιγούρι και πίτουρα και σε σπάνιες περιπτώσεις με όσπρια και αμύγδαλα, χωρίς όμως να καταφέρνουν να επιβιώσουν σε αυτά τα προϊόντα ^[2].

3.3 *Stegobium paniceum* L.

3.3.1 Εξωτερική μορφολογία

Το *Stegobium paniceum* L., ανήκει στην οικογένεια Anobiidae, της τάξης Coleoptera. Οι προνύμφες, σε πλήρη ανάπτυξη φτάνουν μέχρι 5mm περίπου σε μήκος, με τοξοειδές σώμα. Το χρώμα τους είναι υπόλευκο με κοντές τρίχες, και η κεφαλή ανοιχτού καστανού χρώματος.

Τα ακμαία, έχουν σώμα ωοειδές και μήκος 2-4mm. Οι κεραίες καταλήγουν σε τρία επιμηκυμένα άρθρα. Το χρώμα τους είναι καστανοκόκκινο, και φέρουν τρίχες σε όλο το σώμα. Στα έλυτρα, φέρουν παράλληλες κατά μήκος ραβδώσεις, κι επιπλέον ο προθώρακας, σε πλάγια όψη είναι έντονα κυρτωμένος^{[2], [8]}.



Εικόνα 25: Ακμαίο *Stegobium paniceum* L.
https://en.wikipedia.org/wiki/Drugstore_beetle

3.3.2 Βιολογικός κύκλος

Τα θηλυκά, εναποθέτουν από 20-100 ωά συνήθως, μεμονωμένα ή σε μικρές ομάδες στο προϊόν. Οι νεοεκκολουθέντες προνύμφες, έχουν μέγεθος τέτοιο που τους επιτρέπει να εισέλθουν στο αποθηκευμένο προϊόν, ακόμη και όταν αυτό είναι συσκευασμένο. Οι προνύμφες τρέφονται με μεγάλη ποικιλία αποθηκευμένων προϊόντων ανοίγοντας στοές, υποβαθμίζοντας ποιοτικά (δευτερογενείς μολύνσεις) και ποσοτικά αυτά. Ο βιολογικός τους κύκλος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία και σχετική υγρασία του περιβάλλοντος. Στους 30°C και 60-90% σχετική υγρασία διαρκεί περίπου 40 μέρες και συνήθως ολοκληρώνουν 1-4 γενεές ανά έτος. Τα ακμαία δεν τρέφονται^{[2], [13]}.



Εικόνα 26: Στάδια ανάπτυξης του *Stegobium paniceum*.
<https://pestclue.com/drugstore-beetles-facts-infestation-and-how-to-get-rid-of-it/>

3.3.3 Ζημιές

Αποτελεί σημαντικό εχθρό σε κατοικίες αλλά και αποθήκες τροφίμων. Απαντάται συχνά σε ζυμαρικά, αλλά μπορεί να τραφεί από ένα ευρύ φάσμα τροφών όπως άλευρα, σπόροι σιτηρών, μπαχαρικά, ξηρούς καρπούς, φάρμακα, παλιά βιβλία και άλλα^{[2], [8]}.

3.4 Tenebrio molitor

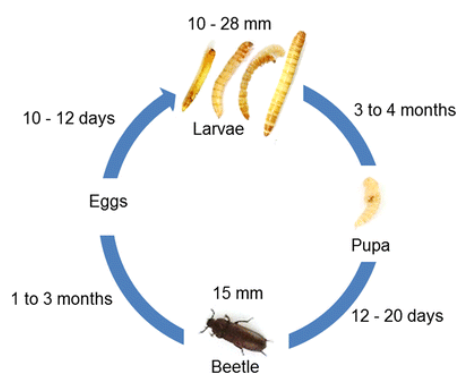
3.4.1 Εξωτερική μορφολογία



Εικόνα 27: Μορφολογία των σταδίων ανάπτυξης του *Tenebrio molitor* L.
<http://www.freenatureimages.eu/animals/Coleoptera,%20Kevers,%20Beetles/Tenebrio%20molitor,%20Yellow%20Mealworm/index.html>

Το είδος *Tenebrio molitor* L., κοινώς το «Μεγάλο σκαθάρι των αλεύρων», είναι ένα σκαθάρι, της οικογένειας Tenebrionidae, της τάξης Coleoptera. Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα έντομα αποθηκών. Οι προνύμφες, σε πλήρη ανάπτυξη, έχουν μήκος συνήθως 25-30mm, κυλινδρικό σώμα και χρώμα κιτρινευθρο έως ανοιχτό καφέ. Τα ακμαία, φτάνουν σε μήκος τα 12-20mm περίπου. Τα ακμαία που μόλις έχουν περάσει το στάδιο της νύμφης έχουν ανοιχτό καστανό χρώμα, ενώ όσο ωριμάζουν γίνεται πιο σκούρο και μπορεί να είναι και σχεδόν μαύρα, πάντα γυαλιστερά. Το κάθε έλυτρο φέρει πέντε παράλληλες, κατά μήκος γραμμώσεις.

3.4.2 Βιολογικός κύκλος



Εικόνα 28: Βιολογικός κύκλος του *T. Molitor*
Ong, S. Y., Zainab-L, I., Pyary, S., & Sudesh, K. (2018), A novel biological recovery approach for PHA employing selective digestion of bacterial biomass in animals

Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου, εξαρτάται από το είδος της τροφής, αλλά και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσονται οι προνύμφες και τα ακμαία^[9].

Τα θηλυκά, γεννούν τα αυγά τους, τα οποία είναι λευκά και σφαιρικά, μεμονωμένα ή σε μικρές ομάδες. Κατά τη διάρκεια της ζωής των θηλυκών ατόμων, ο αριθμός των αυγών που μπορούν να εναποθέσουν, μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 500. Συνήθως όμως ο αριθμός αυτός είναι μικρότερος, φτάνοντας μέχρι τα 270

περίπου αυγά ^{[3], [10]}.

Οι νεαρές προνύμφες μετά την εκκόλαψη τους, αρχίζουν να τρέφονται διανοίγοντας στοές μέσα στο προϊόν, αποφεύγοντας την έκθεση στο φως. Η διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης ποικίλλει, ανάλογα τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, σε 160-180 περίπου μέρες στους 28°C, ενώ ο χρόνος αυτός αυξάνεται στις 300-350 μέρες, κάτω από τις ιδανικές συνθήκες. Είναι ανθεκτικές στην ξηρασία και την έλλειψη τροφής, καθώς επίσης και στις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, σε αντίθεση με τα ακμαία. Οι προνύμφες θα πραγματοποιήσουν μέχρι και 20 εκδύσεις, με πιο συνηθισμένο αριθμό εκδύσεων από 9-12, μέχρι να μεταπηδήσουν στο επόμενο στάδιο της νύμφωσης όπου ούτε κινούνται, ούτε τρέφονται ^{[3], [10]}.

3.4.3 Ζημιές

Συναντάται κυρίως σε σκοτεινά σημεία αποθηκών, αλευρόμυλων και γενικά όπου υπάρχουν τροφές πλούσιες σε άμυλο, όπως μακαρόνια, αρτοσκευάσματα κ.α. Προκαλεί ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των προϊόντων, μέσω των εκδύσεων και των αποχωρημάτων που αφήνουν στα τρόφιμα ^[2].

3.5 Tribolium confusum

3.5.1 Εξωτερική μορφολογία

Το είδος *Tribolium confusum* J. du Val, ανήκει στην οικογένεια Tenebrionidae, της τάξης Coleoptera. Τα ακμαία, έχουν στενόμακρο σώμα, μήκος 3-5mm και χρώμα συνήθως καστανοκόκκινο ή σκούρο καφέ. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του είδους αποτελούν οι κεραίες, που το διαφοροποιούν από το *T. castaneum*, οι οποίες, πλαταίνουν βαθμιαία από τη βάση προς το άκρο, χωρίς να σχηματίζουν ρόπαλο, όπως συμβαίνει στο *T. castaneum*. Οι προνύμφες, φτάνουν τα 5-6mm σε μήκος, το χρώμα τους είναι υπόλευκο ή ανοιχτό καφέ, ενώ φέρουν πεταλοειδή απόφυση στο άκρο της κοιλίας, χαρακτηριστική του είδους^{[2], [12]}.



Εικόνα 29: Κεραίες των *Tribolium castaneum* (αριστερά) και *T. confusum* (δεξιά).
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tribolium_castaneum_\(Herbst,_1797\)__\(32875109665\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tribolium_castaneum_(Herbst,_1797)__(32875109665).png), <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5314097>

3.5.2 Βιολογικός κύκλος

Το *T. confusum*, συναντάται κυρίως σε εύκρατες περιοχές. Η διάρκεια ζωής των ενήλικων ατόμων, διαρκεί αρκετούς μήνες, ενώ μπορεί να φτάσει μέχρι και τα δύο χρόνια. Η διαχείμαση πραγματοποιείται μέσα στα άλευρα ή τους σπόρους των ξηνιστών τους. Ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης του είδους χαρακτηρίζονται από θερμοκρασία μεταξύ 28-30°C και σχετικής υγρασίας 70-90%. Συνήθως συμπληρώνουν 3-5 γενεές ανά έτος^[2].

3.5.3 Ζημιές

Τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες είναι παμφάγα και προσβάλλουν πληθώρα αποθηκευμένων προϊόντων, όπως δημητριακά και τα παράγωγα αυτών, αραχίδες, κεχρί, σοκολάτα, φαρμακευτικά προϊόντα, ζωοτροφές και άλλα. Σε σπασμένους σπόρους έχει παρατηρηθεί ταχύτερη ανάπτυξη, καθώς το περισπέρμιο φαίνεται να λειτουργεί ως περιοριστικός παράγοντας στην είσοδο των εντόμων, εντός του σπόρου^[2].

3.6 *Trogoderma granarium*

3.6.1 Εξωτερική μορφολογία



Εικόνα 30: Προνύμφη (κάτω) και ακμαίο (πάνω) του *Trogoderma granarium* E.

<https://pdfs.semanticscholar.org/cbcc/202390a98b98318055788686be47c47eb29d.pdf>

Οι προνύμφες έχουν μήκος περίπου 5mm και χρώμα από κίτρινο έως ανοιχτό καστανό. Φέρουν σε όλο τους το σώμα μακριές και λεπτές ανοιχτόχρωμες τρίχες, ενώ στο πίσω άκρο της κοιλίας σχηματίζεται αραιός θύσανος.

Τα ενήλικα άτομα έχουν μήκος περίπου 3mm, σχήμα ωοειδές και χρώμα καστανό. Τα έλυτρά τους είναι σκουρόχρωμα με σχεδόν λευκές τρίχες και παρόλο που φέρουν μεμβρανώδεις πτέρυγες (οπίσθιες πτέρυγες), δεν πετούν. Παρατηρείται ότι τα θηλυκά άτομα του είδους να είναι μεγαλύτερα από τα αρσενικά ^[2].

3.6.2 Βιολογικός κύκλος

Ο βιολογικός τους κύκλος διαρκεί περίπου 18 ημέρες σε ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (35°C, και 73% Σ. Υ.). Σε χαμηλότερη θερμοκρασία και υπό συνθήκες έλλειψης τροφής αυτός μπορεί να διαρκέσει παραπάνω από ένα έτος.

Τα ενήλικα θηλυκά εναποθέτουν τα αυγά τους στους χώρους μεταξύ των σπόρων. Οι προνύμφες, μετά την εκκόλαψή τους, τρέφονται με θρυμματισμένους ή χαλασμένους σπόρους, ενώ καθώς αναπτύσσονται μπορούν να τραφούν με ολόκληρους σπόρους (σιτηρά και καλαμπόκι) και να τους καταστρέψουν. Οι προνύμφες πραγματοποιούν πολλές εκδύσεις, και περνάνε από 5-15 περίπου ηλικιακά στάδια, που υποδηλώνει τη παρουσία του είδους στα αποθηκευμένα τρόφιμα.

Το στάδιο της νύμφωσης πραγματοποιείται εντός του τελευταίου εξωσκελετού της προνύμφης. Τα ενήλικα ζουν για μικρό χρονικό διάστημα. Στο διάστημα αυτό, πολύ σπάνια τρέφονται ή πίνουν νερό, όπως στα προηγούμενα στάδια, αλλά τρέφονται κυρίως με νέκταρ λουλουδιών και γύρη ^{[2], [3]}.



Εικόνα 31: Στάδια του βιολογικού κύκλου του *Trogoderma granarium*.
<https://www.planthealthaustralia.com.au/wp-content/uploads/2013/03/Khapra-Beetle-CP-2005.pdf>
https://en.wikipedia.org/wiki/Khapra_beetle

2.6.3 Ζημιές

Οι προνύμφες, σε αντίθεση με τα άλλα Dermestidae, τρέφονται με σιτηρά και καλαμπόκι προκαλώντας σοβαρή ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση του προϊόντος. Έχει παρατηρηθεί ότι αποτελεί σημαντικό εχθρό, άλλων εχθρών που προσβάλλουν τα παραπάνω προϊόντα, καθώς οι προνύμφες τρέφονται με φυτικά αλλά και ζωικά προϊόντα (παμφάγες). Είναι ένα πολυφάγο είδος, με προτίμηση στους ελαιούχους πλακούντες, τους σπόρους και τα προϊόντα αυτών ^[2].

Βιβλιογραφία

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ηλιόπουλος Π., Γραβάνης Φ. 2015. Γενική Γεωργική Ζωολογία & Εντομολογία. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλίας.
2. Ναβροζίδης Ι. Εμμανουήλ, Ανδρεάδης Σ. Στέφανος. 2012. Ειδική Γεωργική Εντομολογία. Εκδόσεις COPY CITY ΕΠΕ, ISBN 978-960-9551-02-1.
3. Σταμόπουλος, Δ. Κ. 2008. Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

4. Beck, C.W., Blumer, L.S. (2013). Life Cycle of Bean Beetles, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae).
5. BRUNO M., D. TRAN AND PETER F. CREDLAND, 1995, Consequences of inbreeding for the cowpea seed beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Bruchidae).
6. Christopher W. Beck and Lawrence S. Blumer Department of Biology, 2014, A Handbook on Bean Beetles, *Callosobruchus maculatus*.
7. David Rees. 2004. Insects of stored products. Csiro publishing, Australia, σελ.46-48,112-132.
8. Hedges, Stoy & Lacey, Dr. Mark, Field Guide for the Management of Structure Infesting Beetles, Volume II: Stored Product Beetle/Occasional & Overwintering Beetles, Franzak & Foster Co., 1996, pp. 95-96.
9. 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.
10. Ong S. Y., Zainab-L. I., Pyary S. & Sudesh K. (2018). A novel biological recovery approach for PHA employing selective digestion of bacterial biomass in animals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(5), 2117–2127. doi:10.1007/s00253-018-8788-9.
11. Venkidusamy M., Jagadeesan R., Nayak M. K., Subbarayalu M., Subramaniam C., & Collins, P. J. (2017). *Relative tolerance and expression of resistance to phosphine in life stages of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus*.*

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

12. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/beetles/red_flour_beetle.htm
13. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/stored/drugstore_beetle.htm
14. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/10987#0F03C8B3-37CB-41C9-AFFB-7EF14216BBC6>

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Εισαγωγή.

Περισσότερα από 600 είναι τα είδη σκαθαριών, τα οποία προκαλούν ποσοτικές και ποιοτικές απώλειες σε μεγάλη ποικιλία αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων, προκαλώντας έτσι, προβλήματα στον έλεγχο ποιότητας στις βιομηχανίες τροφίμων^[1].

Λόγω της επαναλαμβανόμενης χρήσης συνθετικών εντομοκτόνων, (καρβαμιδικά, οργανοφωσφορικά, κ.α.) αν και αρχικά ήταν αποτελεσματική, εμφάνισε πολλές αρνητικές επιπτώσεις, οδηγώντας σε περιβαλλοντικούς κινδύνους και βιοχημικές αλλαγές σε οργανισμούς, μη στόχους^[2]. καθώς επίσης και την ανάπτυξη ανθεκτικότητας, έναντι μεγάλου αριθμού χημικών σκευασμάτων, στα περισσότερα έντομα – εχθρούς των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων^[3]. Ως εκ τούτου, είναι αναγκαία η ανάπτυξη ασφαλών εναλλακτικών λύσεων, με δυνατότητα αντικατάστασης των χημικών/συνθετικών εντομοκτόνων με φυτικά σκευάσματα.

Στα πλαίσια της Ολοκληρωμένης Αντιμετώπισης/Καταπολέμησης εντόμων εχθρών, η χρήση φυτικών προϊόντων (αιθέρια έλαια, ενθυλακωμένα έλαια, κ.α.) γνωρίζει ιδιαίτερη άνθιση τα τελευταία χρόνια. Η υπολλειμματικότητα που εντοπίζεται στα γεωργικά προϊόντα, λόγω της αλόγιστης χρήσης συνθετικών χημικών εντομοκτόνων, δημιούργησε την ανάγκη για εύρεση και χρήση φιλικότερων ουσιών^[4]. Κάποια από τα συστατικά των αιθέριων ελαίων, δρουν είτε ως αναστολείς της ανάπτυξης των εντόμων ή της αναπαραγωγής, είτε διαταράσσουν τις διατροφικές τους συνήθειες, είτε λειτουργούν ως απωθητικά ή τέλος ως εντομοκτόνα^[5].

Τα αιθέρια έλαια αρκετών φυτών εφαρμόζονται ως φυσικά εντομοκτόνα, λόγω των πτητικών ιδιοτήτων των συστατικών τους, δρώντας καπνιστικά στα έντομα, προβαίνοντας έτσι στην καταπολέμησή τους. Η ανάγκη εύρεσης φιλικότερων στο περιβάλλον και τον άνθρωπο φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων, οδήγησε στη μελέτη της καπνιστικής δράση αιθέριων ελαίων περισσότερων από 75 είδη φυτών πολλών σημαντικών οικογενειών όπως η Anacardiaceae, η Apiaceae, η Araceae, η Asteraceae, η Brassicaceae, η Chemopodiaceae, η Cupressaceae, η Lamiaceae, η Lauraceae, η Liliaceae, η Myrtaceae, η Pinaceae, η Poaceae, η Rutaceae και η Zingiberaceae^[6].

Τα έντομα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη, φαίνεται πως έχουν μελετηθεί σε περιορισμένη έκταση, ως προς την ευαισθησία τους σε ατμούς αιθέριων ελαίων. Τα έντομα αυτά είναι: το *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Chrysomelidae), ο *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae), το *Stegobium*

paniceum L. (Coleoptera: Anobiidae), το *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), το *Tribolium confusum* J. du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) και το *Trogoderma granarium* E. (Coleoptera: Dermestidae). Τα παραπάνω είδη, αποτελούν κάποιους από τους σημαντικότερους εχθρούς πολλών αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων (σιτηρών, οσπρίων και των προϊόντων τους), τόσο στην Ελλάδα όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, χρησιμοποιήθηκε αιθέριο έλαιο γαρύφαλλου και κανέλας, για χρήση ως καπνιστικό.

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής, είναι η μελέτη της επίδρασης των αιθέριων ελαίων του γαρύφαλλου και της κανέλας στη θνησιμότητα προνυμφών και των ακμαίων των προς μελέτη εντόμων, σε ποικίλες δόσεις και χρόνους έκθεσης, καθώς και η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των δύο αιθέριων ελαίων μεταξύ τους.

4.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.2.1 Εκτροφή εντόμων

Στο πείραμα, το οποίο πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Φυτοπροστασίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις βιοδοκιμές χρησιμοποιήθηκαν από τις εκτροφές του εργαστηρίου, ακμαία του *Callosobruchus maculatus*, ακμαία του *Sitophilus oryzae*, ακμαία του *Stegobium paniceum*, ακμαία και προνύμφες του *Tenebrio molitor*, ακμαία και προνύμφες του *Tribolium confusum* και προνύμφες του *Trogoderma granarium*. Τα παραπάνω προήλθαν από εκτροφές του ίδιου εργαστηρίου οι οποίες διατηρούνται εκεί από το 2008. Οι εκτροφές πριν τις επεμβάσεις διατηρούνται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας 27°C, σχετική υγρασία 60-70%, σε πλήρες σκοτάδι, εντός θαλάμων ελεγχόμενων συνθηκών. Η τροφές που χρησιμοποιήθηκαν για τις εκτροφές αποτελούνταν από μείγμα σιταριού, πίτουρου και νιφάδων βρόμης ενώ για το *Callosobruchus maculatus* χρησιμοποιήθηκαν μαυρομάτικα φασόλια (*Vigna unguiculata* L., οικ. Fabaceae).

4.2.2 Αιθέρια έλαια και χημική ανάλυση



Εικόνα 34: Εργαστηριακός εξοπλισμός
(Από προσωπικό αρχείο)

Για τις βιοδοκιμές, χρησιμοποιήθηκαν αιθέρια έλαια γαρύφαλλου και κανέλας του εμπορίου. Η ανάλυση της χημικής σύστασης του αιθέριου ελαίου γαρύφαλλου, είχε ως κύρια δραστική ουσία την ευγενόλη σε ποσοστό 88,6%, ενώ της κανέλας E-Cinnamaldehyde σε ποσοστό 60,41%. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται αναλυτικά η σύσταση των δύο αιθέριων ελαίων.

Πίνακας 1: Ανάλυση αιθέριου ελαίου κανέλας του εμπορίου

Χημικές ενώσεις	> 0.1%	Χημικές ενώσεις	> 0.1%
E-Cinnamaldehyde	60.41	Equilin	0.91
Linalool	6.46	Benzyl benzoate	0.65
O-methoxycinnamaldehyde	3.63	α -Phellandrene	0.54
β -Caryophyllene	3.50	Hexagerman	0.48
1,8-Cineole	3.32	Coumarine	0.43
Eugenol	3.19	α -Copaene	0.34
P-cymene	2.85	Caryophyllene oxide	0.34
α -Pinene	2.18	Z-Cinnamaldehyde	0.29
E-Cynnamyl acetate	2.01	α -Humulene	0.27
Myrcene	1.03	Camphene	0.14
δ -3-Carene	0.94		

Πίνακας 2: Ανάλυση αιθέριου ελαίου γαρύφαλλου του εμπόρου

Χημικές ενώσεις	> 0.1%	Χημικές ενώσεις	> 0.1%
Eugenol	88.6%	Humulenol	0.3%
Eugenyl acetate	5.6%	α -humulene	0.2%
β -caryophyllene	1.9%	Calacorene	0.1%
2-heptanone	0.9%	Calamenene	0.1%
Ethyl hexanoate	0.6%		

4.2.3 Διενέργεια πειραμάτων

Κατά τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης, μετρήθηκε το ποσοστό θνησιμότητας και απώθησης των εντόμων κατά τη έκθεση τους σε ατμούς των δύο αιθέριων ελαίων, καθώς μελετήθηκαν οι κύριες επιδράσεις και αλληλεπιδράσεις των παρακάτω παραγόντων:

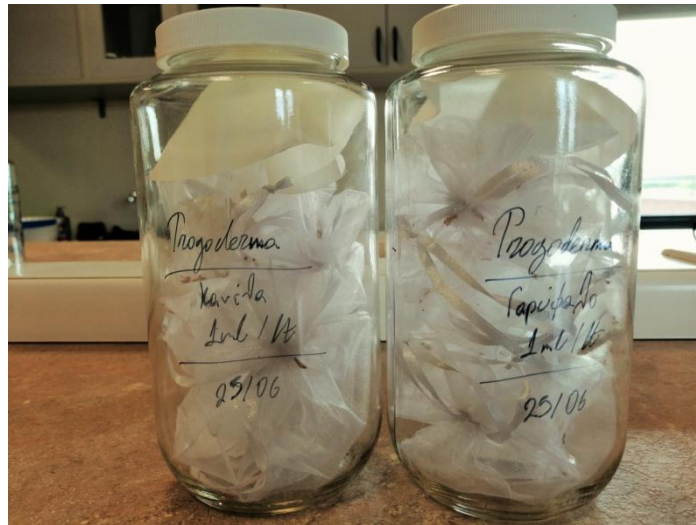
- ⌘ Χρόνος έκθεσης 6 και 12 ώρες 1, 3, 5 και 7 ημέρες για την καπνιστική δράση και 2 και 4 ώρες για τη μελέτη της απωθητικής δράσης,
- ⌘ η δόση του αιθέριου ελαίου, η οποία κυμάνθηκε από 10μl/lit για την μελέτη της απωθητικής δράσης και από 10μl/lit έως 2000μl/lit για τη μελέτη της καπνιστικής δράσης,
- ⌘ το στάδιο ανάπτυξης (προνύμφη ή ακμαίο ή και τα δύο στάδια) και
- ⌘ το είδος αιθέριου ελαίου (γαρύφαλλο και κανέλα εμπορίου).

Κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων συλλέγονταν 10 άτομα από τις εκτροφές σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο και τοποθετούνταν σε τούλινα σακουλάκια για τη μελέτη της καπνιστικής δράσης ή τρυβλία Petri για την απωθητική δράση. Κάθε επέμβαση είχε 9 επαναλήψεις και 1 μάρτυρα (πανομοιότυπο τρυβλίο ή τούλινα σακουλάκια στην ίδια θερμοκρασία, χωρίς έκθεση στο αιθέριο έλαιο), με συνολικά 100 άτομα ανά επέμβαση. Τα 9 σακουλάκια (επαναλήψεις) τοποθετούνταν σε αεροστεγή βάζα 1lt μέσα στα οποία τοποθετούνταν διηθητικό χαρτί Whatman No1, διαμέτρου 12cm στα οποία προηγουμένως είχε εμποτιστεί η επιθυμητή ποσότητα αιθέριου ελαίου 10μl, 50μl, 500 μl, 1000 μl και 2000 μl. Ο μάρτυρας τοποθετούνταν επίσης σε όμοιο αεροστεγές βάζο 1lt, χωρίς όμως την προσθήκη διηθητικού χαρτιού με αιθέριο έλαιο. Τα βάζα χρησιμοποιήθηκαν ως θάλαμοι καπνισμού και διατηρήθηκαν σε σκιερό μέρος σε θερμοκρασία δωματίου (από 6 ώρες έως 7 μέρες) σύμφωνα με τον πειραματικό σχεδιασμό. Με τη συμπλήρωση του επιθυμητού χρόνου έκθεσης τα βάζα αποσφραγίζονταν και γινόταν καταμέτρηση ζωντανών και νεκρών εντόμων σε κάθε σακουλάκι.

Για τη μελέτη της απωθητικής δράσης, χρησιμοποιήθηκαν τρυβλία Petri, όπου κάθε επέμβαση αποτελούνταν από 9 επαναλήψεις και 1 μάρτυρα, με συνολικό αριθμό 100 ατόμων ανά επέμβαση. Ένα φύλλο διηθητικού χαρτιού Whatman No1, κόπηκε στη μέση και κάθε ήμισυ κομμάτι σημειώθηκε ως C (μάρτυρας) και T (επέμβαση), όπου σε εκείνο της επέμβασης έγινε προσθήκη διαλύματος αιθέριου ελαίου σε αιθυλική αλκοόλη, με τελική συγκέντρωση στο τρυβλίο 10μl/lι. Τα κομμάτια του διηθητικού χαρτιού τοποθετήθηκαν στον πυθμένα των τρυβλίων, στη συνέχεια εισήχθησαν τα έντομα και έκλεισαν με χαρτοταινία, επιτρέποντας την ανταλλαγή αερίων. Η μέτρηση της απωθητικής δράσης πραγματοποιήθηκε μετά από 2 και 4 ώρες από την εφαρμογή.



Εικόνα 35: Τούλινο σακουλάκι με τροφή και 10 από τα έντομα που εξετάστηκαν στην καπνιστική βιοδοκιμή.
Από προσωπικό αρχείο.



Εικόνα 36: Βάζα κλεισμένα αεροστεγώς που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη της καπνιστικής δράσης.
(Από προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 37: Τρυβλίο μελέτης απωθητικής δράσης.
(Από προσωπικό αρχείο)

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

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

Βιβλιογραφία

1. Yang F.-L., Zhu F., Lei C.-L., 2010, Garlic essential oil and its major component as fumigants for controlling *Tribolium castaneum* (Herbst) in chambers filled with stored grain, *Journal of Pest Science*, 83:311–317.
2. Isman M., 2006, Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45–66.
3. 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.
4. Yallappa Rajasheker, Nandagopal Bakthavatsalam, Thimmappa Shivanandappa, 2012. Botanicals as grain protectants. *A journal of entomology*. p 1-13.
5. Ashwin Trivedi, Natasha Nayak, Jitendra Kumar, 2018. Recent advances and review on use of botanicals from medicinal and aromatic plants in stored grain pest management. *Journal of entomology and zoology studies*, p 295-300.
6. Rajendran S. and Sriranjini V., 2008, Review, Plant products as fumigants for stored-product insect control, *Journal of Stored Products Research*, 44, 126–135.

Κεφάλαιο 5

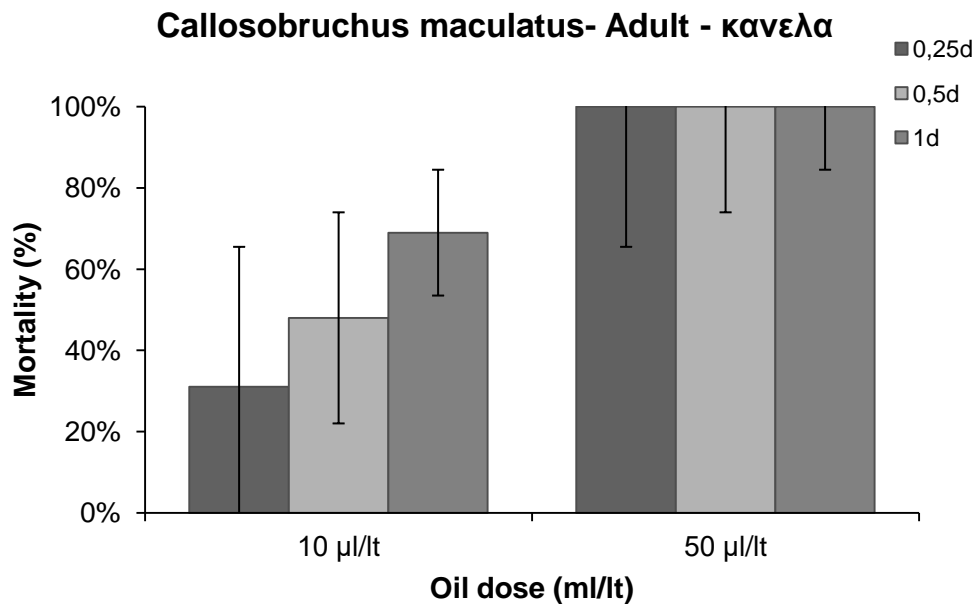
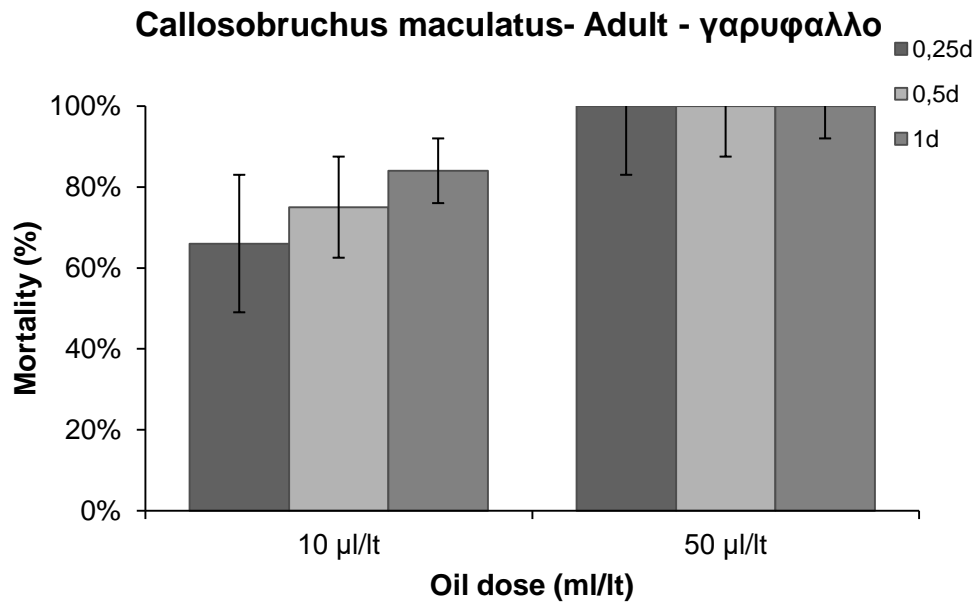
5.1 Αποτελέσματα

Στα Διαγράμματα 1-5 απεικονίζεται η μέση θνησιμότητα % των ειδών των εντόμων που εκτέθηκαν στα αιθέρια έλαια του γαρύφαλλου και της κανέλας. Στα Διαγράμματα 6-8 απεικονίζεται η μέση απωθητικότητα των προς μελέτη εντόμων.

Τα δύο αιθέρια έλαια παρουσίασαν σημαντική εντομοτοξική δράση (Πίνακες 1 και 2) στο σύνολο των επεμβάσεων, ενώ η τοξικότητά τους φαίνεται να είναι όμοια. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι η θνησιμότητα των εντόμων, τόσο ακμαίων όσο και των προνυμφών, αυξήθηκε κυρίως όσον αφορά τον χρόνο έκθεσης τους στα αιθέρια έλαια ενώ τα ακμαία του *Callosobruchus maculatus* παρουσίασαν τη μικρότερη ανθεκτικότητα ακόμη και στη μικρότερη δόση εφαρμογής.

Callosobruchus maculatus (ακμαία).

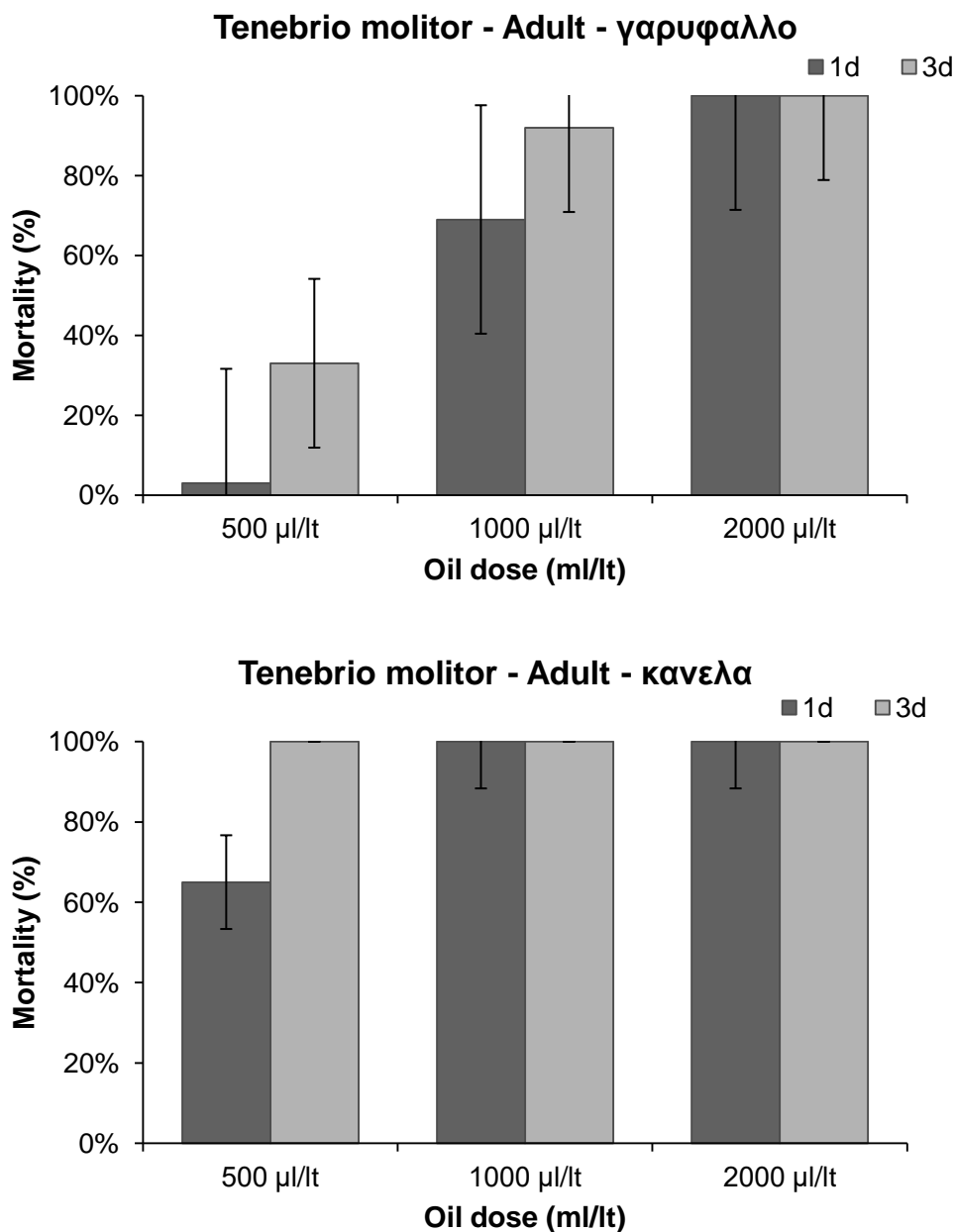
Τα ακμαία του *Callosobruchus maculatus*, παρουσίασαν μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμότητας (Διάγραμμα 1) όταν εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο γαρύφαλλου, σε σχέση με εκείνο της κανέλας, για τη μικρότερη συγκέντρωση των 10μl/lτ αέρα, καθώς επίσης ο χρόνος έκθεσης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη θνησιμότητα αφού παρατηρήθηκε ποσοστό θνησιμότητας άνω του 30% από τις πρώτες 6 ώρες έκθεσης στο αιθέριο έλαιο κανέλας και 66% για το αιθέριο έλαιο γαρύφαλλου. Στη συγκέντρωση των 50μl/lτ αέρα, αιθέριου ελαίου παρατηρήθηκε 100% θνησιμότητα από τις πρώτες 6 ώρες έκθεσης και στα δύο αιθέρια έλαια.



Διάγραμμα 1: Μέση θνησιμότητα % των ακμαίων του *Callosobruchus maculatus* μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο κανέλας και γαρύφαλλου.

Tenebrio molitor (ακμαία).

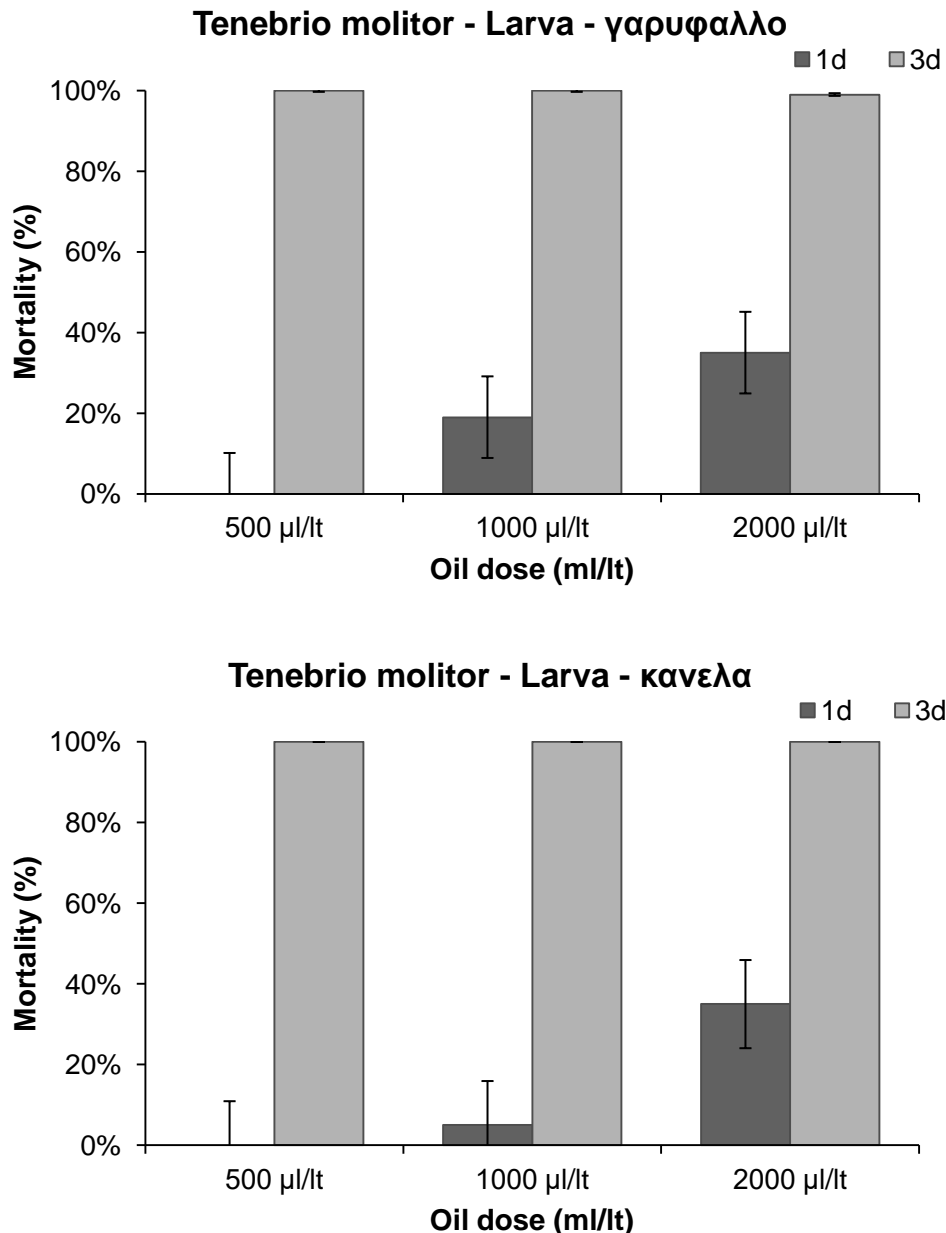
Στην περίπτωση των ακμαίων του *Tenebrio molitor*, το αιθέριο έλαιο της κανέλας εμφανίζει μεγαλύτερη εντομοτοξικότητα σε σύγκριση με εκείνο του γαρύφαλλου. Αυτό φαίνεται από την πρώτη κιόλας μέρα έκθεσης αυτών στα δύο αιθέρια έλαια και για συγκέντρωση 500μl/lτ αέρα, καθώς στην περίπτωση της κανέλας, παρατηρείται ποσοστό θνησιμότητας 65% την πρώτη μέρα έκθεσης στο αιθέριο έλαιο και 100% την 3^η μέρα, σε αντίθεση με το γαρύφαλλο όπου η θνησιμότητα ήταν μόλις 3% την πρώτη μέρα και 33% την 3^η μέρα.



Διάγραμμα 2: Μέση θνησιμότητα % των ακμαίων του *Tenebrio molitor* μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο κανέλας και γαρύφαλλου.

Tenebrio molitor (λάρβες).

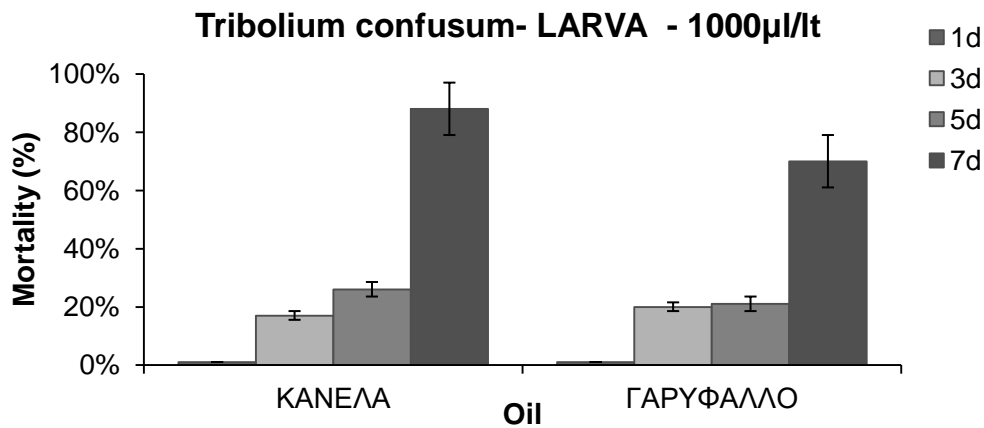
Στην μελέτη των λαρβών του *Tenebrio molitor*, το αιθέριο έλαιο της κανέλας εμφανίζει όμοια εντομοτοξικότητα με εκείνο του γαρύφαλλου. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα για τις τρεις συγκεντρώσεις αιθέριου ελαίου, των 500, 1.000 και 2.000μl/lτ αέρα και για όλη τη διάρκεια στην οποία τα έντομα εκτέθηκαν στο αιθέριο έλαιο. Την τρίτη μέρα έκθεσης στους ατμούς των δύο αιθέριων ελαίων, όλα τα έντομα ήταν νεκρά.



Διάγραμμα 3: Μέση θνησιμότητα % των λαρβών του *Tenebrio molitor* μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο κανέλας και γαρύφαλλου.

Tribolium confusum (λάρβες)

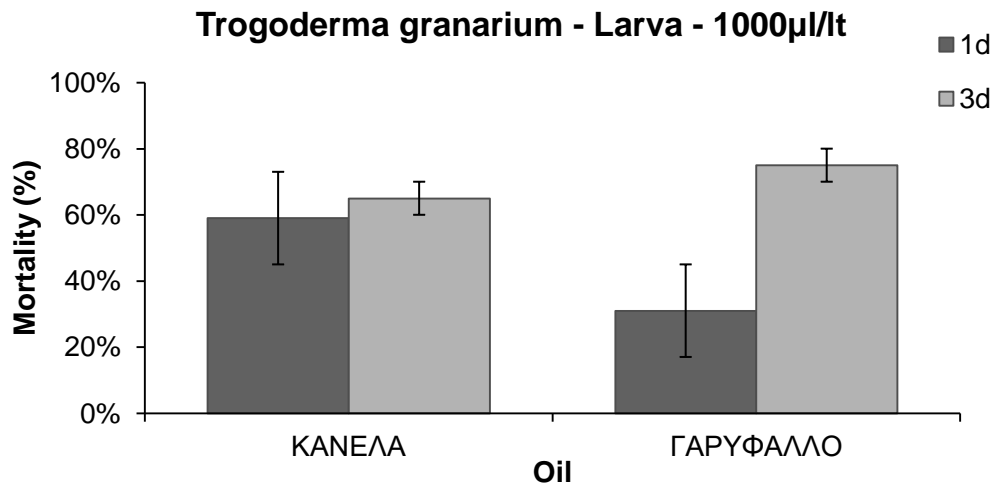
Κατά τη μελέτη των λαρβών του *Tribolium confusum*, τα αιθέρια έλαια της κανέλας και του γαρύφαλλου εμφανίζουν όμοια εντομοτοξική δράση για τη δόση των 1.000μl/lτ αέρα, με σημαντικότερη διαφορά στο ποσοστό θνησιμότητας την έβδομη μέρα έκθεσης των εντόμων στους ατμούς των αιθέριων ελαίων, με 88% θνησιμότητα για την περίπτωση της κανέλας και 70% για το γαρύφαλλο.



Διάγραμμα 4: Μέση θνησιμότητα % των λαρβών του *Tribolium confusum* μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο κανέλας και γαρύφαλλου.

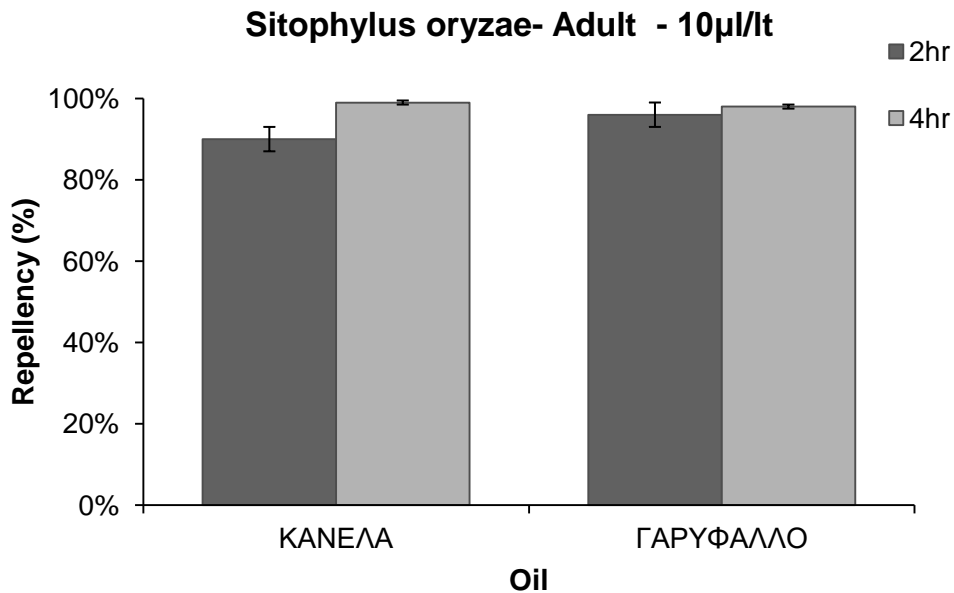
Trogoderma granarium (λάρβες).

Και στην περίπτωση της μελέτης λαρβών του *Trogoderma granarium*, τα αιθέρια έλαια της κανέλας και του γαρύφαλλου εμφανίζουν όμοια εντομοτοξική δράση για τη δόση των 1.000μl/lτ αέρα, με μόνη διαφοροποίηση στο ποσοστό θνησιμότητας την πρώτη μέρα έκθεσης των εντόμων στους ατμούς των αιθέριων ελαίων, με 59% θνησιμότητα για την περίπτωση της κανέλας και 31% για το γαρύφαλλο.

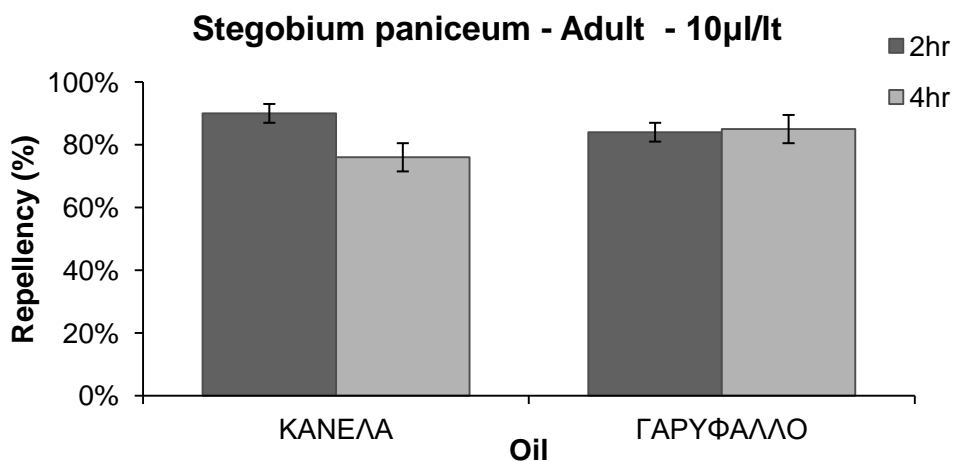


Διάγραμμα 5: Μέση θνησιμότητα % των λαρβών του *Trogoderma granarium* μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο κανέλας και γαρύφαλλου.

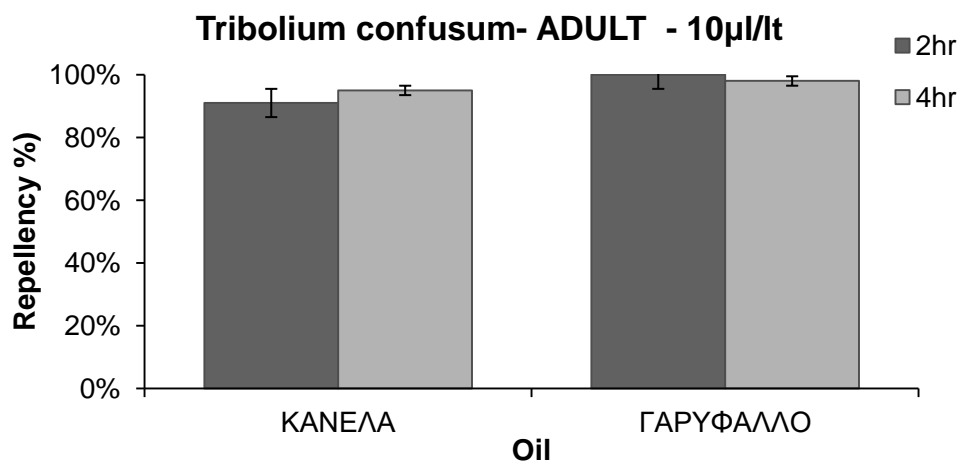
Όσον αφορά την απωθητική δράση των προς μελέτη αιθέριων ελαίων, όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα, πως η μέση απώθηση των τριών ειδών εντόμων που μελετήθηκαν, του *Sitophylus oryzae*, του *Stegobium raniceum* και του *Tribolium confusum*, ήταν άνω του 75%, από τις δύο πρώτες ώρες εφαρμογής και των δύο αιθέριων ελαίων και δόση εφαρμογής 10μl/l.



Διάγραμμα 6: Μέση απώθηση % των ακμαίων του *Sitophylus oryzae* μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο κανέλας και γαρύφαλλου.



Διάγραμμα 7: Μέση απώθηση % των ακμαίων του *Stegobium raniceum* μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο κανέλας και γαρύφαλλου.



Διάγραμμα 8: Μέση απώθηση % των ακμαίων του *Tribolium confusum* μετά από έκθεση σε αιθέριο έλαιο κανέλας και γαρυφαλλού.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών, με όλους τους παράγοντες: το είδος του εντόμου, το στάδιο ανάπτυξης, τον χρόνο έκθεσης, τη δοσολογία, τη θνησιμότητα και την απωθητική δράση.

Πίνακας 3: Μέση (%) θνησιμότητα (\pm ΤΣ) των πειραματικών εντόμων που εκτέθηκαν στα προς μελέτη αιθέρια έλαια.

ΕΝΤΟΜΟ	ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΚΑΝΕΛΑΣ (μl/lt)						
			10	50	100	200	500	1000	
Callosobruchus maculatus	Ακμαία	6h	31,0 \pm 12.9	100 \pm 0,0	-	-	-	-	
		12h	48,0 \pm 6.3	100 \pm 0,0	-	-	-	-	
		1d	69,0 \pm 11.0	100 \pm 0,0	100 \pm 0,0	100 \pm 0,0	100 \pm 0,0	100 \pm 0,0	
		ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΓΑΡΥΦΑΛΛΟΥ (μl/lt)							
			10	50	100	200	500	1000	
		6h	66,0 \pm 13,5	100 \pm 0,0	-	-	-	-	
		12h	75,0 \pm 11,8	100 \pm 0,0	-	-	-	-	
	1d	84,0 \pm 10,7	100 \pm 0,0	100 \pm 0,0	100 \pm 0,0	100 \pm 0,0	100 \pm 0,0		
			ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΚΑΝΕΛΑΣ (μl/lt)						
			500		1.000		2.000		
Tenebrio molitor	Ακμαία	1d	65,0 \pm 27.2	100,0 \pm 0,0		100,0 \pm 0,0			
		3d	100,0 \pm 0,0	100,0 \pm 0,0		100,0 \pm 0,0			
	Λάρβες	1d	0,0 \pm 0,0	5,0 \pm 8,5		35,0 \pm 11,0			
		3d	100,0 \pm 0,0	100,0 \pm 0,0		100,0 \pm 0,0			
				ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΓΑΡΥΦΑΛΛΟΥ (μl/lt)					
				500		1.000		2.000	
	Ακμαία	1d	3,0 \pm 6,7	69,0 \pm 21		100,0 \pm 0,0			
		3d	33,0 \pm 10	92,0 \pm 23		100,0 \pm 0,0			
	Λάρβες	1d	0,0 \pm 0,0	19,0 \pm 5,6		100,0 \pm 0,0			
3d		100,0 \pm 0,0	100,0 \pm 0,0		99,0 \pm 3,2				

ΕΝΤΟΜΟ	ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΚΑΝΕΛΑΣ (μl/lit)
			1000
Tribolium confusum	Λάρβες	1d	1±0,0
		3d	17±0,0
		5d	26±0,0
		7d	88±0,0
			ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΓΑΡΥΦΑΛΛΟΥ (μl/lit)
			1000
		1d	1±3,2
		3d	20±9,4
		5d	21±11,0
7d	70±9,4		
Trogoderma granarium	Λάρβες		ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΚΑΝΕΛΑΣ (μl/lit)
			1000
		1d	59,0±12,0
		3d	65,0±17,8
			ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΓΑΡΥΦΑΛΛΟΥ (μl/lit)
			1000
		1d	31,0±13,7
3d	75,0±9,7		

Πίνακας 4: Μέση (%) απώθηση (± ΤΣ) των πειραματικών εντόμων που εκτέθηκαν στα προς μελέτη αιθέρια έλαια.

ΕΝΤΟΜΟ	ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΚΑΝΕΛΑΣ (μl/lit)
			10
Sitophilus oryzae	Ακμαία	2h	90,0±8,2
		4h	76,0±10,7
			ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΓΑΡΥΦΑΛΛΟΥ (μl/lit)
			10
		2h	84,0±9,7
		4h	85,0±5,3
Stegobium paniceum	Ακμαία		ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΚΑΝΕΛΑΣ (μl/lit)
			10
		2h	90,0±8,2
		4h	76,0±10,7
			ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΓΑΡΥΦΑΛΛΟΥ (μl/lit)
			10
	2h	84,0±9,7	
	4h	85,0±5,3	

ΕΝΤΟΜΟ	ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΚΑΝΕΛΑΣ (μl/l)
			10
Tribolium confusum	Ακμαία	2h	91,0±5,7
		4h	95,0±5,3
			ΔΟΣΗ ΑΙΘ. ΕΛ. ΓΑΡΥΦΑΛΛΟΥ (μl/l)
			10
		2h	100,0±0,0
		4h	98,0±0,0

Κεφάλαιο 6

Συζήτηση

Συμπερασματικά, όσον αφορά τα στάδια ανάπτυξης συγκρινόμενα, παρατηρείται ότι, για τα ακμαία άτομα του εντόμου *Tenebrio molitor* η καπνιστική δράση τόσο του αιθέριου ελαίου του γαρούφαλλου όσο και της κανέλας έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με την περίπτωση των λαρβών, οι οποίες φαίνεται να είναι ανθεκτικότερες ακόμη και στη μεγαλύτερη δόση εφαρμογής. Ωστόσο, τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και στα δύο έλαια φαίνεται πως έχουν οι λάρβες του *Tribolium confusum*, αφού κατέγραψαν τη χαμηλότερη θνησιμότητα, όπου επτά μέρες μετά την εφαρμογή των αιθέριων ελαίων η μέση θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 88%. Η καπνιστική δράση και στα δύο έλαια, έδωσε σε αρκετές περιπτώσεις 100% θνησιμότητα. Ταυτόχρονα η απωθητική δράση και στα δύο έλαια έδωσε υψηλά ποσοστά απώθησης, ξεπερνώντας σε όλες τις περιπτώσεις το 76%.

Συγκρίνοντας τα δύο έλαια, παρατηρείται ότι, στα δύο αιθέρια έλαια η τοξική δράση ποικίλει ανάλογα το είδος του εντόμου και το στάδιο ανάπτυξης. Έτσι, στις περιπτώσεις των ακμαίων ατόμων των *Tenebrio molitor*, και των λαρβών του *Trogoderma granarium* το αιθέριο έλαιο της κανέλας φαίνεται να παρουσιάζει μεγαλύτερη τοξικότητα σε σχέση με εκείνο του γαρούφαλλου. Αντίθετα, στην περίπτωση των ακμαίων του *Callosobruchus maculatus*, το αιθέριο έλαιο του γαρούφαλλου είχε μεγαλύτερη εντομοτοξική δράση ακόμη και στη μικρότερη δόση εφαρμογής των 10μl/lit. Όσον αφορά τις λάρβες των *Tenebrio molitor* και *Tribolium confusum* η συνολική εικόνα της εντομοτοξικής δράσης είναι παρόμοια και για τα δύο αιθέρια έλαια.

Τέλος, για την απωθητική δράση, και σε αυτή την περίπτωση, η συνολική εικόνα είναι παρόμοια και για τα τρία είδη εντόμων που μελετήθηκαν, ακμαία του *Sitophyllus oryzae*, του *Stegobium paniceum* και του *Tribolium confusum*. Παρ' όλα αυτά και τα δύο αιθέρια έλαια φάνηκε να είναι λίγο πιο αποτελεσματικά έναντι των ακμαίων του *Sitophyllus oryzae*, και λιγότερο αποτελεσματικά για τα ακμαία του *Stegobium paniceum*.

Τα αιθέρια έλαια της κανέλας και του γαρούφαλλου έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης σε αρκετές έρευνες ενάντια σε είδη εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων. Επιπλέον, αρκετές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί για την αποτελεσματικότητα των αιθέριων ελαίων ως φυσικά και φιλικά προς το περιβάλλον εντομοκτόνα. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε, μελετήθηκαν εικοσιοκτώ αιθέρια έλαια, έναντι εντόμων του είδους *Sitophilus zeamais*, βρέθηκε ότι το αιθέριο έλαιο της

κανέλας εμφάνισε τη μεγαλύτερη εντομοτοξική δράση, στην περίπτωση της καπνιστικής εφαρμογής, με $LC_{50} = 10,6 \text{ mg/lit}$ αέρα^[1].

Σε μια άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Σεούλ, αιθέριου ελαίου γαρύφαλλου έναντι ακάρεων των ειδών *Dermatophagoides farinae* και *Dermatophagoides pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae), βρέθηκε ότι κύριο ρόλο έπαιξε η δόση εφαρμογής και το είδος του ακάρεως παρά ο χρόνος έκθεσης. Έτσι βρέθηκε ότι, στις δοκιμές ακμαίων του *D. farinae* η θνησιμότητα ήταν 100% και 37% σε δόσεις 12,7 και 6,4 $\mu\text{g/cm}^2$ αντίστοιχα, 24 ώρες μετά την εφαρμογή του αιθέριου ελαίου. Στην περίπτωση των ακμαίων του *D. pteronyssinus* η θνησιμότητα ήταν 100% για τη δόση των 12,7 $\mu\text{g/cm}^2$, ενώ για εκείνη των 6,4 $\mu\text{g/cm}^2$ η θνησιμότητα ήταν μόλις 9%^[2].

Ενήλικα άτομα του εντόμου *Callosobruchus maculatus*, εξετάστηκαν σε 2 βιοδοκιμές καπνισμού με αιθέριο έλαιο μαντζουράνας. Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε πως το ποσοστό θνησιμότητας αυξήθηκε όσο αύξανε και η δόσολογία. Στην πρώτη βιοδοκιμή και στη δόση του 1,6 $\mu\text{g/ml}$, η οποία καθίσταται η μεγαλύτερη δόση, το ποσοστό ανήλθε στο 85% περίπου ενώ στη δεύτερη βιοδοκιμή και για την ίδια δόση το ποσοστό ανήλθε στο 95%^[3].

Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Τουρκία, μελετήθηκε η εντομοτοξική δράση διάφορων αιθέριων ελαίων, από φυτά των οικογενειών Labiaceae και Lauraceae, ενάντια στο *Callosobruchus maculatus*. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι το αιθέριο έλαιο δεντρολίβανου (*Rosmarinus officinalis*) εμφάνισε τη μεγαλύτερη εντομοτοξική δράση με $LC_{50} = 1.17 \mu\text{g/ml}$, ακολουθώντας η δάφνη (*Laurus nobilis*) με $LC_{50} = 1.29 \mu\text{g/ml}$ ^[3].

Τέλος, σε μια άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Πεκίνο, μελετώντας αιθέριο έλαιο κανέλας και της κύριας δραστικής του, της trans-Cinnamaldehyde, ενάντια σε ακμαία του εντόμου *Liposcelis bostrychophila*, έδειξε ότι η τοξικότητα μέσω επαφής για το αιθέριο έλαιο και για την trans-Cinnamaldehyde ήταν $LC_{50} = 55,68$ και 43.40 $\mu\text{g/cm}^2$ αντίστοιχα. Στην περίπτωση της καπνιστικής δράσης, οι ίδιες τιμές, αιθέριο έλαιο και trans-Cinnamaldehyde, ήταν $LC_{50} = 1,33$ και 1,29 mg/lit αέρα αντίστοιχα^[4].

Βιβλιογραφία

1. Yang, Y., Isman, M. B., & Tak, J.-H. (2020). Insecticidal Activity of 28 Essential Oils and a Commercial Product Containing Cinnamomum cassia Bark Essential Oil against Sitophilus zeamais Motschulsky. *Insects*, 11(8), 474.
2. Kim, E.-H., Kim, H.-K., & Ahn, Y.-J. (2003). Acaricidal Activity of Clove Bud Oil Compounds against Dermatophagoides farina and Dermatophagoides pteronyssinus (Acari: Pyroglyphidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(4), 885–889.
3. Demirel N., Erdoğan C., 2017, Insecticidal effects of essential oils from Labiatae and Lauraceae families against cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored pea seeds, *Entomology and Applied Science Letters*, Volume 4, Issue 1, Page No: 13-19.
4. Liu, X., Cheng, J., Zhao, N., & Liu, Z. (2014). *Insecticidal activity of essential oil of Cinnamomum cassia and its main constituent, trans-Cinnamaldehyde, against the booklice, Liposcelis bostrychophila. Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13(10), 1697.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής δείχνουν ότι, η καπνιστική δράση τόσο του αιθέριου ελαίου της κανέλας όσο και του γαρύφαλλου μπορούν να παρουσιάσουν σημαντική εντομοτοξική δράση στα ακμαία άτομα των εντόμων *Callosobruchus maculatus* και *Tenebrio molitor*, και φαίνεται να είναι κατάλληλα για τη σύνθεση εντομοκτόνων φυτικής προέλευσης. Ως προς τη μελέτη της απωθητικής δράσης, τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών ήταν επίσης ενθαρρυντικά για τα τρία είδη που μελετήθηκαν, με τα υψηλότερα ποσοστά απώθησης να καταγράφονται για τα είδη *Sitophylus oryzae* και *Tribolium confusum*, ενώ για το *Stegobium raniceum* οι τιμές απώθησης ήταν λίγο χαμηλότερες.

Στην περίπτωση των λαρβών, η καπνιστική δράση των δύο ελαίων φαίνεται να είναι λιγότερο αποτελεσματική ενάντια σε αυτές των ειδών *Tenebrio molitor*, *Tribolium confusum* και *Trogoderma granarium*. Αυτό βγαίνει ως συμπέρασμα από τη συσχέτιση της δόσης εφαρμογής η οποία είναι υψηλή (1000 μl/lt και για τα δύο αιθέρια έλαια) με το χρόνο έκθεσης των λαρβών στους ατμούς των αιθέριων ελαίων.

Η ολοένα αυξανόμενη χρήση συνθετικών εντομοκτόνων, έχει οδηγήσει στο πέρασμα των χρόνων σε προβλήματα που αφορούν την ανάπτυξη ανθεκτικότητας των εντόμων στις δραστικές αυτές ουσίες, τη μείωση των φυσικών εχθρών, την μόλυνση των τροφίμων και του νερού, τη μόλυνση των οικοσυστημάτων, την αύξηση της υπολλειματικότητας [1] καθώς και προβλήματα που αφορούν την υγεία των ανθρώπων [2].

Βάσει των παραπάνω προβλημάτων, καθίσταται αναγκαία η πρόληψη των απωλειών των αποθηκευμένων προϊόντων, με την εύρεση και ανάπτυξη νέων φυσικών ενώσεων, οι οποίες θα είναι ικανές να αντικαταστήσουν τα τοξικά καπνιστικά προϊόντα, θα είναι φιλικά προς το περιβάλλον και λιγότερο τοξικά και θα είναι πιο εύκολα στη χρήση [1, 2].

Τέλος, η καπνιστική μέθοδος καταπολέμησης αποτελεί μια από τις αποδοτικότερες μεθόδους για την μείωση των απωλειών των αποθηκευμένων προϊόντων [65]. Ωστόσο, για να υπάρξει μια πιο ολοκληρωμένη άποψη σχετικά με την πραγματική αξία, αλλά και την αποτελεσματικότητα των αιθέριων ελαίων, ενάντια στα έντομα – εχθρούς των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων, θα πρέπει να λάβουν χώρα περισσότερες μελέτες σε όσο το δυνατόν περισσότερα είδη εντόμων, σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης αυτών και με περισσότερα αιθέρια έλαια και εκχυλίσματα φυτών. Ακόμη, η μελέτη της δυνατότητας συνδυασμού της χρήσης τους

με άλλες μεθόδους ολοκληρωμένης καταπολέμησης σε πραγματικές συνθήκες, θα μπορούσε να ανοίξει το δρόμο σε μια πιο βιώσιμη αντιμετώπιση των εχθρών των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων.

Βιβλιογραφία

1. Ashwin Trivedi, Natasha Nayak and Jitendra Kumar, 2018, Recent advances and review on use of botanicals from medicinal and aromatic plants in stored grain pest management, *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(3): 295-300.
2. Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U., Pissarev V., 1991, Fumigant Toxicity Of Essential Oils Against Four Major Stored-Product Insects, *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 17, No. 3.