



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΜΑΛΙΑΔΑ

(πρώην Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων)

«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΔΟΣΕΩΝ ΤΡΙΩΝ
ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ ΣΤΗ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ
ΤΟΥ ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΟΥ *TROGODERMA GRANARIUM*»



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ της ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΠΟΥΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΣ ΜΑΡΙΑΣ

Α.Μ. 11742

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΔΡ. ΚΑΡΑΝΑΣΤΑΣΗ ΕΙΡΗΝΗ

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την πραγματοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά κάποια άτομα που με στήριξαν και συνέβαλλαν με τον δικό τους τρόπο στην υλοποίηση της. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα και εισηγήτρια, Δρ Καραναστάση Ειρήνη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του τμήματος Γεωπονίας, για την ανάθεση της παρούσας μελέτης, για τις συμβουλές της κατά την εξέλιξη του πειράματος, για την πολύτιμη βοήθεια της στη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, για τις σωστές υποδείξεις κατά την διάρκεια της συγγραφής και για την παραχώρηση του γραφείου και εργαστηρίου της για την υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας.

Επίσης, ευχαριστώ την οικογένεια μου για τη στήριξη και την υπομονή τους σε αυτή μου την προσπάθεια καθώς και τις συμφοιτήτριες μου Ισιδώρου Βαρβάρα, Μαγγίτα Αλεξάνδρα, Παπαδοπούλου Αθανασία, Φωτεινή Φαγογένη για την καθοδήγησή τους. Τέλος ευχαριστώ ένα ακόμα κοντινό μου άτομο τον Παναγιώτη Σύρο που με την συμπαράστασή του μου έδινε και μου δίνει δύναμη να συνεχίσω.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1°	9
1.1. ΕΝΤΟΜΑ ΚΑΙ ΠΡΟΙΟΝ	9
1.2. ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΙ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΟΙ ΕΧΘΡΟΙ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ	11
1.2.1. ΛΕΠΙΔΟΠΤΕΡΑ.....	11
1.2.2. ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΑ.....	14
1.3. ΤΟ ΕΝΤΟΜΟ <i>Trogoderma granarium</i>	20
1.3.1. ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΗ ΘΕΣΗ ΕΝΤΟΜΟΥ	20
1.3.2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ.....	20
1.3.3. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	21
1.3.4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	22
1.3.5. ΖΗΜΙΕΣ - ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ.....	23
1.4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ	24
1.5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	25
1.5.1. ΧΗΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	26
1.5.2. ΒΙΟΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	26
1.5.3. ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.....	27
1.5.4. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	28
1.5.5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°	31
2.1. ΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΣΚΩΛΗΚΕΣ	31
2.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	33
2.3. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ.....	34
2.3.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	34
2.3.2. ΑΝΑΤΟΜΙΑ.....	35
2.3.3. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ	37
2.3.4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ.....	38
2.4. ΟΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ	40
2.4.1. ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ HETERORHABDITIDAE	40
<i>HETERORHABDITIS BACTERIOPHORA</i>	43
2.4.2. ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ STEINERNEMATIDAE	43
<i>STEINERNEMA CARPOCAPSAE</i>	45
<i>STEINERNEMA FELTIAE</i>	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	47

3.1. ΕΚΤΡΟΦΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ <i>TROGODERMA GRANARIUM</i>	47
3.2. ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ.....	47
3.3. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΙΩΡΗΜΑΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ.....	48
3.4. ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ	49
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	51
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	64
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	66
6.1. ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ	66
6.2. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ	66
6.3. ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ	67

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής μελέτης ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης διαφορετικών δόσεων τριών εντομοπαθογόνων νηματωδών στη θνησιμότητα των προνυμφών του κολεοπτέρου *Trogoderma granarium* επί ενός είδους σπόρων δημητριακών, του σκληρού σίτου.

Η μελέτη αυτή καταγράφει και αναδεικνύει τους εντομοπαθογόνους νηματώδεις ως σημαντική μέθοδο αντιμετώπισης και περιορισμού του πληθυσμού του κολεοπτέρου *T. granarium* και γενικότερα των εντομολογικών εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων σιτηρών. Η δράση αυτή των νηματωδών εντάσσεται στους τρόπους εφαρμοσμένης βιολογικής καταπολέμησης των εντομολογικών εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων σιτηρών ώστε να μειωθεί η εντατική χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και οι επιπτώσεις αυτών.

Στο πείραμα που θα περιγραφεί παρακάτω χρησιμοποιήθηκαν οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae), *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae), *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda: Heterorhabdidae). Η συγκεκριμένη εργασία προσβλέπει στο να δώσει πιθανές λύσεις σε μια νέα προοπτική για την καταπολέμηση του συγκεκριμένου εντόμου στα αποθηκευμένα προϊόντα ενώ θα είναι χρήσιμο βοήθημα για όσους επιθυμούν να ενημερωθούν πάνω στο συγκεκριμένο θέμα.

Η εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο αναφέρει όλα τα θεωρητικά στοιχεία για τα χαρακτηριστικά, τη μορφολογία και το βιολογικό κύκλο των εντομοπαθογόνων νηματωδών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα καθώς και πληροφορίες για το κολεόπτερο *Trogoderma granarium*. Στο δεύτερο μέρος παρατίθενται όλα τα στοιχεία του πειράματος που έχει να κάνει με το ποσοστό θνησιμότητας των προνυμφών του εντόμου *T. granarium*.

Η μελέτη εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Φυτοπροστασίας - Φαρμακολογίας του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας. Με την περάτωση της παρούσας πτυχιακής διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα και εισηγήτρια της εργασίας, Δρα Καραναστάση Ειρήνη, Καθηγήτρια του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων, καθώς παραχώρησε το γραφείο και το εργαστήριο της για την διεξαγωγή της πτυχιακής εργασίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καλλιέργεια των γεωργικών προϊόντων έχει ρίζες στα βάθη του χρόνου, όπου μαζί με την καλλιέργεια προέκυψε και η ανάγκη αποθήκευσης τους. Με την πάροδο των αιώνων η ποσοτική και ποιοτική διατροφή των ανθρώπων, σχετίζεται άμεσα με τη διαρκή αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού της γης, αλλά και με τις αυξημένες διατροφικές απαιτήσεις. Έτσι ο σύγχρονος άνθρωπος, στον συνεχή αγώνα του για επιβίωση, αύξησε τη γεωργική παραγωγή παράγοντας μεγάλες ποσότητες γεωργικών προϊόντων, τα οποία στη συνέχεια αποθηκεύει για μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα με σκοπό την εμπορεύση τους .

Από τα πρώτα χρόνια της καλλιέργειας των γεωργικών προϊόντων έως και σήμερα, ο άνθρωπος βρέθηκε αντιμέτωπος με πολυάριθμους νοσογόνους παράγοντες που έπλητταν τα γεωργικά προϊόντα του, τόσο στην ύπαιθρο όσο και μέσα στο χώρο των αποθηκών. Ωστόσο, σε ότι αφορά τις απώλειες σε καρπούς μετά την συγκομιδή, η καταστροφή που επιτελείται είναι μη αναστρέψιμη, σε αντίθεση με την περίοδο κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας που είναι δυνατόν να αντιμετωπισθούν με κατάλληλες επεμβάσεις του ανθρώπου, ζημιές από μια δεδομένη προσβολή.

Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης τους, τα γεωργικά προϊόντα, προσβάλλονται από διάφορους εχθρούς και ασθένειες, που πολλές φορές προκαλούν σημαντικές ζημιές. Τα έντομα, τα ακάρεα, οι μύκητες και τα βακτήρια είναι παράγοντες που προσβάλλουν κυρίως τα γεωργικά προϊόντα.

Σύμφωνα με υπολογισμούς του F.A.O. (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), οι απώλειες σε έτοιμο προϊόν κατά την αποθήκευση ανέρχονται στο 17% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής (10% από έντομα και 7% περίπου από ακάρεα, τρωκτικά και ασθένειες), οι δε ποσότητες που αναλίσκονται από έντομα στις αποθήκες και τις καλλιέργειες, μόνο των σιτηρών θα μπορούσαν να αποτρέψουν τους λιμούς στις υπό ανάπτυξη χώρες.

Είναι πολύ μεγάλη η ποικιλία των εντόμων που παρατηρούνται στα αποθηκευμένα προϊόντα. Η μεγάλη πλειοψηφία ανήκει στα Κολεόπτερα με δεύτερα τα Δεπιδόπτερα. Έντομα άλλων τάξεων (Ημίπτερα, Δίπτερα, κ.ά.) που βρίσκονται

στους ίδιους χώρους, έχουν πολύ μικρότερη ή μηδαμινή σημασία και δεν έχουν όλα απευθείας σχέση με τα προϊόντα στα οποία παρατηρούνται. Τα τέλεια και οι προνύμφες των Κολεοπτέρων και οι προνύμφες των Λεπιδοπτέρων έχουν την δυνατότητα να καταβροχθίζουν σε μια εβδομάδα προϊόν βάρους έως πολλαπλάσιο του βάρους τους.

Έτσι από άποψη μεγέθους της ζημιάς που προκαλούν τα έντομα αποθηκών διακρίνονται σε: πολύ ζημιογόνα, τα οποία πρέπει να αντιμετωπίζονται άμεσα και λιγότερο ζημιογόνα, για τα οποία υπάρχει περισσότερος χρόνος στην διάθεση μας για επέμβαση. Τα χαρακτηριστικά των πρώτων εντόμων είναι η μεγάλη και ταχύτατη εξάπλωση, η προσβολή μεγάλου αριθμού σπόρων ή προϊόντος από ένα άτομο και οι πολλές γενεές το χρόνο. Τα λιγότερο ζημιογόνα έντομα χαρακτηρίζονται από την αργή εξάπλωση τους, την συγκέντρωση τους σ' ένα ή σε λίγα σημεία της αποθήκης, το μικρό αριθμό των γενεών, την προσβολή ενός ή λίγων σπόρων κατ' άτομο ή και τη μη προσβολή υγιούς προϊόντος παρά μόνο ήδη προσβεβλημένου ή κατεστραμμένου.

Είναι προφανές ότι η καταπολέμηση των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων είναι επιτακτική ανάγκη. Η καταπολέμηση τους βασίζεται σε στρατηγικές διαφορετικές από αυτές που ακολουθούνται για τους εχθρούς των καλλιεργειών. Εξάλλου, ενώ κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας είναι δυνατόν να αντιμετωπισθούν με κατάλληλες επεμβάσεις του ανθρώπου, ζημιές από δεδομένη προσβολή, οι απώλειες που προκαλούνται κατά την αποθήκευση των αγροτικών προϊόντων είναι πολλές φορές κυριολεκτικά ανεπανόρθωτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1. ENTOMA ΚΑΙ ΠΡΟΙΟΝ

«Έντομο αποθηκών» θεωρείται κάθε είδος εντόμου που προσβάλλει και ζημιώνει άμεσα ένα προϊόν και μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε ένα αποθηκευτικό χώρο που φιλοξενεί για αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα τρόφιμα (Μπουχέλος 1993). Υπάρχουν διάφορες οικογένειες εντόμων με τις πιο γνωστές να ανήκουν στις τάξεις των Κολεοπτέρων και των Λεπιδόπτερον. Κοινό χαρακτηριστικό των περισσότερων εντόμων που έχει σχέση με τα αποθηκευμένα προϊόντα και τρόφιμα είναι η ευρεία γεωγραφική τους εξάπλωση. Είναι γεγονός ότι τα έντομα αυτά, ακόμη και εκείνα που έχουν χάσει την ικανότητα να πετούν, είναι μεγάλοι ταξιδιώτες. Με τη βοήθεια του ανθρώπου ταξιδεύουν σε ολόκληρο τον κόσμο. Το μέγεθος τους είναι μικρό και χαρακτηρίζονται ως τέλειοι ζωικοί εχθροί γιατί μπορούν να βρουν πολύ εύκολα καταφύγιο σε διάφορους χώρους αποθήκευσης αλλά και να αποφύγουν πανεύκολα τους φυσικούς ζωικούς εχθρούς τους.

Τα έντομα αποθηκών ανάλογα με τις διατροφικές τους συνήθειες κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- Είδη διατρεφόμενα με σπόρους. Η προσβολή μπορεί να ξεκινήσει από το χωράφι και να συνεχιστεί ανάπτυξη μέσα στους χώρους αποθήκευσης.
- Είδη διατρεφόμενα με μύκητες. Τα έντομα αυτά τρέφονται με τη μυκοκλωρίδα που αναπτύσσεται επάνω στην επιφάνεια των διαφόρων προϊόντων εξαιτίας των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν και κυρίως της υψηλής συγκέντρωσης υγρασίας.
- Είδη διατρεφόμενα με νεκρά φυτικά υλικά.
- Είδη διατρεφόμενα με ξύλο.
- Διάφορα σαπροφάγα είδη.
- Αρπακτικά και παρασιτοειδή. Έντομα που τρέφονται με άλλα έντομα αποθηκών ή παρασιτούν σ' αυτά.

Έχουν βρεθεί πάνω από 100 είδη διαφόρων εντόμων αποθηκών σε αποθήκες σιτηρών και σε διάφορα άλλα αποθηκευτικά μέρη και θεωρούνται αναπόσπαστο κομμάτι των οικοσυστημάτων των αποθηκών. Οι απώλειες που σημειώνονται κάθε

χρόνο από τον FAO στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες σε κάθε είδος εδάδιμου σπόρου, ανέρχονται στους 81 εκατ. τόνους. Το 10% της παγκόσμιας ετήσιας παραγωγής χάνεται από τα διάφορα αρθρόποδα αποθηκών. Χώρες όπως Νιγηρία και Αιθιοπία χάνουν το 30% της παραγωγής τους σε αραβόσιτο, ενώ Ιταλία το 5% σε δημητριακά.

Τα περισσότερα είδη από τα έντομα αποθηκών ανήκουν στα Λεπιδόπτερα και στα Κολεόπτερα. Κοινό χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη τους γεωγραφική εξάπλωση, αφού μεταφέρονται χωρίς να γίνουν αντιληπτά σε αμπάρια πλοίων, σε φορτηγά, σε αποθηκευτικά βαγόνια τρένων και γενικά σε όλους τους αποθηκευτικούς χώρους τροφίμων. Είναι σχεδόν όλα πολυφάγα και προσβάλλουν πολλά είδη προϊόντων όπως σπόρους σιτηρών, όσπρια, ξηρούς καρπούς, ξηρά φρούτα (φιστίκια, αμύγδαλα, σταφίδες), τρόφιμα, ζωοτροφές κ.α. Παρακάτω περιγράφονται τα πιο διαδεδομένα είδη εντόμων αποθηκών.

1.2. ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΙ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΟΙ ΕΧΘΟΡΟΙ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

1.2.1 ΛΕΠΙΔΟΠΤΕΡΑ

Οικογένεια Pyraloidae

Ephestia kuehniella Zeller- Εφέστια των αλευρών.

“The Mediterranean meal moth” (Μεσογειακό Σκουλήκι των Αλεύρων)

Προσβολές: Άλευρα και σπόρους σιτηρών, όσπρια και ξηρούς καρπούς, πίτυρα, γύρη στις κυψέλες μελισσών (Εικ.3.1) (Μπουχέλος, 2005).



Εικ. 3.1. Το ακμαίο *Ephestia kuehniella* Zeller

Ephestia elutella Hubner - Εφέστια του καπνού.

“The cocoa moth” (Σκουλήκι του καπνού ή του κακάο)

Προσβολές: Προτιμά αζύμωτο καπνό (πλούσιο σε σάκχαρα-πτωχό σε νικοτίνη). Εκτός από τα καπνόφυλλα, προτιμά κακάο, σοκολάτα, αλεύρι, ζυμαρικά, σπόρους σιτηρών, ξηρούς καρπούς, και οπώρες αφυδατωμένα λαχανικά, πλακούντες (Εικ.3.2).

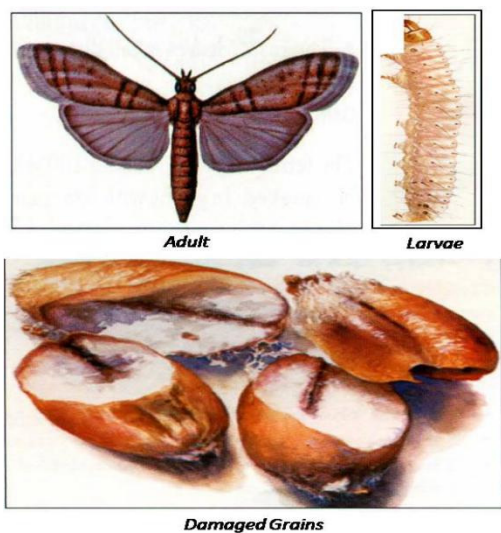


Εικ. 3.2. Ακμαίο *Ephestia elutella* Hubner

***Ephestia (Cadra) cautella* Walker - Η Εφέστια των ξηρών οπωρών.**

“The dried currant moth” (Σκουλήκι των συκών ή της σταφίδας)

Προσβολές: Κυρίως ξηρά σύκα, αλλά και πολλά άλλα ξηρά φρούτα και καρπούς (σταφίδες, δαμάσκηνα, βερίκοκα, χουρμάδες, φιστίκια, αμύγδαλα). Λιγότερα τα: αλεύρι, πίτυρα, μπισκότα, σοκολάτα, ζωοτροφές (Εικ. 3.3) (Μπουχέλος, 2005).



Εικ.3.3. Αριστερά ακμαίο *Ephestia cautella* δεξιά ακμαίο, προνύμφη και προσβολή σε κάστανα

***Plodia interpunctella* Hubner - Πλόντια των σπόρων.**

“The India meal moth” (Κοινό σκουλήκι αποθηκών)

Προσβολές: Έντομο πολυφάγο. Εκτός από είδη σπόρων και τα προϊόντα τους, όλα σχεδόν τα είδη ξηρών καρπών και οπωρών, αποξηραμένες φυτικές και ζωικές ουσίες (Εικ. 3.4) (Μπουχέλος, 2005).



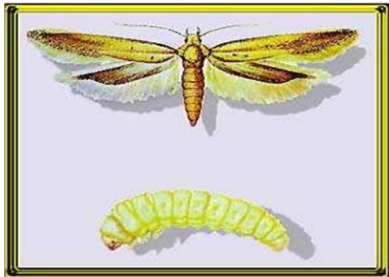
Εικ. 3.4. Σχέδιο ακμαίου και προνύμφης του λεπιδόπτερου *Plodia interpunctella*

Οικογένεια: Gelechiidae

***Sitotroga cerealella* (Olivier)**

“The Angoumois grain moth”, Σιτότρωγα.

Προσβολές: Προσβάλλουν όλους τους σπόρους των σιτηρών αλλά και καλλιεργούμενα αγρωστώδη. Προσβεβλημένο κριθάρι είναι ακατάλληλο για ζυθοποιία (Εικ. 3.5.).



Εικ. 3.5. Αριστερά σχέδιο ακμαίου και προνύμφης του λεπιδόπτερου *Sitotroga cerealella* και δεξιά εικόνα ακμαίου (από www.discoverlife.org)

Οικογένεια: Tineidae

***Tinea (Nemapogon) granella* L.**

“The corn moth”, Τίνα των σπόρων

Προσβολές: Εκτός από τους σπόρους σιτηρών, μπορεί να προσβάλει και σπόρους ψυχανθών, άλευρα, ξηρές οπώρες, ξηρούς καρπούς, τρόφιμα και ζωοτροφές. Σε περίπτωση μεγάλης προσβολής, η επιφάνεια των σωρών των σπόρων καλύπτεται από ιστούς μετάξιμων νημάτων και αποτελεί χαρακτηριστικό της προσβολής του εντόμου. Τα προσβεβλημένα προϊόντα παίρνουν δυσάρεστη οσμή και γεύση (Εικ. 2.7) (Μπουχέλος, 2005).



Εικ. 3.6.. Σχέδιο ακμαίου και προνύμφης του λεπιδόπτερου *Tinea granella*.

1.2.2. ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΑ

Οικογένεια: Curculionidae

Sitophilus granarius ή *Calandra granaria*

“Granary weevil ή Grain weevil”, Σκαθάρι του σιταριού.

Προσβολές: Η εκκολαπτόμενη προνύμφη αναπτύσσεται τρεφόμενη με το εσωτερικό του σπόρου, εντός του οποίου και νυμφώνεται. Προσβάλλει ρύζι και σπόρους δημητριακών (σιτάρι, βρώμη, κριθάρι, σόργο, σίκαλη, αραβόσιτο) καθώς και προϊόντα αυτών (ζυμαρικά κ.α.) (Εικ. 3.7.) (www.Wikipedia.com) (IPM images).



Εικ.3.7. Αριστερά προσβολή σε σιτάρι , δεξιά το ακμαίο του *Sitophilus granarius*.

Sitophilus oryzae ή *Calandra oryzae*

“Rice weevil”, Σκαθάρι του ρυζιού.

Προσβολές: Η προνύμφη αναπτύσσεται στο σπόρο. Επειδή πετά, προσβάλλει τα φυτά και στον αγρό. Προσβάλλει όλους τους σπόρους δημητριακών και σπανιότερα όσπρια και ξηρούς καρπούς. Ανοίγουν βόθρια σε κάθε σπόρο (Εικ. 3.8.) (www.Wikipedia.com) (www.123rf.com).



Εικ.3.8. Αριστερά προσβολή σε ρύζι, δεξιά το ακμαίο του *Sitophilus oryzae*

***Sitophilus zeamais* Mots.**

“Maize weevil”, Σκαθάρι του αραβόσιτου

Προσβολές: Κυρίως σε αποθηκευμένο αραβόσιτο αλλά και σε σιτάρι και σε κριθάρι. Στην Ελλάδα δεν έχει βρεθεί σε άλευρα και πίτυρα (Εικ. 3.9.) (Μπουχέλος, 2005).



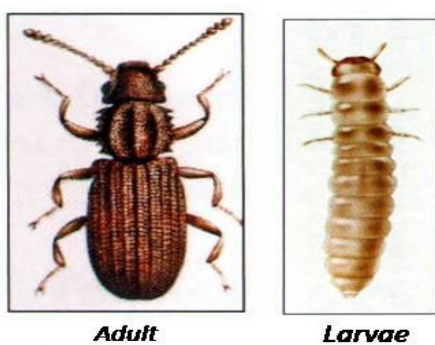
Εικ.3.9. Ακμαίο *Sitophilus zeamais*

Οικογένεια: Cucujidae

Oryzaephilus surinamensis* L. & *O. mercator

“Saw-toothed grain beetle & Merchant grain beetle”, Οδοντωτά σκαθάρια των σπόρων

Προσβολές: Σπόροι σιτηρών, σταφίδα, είδη διατροφής (ψωμί, ζυμαρικά, μπισκότα, ξηροί καρποί), ελαιούχοι σπόροι, ξηρά όσπρια, κακάο, καφέ, αποξηραμένα φυτά, πάντοτε μαζί με άλλα επιζήμια σε αυτά έντομα (Εικ. 3.10) (www.agropedia.gr).



Εικ.3.10. Ακμαίο ,προνύμφη του *Oryzaephilus surinamensis*

Οικογένεια: Anobidae

Lasioderma serricorne Fabr.

“Cigarette beetle”, Σκαθάρι (ψείρα) του ξηρού καπνού

Προσβολές: Η προνύμφη καθώς και το τέλειο κατατρώγουν τον καπνό στο βάθος των καπνοδεμάτων. Προσβάλλει κυρίως όλα τα προϊόντα του καπνού και του κακάο. Μικρές προσβολές συναντάμε σε όσπρια, ζυμαρικά, ελαιώδεις σπόρους, αυτοφυή φυτά (Εικ.3.11.) (Μπουχέλος, 2005).



Εικ.3.11. Ακμαίο *Lasioderma serricorne*.

Οικογένεια: Bruchidae

Acanthoscelides obtectus (Say)

“Bean weevil”, Βρούχος των φασολίων

Προσβολές: Η προσβολή αρχίζει πάνω στο φυτό και συνεχίζεται στην αποθήκη. Μεταναστεύει στον αγρό κατά τη θερμή περίοδο. Προσβάλλει τα φασόλια αλλά και τη σόγια (Εικ. 3.12) (www.agroatlas.ru/).



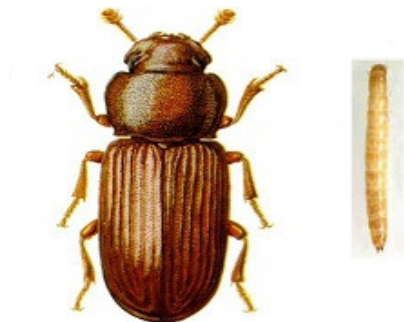
Εικ. 3.12. Ακμαίο *Acanthoscelides obtectus*.

Οικογένεια: Tenebrionidae

***Tribolium confusum* Duval**

“Confused flour beetle”, Σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων

Προσβολές: Όλα τα είδη σπόρων, άλευρα, πίτυρα, ελαιώδης σπόρους, και ζωοτροφές, μπαχαρικά και μεγάλη ποικιλία ξηρών φυτικών υλών (ρίζες, φρούτα) (Εικ. 3.13.) (www.Wikipedia.gr).

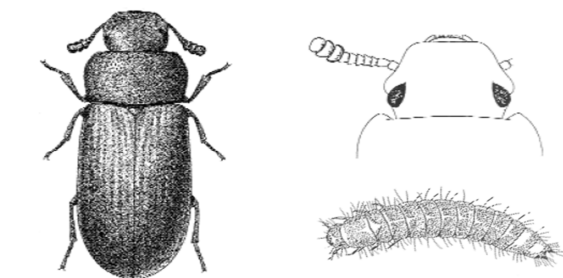


Εικ.3.13. Αριστερά ακμαίο και δεξιά προνύμφη του *Tribolium confusum*.

***Tribolium castaneum* Herbst**

“Rust –red flour beetle”, Σκούρο σκαθάρι των αλεύρων

Μοιάζει στην εξωτερική μορφολογία, βιολογία και τροφικές προτιμήσεις με το *T. confusum*. Η κυριότερη διαφορά του είναι ότι τα τρία τελευταία άρθρα της κεραίας του σχηματίζουν πλατυνόμενα ρόπαλα. Έχει παρατηρηθεί να προσβάλλει και βαμβακόσπορο (Λιβαδειά) (Εικ. 3.14) (Μπουχέλος, 2005).



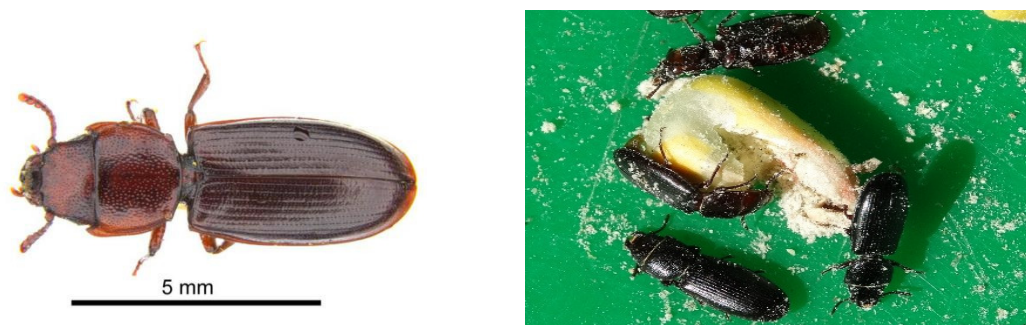
Εικ.3.14.. Σχέδιο ακμαίου αριστερά και προνύμφης δεξιά. Λεπτομέρεια κεφαλής του κολεοπτέρου *Tribolium castaneum*.

Οικογένεια: Ostomidae (=Trogositidae)

Tenebrioides mauritanicus

“The Cadelle”, Σκαθάρι των σπόρων

Προσβολές: Η προνύμφη τρέφεται από ήδη προσβεβλημένους σπόρους άλευρα, πίτουρα, βαμβακόσπορο. Το τέλειο τρέφεται από άλλα έντομα αποθηκών (εντομοφάγο) (Εικ. 3.15) (www.Wikipedia.gr).



Εικ.3.15. Ακμαίο *Tenebrioides mauritanicus*. Δεξιά προσβολή σε σπόρο καλαμποκιού.

Οικογένεια: Bostrychidae

Rhyzopertha dominica Fabr.

“Lesser grain borer”, Σκαθάρι του ρυζιού

Προσβολές: Είναι το πολυπληθέστερο έντομο αποθηκών σε αποθηκευμένο ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα. Προσβάλλει επίσης κριθάρι, καλαμπόκι, μπισκότα, και άλλα προϊόντα αλευρού (Εικ. 3.16) (Μπουχέλος, 2005).



Εικ. 3.16 Αριστερά σχέδιο ακμαίου και προνύμφης και δεξιά εικόνα ακμαίου του κολεοπτέρου *Rhyzopertha dominica*.

Οικογένεια: Dermestidae

***Trogoderma granarium* Everts**

“Khapra beetle”, Τρωγόδεσμα των σπόρων

Προσβολές: Προσβάλλει σιτηρά, ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες. Έντομο καραντίνας για πολλές χώρες (Εικ. 3.17) (Μπουχέλος, 2005).



Εικ.3.17 Αριστερά ακμαίο *Trogoderma granarium* και δεξιά προσβολή προνύμφης σε σπόρο σιταριού

1.3. ΤΟ ENTOMO *Trogoderma granarium*

Θεωρείται ένα από τα 100 χειρότερα επεμβατικά είδη στον κόσμο. Ο κίνδυνος του παρασίτου συνοδεύεται από τον ταχύ ρυθμό αύξησης του πληθυσμού του, το υψηλό επίπεδο ποσοτικής και ποιοτικής απώλειας στα μολυσμένα αποθηκευμένα προϊόντα, την ικανότητα να επιβιώνουν χωρίς φαγητό για χρόνια, να ζουν με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και να υποβάλλονται σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες σε διάπλαση και αντίσταση σε πολλά εντομοκτόνα. Ευδοκίμει σε υψηλότερες θερμοκρασίες 32-36°C και μπορεί να ανεχθεί θερμότητα, αποξήρανση και κρύο (αντέχει μέχρι 50°C, 2% περιεκτικότητα σε υγρασία και 2-4°C για ένα χρόνο). Η διαχείριση ή η κατανάλωση μολυσμένων προϊόντων δημητριακών και σπόρων μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα υγείας όπως ο ερεθισμός του δέρματος και η γαστρεντερική δυσφορία.

1.3.1 ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΗ ΘΕΣΗ ENTOMOY

Βασίλειο	Animalia
Φύλο	Arthropoda
Κλάση	Insecta
Τάξη	Coleoptera
Οικογένεια	Dermestidae
Γένος	<i>Trogoderma</i>
Είδος	<i>Trogoderma granarium</i>

Πίνακας 1. Συστηματική ταξινόμηση του *Trogoderma granarium*

1.3.2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Το *Trogoderma granarium* βρέθηκε για πρώτη φορά στις ΗΠΑ στην Καλιφόρνια το 1953. Ωστόσο, αργότερα αποφασίστηκε να έχει εισαχθεί ήδη από το 1946 σε αποθήκη στο Fresno της Καλιφόρνιας (Beal 1956) και ενδεχομένως να βρίσκεται στην κοιλάδα San Joaquin από το 1939 (Anonymous 1962). Πριν από την ανακάλυψή του το 1953, είχε εξαπλωθεί σε μέρη της Αριζόνα, το Νέο Μεξικό και το

Τέξας. Μετά από προσπάθειες εκρίζωσης σε αυτές τις περιοχές, βρέθηκε σε μια αποθήκη του New Jersey το 1968 και πάλι σε μεμονωμένες παρασιτώσεις από το 1980 έως το 1983 στην Καλιφόρνια, στο Μέριλαντ, στη Νέα Υόρκη, στην Πενσυλβάνια και στο Τέξας.

Είναι δύσκολο να ληφθούν ακριβή στοιχεία κατανομής για το *Trogoderma granarium*, επειδή η αποδοχή της παρουσίας του σε μια χώρα μπορεί να οδηγήσει σε επιβολή εμπορικών περιορισμών. Εμφανίζεται κυρίως σε περιοχές κοντά στον ισημερινό σε ξηρό και ζεστό περιβάλλον. Οι βιώσιμοι πληθυσμοί είναι σε θέση να επιβιώσουν σε σχεδόν οποιαδήποτε χώρα σε ένα κλειστό περιβάλλον αποθήκευσης. Το *T. granarium* έχει πολύ περιορισμένη ικανότητα να εξαπλωθεί χωρίς ανθρώπινη βοήθεια επειδή δεν μπορεί να πετάξει, έτσι η διεθνής κυκλοφορία βασικών προϊόντων φαίνεται να είναι το μόνο μέσο διάδοσης του επιβλαβούς οργανισμού.

1.3.3. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Τα ακμαία έχουν μήκος 2-3 χιλιοστά, σχήμα ωοειδές, χρώμα ανοιχτοκάστανο και τα έλυτρά τους είναι μαύρα ή σκούρα καστανά με ακανόνιστα ανοιχτοκάστανα σημεία, επενδυμένα με σχεδόν λευκές τρίχες (Εικ.3.18.). Παρόλο που έχουν μεμβρανώδεις πτέρυγες δεν πετούν. Τα θηλυκά ακμαία είναι μεγαλύτερα από τα αρσενικά και με πιο ελαφρύ χρώμα. Οι οφθαλμοί είναι ομοιόμορφα στρογγυλεμένοι, με εμφανή εγκοπή στο εσωτερικό περιθώριο. Η κεφαλή είναι μικρή και με μικρές κεραίες με 11 τμήματα.

Οι προνύμφες έχουν μήκος 1.6-2 χιλιοστά και χρώμα κιτρινωπό – καφετί με τις μεσοαρθρικές μεμβράνες υποκίτρινες (Εικ.3.19.). Μακριές και λεπτές κιτρινωπές τρίχες εκφύονται σχεδόν κάθετα στο σώμα τους, ενώ στο πίσω μέρος τους σχηματίζουν αραιό θύσανο. Καθώς μεγαλώνει το μέγεθος τους, το χρώμα τους αλλάζει σε χρυσό η κόκκινο-καφέ ενώ αναπτύσσονται περισσότερες τρίχες και η ουρά γίνεται αναλογικά μικρότερη. Οι ώριμες προνύμφες έχουν μήκος περίπου 6 mm και πλάτος 1,5 mm.

Η δραστηριότητά τους μπορεί να εκδηλωθεί μεταξύ 21□ και 40□, ενώ η χαμηλή σχετική υγρασία δε φαίνεται να τα επηρεάζει αρνητικά. Οι ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη τους είναι στους 35°C και σχετική υγρασία 73%. Σ' αυτές τις συνθήκες ο βιολογικός κύκλος τους διαρκεί δεκαοχτώ μέρες.



Εικ.3.18. Ακμαίο του *Trogoderma granarium* (Προσωπικό αρχείο).



Εικ.3.19. Προνύμφη του *Trogoderma granarium* (Προσωπικό αρχείο).

1.3.4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Μετά από 2-3 ημέρες εμφάνισης, λαμβάνει χώρα το ζευγάρωμα μεταξύ ενήλικων αρσενικών και θηλυκών. Το θηλυκό ξεκινάει την ωοτοκία μετά από πέντε ημέρες ζευγαρώματος. Η ωοτοποθέτηση αρχίζει αμέσως στους 40°C και διαρκεί 5-7 ημέρες, ενώ στους 25°C υπάρχει περίοδος προ-ωοτοκίας 2-3 ημέρες και η ωοτοκία μπορεί να εκτείνεται σε 12 ημέρες. Τα ωά γενικά τοποθετούνται σε ρωγμές ή σε σωρούς κόκκων ενώ ο μέσος όρος των αυγών που έχουν τοποθετηθεί από ένα μόνο θηλυκό ανά ημέρα είναι 25. Τα ωά έχουν λευκό και κυλινδρικό σχήμα, εκκολάπτονται σε 3 έως 14 μέρες. Η πλήρης ανάπτυξη από ωό σε ενήλικα μπορεί να διαρκέσει από 26 έως 220 μέρες ανάλογα με τη θερμοκρασία. Η βέλτιστη θερμοκρασία είναι 35°C.

Εάν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 25°C για μια χρονική περίοδο, οι προνύμφες μπορεί να εισέλθουν σε διάπαυση όπου είναι ανενεργές. Οι προνύμφες μπορούν να επιβιώσουν σε θερμοκρασίες κάτω από -8°C. Καθώς αυξάνονται σε μέγεθος (δεύτερη ηλικία), το χρώμα μεταβάλλεται σταδιακά από χλωμό κιτρινωπό άσπρο της προνύμφης πρώτης ηλικίας σε χρυσό ή κοκκινωπό-καφέ. Στην τρίτη

ηλικία, οι τρίχες του σώματος δίνουν την εμφάνιση τεσσάρων σκοτεινών εγκάρσιων ζωνών. Η ώριμη προνύμφη έχει μήκος περίπου 6 mm και πλάτος 1,5 mm. Κατά την τελευταία έκδυση, ο εξωσκελετός των προνυμφών διασπάται, αλλά ο εξωσκελετός της νύμφης παραμένει για όλη της τη ζωή. Η περίοδος νύμφωσης διαρκεί 6-16 ημέρες και ακολουθεί το ενήλικο ακμαίο.

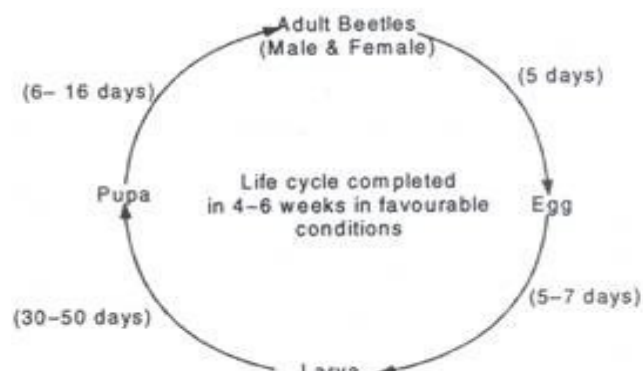


Fig. 107. Life cycle of *Trogoderma granarium*.

Εικ.3.20. Κύκλος ζωής *Trogoderma granarium* Egg (ωό), Lavra (προνύμφη), Pupa (νύμφη), Adult (ενήλικο) (www.yourarticlelibrary.com/)

1.3.5 ΖΗΜΙΕΣ - ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ

Το *Trogoderma granarium* είναι ένα σοβαρό παράσιτο των αποθηκευμένων προϊόντων σε ξηρές συνθήκες. Προσβάλλει σιτηρά, ρύζι, βρώμη, αραβόσιτο, όσπρια, ελαιούχους σπόρους και τα προϊόντα τους, ξηρά φρούτα κλπ. Η αναπαραγωγή μπορεί να είναι τόσο γρήγορη, ώστε οι προνύμφες να βρίσκονται σε μεγάλους πληθυσμούς στα επιφανειακά στρώματα των κόκκων. Η ζημιά στα σπέρματα προκαλείται από τις προνύμφες, ενώ τα ενήλικα είναι αβλαβή και δεν τρέφονται. Η μόλυνση συμβαίνει κυρίως σε επιφανειακά στρώματα κόκκων, καθώς το έντομο δεν είναι σε θέση να διεισδύσει βαθιά μέσα στους κόκκους. Η καταστροφή του άκρου του εμβρύου του σπόρου είναι η μεγάλη ζημιά που προκαλεί το *Trogoderma granarium*, αλλά κατά τη διάρκεια των βαρειών προσβολών πλήρεις κόκκοι καταστρέφονται.

Η ανακάλυψή του σε κάποια περιοχή ή αποθηκευτικό χώρο συνήθως οδηγεί σε άμεση απομόνωση του ύποπτου προϊόντος και σε μια δαπανηρή προσπάθεια εξάλειψης και ελέγχου. Αυτό το σκαθάρι δεν πετάει, ως εκ τούτου η εξάπλωσή του

εξαρτάται από την κυκλοφορία των μολυσμένων αγαθών. Το *Trogoderma granarium* είναι πιο ενεργό από τον Ιούλιο έως τον Οκτώβριο κατά τη διάρκεια των οποίων είναι ικανό να προκαλέσει βαρύτερες βλάβες στους αποθηκευμένους κόκκους.

1.4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

Το μέγεθος της προσβολής ενός προϊόντος που βρίσκεται στη φάση της επεξεργασίας ή της αποθήκευσης, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι κυριότεροι των οποίων είναι οι εξής:

➤ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ Η ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ

Εάν τα προϊόντα είναι ήδη προσβεβλημένα από τον αγρό, τότε λογικά το ύψος της προσβολής μέσα στην αποθήκη θα αυξηθεί και τα προϊόντα αυτά θα αποτελέσουν εστίες «μόλυνσης» και για άλλα απρόσβλητα προϊόντα.

➤ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝ ΜΕΣΑ ΣΤΟΥΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Η θερμοκρασία που επικρατεί στον αποθηκευτικό χώρο και η υγρασία τόσο του περιβάλλοντος χώρου όσο και του αποθηκευμένου προϊόντος. Οι δυο αυτοί παράγοντες μπορεί να παίζουν καθοριστικό ρόλο:

- α) Στη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του εντόμου
- β) Στη διάπαυση του εντόμου.
- γ) Στη γονιμότητά του.
- δ) Στην εν γένει δραστηριότητά του

➤ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΠΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ

Η ικανότητα ενός εντόμου να πετάει σε μακρινές αποστάσεις, αυξάνει τις πιθανότητες προσβολής αποθηκευμένων προϊόντων που απέχουν μεταξύ τους ικανή απόσταση, όπως επίσης και τη γρήγορη επαναμόλυνση ήδη απεντομοθέντων προϊόντων

➤ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ

Η συμπεριφορά ενός εντόμου μπορεί να είναι πολλές φορές καθοριστική του μεγέθους της προσβολής ενός αποθηκευμένου προϊόντος. Ορισμένα π.χ. έντομα προσβάλλουν αποκλειστικά σπασμένους σπόρους ή ήδη προσβεβλημένους από άλλα έντομα και έτσι αποβαίνουν επιζήμια μόνο όταν πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις. Αρκετά έντομα επίσης, κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, προσβάλλουν περισσότερους από ένα σπόρους, ενώ άλλα συμπληρώνουν την ανάπτυξή τους μόνο σε έναν. Στην πρώτη περίπτωση οι ζημιές που αναμένονται λογικά, είναι μεγαλύτερες αν και κάθε φορά θα πρέπει να συνυπολογίζουμε τη γονιμότητα του εντόμου, τον αριθμό των γενεών που μπορεί να έχει κλπ.

➤ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Οι αποθηκευτικοί χώροι θα πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένοι ώστε να μην επιτρέπουν την εύκολη προσπέλαση εντομολογικών ή άλλων εχθρών. Πόρτες που κλείνουν πολύ καλά, ψιλή σίτα στα παράθυρα, μη ύπαρξη ρωγμών ή ανοιγμάτων στους τοίχους και στις οροφές, δάπεδα που επιτρέπουν τον εύκολο καθαρισμό και δεν αποτελούν καταφύγια εντόμων, όπως επίσης χρήση εντομοτοξικών ή άλλων ουσιών στους τοίχους και δάπεδα, συμβάλλουν σε μεγάλο αριθμό στον περιορισμό εγκατάστασης και εξάπλωσης ενός επιζήμιου αρθροπόδου.

1.5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Είναι γεγονός ότι οι απώλειες που προκαλούνται κατά την αποθήκευση του συγκομισμένου και πολλές φορές έτοιμου για κατανάλωση προϊόντος είναι ανεπανόρθωτες και η προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων έχει πολύ μεγάλη σημασία. Εάν ανιχνευθούν προσβολές στο αποθηκευμένο προϊόν, τότε θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την άμεση καταπολέμηση των εχθρών.

Η πιο αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι η χημική, οι συνέπειες όμως της χρήσης αυτής της μεθόδου είναι αρνητικές, τόσο για την δημόσια υγεία όσο και για το περιβάλλον. Αν προστεθεί και το φαινόμενο της ανάπτυξης ανθεκτικότητας των εντόμων εχθρών στα χημικά σκευάσματα, τότε είναι επιτακτική η ανάγκη εξεύρεσης αλλά και εφαρμογής διαφορετικών μεθόδων, προκειμένου να ελεγχθούν οι πληθυσμοί των εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα. Οι μέθοδοι αυτές μπορεί να ενεργούν μεμονωμένα ή και σε συνδυασμό τόσο μεταξύ τους όσο και με τις χημικές μεθόδους, και βέβαια θα πρέπει να είναι ιδιαίτερες αποτελεσματικές, με όσο το δυνατόν λιγότερες συνέπειες για το περιβάλλον.

1.5.1. ΧΗΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η χημική καταπολέμηση είναι πιο γρήγορη, πιο οικονομική και κάποιες φορές η πιο αποτελεσματική μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί για την αντιμετώπιση των εντόμων. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως οργανοφωσφωρικά, πυρεθρινοειδή και καρβαμιδικά και κάποια άλλα υπό μορφή καπνογόνων. Πρέπει να είναι αποτελεσματικά και να θανατώνουν αμέσως τον οργανισμό χωρίς να επηρεάζουν τον υπόλοιπο χώρο και τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά να μην διαθέτουν μεγάλη υπολειμματική διάρκεια με μη αποδεκτά υπολείμματα στα προϊόντα. Τα κοινά εντομοκτόνα εφαρμόζονται πριν ή κατά την εισαγωγή των προϊόντων στην αποθήκη. Τα καπνογόνα δρουν μέσω των ατμών και μπορεί να είναι ουσίες όπως το βρωμιούχο μεθύλιο και φωσφίνη. Το πρώτο έχει απαγορευτεί από την Ε.Ε. και η εφαρμογή του μπορεί να γίνει είτε σε άδειες αποθήκες είτε σε γεμάτες.

1.5.2. ΒΙΟΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι βιοτεχνικές μέθοδοι περιλαμβάνουν τη χρήση παγίδων και φερομόνων, ή τη χρήση ρυθμιστών ανάπτυξης εντόμων. Οι παγίδες και οι φερομόνες έχουν σκοπό να γνωστοποιήσουν και να ανιχνεύσουν την παρουσία διαφόρων εντόμων εχθρών, καθώς και την διακύμανση του πληθυσμού τους. Γνωρίζοντας το είδος και τον πληθυσμό του εντόμου αποφασίζεται έγκαιρα η μέθοδος, ο τρόπος και ο χρόνος

αντιμετώπισης των εντομολογικών προσβολών. Υπάρχουν διαφόρων ειδών παγίδες, επιφανειακές, εναέριες, τύπου σόντας, φωτεινές ή ηλεκτρικές. Από αυτές, ο τελευταίος τύπος εκμεταλλεύεται το φαινόμενο του φωτοτροπισμού. Οι ηλεκτρικές παγίδες προσελκύουν και θανατώνουν τα έντομα με χρήση ηλεκτρικού ρεύματος, μόνο όμως όσα εμφανίζουν θετικό φωτοτροπισμό. Ένα σημαντικό μειονέκτημα αυτών των παγίδων είναι ότι μπορεί να χρειάζονται συχνή αντικατάσταση εάν η επιφάνειά τους έχει κορεστεί από τα συλληφθέντα έντομα, σκόνη ή άλλα τεμαχίδια.

1.5.3. ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Σε αυτού του είδους την καταπολέμηση, ανήκουν οι τεχνητές τροποποιήσεις που μπορούν να προκληθούν στον περιβάλλοντα χώρο της αποθήκης, με μεταβολές στην υγρασία και θερμοκρασία τόσο του περιβάλλοντος όσο και του ίδιου του αποθηκευμένου προϊόντος, με τη χρήση ακτινοβολιών, με χρήση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών κ.ά.

- **Υγρασία:** Η υγρασία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα που ευνοεί την ανάπτυξη των εντόμων και των μυκήτων. Έτσι η ξήρανση των προϊόντων και η απαλλαγή τους από την περίσσεια υγρασίας, έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη συντήρησή τους. Ξήρανση των προϊόντων εντός των αποθηκευτικών χώρων, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ανεμιστήρων που τροφοδοτούν την αποθήκη με θερμό αέρα υψηλής ταχύτητας.
- **Θερμοκρασία** (θέρμανση, ψύξη): Τα έντομα αποθηκών επιβιώνουν και αναπαράγονται επί ενός περιορισμένου εύρους θερμοκρασιών. Όταν η θερμοκρασία είναι έξω από αυτό το εύρος τα έντομα δεν αναπτύσσονται ή πεθαίνουν σε σύντομο ή μικρό χρονικό διάστημα. Θερμοκρασίες 52 - 55°C περίπου για 3 ώρες ή μεγαλύτερες θερμοκρασίες με αντιστρόφως ανάλογες χρονικές εκθέσεις, καταστρέφουν όλα τα στάδια των εντόμων αποθηκών. Η χρήση των υψηλών θερμοκρασιών είναι πιο αποτελεσματική, όμως μπορεί να είναι καταστρεπτική για την ποιότητα και διάρκεια ζωής του αποθηκευμένου υλικού. Παρόλο του μεγάλου ποσοστού θνησιμότητας των υψηλών θερμοκρασιών, επίδραση χαμηλών θεωρείται καλύτερης διαχείρισης μέθοδος.

Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική χωρίς να προκαλεί αλλοιώσεις και υποβαθμίσεις των συστατικών του αποθηκευμένου προϊόντος.

- **Χρήση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών:** Αποσκοπεί στον έλεγχο του πληθυσμού εντόμων που προσβάλλουν προϊόντα σε καλά κλεισμένους και μεγάλους χώρους (σιλό), μεταβάλλοντας τη σύνθεση του ατμοσφαιρικού αέρα. Η μεταβολή αυτή μπορεί να γίνει είτε με προσθήκη CO₂ ή N₂, είτε με αφαίρεση O₂, είτε με παράλληλη μεταβολή της σχετικής υγρασίας και της ατμοσφαιρικής πίεσεως. Η θνησιμότητα των εντόμων μπορεί να αυξηθεί με συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων έως και 98%.
- **Χρήση ιονιζουσών ακτινοβολιών:** Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες, μπορεί να χρησιμοποιηθούν εναντίον εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα είτε εφαρμοζόμενες κατευθείαν στα προσβεβλημένα προϊόντα, είτε χρησιμοποιούμενες για στέρωση εντόμων, με σκοπό τη βαθμιαία μείωση των πληθυσμών τους. Δυο κυρίως τύποι ακτινοβολίας έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα για απεντόμωση προϊόντων: η γ ακτινοβολία που παράγεται από ραδιενεργά ισότοπα και τα ηλεκτρόνια υψηλής ταχύτητας (σωματίδια β μέγιστης ενέργειας 10 megavolts) που κατευθύνονται επάνω στο προϊόν που κινείται σε λεπτό στρώμα μπροστά από μηχανήμα σάρωσης. Η ακτινοβολία γ είναι πιο αποτελεσματική γιατί έχει πολύ μεγαλύτερη ικανότητα διείσδυσης. Το κυριότερο μειονέκτημα της είναι το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων που απαιτεί η εφαρμογή της.

1.5.4. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Κάποτε αποτελούσαν τους μοναδικούς τρόπους απαλλαγής των προϊόντων από τα επιβλαβή έντομα. Σήμερα χρησιμοποιούνται μόνο σε επίπεδο παραγωγού ή και εμπόρου.

- **Πίεση:** Χρησιμοποιείται για να θανατωθούν τέλεια συνήθως έντομα όπως στο εκκοκκισμένο βαμβάκι κατά τη δεματοποίηση. Ακόμη, αέρας υπό πίεση χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό μηχανημάτων, χώρων, σκευών από έντομα προσκολλημένα σ' αυτά.

- **Χρησιμοποίηση φυγοκεντρικών μηχανών(Entoleters):** Είναι μακράν η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μηχανική μέθοδος άμεσης μηχανικής καταπολέμησης εντόμων αποθηκών. Οι συσκευές αυτές αξιοποιούν τις ιδιότητες της φυγόκεντρου δύναμης προκειμένου να καταστρέψουν, μέσω της σύνθλιψης, τα έντομα και τους προσβεβλημένους σπόρους. Παρ' όλ' αυτά δεν καταστρέφονται όλα τα έντομα που διέρχονται από μία τέτοια συσκευή, γι' αυτό και απαιτούνται πολλές επαναλήψεις της διαδικασίας.
- **Ασφυξία:** Για την δημιουργία ασφυκτικών συνθηκών στα έντομα χρησιμοποιούνται διάφορα καθαρά, λευκά έλαια (παραφίνη) ή γαλακτώματα ορυκτελαίων που αναμιγνύονται με προσβεβλημένους σπόρους.
- **Πλύσιμο με νερό:** Φυσική απομάκρυνση των εντόμων με την χρήση άφθονου νερού υπό ισχυρή πίεση.
- **Η χρήση κόσκινων:** Σε κατάλληλη διάμετρο ώστε να συγκροτούν το προϊόν και να αφήνουν τα έντομα, είναι μια κλασσική μέθοδος. Με αυτό τον τρόπο δεν απομακρύνονται μόνο τα έντομα αλλά και διάφορες ξένες ύλες. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε αλευρομύλους όπου τα άλευρα περνούν από σειρά πέντε ή και περισσότερων κόσκινων. Σοβαρότερα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η αδυναμία της για 100% απομάκρυνση των εντόμων, και η αποτελεσματικότητα της για έντομα που βρίσκονται εντός του σπόρου ή άλλου προϊόντος.

1.5.5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΟΘΟΙ

Με τις μεθόδους αυτές αποσκοπούμε στη χρήση ζωντανών οργανισμών, οι οποίοι μπορούν να παρασιτήσουν, ή να τραφούν, ή να προκαλέσουν ασθένεια στα έντομα εχθρούς που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα. Οι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται χαρακτηρίζονται ως φυσικοί εχθροί των επιβλαβών εντόμων. Στους φυσικούς εχθρούς συγκαταλέγονται τα εντομοφάγα έντομα και οι εντομοπαθογόνοι μικροοργανισμοί (βακτήρια, ιοί, μύκητες, πρωτόζωα, νηματώδεις).

Η χρήση των εντομοπαθογόνων οργανισμών για την αντιμετώπιση των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων έχει αποδειχτεί ότι έχει επιφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα για τον έλεγχο του πληθυσμού των εντόμων. Οι μικροοργανισμοί αυτοί εισέρχονται με διάφορους τρόπους μέσα στο σώμα των εντόμων-εχθρών και τα σκοτώνουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

2.1. ΟΙ ΝΗΜΑΤΩΔΕΙΣ ΣΚΩΛΗΚΕΣ

Η λέξη Νηματώδης, (Nematoda ή Nematelminthes) προήλθε από την ελληνική λέξη «νήμα» (thread ή threadworms). Η ύπαρξη των νηματωδών στη Γη υφίσταται τουλάχιστον από την πρώτη εμφάνιση του ανθρώπινου είδους, και μάλιστα η διαπίστωσή τους ως ζωικά παράσιτα αναγράφεται στις πρώτες Αιγυπτιακές γραφές περί το 4000 π.Χ.

Οι νηματώδεις θεωρούνται μία από τις πιο επιτυχώς προσαρμοσμένες ομάδες ζώων πάνω στη γη. Η διάδοσή τους είναι ευρεία λόγω της δυνατότητας που έχουν να προσαρμόζονται, όπου μπορεί να υπάρξει ζωή, εξαιτίας της εσωτερικής και εξωτερικής μορφολογίας τους. Απαντώνται στο έδαφος, στα γλυκά θαλάσσια ή υφάλμυρα νερά, όπου υπάρχει οργανική ουσία, ως ελευθέρως διαβιούντες οργανισμοί ή ως ζωικά ή φυτικά παράσιτα. Μέχρι σήμερα έχουν προσδιοριστεί περίπου 45.000 διαφορετικά είδη. Ιδιαίτερα στα καλλιεργούμενα και απλής γονιμότητας εδάφη, με πλούσια χλωρίδα, υπάρχουν ευνοϊκές συνθήκες για ανάπτυξη μεγάλου αριθμού νηματωδών. Ο πληθυσμός τους ανά m² τέτοιου εδάφους, σε βάθος 30 μπορεί να είναι 150-200εκ. άτομα, που μπορεί να ανήκουν σε 10-30 διαφορετικά είδη. Το μέγεθος τους ποικίλει από 0,3mm έως 4m, όμως τα περισσότερα είδη έχουν μήκος 1-2mm και δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι.

Βάση της οικολογικής προσαρμογής τους, διακρίνονται σε :

1. Ελεύθερους στο έδαφος και στο νερό (σαπροφυτικούς), οι οποίοι συναντώνται σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της γης,
2. Φυτοпараσιτικούς, δηλαδή παράσιτα των φυτών που αποτελούν το κύριο αντικείμενο μελέτης του ιδιαίτερου κλάδου της Ζωολογίας, της Νηματολογίας και
3. Ζωοπαράσιτικούς (ανθρώπου και ζώων), οι οποίοι παρασιτούν σε όλα τα είδη ζώων, (θηλαστικά, πτηνά, ψάρια, έντομα, μαλάκια).

Από τους ζωοπαράσιτικούς ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εντομοπαθογόνοι, οι οποίοι χωρίζονται σε δύο ομάδες: (α) τους εντομοφιλικούς που είναι κυρίως παράσιτα εντόμων και συμβιώνουν με το έντομο-ξενιστή αλλά δεν τον

θανατώνουν και (β) τους κατεξοχήν εντομοπαθογόνους που έχουν συμβιωτική σχέση με ειδικά παθογόνα βακτήρια, προσβάλλουν κυρίως προνύμφες εντόμων, περνούν ένα μέρος της ζωής τους στο έδαφος και θανατώνουν τον ξενιστή τους μέσω της δράσης των βακτηρίων. Γι' αυτό αποτελούν σημαντικό αντικείμενο έρευνας στον κλάδο βιολογικής καταπολέμησης των εντόμων, για τους οποίους ακολουθεί εκτενέστερη αναφορά.

Η χρήση εντομοπαθογόνων νηματωδών μέσα σε αποθήκες είναι μια βιολογική μέθοδος κατά την οποία πλεονεκτεί ο ταχύς τρόπος δράσης που κυμαίνεται μεταξύ 24 και 48 ωρών, η εύρεση του ξενιστή αντιδρώντας σε φυσικά και χημικά ερεθίσματα και η εύκολη εμπορική παραγωγή του. Η ενασχόληση με τους εντομοπαθογόνους νηματώδεις, από την πρώτη εμφάνισή της, εστίασε στην ανάπτυξη και την χρησιμοποίηση αυτών των νηματωδών ως βιολογικά εντομοκτόνα. Η συντήρηση και η αύξηση των φυσικών πληθυσμών των νηματωδών μέσω των κατάλληλων πρακτικών και των περιοδικών απελευθερώσεών τους πιστεύεται ότι μπορούν να προσφέρουν συναρπαστικές για την καταστολή των παρασίτων εντόμων προοπτικές. Σήμερα παράγονται εμπορικά μονοξενικά χρησιμοποιώντας στερεά μέσα. Η διαδικασία αυτή παράγει επιτυχώς διάφορα είδη *Steinernema* και *Heterorhabditis*, αλλά οι υψηλές δαπάνες εργασίας περιορίζουν τις δυνατότητες εφαρμογής τους.

Για να αρχίσουν οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις να είναι χρήσιμα εργαλεία επιβάλλεται να κατανοηθεί πλήρως η διαδικασία παρασιτισμού των ξενιστών τους, η μορφή συμβίωσης με τα βακτήρια και οι μηχανισμοί αντίστασης των εντόμων στην μόλυνση.

Οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις των οικογενειών *Steinernematidae* και *Heterorhabditidae*, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη συνδέονται συμβιωτικά με βακτήρια στα γένη *Xenorhabdus* και *Photorhabdus*, αντίστοιχα. Όταν ένα μολυσματικό νεαρό άτομο εισέρχεται στην κοιλότητα του σώματος ενός ευαίσθητου ξενιστή, τα βακτήρια απελευθερώνονται, πολλαπλασιάζονται και ο θάνατος του ξενιστή λαμβάνει χώρα μέσα σε δύο ημέρες, εξ ου και ο όρος εντομοπαθογόνοι. Οι νηματώδεις αναπτύσσονται και αναπαράγονται μέσα στο πτώμα των εντόμων, τροφοδοτώντας τα συμβιωτικά βακτήρια και τους υποβαθμισμένους ιστούς του ξενιστή.

2.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο πρώτος εντομοπαθογόνος νηματώδης περιγράφηκε από τον Steiner ως *Aplectana kraussei* (τόρα *Steinernema kraussei*) το 1923, και εκείνη την εποχή θεωρήθηκε απλώς μια περίεργη ανακάλυψη, ενώ η συστηματική του θέση ήταν αμφίβολη. Η συστηματική θέση του δεύτερου εντομοπαθογόνου νηματώδη, *Neoaplectana glaseri* Steiner (1929) από υλικό που απομονώθηκε από τους Glaser και Fox (1930), ήταν αβέβαιη και ο Steiner τον έβαλε στην οικογένεια Oxyuridae.

Το 1955, σε μια μελέτη στην Βορειοανατολική Αμερική απομονώθηκε το στέλεχος DD-136 ενός μη περιγραφέντος νηματώδη Steinernematidae από προνύμφες σκώρων, έτσι άρχισαν σοβαρές μελέτες σχετικά με την παθογένεια και το ιστορικό ζωής των εντομοπαθογόνων νηματωδών. Χρησιμοποιώντας οπτικά μικροσκόπια και στη συνέχεια ηλεκτρονικά, το 1965-1979 διαπιστώθηκε η ύπαρξη βακτηρίων στα νεαρά στάδια προσβολής των νηματωδών με αποτέλεσμα ο ρόλος του βακτηρίου στην ανάπτυξη τους και ο θάνατος του ξενιστή να διασαφηνιστούν.

Στη συνέχεια ζωντανά έντομα χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των πρώτων εντομοπαθογόνων νηματωδών για δοκιμές σε αγρούς. Το 1981, το "The Nematode Farm" στο Berkeley του Ηνωμένου Βασιλείου παράγαγε αρκετούς εντομοπαθογόνους νηματώδεις για εμπορική χρήση ενάντια σε παράσιτα κήπων. Το 1982, η Biosys, στη Καλιφόρνια, ήταν η πρώτη που χρησιμοποίησε μια διαδικασία ζύμωσης μαζική παραγωγή *Steinernema* spp. που στόχευε στην αντιμετώπιση εντόμων χλοοτάπητα και κήπων.

Επειδή συχνά αντιμετωπίζονταν προβλήματα εφαρμογής αξιολογήθηκε συστηματικά η εφαρμογή των νηματωδών με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Αρχικά αξιολογήθηκε η επίδραση του μεγέθους των σταγονιδίων του νερού, των διαφορών πίεσης, των περιοχών ροής και ανάδευσης στη βιωσιμότητα των νηματωδών. Το 1995 αναπτύχθηκε μια μέθοδος εμποτισμού μοσχευμάτων φυτών σε εναιωρήματα νηματωδών για τον έλεγχο του εντόμου *Platyptilia carduidactyla* (σκώρος της αγκινάρας). Το 1975 αναμείχθηκαν νηματώδεις με ορισμένα εντομοκτόνα σε δεξαμενή για την αντιμετώπιση του εντόμου *Diabrotica virgifera*. Τα αποτελέσματα του πειράματος ακολουθήθηκαν από μια σειρά περιεκτικών μελετών σχετικά με τις συνέπειες του συνδυασμού μολυσματικών σταδίων νηματωδών με

παρασιτοκτόνα. Μετέπειτα αξιολογήθηκε ένα σκεύασμα βραδείας απελευθέρωσης για την ανάγκη εξοικονόμησης νηματωδών εφαρμοσμένο σε απορροφητικό τζέλ όπου χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή νηματωδών σε εσπεριδοειδή και παρόμοια σύνθεση (σάκος τσαγιού) χρησιμοποιήθηκε σε ελαιοκράμβη.

Ένα από τα σοβαρά προβλήματα στην εμπορευματοποίηση των εντομοπαθογόνων νηματωδών εκτός από τη μαζική παραγωγή ήταν η αποθήκευση υπό συνθήκες που διατηρούσαν υψηλή βιωσιμότητα μαζί με υψηλή μολυσματικότητα. Η ψύξη ήταν μια κατάλληλη μέθοδος αλλά όχι πρακτική για τους λιανοπωλητές και τους καλλιεργητές που ήθελαν να πουλήσουν ή να χρησιμοποιήσουν τους νηματώδεις σε διάστημα αρκετών εβδομάδων ή ακόμα και ημερών. Στη συνέχεια άρχισαν μελέτες σχετικά με τη δυνατότητα αποξήρανσης των νηματωδών ώστε να μπορούν να αποθηκευτούν σε θερμοκρασίες δωματίου. Η ανυδροβίωση χρησιμοποιήθηκε περαιτέρω για την ενίσχυση της σταθερότητας στο περιβάλλον αποθήκευσης των εντομοπαθογόνων νηματωδών.

Παράλληλα ένα σημαντικό άλμα στην ανάπτυξη νηματωδών ήταν ένα κοκκώδες σκεύασμα διασκορπίσιμο στο νερό, στο οποίο οι νηματώδεις περιβλήθηκαν σε κόκκους διαμέτρου 10-20mm αποτελούμενα από ένα μίγμα διαφόρων τύπων πυριτίου, πηλού, κυτταρίνης, λιγνίνης και αμύλων. Με αυτό το σκεύασμα η διάρκεια ζωής των εμπορικά παραγόμενων νηματωδών επεκτάθηκε στους 7 μήνες σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

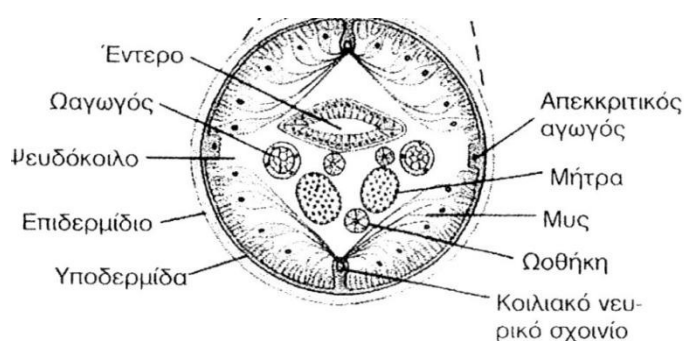
Μέχρι σήμερα έχουν ταυτοποιηθεί έντεκα είδη *Steinernema* και τρία είδη *Heterorhabditis*, όλα αποδεκτά ως βιολογικοί παράγοντες ελέγχου ενάντια στα έντομα στο εδαφολογικό περιβάλλον. Έχουν επιζήσει των δοκιμών παραγωγής, εφαρμογής, αποτελεσματικότητας, και προτύπων ασφαλείας.

2.3. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

2.3.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Οι νηματώδεις σκώληκες είναι σκωληκόμορφοι, ψευδοκοιλωματικοί ζωικοί οργανισμοί δηλαδή φέρουν μια σωματική κοιλότητα ανάμεσα στον πεπτικό σωλήνα και το τοίχωμα του σώματος που χαρακτηρίζονται από την παρουσία αμφίπλευρης συμμετρίας και την απουσία μεταμέρειας. Το σώμα τους είναι λεπτό, επιμηκές ή

κυλινδρικό, μήκους μεταξύ 0,5 και 2 mm , κυκλικό σε εγκάρσια τομή, στενότερο στα άκρα και δε χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα, στερείται οφθαλμούς, σκελετό και άκρα. Αποτελείται από δύο σωλήνες, έναν εξωτερικό που αποτελεί την επιδερμίδα τους και έναν εσωτερικό που είναι ο πεπτικός σωλήνας. Τα όργανα του αναπαραγωγικού συστήματος μαζί με διάφορα αδενικά κύτταρα βρίσκονται μεταξύ των δυο σωλήνων.



Εικ. 2.1. Εγκάρσια τομή στην οποία φαίνεται το ψευδόκοιλο. Πηγή: Δήμου, Ι. 2005. *Γενική Ζωολογία και Εντομολογία*. Εκδόσεις: Τ.Ε.Ι. Ιονίων Νήσων. Σελ.34-35.

Οι νηματώδεις δεν φέρουν κυκλικά διατεταγμένες μυϊκές ίνες, με αποτέλεσμα με τη βοήθεια των επιμηκών μυϊκών ινών οι μόνες κινήσεις που μπορούν να εκτελούν να είναι πλευρικές κάμψεις του σώματος. Για την διευκόλυνση της μελέτης και της περιγραφής τους, χωρίζονται νοητά σε τρία υποτμήματα: την κεφαλή, το κυρίως σώμα και την ουρά. Ως κεφαλή αναφέρεται το μπροστινό άκρο που φέρει το στοματικό άνοιγμα, ως ουρά η περιοχή από την έδρα των θηλυκών ή την αμάρα των αρσενικών μέχρι το οπίσθιο άκρο του σώματος και τέλος το κυρίως σώμα περιλαμβάνει το τμήμα που παρεμβάλλεται μεταξύ κεφαλής και ουράς.

2.3.2. ANATOMIA

Οι νηματώδεις διαθέτουν νευρικό, πεπτικό και αναπαραγωγικό σύστημα αλλά στερούνται αναπνευστικού και κυκλοφορικού, καθώς και κινητικών οργάνων. Επί της επιδερμίδας παρατηρούνται κάποιοι πόροι με τη μορφή αισθητήριων θηλών, οι οποίοι συνδέονται με υποδερμικούς αδένες που με τη σειρά τους σχετίζονται με αισθητήρια όργανα. Ως κοιλιακή περιοχή ονομάζεται η πλευρά που φέρει τον απεκκριτικό πόρο, το γεννητικό άνοιγμα και την έδρα των θηλυκών ή την αμάρα των αρσενικών ενώ ως

νωτιαία η αντίθετη προς αυτή. Πιο αναλυτικά, παρατηρούμε τα παρακάτω επί μέρους συστήματα και όργανα.

2.3.2.1 ΔΟΜΗ ΣΩΜΑΤΟΣ

Η εξωτερική επιφάνεια του σώματος καλύπτεται από μια ελαστική στιβάδα επιδερματίου, που μπορεί να είναι λεία ή να φέρει αισθητήριες τρίχες. Κάτω από τη στιβάδα του επιδερματίου διακρίνεται η επιδερμίδα που δεν αποτελείται μεμονωμένα κύτταρα, αλλά αποτελεί έναν συγκυτιακό σχηματισμό. Τον εξωτερικό σκελετό και την προστατευτική ασπίδα του νηματώδη αποτελεί η επιδερμίδα. Σε αυτή συνήθως διακρίνονται τέσσερις επιδερμικές στρώσεις, το πάχος και η δομή των οποίων εξαρτάται από το είδος, τον τρόπο ζωής και το στάδιο ανάπτυξης των νηματωδών. Κάτω από την επιδερμίδα εντοπίζονται οι μυϊκές ίνες, διατεταγμένες παράλληλα με τον κατά μήκος άξονα του σώματος. Δεδομένου ότι όλοι οι σωματικοί κυτταρικοί μύες είναι παράλληλοι στον άξονα του σώματος του νηματώδη, μπορούν να συστέλλονται προς μία μόνο κατεύθυνση. Έτσι, η οφιοειδής κίνησή τους προέρχεται από κύματα μονόπλευρων τοπικών συστολών και συνεπώς το μυϊκό στρώμα με τους εξειδικευμένους μύες που καλύπτουν όλο το μήκος του σώματος είναι υπεύθυνο για την κάμψη και κίνηση των νηματωδών (Weischer & Brown 2000). Επιπλέον δεν υπάρχει τραχειακό σύστημα και η ανταλλαγή των αερίων γίνεται με διάχυση μέσω της επιδερμίδας. Επίσης δεν υπάρχει αναπτυγμένο κυκλοφορικό σύστημα και το σωματικό υγρό κινείται με απλή διάχυση.

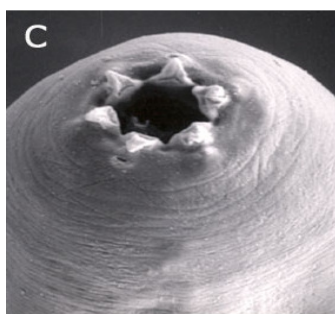
2.3.2.2. ΠΕΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Οι νηματώδεις έχουν πλήρως ανεπτυγμένο πεπτικό σύστημα. Αποτελείται από το στοματικό άνοιγμα, τους χειλικούς λοβούς, την στοματική κοιλότητα, τον οισοφάγο, τον εντερικό σωλήνα και το βραχύ ορθό που διανοίγεται στην κοιλιακή επιφάνεια, στα θηλυκά στην έδρα και στα αρσενικά στην αμάρα.

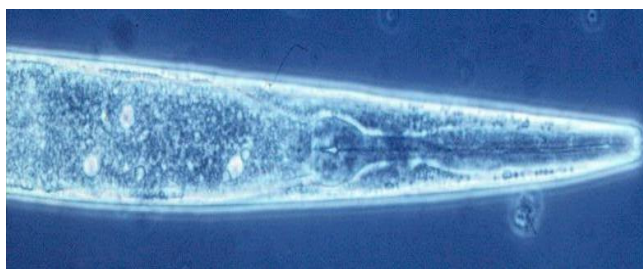
Το στόμα διαιρείται σε τρία μέρη: το εμπρόσθιο, το μεσαίο και το οπίσθιο που αποτελεί τη στοματική κοιλότητα. Το σχήμα του μπορεί να είναι τριγωνικό, ημισφαιρικό, επίμηκες, κυλινδρικό, λίγο ή πολύ ενσωματωμένο στο μυϊκό σύστημα του οισοφάγου ή τελείως ελεύθερο (Κύρου, 2004). Το στοματικό άνοιγμα

περιβάλλεται από έξι χείλη, άλλοτε συγχωνευμένα και άλλοτε όχι, ανάλογα με το είδος του νηματώδη. Τα χείλη μπορεί να είναι ευδιάκριτα ή κλεισμένα σε ένα στερεό "πώμα".

Ακολουθεί η στοματική κοιλότητα που η δομή και το σχήμα της παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία και πολυπλοκότητα (Goodey, 1933).



Εικ. 2.2. Στοματικό άνοιγμα



Εικ. 2.3. Οισοφάγος εντομοπαθογόνου νηματώδη

Πηγή: *Entomopathogenic Nematodes: Systematics, Phylogeny and Bacterial Symbionts* K. B. Nguyen and D. J. Hunt.

Ο οισοφάγος συνδέεται με το οπίσθιο άκρο του στόματος και αποτελείται από μυϊκές ίνες και αδένες. Επίσης, διαθέτει έναν ή περισσότερους χώρους ή βολβούς, οι οποίοι κάποιες φορές φέρουν βαλβίδες. Το εμπρόσθιο κυλινδρικό τμήμα του οισοφάγου ονομάζεται πρόσωμα και το διογκωμένο τμήμα που ακολουθεί ονομάζεται μετάσωμα. Ακολουθεί ο οισοφαγικός ισθμός, ο οποίος συνδέει το μετάσωμα με τον οπίσθιο ή τελικό βολβό. Ο οισοφάγος ενώνεται με το έντερο μέσω της οισοφαγοεντερικής βαλβίδας. Ο εντερικός σωλήνας είναι ένας μακρύς, ευθύς σωλήνας που φέρει μια στρώση επιθηλιακών κυττάρων και δεν διατρέχεται από μυϊκές ίνες. Χωρίζεται σε τρία μέρη, το πρόσθιο, το μεσαίο και το οπίσθιο. Η αποβολή των τροφών πραγματοποιείται μέσω του ορθού, το οποίο βρίσκεται στο οπίσθιο τμήμα του σώματος του νηματώδη και πρόκειται για την έδρα στα θηλυκά και την αμάρα στα αρσενικά.

2.3.3. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Οι νηματώδεις είναι συνήθως γονοχωριστικοί, δηλαδή χωρίζονται σε θηλυκά και αρσενικά άτομα. Σπανίως έχουν παρατηρηθεί ορισμένα αμφιφυλετικά άτομα, που

έχουν δηλαδή εκτός των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων του ενός φύλου και δευτερεύοντα χαρακτηριστικά του άλλου φύλου. Σε είδη όπου τα αρσενικά και τα θηλυκά εμφανίζονται με την ίδια περίπου συχνότητα, η αναπαραγωγή συνήθως γίνεται αμφιμικτικά (διασταύρωση φύλων). Σε μερικά είδη, όπου τα θηλυκά υπερέχουν των αρσενικών ή τα αρσενικά είναι σπάνια ή απουσιάζουν, η αναπαραγωγή γίνεται παρθενογενετικά. Υπάρχουν και μερικά είδη που είναι ερμαφρόδιτα (ωάρια και σπερματοζώρια παραγόμενα από το θηλυκό) και αναπαράγονται με αυτογονιμοποίηση.

Το αναπαραγωγικό σύστημα των θηλυκών βρίσκεται συνήθως στο μέσο του σώματός τους, ή σπανιότερα στην ουραία περιοχή και περιλαμβάνει τα εξής τμήματα:

- Μια ή δυο ωοθήκες
- σπερματοθήκη
- μήτρα
- κόλπο
- γεννητικό πόρο

Το γεννητικό σύστημα των αρσενικών βρίσκεται στην ουραία περιοχή και περιλαμβάνει τα εξής τμήματα:

- Έναν ή δυο όρχεις
- συζευκτικές άκανθες
- πηδάλιο.

2.3.4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Ο βιολογικός κύκλος των νηματωδών περιλαμβάνει 6 στάδια:

- Το ωό.
- Τέσσερα προνυμφικά στάδια, από τα οποία το 1^ο ολοκληρώνεται συνήθως εντός του ωού.
- Το τέλειο ή ακμαίο άτομο.

Τα θηλυκά άτομα ωοτοκούν από λίγα έως 3000 ωά σε μια περίοδο ωοτοκίας 40-60 ημερών. Από τα ωά εκκολάπτονται νεαρά σκωληκόμορφα άτομα, τα οποία

ονομάζονται προνύμφες 2ου σταδίου. Το 1° προνυμφικό στάδιο έχει ολοκληρωθεί συνήθως εντός του ωού πριν την εκκόλαψη. Μετά το 2° προνυμφικό στάδιο, ακολουθούν άλλα δύο και τέλος το στάδιο του ώριμου ατόμου. Το πέρασμα από το ένα στάδιο στο επόμενο γίνεται με αποβολή της επιδερμίδας και το σχηματισμό νέας (έκδυση), λόγω αύξησης του μεγέθους του σώματος. Η πρώτη έκδυση γίνεται συνήθως μέσα στο ωό.

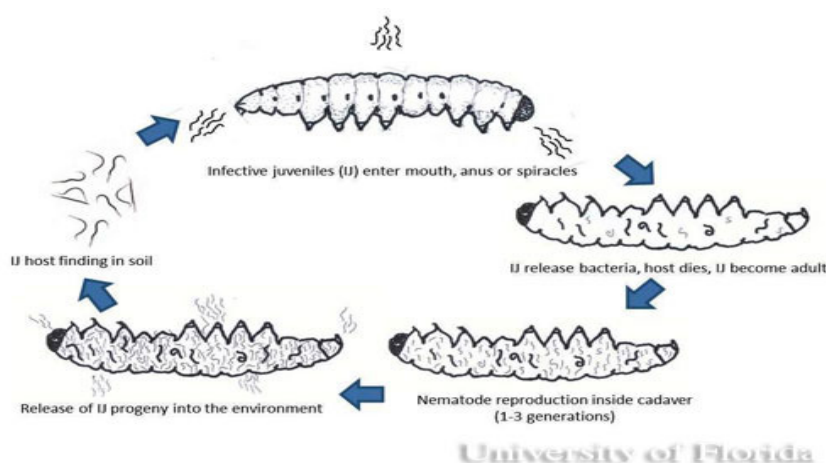
Η διάρκεια κάθε σταδίου, καθώς και ολόκληρου του βιολογικού κύκλου, ποικίλει ανάλογα με το είδος του νηματώδη, τις διατροφικές του προτιμήσεις και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, αλλά συνήθως διαρκεί 20-50 ημέρες. Υπό ορισμένες δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος (κυρίως έλλειψη υγρασίας ή ξενιστή), οι προνύμφες μερικών ειδών μπορεί να περιπέσουν σε ένα είδος νάρκης και να αναβιώσουν όταν δημιουργηθούν ευνοϊκές συνθήκες. Το φαινόμενο αυτό καλείται διάπαυση.

Η προνύμφη τρίτου σταδίου είναι η μόνη που ζει ελεύθερη και είναι αυτή που προσβάλλει και μολύνει τα έντομα. Όλα τα υπόλοιπα στάδια υπάρχουν μόνο μέσα στο σώμα του ξενιστή. Μόλις βρεθεί ένα κατάλληλο έντομο-ξενιστής, η μολυσματική προνύμφη εισχωρεί στο σώμα του μέσα από τα διάφορα φυσικά ανοίγματα (στοματική κοιλότητα, έδρα, αναπνευστικά τρίμματα) και διαπερνά στο κυκλοφορικό του σύστημα. Τα βακτηριακά κύτταρα εξέρχονται από το έντερο του νηματώδη μέσω της έδρας, μεταφέρονται στην αιμολέμφο του εντόμου και αρχίζουν να πολλαπλασιάζονται στο κυκλοφορικό του σύστημα, καταφέροντας να θανατώσουν τον ξενιστή τους μέσα σε 48 ώρες από σηψαιμία.

Η τροφή που καταναλώνει ένας ενήλικος νηματώδης μαζί με τα βακτηριακά κύτταρα και τους ιστούς των εντόμων-ξενιστών τον καθιστούν ικανό να εναποθέτει μέσα στη σωματική κοιλότητα του εντόμου τα ωά του τα οποία επωάζονται εκεί με αποτέλεσμα να εξέρχονται από τον ξενιστή ως μολυσματικές προνύμφες 3ου σταδίου, έτοιμες να ξεκινήσουν την αναζήτηση για νέους ξενιστές. Μεταξύ του νηματώδη και των βακτηρίων υπάρχει συνεργασία. Σε αυτήν την ένωση, ο νηματώδης στηρίζεται πάνω στο βακτήριο για να μπορέσει να θανατώσει το έντομο-ξενιστή του που του προσφέρει στη συνέχεια ένα κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη του με την παραγωγή αντιβιοτικών που καταστέλλουν

ανταγωνιστικούς δευτεροβάθμιους μικροοργανισμούς, και διασπώντας τους ιστούς των εντόμων σε χρησιμοποιήσιμες θρεπτικές ουσίες.

Από την άλλη πλευρά, το βακτήριο χρειάζεται τον νηματώδη για την προστασία του από το εξωτερικό περιβάλλον, τη διείσδυση στο έντομο-ξενιστή και ενδεχομένως την παρεμπόδιση των αντιβακτηριακών πρωτεϊνών του εντόμου. Η επιτυχής ωρίμανση και πολλαπλασιασμός των νηματωδών με κατάληξη τις μολυσματικές προνύμφες, εξαρτάται από έναν καθορισμένο πληθυσμό βακτηρίων στην αιμολέμφο του εντόμου. Τα βακτήρια εμφανίζονται σε δύο σημαντικές μορφές. Η αρχική μορφή είναι η ιδανικότερη για την ανάπτυξη των νηματωδών, πιθανώς επειδή τους εφοδιάζει με μια καλή πηγή τροφής και παράγει μια ομάδα αντιβιοτικών που απομακρύνουν τους υπόλοιπους μικροοργανισμούς, ενώ η δεύτερη δεν παρέχει τόση θρεπτική αξία και δεν παράγει το ίδιο ποσό αντιβιοτικών. Οι δύο μορφές έχουν ευδιάκριτες μορφολογικές διαφορές αλλά δεν παρουσιάζουν διαφορές στην παθογένεια τους.



Εικ. 2.4. Βιολογικός κύκλος εντομοπαθόνων νηματωδών μέσα στο ξενιστή.
Πηγή : Entomology and Nematology University of Florida

2.4. ΟΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΕΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

2.4.1. ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ HETERORHABDITIDAE

Το γένος *Heterorhabditis* περιγράφηκε πρώτη φορά το 1976 και ανήκει στην τάξη Rhabditidae. Όλα τα είδη αυτού του γένους είναι υποχρεωτικά παράσιτα

εντόμων και μερικά χρησιμοποιούνται ως παράγοντες βιολογικού ελέγχου για τον έλεγχο παρασίτων. Το συναρπαστικό χαρακτηριστικό των συμβιωτικών βακτηρίων του *Heterorhabditis* spp. είναι η ικανότητά τους να φθορίζουν, τόσο πολύ ώστε ολόκληρο το μολυσμένο πτώμα εντόμων να λάμπει στο σκοτάδι και το φως. Η οικογένεια περιλαμβάνει μόνο το γένος *Heterorhabditis*, με κύριο εκπρόσωπο το είδος *Heterorhabditis bacteriophora*.

Οι νηματώδεις *Heterorhabditis* είναι ικανοί να μολύνουν μια ευρεία ποικιλία εντόμων. Τα μολυσματικά νεαρά, τα οποία φέρουν κύτταρα από συμβιωτικά βακτήρια *Photobacterium* στον πεπτικό τους σωλήνα, έχουν την ικανότητα να εισέρχονται στην σωματική κοιλότητα του ξενιστή τους και να αναπτύσσονται σε ερμαφρόδιτα θηλυκά. Η αναπαραγωγή τους γίνεται με ερμαφροδιτικά ή αμφιγενετικώς αναπαραγωγικά θηλυκά.

Μορφολογία

Οι αμφιγενετικοί και οι ερμαφρόδιτοι πληθυσμοί ενηλίκων μπορούν να εντοπισθούν μόνο μέσα σε πτώματα μολυσμένων εντόμων στη φύση. Η κεφαλή τους είναι υποανάπτυκτη ή ελαφρώς στρογγυλεμένη ενώ το στίλετο απουσιάζει. Το στοματικό άνοιγμα περιβάλλεται από έξι εμφανή χείλη άλλοτε συνενωμένα στη βάση και άλλοτε όχι. Κάθε χείλος φέρει μια χειλική θηλή. Οι χειλικές θηλές είναι επιδερμικές δομές που βρίσκονται γύρω από το στοματικό άνοιγμα και συνδέονται με νεύρα που ξεκινούν από το νευρικό δακτύλιο. Μικρό αμφιδιακό άνοιγμα υπάρχει πίσω από το πλευρικό χείλος. Τη βάση του στόματος περιβάλλει η μπροστινή πλευρά του φάρυγγα η οποία είναι φαρδιά και κυλινδρική και καταλήγει σε στένωση στην περιοχή του ισθμού. Ευδιάκριτος είναι ο νευρικός δακτύλιος ο οποίος βρίσκεται στη μέση του ισθμού στα θηλυκά και στα αρσενικά στον βασικό λοβό.

Όσον αφορά στις μολυσματικές προνύμφες, είναι πιο λεπτές από τις υπόλοιπες και ανευρίσκονται συχνά μέσα στην επιδερμίδα 2^{ου} σταδίου. Στη ραχιαία πλευρά του κεφαλιού φέρουν εξοπλισμό όπως προεξοχή ή άγκιστρο και στην πλαγιοκοιλιακή περιοχή παρατηρούνται διαφοροποιήσεις σε κάποιες περιπτώσεις. Η επιδερμίδα στο μήκος της φέρει ένα ζεύγος γραμμών καθώς το στόμα και ο πρωκτός είναι κλειστά. Ο φάρυγγας και το έντερο δεν έχουν αναπτυχθεί πλήρως, η ουρά είναι αιχμηρή ενώ ο απεκκριτικός πόρος είναι προγενέστερος του νευρικού δακτυλίου. Σε όλο το μήκος

του πεπτικού σωλήνα υπάρχουν τα κύτταρα του συμβιωτικού βακτηρίου. Η εξέλιξη των μολυσματικών νεαρών είναι πάντα σε ερμαφρόδιτα θηλυκά.

HETERORHABDITIS BACTERIOPHORA

Το είδος *Heterorhabditis bacteriophora* συγκαταλέγεται ανάμεσα στους σημαντικότερους εντομοπαθογόνους νηματώδεις. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη ικανότητα προσαρμογής και υψηλό βαθμό προσβολής προνυμφών Λεπιδόπτερων και Κολεοπτέρων, ενώ μπορεί να προσβάλλει και πολλά άλλα έντομα, εμφανιζόμενο σε πολλούς παθοτύπους. Είναι είδος των θερμών θερμοκρασιών, ενώ η δράση του μειώνεται όταν η θερμοκρασία του εδάφους βρίσκεται κάτω από 20°C. Χαρακτηριστικό μειονέκτημά του αποτελεί η διάρκεια ζωής του, ιδιαίτερα στα μολυσματικά ανήλικα τα οποία διατηρούνται μόνο λίγες μέρες αφότου ελευθερωθούν στον αγρό.



Εικ. 2.5. *Heterorhabditis bacteriophora* (www.semanticscholar.com)

2.4.2. ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ STEINERNEMATIDAE

Οι Steinernematidae είναι μια οικογένεια νηματωδών της Τάξης Rhabditida που είναι υποχρεωτικά παράσιτα εντόμων και κατοικούν στο έδαφος. Οι νηματώδεις που ανήκουν στην παρούσα οικογένεια περιέχουν στον πεπτικό τους σωλήνα κύτταρα από συμβιωτικά βακτήρια του γένους *Xenorhabdus*. Στον βιολογικό κύκλο της οικογένειας Steinernematidae, μολυσματικές είναι οι προνύμφες του τρίτου σταδίου. Το μολυσματικό ανήλικό είναι ικανό να επιζήσει στο περιβάλλον, να εισέλθει στην σωματική κοιλότητα ενός πλήθους εντόμων και κατόπιν να αναπτυχθεί σε θηλυκό ή αρσενικό. Μια ή περισσότερες γενιές μπορούν να αναπτυχθούν μέσα στον ξενιστή.

Μορφολογία

Τα ενήλικα της οικογένειας απαντώνται μόνο μέσα σε πτώματα προσβεβλημένων εντόμων και αναπαράγονται αμφιγενετικά. Έχουν έξι χείλη μερικώς ή εντελώς ανεπτυγμένα, τα οποία έχουν μια χειλική θηλή στο τέλος τους. Κατέχουν τέσσερις κεφαλικές θηλές από τις οποίες οι δύο είναι συχνά ασαφής. Υπάρχουν επίσης πλευρικά αμφίδια και το στίλετο απουσιάζει.



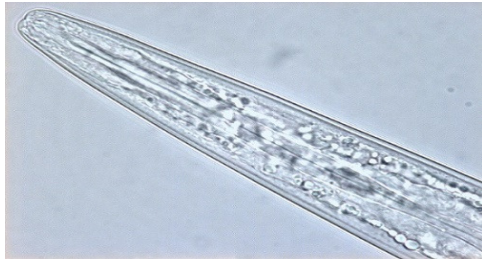
Εικ. 2.6. Πλευρικά αμφίδια

Πηγή: Entomopathogenic Nematodes: Systematics, Phylogeny and Bacterial Symbionts K. B. Nguyen and D. J. Hunt

Το κεφάλι είναι στρογγυλεμένο, το δέρμα τραχύ και το στόμα στο πίσω μέρος του καταλήγει σε ένα τμήμα αποτελούμενο από φαρυγγικό πλέγμα. Ως ένας χονδρός δακτύλιος απεικονίζεται ο χειλιοραβδιωειδής ο οποίος είναι ευδιάκριτος. Ο φάρυγγας είναι μυώδης με κυλινδρικό πρόσωμα, διογκωμένο χωρίς βαλβίδα. Εμφανής είναι ο κοιλιακός απεκκριτικός πόρος και ο νευρικός δακτύλιος ο οποίος περιέχει τμήμα του ισθμού από τον φάρυγγα.



Εικ. 2.7.. Αιχμηρή απόληξη ουράς (Wageningen University & Research, Εργαστήριο Νηματολογίας)



Εικ. 2.8. *Steinernema* sp. (μολυσματική προνύμφη): στοματική κοιλότητα και οπίσθιο τμήμα του φάρυγγα (Wageningen University & Research, Εργαστήριο Νηματολογίας)

Ως μολυσματικό στάδιο θεωρείται το τρίτο συχνά όμως, είτε γιατί δεν έχει γίνει έκδυση είτε γιατί δεν την έχουν αποβάλλει απαντώνται μέσα στην επιδερμίδα του 2^{ου} σταδίου και είναι πιο λεπτά από τα υπόλοιπα προνυμφικά στάδια. Η επιδερμίδα τους φέρει τέσσερις έως οκτώ διαμήκεις ραβδώσεις ενώ το στόμα και ο πρωκτός είναι κλειστά. Η ουρά τους είναι αιχμηρή στην απόληξή της και ο απεκκριτικός πόρος προηγείται του νευρικού δακτυλίου. Η στοματική χώρα δεν έχει ραχιαίο άγκιστρο. Στη πρόσθια μοίρα του εντέρου διατηρούνται τα κύτταρα του συμβιωτικού βακτηρίου. Η συγκεκριμένη οικογένεια περιλαμβάνει τα παρακάτω είδη.

STEINERNEMA CARPOCAPSAE

Το είδος αυτό είναι το πιο μελετημένο από όλους τους εντομοπαθογόνους νηματώδεις. Σημαντικά χαρακτηριστικά του είδους περιλαμβάνουν την ευκολία μαζικής παραγωγής και την ικανότητα σχηματισμού σε μερικώς αφυδατωμένη κατάσταση η οποία παρέχει πολλούς μήνες αποθήκευσης σε θερμοκρασία δωματίου. Τα αρσενικά χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη μιας μικρής θηλής στην απόληξη της ουράς (συνήθως από 1 - 4μm του μήκους) και από τις γκριζοπράσινες συζευκτικές άκανθες. Τα μολυσματικά νεαρά άτομα μπορούν να αναγνωριστούν από το μήκος τους και το εμπρόσθιο τμήμα του απεκκριτικού πόρου.

STEINERNEMA FELTIAE

Αυτός ο νηματώδης είναι μοναδικός γιατί διατηρεί τη μολυσματικότητα του σε θερμοκρασίες εδάφους τόσο χαμηλές όσο 10°C. Το είδος αυτό χαρακτηρίζεται από την ουρά των αρσενικών που καταλήγει σε μια θηλή και έχει μήκος 4 - 13μm. Οι συζευκτικές άκανθες είναι πορτοκαλοκίτρινες, ενώ τα ανήλικα μπορούν να διακριθούν από αυτά του *S. carrocapsae* λόγω της θέσης του απεκκριτικού πόρου (στον *S. feltiae* είναι πιο πίσω). Τα μολυσματικά ανήλικα μπορούν να διακριθούν και αυτά από το μήκος τους και τον λόγο (μήκος φάρυγγα/ολικό μήκος σώματος).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

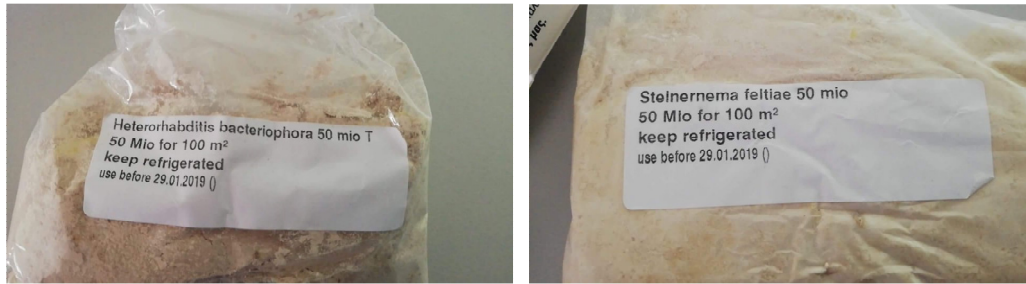
3.1. ΕΚΤΡΟΦΗ ΠΡΟΝΥΜΦΩΝ *TROGODERMA GRANARIUM*

Στη παρούσα πτυχιακή χρησιμοποιήθηκαν προνύμφες του εντόμου *Trogoderma granarium*, η εκτροφή των οποίων έλαβε χώρα στο εργαστήριο Φαρμακολογίας-Φυτοπροστασίας του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας κατά το έτος 2019, ενώ το μητρικό υλικό διατέθηκε από τον Αναπληρωτή Καθηγητή Νικόλαο Καβαλλιεράτο (Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας & Εντομολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών). Όλα τα στάδια ανάπτυξης των προνυμφών εξελίσσονταν σε χώρο με σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ και υγρασία 60-70%.

Οι προνύμφες διατηρούνταν και αναπαράγονταν μέσα σε γυάλινα βάζα με απεντομομένους σπόρους σκληρού σίτου. Ανάλογα με το μέγεθος των δοχείων, τοποθετούνταν σε αυτά 50-70 προνύμφες ανά δοχείο. Κάθε μήνα πραγματοποιούνταν αραιώσεις των πληθυσμών ώστε να αποφευχθεί ο συνωστισμός που θα επηρέαζε την ανάπτυξη και την πρόσληψη τροφής των προνυμφών. Παράλληλα καθαρίζονταν, αλλάζοντας το αποστειρωμένο σιτάρι και ξεχωρίζονταν τα ακμαία και οι νύμφες σε διαφορετικά δοχεία.

3.2. ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Τα είδη των εντομοπαθογόνων νηματωδών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα *Steinernema feltiae*, *Steinernema carpocapsae* και *Heterorhabditis bacteriophora*. Η προμήθεια των σκευασμάτων έγινε από την εταιρεία Bio-Insecta (Νέα Συλλάτα, Χαλκιδική). Πρόκειται για σκευάσματα νηματωδών με χιτοζάνη, υπό μορφή σκόνης, τα οποία περιέχουν εντομοπαθογόνους νηματώδεις σε κατάσταση λήθαργου. Όταν μικρή ποσότητα παρασκευάσματος διαλυθεί σε νερό, οι νηματώδεις δραστηριοποιούνται και είναι έτοιμοι για χρήση.



Εικ. 3.1. Σκευάσματα νηματωδών σε αδρανές υλικό. (μορφή τυποποίησης σκόνη)

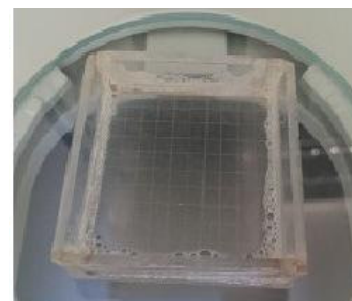


Εικ. 3.2. Συσκευασίες νηματωδών από την εταιρία Bio-Insecta

3.3. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΙΩΡΗΜΑΤΩΝ ΝΗΜΑΤΩΔΩΝ

Για τη δημιουργία αιωρημάτων με τις επιθυμητές δόσεις νηματωδών:

- Λαμβάνουμε τυχαία, μικρή ποσότητα από το σκεύασμα του νηματώδη με τη βοήθεια καθαρής μεταλλικής σπάτουλας και διαλύουμε σε μικρή ποσότητα νερού (λίγα ml). Αναδεύουμε σε μαγνητικό αναδευτήρα για 10 λεπτά μέχρι να ομοιογενοποιηθεί το αιώρημα και να ενεργοποιηθούν όλοι οι νηματώδεις.
- Από αυτό το αιώρημα λαμβάνουμε με μικροπιπέτα 1ml και μεταφέρουμε σε ειδικό τριβλίο μέτρησης νηματωδών (διαγραμμισμένο τριβλίο 1x1), συμπληρώνοντας λίγο νερό ώστε να καλυφθεί ο πάτος του τριβλίου και κάνουμε εκτίμηση του πληθυσμού των νηματωδών στο στερεοσκόπιο.



Εικ. 3.3. Ειδικό τριβλίο καταμέτρησης πληθυσμού νηματωδών.

- Με βάση την εκτίμηση του πληθυσμού ανά ml διαλύματος, υπολογίζουμε τον όγκο που απαιτείται για την επιθυμητή δόση (100, 500, 1000, 5000, 10000, 50000 άτομα).
- Δεδομένου ότι απαιτείται 1ml ανά τριβλίο, ετοιμάζουμε τον απαραίτητο αριθμό δοκιμαστικών σωλήνων με την απαιτούμενη ποσότητα αιωρήματος της επιθυμητής δόσης (Εικ. 3.4).



Εικ. 3.4. Βάση δοκιμαστικών σωλήνων με τις 6 δόσεις νηματώδων (100, 500, 1000, 5000, 10000, 50000).

3.4. ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ

1. Οι βιοδοκιμές πραγματοποιήθηκαν στους 30°C, σε Σ.Υ. 75% και σε 8 δόσεις νηματώδων (0, 100, 500, 100, 1500, 5000, 10000, 50000 J₃*/ml νερού) ανά 10gr αποστειρωμένου σίτου.
2. Κάθε μεταχείριση πραγματοποιήθηκε σε μεμονωμένα τριβλία Petri 9cm, σε κάθε ένα από τα οποία τοποθετούνταν 10 προνύμφες *Trogoderma granarium* και εν συνεχεία 1ml του ανάλογου αιωρήματος νηματώδων, το οποίο κατανέμονταν ομοιόμορφα σε όλο το προϊόν. Στο παρόν πείραμα επιλέχθηκαν προνύμφες μικρού μεγέθους, δηλαδή προνύμφες με μήκος σώματος < 3 mm (~2mm).
3. Καταμέτρηση και αφαίρεση των νεκρών προνυμφών πραγματοποιούνταν σε δύο χρόνους (μετά την πάροδο 4 και 8 ημερών) και σε τρεις επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση και κάθε χρόνο.
4. Οι μάρτυρες αποτελούνταν από τριβλία με 10g προϊόντος και 10 προνύμφες, σε τρεις επαναλήψεις και δύο χρόνους, τα οποία διαβρέχονταν με 1ml νερό.
5. Όλα τα τριβλία, μετά την προσθήκη προϊόντος, εχθρού και αιωρήματος νηματώδη ή νερού, κλείνονταν καλά με ειδική ταινία για να αποφεύγεται η είσοδος ανεπιθύμητων μικροοργανισμών, η έξοδος των εντόμων και η εξάτμιση του νερού. Στη συνέχεια τοποθετούνταν σε κουτιά αποθήκευσης, όπου για τη

* J₃ = προνύμφη 3^{ου} σταδίου (από την αγγλική juvenile)

διατήρηση της σχετικής υγρασίας στα επιθυμητά επίπεδα τοποθετούνταν μικρή ποσότητα χλωριούχου ασβεστίου σε μορφή κόκκων. Ο έλεγχος θερμοκρασίας και υγρασίας πραγματοποιούνταν με κατάλληλο θερμόμετρο-υγρασιόμετρο.

6. Οι βιοδοκιμές επαναλήφθηκαν τρεις φορές.

Σε κάθε είδος νηματώδη, αντιστοιχούσαν 72 τριβλία (8 δόσεις \times 3 τριβλία \times 3 επαναλήψεις), ενώ συνολικά στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 216 τριβλία μαζί με τους μάρτυρες.



Εικ. 3.5. Έγχυση νηματωδών με μικροπιπέτα στα τριβλία.



Εικ. 3.6. Κουτί αποθήκευσης τριβλίων κατά τη διάρκεια του πειράματος

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 1. Σύνολο νεκρών προνυμφών *Trogoderma granarium*, υπό την επίδραση του εντομοπαθογόνου νηματώδη *Steinernema feltiae*

Δόση (IJ/ml νερό)	Έκθεση 4 ημερών			Έκθεση 8 ημερών		
	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 1 ^η					
	Τριβλίο	Νεκρά	Μ.Ο. νεκρών	Επανάληψη	Νεκρά	Μ.Ο.
0 (control)	1	2	1,00	1	2	1,00
	2	1		2	1	
	3	0		3	0	
100	1	2	1,33	1	4	3,67
	2	1		2	4	
	3	1		3	3	
500	1	3	2,00	1	5	3,67
	2	1		2	3	
	3	2		3	3	
1000	1	4	3,67	1	5	5,67
	2	4		2	6	
	3	3		3	6	
5000	1	4	3,00	1	5	4,33
	2	2		2	5	
	3	3		3	3	
10000	1	4	4,67	1	6	6,00
	2	5		2	5	
	3	5		3	7	
50000	1	7	6,67	1	7	7,00
	2	7		2	7	
	3	6		3	7	
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 2 ^η						
	Τριβλίο	Νεκρά	Μ.Ο. νεκρών	Επανάληψη	Νεκρά	Μ.Ο.
0 (control)	1	0	0,00	1	0	0,00
	2	0		2	0	
	3	0		3	0	
100	1	0	0,33	1	2	1,67
	2	0		2	2	
	3	1		3	1	
500	1	1	0,67	1	3	1,67
	2	1		2	1	
	3	0		3	1	
1000	1	2	2,00	1	3	3,00
	2	2		2	3	
	3	2		3	3	
5000	1	4	3,67	1	5	5,00
	2	3		2	5	
	3	4		3	5	
10000	1	6	5,33	1	7	7,33
	2	5		2	8	
	3	5		3	7	
50000	1	4	4,33	1	7	7,00
	2	4		2	7	
	3	5		3	7	

ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 3 ^Η						
	Τριβλίο	Νεκρά	Μ.Ο. νεκρών	Επανάληψη	Νεκρά	Μ.Ο.
0 (control)	1	0		1	1	
	2	0		2	0	
	3	1	0,33	3	1	0,67
100	1	1		1	1	
	2	1		2	1	
	3	1	1,00	3	1	1,00
500	1	1		1	4	
	2	1		2	2	
	3	1	1,00	3	3	3,00
1000	1	1		1	2	
	2	0		2	1	
	3	1	0,67	3	2	1,67
5000	1	1		1	3	
	2	2		2	3	
	3	2	1,67	3	5	3,67
10000	1	2		1	4	
	2	2		2	5	
	3	2	2,00	3	5	4,67
50000	1	3		1	7	
	2	3		2	7	
	3	3	3,00	3	4	6,00

Πίνακας 2. Σύνολο νεκρών προνυμφών *Trogoderma granarium*, υπό την επίδραση του εντομοπαθογόνου νηματώδη *Steinernema carposapsae*

Δόση (ΙJ/ml νερό)	Έκθεση 4 ημερών			Έκθεση 8 ημερών		
	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 1 ^η					
	Τριβλίο	Νεκρά	Μ.Ο. νεκρών	Επανάληψη	Νεκρά	Μ.Ο.
0 (control)	1	0	0,00	1	0	0.00
	2	0		2	0	
	3	0		3	0	
100	1	2	2,00	1	4	3.00
	2	2		2	2	
	3	2		3	3	
500	1	1	1,33	1	3	3.00
	2	1		2	3	
	3	2		3	3	
1000	1	1	1,33	1	4	4.00
	2	1		2	2	
	3	2		3	6	
5000	1	1	1,00	1	4	4.67
	2	1		2	5	
	3	1		3	5	
10000	1	1	0,67	1	3	4.00
	2	1		2	5	
	3	0		3	4	
50000	1	2	1,33	1	6	6.33
	2	1		2	7	
	3	1		3	6	
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 2 ^η						
	Τριβλίο	Νεκρά	Μ.Ο. νεκρών	Επανάληψη	Νεκρά	Μ.Ο.
0 (control)	1	0	0,00	1	0	0.00
	2	0		2	0	
	3	0		3	0	
100	1	0	0,33	1	8	8.00
	2	0		2	9	
	3	1		3	7	
500	1	0	0,67	1	7	7.00
	2	0		2	7	
	3	2		3	7	
1000	1	1	1,67	1	8	7.00
	2	2		2	7	
	3	2		3	6	
5000	1	2	2,67	1	7	7.00
	2	2		2	6	
	3	4		3	8	
10000	1	3	3,00	1	7	7.00
	2	2		2	6	
	3	4		3	8	
50000	1	3	4,00	1	5	6.67
	2	4		2	8	
	3	5		3	7	

ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 3 ^Η						
	Τριβλίο	Νεκρά	Μ.Ο. νεκρών	Επανάληψη	Νεκρά	Μ.Ο.
0 (control)	1	0		1	0	
	2	0		2	0	
	3	0	0,00	3	0	0.00
100	1	0		1	8	
	2	0		2	9	
	3	1	0,33	3	7	8.00
500	1	0		1	7	
	2	2		2	7	
	3	2	1,33	3	7	7.00
1000	1	1		1	8	
	2	2		2	7	
	3	3	2,00	3	6	7.00
5000	1	2		1	7	
	2	3		2	6	
	3	2	2,33	3	8	7.00
10000	1	3		1	7	
	2	2		2	6	
	3	2	2,33	3	8	7.00
50000	1	4		1	5	
	2	2		2	8	
	3	2	2,67	3	7	6.67

Πίνακας 3. Σύνολο νεκρών προνυμφών *Trogoderma granarium*, υπό την επίδραση του εντομοπαθογόνου νηματώδη *Heterorhabditis bacteriophora*

Δόση (ΙJ/ml νερό)	Έκθεση 4 ημερών			Έκθεση 8 ημερών		
	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 1 ^η					
	Τριβλίο	Νεκρά	Μ.Ο. νεκρών	Επανάληψη	Νεκρά	Μ.Ο.
0 (control)	1	0	0,00	1	0	0.00
	2	0		2	0	
	3	0		3	0	
100	1	0	0,33	1	3	3.67
	2	1		2	4	
	3	0		3	4	
500	1	1	0,33	1	5	4.00
	2	0		2	3	
	3	0		3	4	
1000	1	0	0,67	1	4	4.00
	2	1		2	3	
	3	1		3	5	
5000	1	1	1,67	1	2	3.67
	2	2		2	5	
	3	2		3	4	
10000	1	0	0,33	1	3	3.67
	2	0		2	5	
	3	1		3	3	
50000	1	4	3,67	1	4	6.00
	2	3		2	7	
	3	4		3	7	
ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 2 ^η						
	Τριβλίο	Νεκρά	Μ.Ο. νεκρών	Επανάληψη	Νεκρά	Μ.Ο.
0 (control)	1	0	0,00	1	0	0.00
	2	0		2	0	
	3	0		3	0	
100	1	0	0,00	1	0	0.00
	2	0		2	0	
	3	0		3	0	
500	1	1	1,00	1	1	1.00
	2	1		2	1	
	3	1		3	1	
1000	1	0	1,00	1	3	3.00
	2	2		2	2	
	3	1		3	4	
5000	1	2	2,00	1	2	3.33
	2	2		2	3	
	3	2		3	5	
10000	1	1	1.33	1	3	3.00
	2	1		2	3	
	3	2		3	3	
50000	1	2	2.00	1	4	3.67
	2	2		2	4	
	3	2		3	3	

ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ 3 ^Η						
	Τριβλίο	Νεκρά	Μ.Ο. νεκρών	Επανάληψη	Νεκρά	Μ.Ο.
0 (control)	1	1		1	2	
	2	0		2	2	
	3	0	0,33	3	2	2.00
100	1	1		1	4	
	2	1		2	4	
	3	0	0,67	3	4	4.00
500	1	2		1	4	
	2	2		2	4	
	3	1	1,67	3	3	3.67
1000	1	3		1	5	
	2	2		2	4	
	3	1	2,00	3	4	4.33
5000	1	2		1	5	
	2	2		2	4	
	3	2	2,00	3	4	4.33
10000	1	2		1	5	
	2	2		2	5	
	3	3	2,33	3	4	4.67
50000	1	2		1	5	
	2	3		2	5	
	3	2	2,33	3	4	4.67

Πίνακας 4. Συγκριτική απεικόνιση της επίδρασης των τριών ειδών εντομοπαθογόνων νηματωδών σε προνύμφες *Trogoderma granarium*, ($L \leq 3\text{mm}$) μετά από έκθεση 4 ημερών σύμφωνα με το πρόγραμμα Statgraphics plus for Windows version 2.1. (Hb: *Heterorhabditis bacteriophora*, Sc: *Steinernema carpocapsae*, Sf: *Steinernema feltiae*, ο αριθμός δίπλα σε κάθε είδος υποδεικνύει τη δόση). Διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των μεταχειρήσεων, όπου το X δεν συμπίπτει σε καμία από τις κάθετες στήλες.

Multiple Range Tests			
Method: 95.0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups
CONTROL2	9	0.111111	X
CONTROL1	9	0.111111	X
Hb100	9	0.333333	XX
CONTROL3	9	0.444444	XXX
Sc100	9	0.888889	XXXX
Sf100	9	0.888889	XXXX
Hb500	9	1.0	XXXXX
Sc500	9	1.111111	XXXXX
Hb1000	9	1.222222	XXXXXX
Sf500	9	1.222222	XXXXXX
Hb10000	9	1.333333	XXXXX
Sc1000	9	1.66667	XXXX
Hb5000	9	1.88889	XXXX
Sc5000	9	2.0	XXX
Sc10000	9	2.0	XXX
Sf1000	9	2.11111	XX
Sc50000	9	2.66667	X
Hb50000	9	2.66667	X
Sf5000	9	2.77778	X
Sf10000	9	4.0	X
Sf50000	9	4.66667	X

Πίνακας 5. Συγκριτική απεικόνιση της επίδρασης των τριών ειδών εντομοπαθογόνων νηματωδών σε προνύμφες *Trogoderma granarium*, ($l \leq 3\text{mm}$) μετά από έκθεση 8 ημερών σύμφωνα με το πρόγραμμα Statgraphics plus for Windows version 2.1. (Hb: *Heterorhabditis bacteriophora*, Sc: *Steinernema carposcapsae*, Sf: *Steinernema feltiae*, ο αριθμός δίπλα σε κάθε είδος υποδεικνύει τη δόση). Διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των μεταχειρήσεων, όπου το X δεν συμπίπτει σε καμία από τις κάθετες στήλες.

Multiple Range Tests			
Method: 95.0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups
CONTROL2	9	0.111111	X
CONTROL3	9	0.555556	X
CONTROL1	9	0.666667	XX
Sf100	9	2.111111	XX
Hb100	9	2.555556	XX
Sf500	9	2.777778	XXX
Hb500	9	2.888889	XXXX
Sf1000	9	3.444444	XXXXX
Sc100	9	3.777778	XXXXX
Hb10000	9	3.777778	XXXXX
Hb5000	9	3.777778	XXXXX
Hb1000	9	3.777778	XXXXX
Sc500	9	4.222222	XXXX
Sf5000	9	4.333333	XXX
Sc5000	9	4.555556	XXX
Sc1000	9	4.666667	XXX
Hb50000	9	4.777778	XXXX
Sc10000	9	5.0	XXX
Sf10000	9	6.0	XXX
Sc50000	9	6.222222	XX
Sf50000	9	6.666667	X

Πίνακας 6. Συγκριτική απεικόνιση της επίδρασης των τριών ειδών εντομοπαθογόνων νηματωδών σε προνύμφες *Trogoderma granarium*, ($1 \leq 3\text{mm}$) μετά από έκθεση 4 και 8 ημερών σύμφωνα με το πρόγραμμα Statgraphics plus for Windows version 2.1. (Hb: *Heterorhabditis bacteriophora*, Sc: *Steinernema carpocapsae*, Sf: *Steinernema feltiae*, ο αριθμός δίπλα σε κάθε είδος υποδεικνύει τη δόση). Διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των μεταχειρήσεων, όπου το X δεν συμπίπτει σε καμία από τις κάθετες στήλες.

Multiple Range Tests			
Method: 95.0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups
Control2	9	0.111111	X
Control1	9	0.111111	X
CONTROL2_8	9	0.111111	X
Hb100	9	0.333333	X
Control3	9	0.444444	XX
CONTROL3_8	9	0.555556	XX
CONTROL1_8	9	0.666667	XXXX
Sf100	9	0.888889	XXXXX
Sc100	9	0.888889	XXXXX
Hb500	9	1.0	XXXXX
Sc500	9	1.111111	XXXXX
Sf500	9	1.222222	XXXXX
Hb1000	9	1.222222	XXXXX
Hb10000	9	1.333333	XXXXXX
Sc1000	9	1.666667	XXXXXX
Hb5000	9	1.888889	XXXXX
Sc5000	9	2.0	XXX
Sc10000	9	2.0	XXX
Sf1000	9	2.111111	XXX
Sf100_8	9	2.111111	XXX
Hb100_8	9	2.555556	XXXX
Sc50000	9	2.666667	XX
Hb50000	9	2.666667	XX
Sf5000	9	2.777778	XXX
Sf500_8	9	2.777778	XXX
Hb500_8	9	2.888889	XXX
Sf1000_8	9	3.444444	XXX
Hb10000_8	9	3.777778	XXXXX
Hb1000_8	9	3.777778	XXXXX
Sc100_8	9	3.777778	XXXXX
Hb5000_8	9	3.777778	XXXXX
Sf10000	9	4.0	XXX
Sc500_8	9	4.222222	XX
Sf5000_8	9	4.333333	XX
Sc5000_8	9	4.555556	XX
Sc1000_8	9	4.666667	XX
Sf50000	9	4.666667	XX
Hb50000_8	9	4.777778	XX
Sc10000_8	9	5.0	XXXX
Sf10000_8	9	6.0	XXXX
Sc50000_8	9	6.222222	XX
Sf50000_8	9	6.666667	X

Πίνακας 7. Συγκριτική απεικόνιση της επίδρασης του εντομοπαθογόνου νηματώδη *Heterorhabditis bacteriophora* σε προνύμφες *Trogoderma granarium*, ($l \leq 3\text{mm}$) μετά από έκθεση 4 και 8 ημερών σύμφωνα με το πρόγραμμα Statgraphics plus for Windows version 2.1. Διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των μεταχειρήσεων, όπου το X δεν συμπίπτει σε καμία από τις κάθετες στήλες.

Multiple Range Tests			
Method: 95.0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups
Controll1	9	0.111111	X
Hb100	9	0.333333	XX
CONTROL1_8	9	0.666667	XX
Hb500	9	1.0	XXX
Hb1000	9	1.22222	XX
Hb10000	9	1.33333	XX
Hb5000	9	1.88889	XX
Hb100_8	9	2.55556	X
Hb50000	9	2.66667	X
Hb500_8	9	2.88889	XX
Hb5000_8	9	3.77778	XX
Hb1000_8	9	3.77778	XX
Hb10000_8	9	3.77778	XX
Hb50000_8	9	4.77778	X

Πίνακας 8. Συγκριτική απεικόνιση της επίδρασης του εντομοπαθογόνου νηματώδη *Steinernema carrocapsae* σε προνύμφες *Trogoderma granarium*, ($l \leq 3\text{mm}$) μετά από έκθεση 4 και 8 ημερών σύμφωνα με το πρόγραμμα Statgraphics plus for Windows version 2.1. Διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των μεταχειρήσεων, όπου το X δεν συμπίπτει σε καμία από τις κάθετες στήλες.

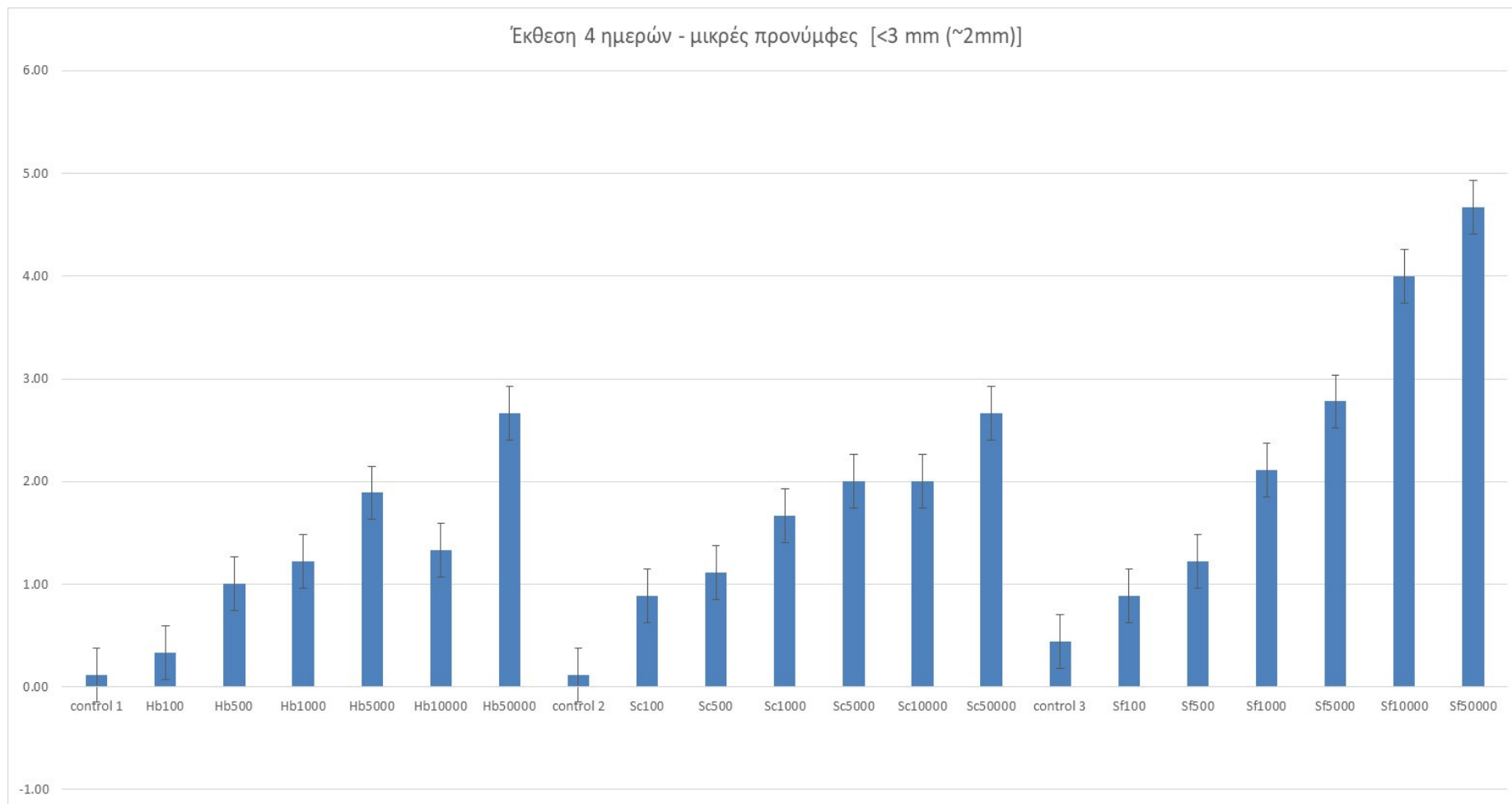
Multiple Range Tests			
Method: 95.0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups
CONTROL2_8	9	0.111111	X
Control2	9	0.111111	X
Sc100	9	0.888889	XX
Sc500	9	1.11111	XX
Sc1000	9	1.66667	XX
Sc10000	9	2.0	XX
Sc5000	9	2.0	XX
Sc50000	9	2.66667	XX
Sc100_8	9	3.77778	XX
Sc500_8	9	4.22222	X
Sc5000_8	9	4.55556	X
Sc1000_8	9	4.66667	X
Sc10000_8	9	5.0	XX
Sc50000_8	9	6.22222	X

Πίνακας 9. Συγκριτική απεικόνιση της επίδρασης του εντομοπαθογόνου νηματώδη *Steinernema feltiae* σε προνύμφες *Trogoderma granarium*, (l<3mm) μετά από έκθεση 4 και 8 ημερών σύμφωνα με το πρόγραμμα Statgraphics plus for Windows version 2.1. Διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των μεταχειρήσεων, όπου το X δεν συμπίπτει σε καμία από τις κάθετες στήλες.

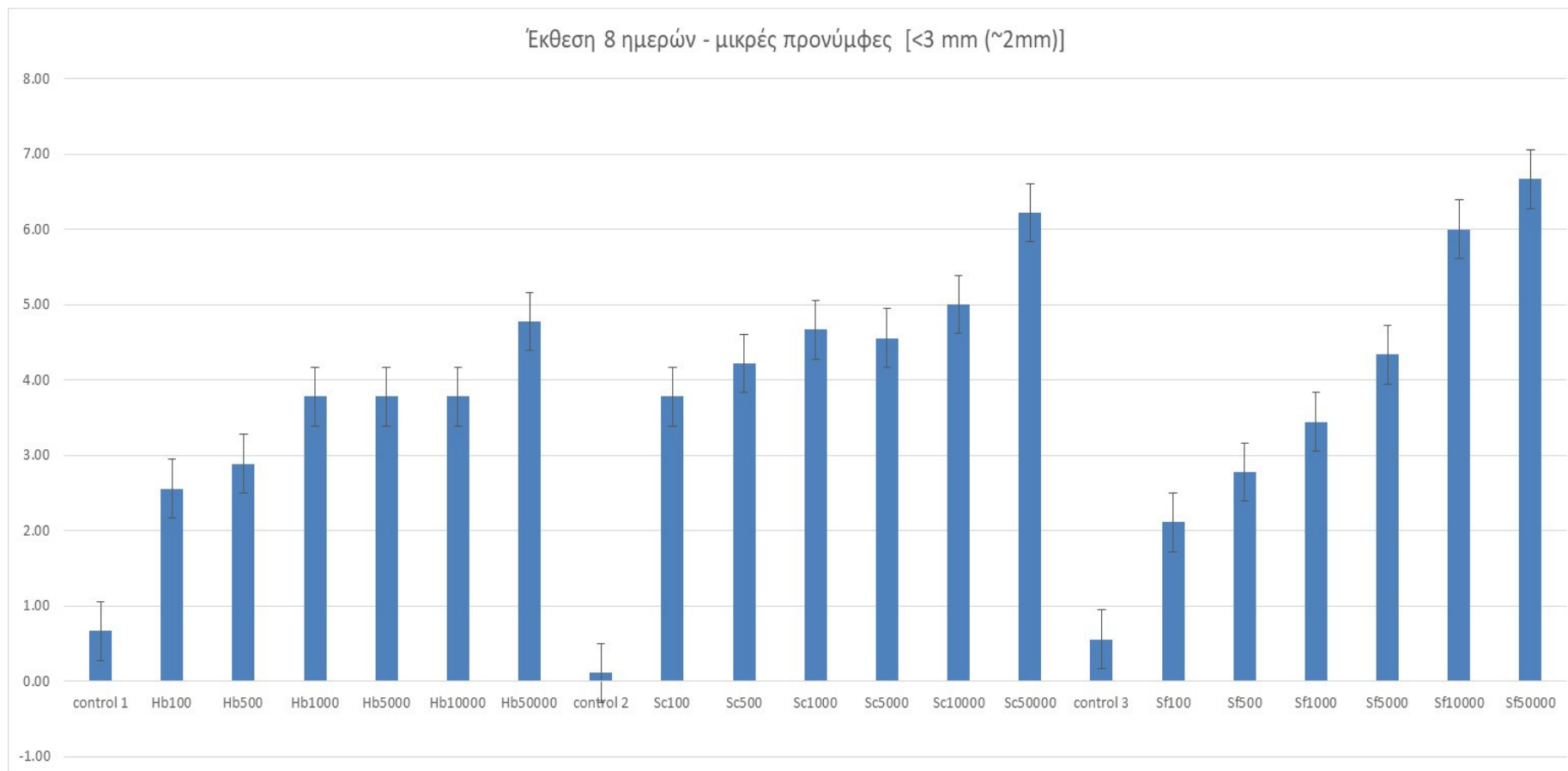
Multiple Range Tests			

Method: 95.0 percent LSD			
	Count	Mean	Homogeneous Groups

Control3	9	0.444444	X
CONTROL3_8	9	0.555556	X
Sf100	9	0.888889	X
Sf500	9	1.22222	XX
Sf1000	9	2.11111	XX
Sf100_8	9	2.11111	XX
Sf5000	9	2.77778	XX
Sf500_8	9	2.77778	XX
Sf1000_8	9	3.44444	XX
Sf10000	9	4.0	XX
Sf5000_8	9	4.33333	XX
Sf50000	9	4.66667	X
Sf10000_8	9	6.0	X
Sf50000_8	9	6.66667	X



Εικόνα 4.1. Γραφική απεικόνιση της επίδρασης των τριών ειδών εντομοπαθογόνων νηματωδών σε προνύμφες *Trogoderma granarium*, ($L \leq 3$ mm) μετά από έκθεση 4 ημερών σύμφωνα με το πρόγραμμα Statgraphics plus for Windows version 2.1. (Hb: *Heterorhabditis bacteriophora*, Sc: *Steinernema carpocapsae*, Sf: *Steinernema feltiae*, ο αριθμός δίπλα σε κάθε είδος υποδεικνύει τη δόση).



Εικόνα 4.2. Γραφική απεικόνιση της επίδρασης των τριών ειδών εντομοπαθογόνων νηματωδών σε προνύμφες *Trogoderma granarium*, ($L \leq 3\text{mm}$) μετά από έκθεση 8 ημερών σύμφωνα με το πρόγραμμα Statgraphics plus for Windows version 2.1. (Hb: *Heterorhabditis bacteriophora*, Sc: *Steinernema carpocapsae*, Sf: *Steinernema feltiae*, ο αριθμός δίπλα σε κάθε είδος υποδεικνύει τη δόση).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Απώτερος σκοπός της παρούσας πτυχιακής μελέτης ήταν η παρατήρηση και μελέτη της εντομοπαθογόνου δράσης των νηματώδων *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema carposapsae* και *Steinernema feltiae* επί των προνυμφών του κολεοπτέρου *Trogoderma granarium*. Έπειτα από ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του πειράματος που πραγματοποιήθηκε προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Σχεδόν όλοι οι χειρισμοί των σπόρων με νηματώδεις είχαν ως αποτέλεσμα αυξημένη θνησιμότητα των προνυμφών *T. granarium* και η θνησιμότητα αυξανόταν γενικά με την αύξηση της δόσης και την πάροδο του χρόνου.

Πιο συγκεκριμένα, μετά την έκθεση των 4 ημερών, κανένα είδος νηματώδη δεν κατάφερε να προκαλέσει στατιστικά σημαντικώς υψηλότερη θνησιμότητα από τους μάρτυρες, στη χαμηλότερη δόση των 100 IJ/ml. Στη δόση των 500 IJ/ml, διαφοροποιήθηκε μόνο ο νηματώδης *S. feltiae*, ενώ από τις 1000 IJ/ml και πάνω, όλοι οι χειρισμοί προκάλεσαν στατιστικά σημαντικώς υψηλότερη θνησιμότητα από τους μάρτυρες. Η πιο υψηλή θνησιμότητα, η οποία παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές από όλους τους χειρισμούς παρατηρήθηκε στις δόσεις 10000 IJ/ml και 50000 IJ/ml του νηματώδη *S. feltiae*. Γενικότερα το είδος *S. feltiae* παρουσίασε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από τους άλλους χειρισμούς και σε χαμηλές δόσεις. Για παράδειγμα η δόση των 1000 IJ/ml ήταν στατιστικά ομοίως αποτελεσματική με τη δόση 10000 των νηματώδων *S. carposapsae* και *H. bacteriophora*.

Μετά από έκθεση 8 ημερών, η γενικότερη εικόνα άλλαξε και παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντικά αυξημένη θνησιμότητα σε όλους τους χειρισμούς, σε σχέση με τους μάρτυρες. Επιπλέον παρατηρήθηκε αύξηση της θνησιμότητας αυξανομένης της δόσης. Πάντως και σε αυτήν τη περίπτωση, τα δύο είδη *Steinernema* εμφάνισαν υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας σε σχέση με το *H. bacteriophora*, σε όλες τις δόσεις, ενώ η υψηλότερη θνησιμότητα παρατηρήθηκε στα 10000 IJ/ml *S. feltiae* και 50000 IJ/ml *S. carposapsae* και *S. feltiae* χωρίς να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αυτών των χειρισμών. Σχετικά με τους χειρισμούς με *H. bacteriophora* βρέθηκαν νεκρές προνύμφες σε ποσοστό ~50% λαμβάνοντας από τον συγκεκριμένο νηματώδη μέτρια αποτελέσματα.

Συμπερασματικά λοιπόν, τα σκευάσματα των νηματωδών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν αποτελεσματικά εναντίον των προνυμφών του *T. granarium*. Άλλωστε οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις, και συγκεκριμένα τα είδη *S. carpocapsae*, *S. feltiae* και *H. bacteriophora*, έχουν επανειλημμένα χρησιμοποιηθεί για την καταπολέμηση διάφορων εντόμων παγκοσμίως, παρόλο που η χρήση τους στη χώρα μας δεν είναι πολύ διαδεδομένη.

Στις μέρες μας, που η ανάγκη προστασίας των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων είναι υψίστης σημασίας και η χρήση των χημικών φυτοφαρμάκων έχει θετικά αποτελέσματα αλλά αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου, το ενδιαφέρον για βιολογική αντιμετώπιση των εχθρών αυτών διευρύνει τις έρευνες που αφορούν τη δυνατότητα νέων εφαρμογών. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας μπορεί να αποτελέσουν σημαντική προσθήκη στα εργαλεία που διαθέτουμε στο πλαίσιο βιολογικής και ολοκληρωμένης προστασίας των αποθηκευμένων προϊόντων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1. ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Αθανασιάδης Χ. (2007)** «Έντομα αποθηκών και μέθοδοι αντιμετώπισης τους», Ηράκλειο
- Δήμου, Ι. 2005.** *Γενική Ζωολογία και εντομολογία*. Εκδόσεις: Τ.Ε.Ι. Ιονίων Νήσων.
- Κύρου, Ν. 2004.** *Φυτοпараσιτικοί νηματώδεις*. Εκδόσεις Αγρότυπος
- Μπουχέλος Κ. Θ. , 1984.** Έντομα αποθηκών. Χρον. Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου. Κηφισιά.
- Μπουχέλος Θ. Κων/νος, 1990.** Σημειώσεις γεωργικής εντομολογίας. Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα, p. 36-51
- Πελεκάσης Κων/νος, 1986.** Μαθήματα γεωργικής εντομολογίας, α' & β' τόμος μμορφολογία- συστηματική. Εκδόσεις Καραμπερόπουλος Αθήνα
- Σταμόπουλος Δ.Κ., 1999.** Έντομα αποθηκών και μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, .

6.2. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Akhurst, R.J. and Boemare, N.E. 1990.** Biology and Taxonomy of Xenorhabdus. In Gaugler R. and Kaya H.K. (eds) Entomopathogenic Nematodes in Biological Control,
- Bull. Env. Pharmacol. Life Sci. 2017.** Khapra Beetle (Trogoderma granarium Everts): A Food Security Threat
- George O. Poinar, Jr.** Taxonomy and Biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae.
- G. O. Poinar, Jr. and P. S. Grewal** History of Entomopathogenic Nematology
- David I.** Nematodes(Rhabditida: Steinernematidae & Heterorhabditidae), Byron, GA & Randy Gaugler, Department of Entomology, Rutgers University, New Brunswick New Jersey
- D.L. Harris.** Trogoderma granarium Everts (Insecta: Coleoptera: Dermestidae) Florida Department of Agriculture and Consumer Services
- Kaya HK, Gaugler R. 1993.** Entomopathogenic nematodes. Annual Review of Entomology

K.B.NGUYEN AND G.C.SMART, JR. 2 1992. Life Cycle of Steinernema
scapterisci

Nastaran Tofangsazi, (Nematoda: Rhabditida: families Steinernematidae and
Heterorhabditidae) University of California, Riverside, Steven P. Arthurs, Robin M.
Giblin-Davis, University of Florida Featured Creatures.

Todd Ciche 2007. The biology and genome of *Heterorhabditis bacteriophora*
Department of Microbiology and Molecular Genetics, Michigan State University, East
Lansing,

WormBook 2005.The biology and genome of Heterorhabditis bacteriophora

Wheisher B. and D.I.F. Brown An introduction of nematodes

White, G.F. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures.
Science, 66: 302-303, 1927.

6.3. ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ

http://www.wormbook.org/chapters/www_genomesHbacteriophora/genomesHbacteriophora.html

www.mapres.com/Zootaxa2006df

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2619230/pdf/160.pdf>

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/912/4/15406_chapter09.pdf

<https://avena.gr/frontpages/164230-ti-ine-i-nimatodis-skolikes-ine-fili-tou-edafous-i-epikin-yna-parasita-gia-ta-fyta-mas>