

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)
ΚΑΛΑΜΑΤΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Εκτίμηση της εντομοκτόνου δράσεως των
Steinernema feltiae, *Steinernema carpocapsae*,
Heterorhabditis bacteriophora κατά των *Ephestia*
kuehniella, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium confusum*
και *Rhyzopertha dominica*



Εισηγήτρια
Τσίπουρα Παναγιώτα
Επόπτης καθηγητής
Δρ Ευάγγελος Βλαχόπουλος

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Τ.Ε.Ι Καλαμάτας Δρ Ευάγγελο Βλαχόπουλο για την ανάθεση της παρούσας μελέτης και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά την εξέλιξη του πειράματος. Επίσης, τον Εντομολόγο του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, Εντεταλμένο Ερευνητή Γ', Δρ Καβαλλιεράτο Νικόλαο για τη γνώση που μου παρείχε στα θέματα Εντομολογίας και την μεθοδολογία των πειραμάτων με τις βιοδοκιμές στο εργαστήριο, καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια του στη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Τέλος, τη Νηματολόγο του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, Εντεταλμένη Ερευνήτρια Γ', Δρα Καραναστιάση Ειρήνη για την βοήθεια της σε όλα τα στάδια της μελέτης, για τις πολύτιμες γνώσεις που αποκόμισα κατά την συνεργασία μας σε θέματα που αφορούν τον κλάδο της Νηματολογίας, καθώς και τις συμβουλές της κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
Α' ΜΕΡΟΣ.....	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	6
1.2 ΕΧΘΡΟΙ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	6
1.3 ΕΝΤΟΜΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟ ΠΡΟΪΟΝ.....	7
1.4 ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ ΕΧΘΡΟΙ ΑΠΟΘΗΚΩΝ	8
ΤΑΞΗ LEPIDOPTERA	8
Οικογένεια Pyralidae	8
Οικογένεια Tineidae.....	9
Οικογένεια Gelechidae.....	10
ΤΑΞΗ COLEOPTERA.....	10
Οικογένεια Curculionidae	10
Οικογένεια Tenebrionidae.....	10
Οικογένεια Ostomidae (=Trogositidae).....	11
Οικογένεια Silvanidae.....	11
Οικογένεια Cucujidae	11
Οικογένεια Bostrychidae	12
Οικογένεια Anobiidae	12
Οικογένεια Nitidulidae.....	12
Οικογένεια Bruchidae	12
Οικογένεια Dermestidae	13
1.5 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΣΒΟΛΩΝ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΕΩΣ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	13
1.5.1 Αποφυγή εισόδου εντόμων στις εγκαταστάσεις.....	13
1.5.2 Κατάσταση των αποθηκευτικών χώρων	14
1.5.3 Σχολαστική καθαριότητα των χώρων	14
1.5.4 Ύπαρξη λεπτομερούς προγράμματος ελέγχου για έγκαιρη επισήμανση τυχόν προσβολής.....	14
1.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	15
1.6.1 Συμπεριφορά και δραστηριότητα των εντόμων.....	15
1.6.2 Καταλληλότητα και μέτρα προστασίας των αποθηκευτικών χώρων	15
1.6.3 Μικροκλίμα των αποθηκευτικών χώρων.....	16
1.6.4 Χωροταξική μελέτη της αποθήκης	16
1.6.5 Υγειονομική κατάσταση του προϊόντος πριν την αποθήκευση.....	16
1.6.6 Ικανότητα πτήσεως των εντόμων.....	16
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	17
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	17
2.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	18

2.2.1	Απεντομώσεις χώρων με τη χρήση χημικών εντομοκτόνων	18
2.2.2	Καπνογόνα	19
1.	Σημείο ζέσεως.....	20
2.	Πτητικότητα-Τάση ατμών.....	20
3.	Ειδικό βάρος	20
4 .	Αναφλεξιμότητα-Εκρηκτικότητα.....	20
5.	Προσροφητικότητα ατμών.....	21
6.	Διαλυτότητα	21
7.	Εντομοτοξική ενέργεια	21
2.2.3	Άμεσες και έμμεσες συνέπειες των χημικών εντομοκτόνων	21
2.3	ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	23
2.3.1	Χρήση παγίδων και φερομονών.....	23
2.3.2	Ρυθμιστές αναπτύξεως.....	26
2.3.3	Αιθέρια έλαια	27
2.4	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	27
2.5	ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	28
2.5.1	Μεταβολή της Θερμοκρασίας.....	29
2.5.2	Εφαρμογή ιονίζουσών ακτινοβολιών.....	30
2.5.3	Η χρήση της σκόνης γης διατόμων	31
2.6	ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	32
2.6.1	Χρήση αρπακτικών και παρασιτοειδών εντόμων	33
2.6.2	Χρήση εντομοπαθογόνων νηματωδών	35
	Οικογένειες <i>Steinernematidae</i> και <i>Heterorhabditidae</i>	37
	Συμβιωτικά βακτήρια.....	41
	Συμπεριφορά.....	43
	Ανταγωνισμός	44
3.	ΤΑ ΕΝΤΟΜΑ ΕΧΘΟΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	45
3.1	<i>Ephestia kuehniella</i>	45
3.1.1	Μορφολογία.....	46
3.1.2	Βιολογία	46
3.1.3	Προσβολές	47
3.2	<i>Tribolium confusum</i>	47
3.2.1	Γεωγραφική κατανομή.....	48
3.2.2	Μορφολογία.....	48
3.2.3	Βιολογία	49
3.2.4	Προσβολές	50
3.3	<i>Rhyzopertha dominica</i>	51
3.3.1	Μορφολογία.....	51
3.3.2	Βιολογία	52
3.3.3	Προσβολές	52
3.4	<i>Sitophilus oryzae</i>	53
3.4.1	Γεωγραφική κατανομή.....	53
3.4.2	Μορφολογία.....	54
3.4.3	Βιολογία	55
3.4.4	Προσβολές	56
Β' ΜΕΡΟΣ	58

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	58
Σκευάσματα νηματώδων.....	58
Αποθηκευμένα προϊόντα.....	58
Έντομα εχθροί.....	58
Βιοδοκιμές.....	59
Γ' ΜΕΡΟΣ	62
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	62
<i>Ephestia kuehniella</i>	62
<i>Rhyzopertha dominica</i>	63
<i>Sitophilus oryzae</i>	64
<i>Tribolium confusum</i> ακμαία.....	64
<i>Tribolium confusum</i> προνύμφες.....	65
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	85
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	91
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV	106

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της εντομοκτόνου δράσεως των εντομοπαθογόνων νηματωδών *Steinernema feltiae* (Nematoda: *Steinernematidae*), *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: *Steinernematidae*), *Heterorhabditis bacteriophora* (Nematoda: *Heterorhabdidae*) κατά των ακμαίων ατόμων των *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae), *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), των ακμαίων και των προνυμφών *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), όπως επίσης των προνυμφών *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) επί ενός είδους δημητριακού, του σίτου (*Triticum turgidum* var. Mexa).

Α΄ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Από την εποχή που ο άνθρωπος άρχισε να καλλιεργεί φυτά, να παράγει προϊόντα για την διατροφή του και να τα αποθηκεύει, τα έντομα υπήρξαν διαρκώς παράσιτα των προϊόντων αυτών. Εν συνεχεία, οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες του ανθρώπου για αγαθά, τον ώθησαν να λάβει μέριμνα για την προστασία της παραγωγής του, τόσο στον αγρό όσο και κατά την αποθήκευση.

1.2 ΕΧΘΡΟΙ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Πριν από μερικές δεκαετίες, ακόμη και σε κράτη προηγμένα όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, πίστευαν ότι τα ίδια τα αποθηκευμένα προϊόντα «γεννούσαν» τις προσβολές από έντομα και το φαινόμενο καλυπτόταν νομικώς ως «εγγενής ανωμαλία» (inherent vice). Σήμερα είναι πλέον γνωστό ότι τα γεωργικά προϊόντα δεν κινδυνεύουν μόνο από έντομα αλλά και από άλλα αρθρόποδα, τρωκτικά και ασθένειες, με αποτέλεσμα τόσο την ποιοτική όσο και την ποσοτική υποβάθμισή τους. Κάτι τέτοιο όμως, έχει δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στην οικονομία όσο και στην ανθρώπινη υγεία (Della Beffa, 1962).

Ενώ δεν υπάρχουν δεδομένα για τα έντομα που συνδέονται με τον πρωτόγονο άνθρωπο και την τροφή του, το είδος *Tribolium sp.* βρέθηκε για πρώτη φορά σε αιγυπτιακό τάφο της έκτης δυναστείας του 2500 π.Χ. και τα *Stegobium paniceum* (L.) (Coleoptera: Anobiidae) και *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) στον τάφο του Τουταγχαμών (1930-1380 π.Χ.). Τα είδη αυτά είναι σήμερα ευρύτατα διαδεδομένα σε αποθηκευτικούς και άλλους συναφείς χώρους (Della Beffa, 1962).

1.3 ENTOMA ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟ ΠΡΟΪΟΝ

Έντομο αποθηκών θεωρείται κάθε είδος εντόμου που προσβάλλει και ζημιώνει άμεσα ένα προϊόν και μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε χώρους όπου φιλοξενούνται για αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα ή τρόφιμα (Desmarchelier & Dines, 1987). Στους χώρους όμως αυτούς, όλα τα έντομα που συναντάμε δεν τρέφονται με τα προϊόντα που υπάρχουν εκεί. Κάποια είδη τρέφονται με μύκητες, κάποια με άλλα έντομα ή αρθρόποδα, κάποια με διάφορα άλλα υλικά και υπολείμματα ή κάποια μπορεί να βρίσκονται τυχαία εκεί. Τέτοια έντομα μπορούν να θεωρηθούν ως χρήσιμοι δείκτες για προϊόντα που είναι προσβεβλημένα ή βρίσκονται σε κακή κατάσταση αλλά η παρουσία τους και μόνο είναι ικανή να υποβαθμίσει την ποιότητα των αποθηκευμένων προϊόντων. Είναι άλλωστε γνωστό ότι οποιοδήποτε έντομο μπορεί να γίνει επικίνδυνο αρκεί να το ευνοήσουν ορισμένες συνθήκες. Στις Η.Π.Α., το σιτάρι θεωρείται προσβεβλημένο όταν πληθυσμός δυο ή περισσότερων εντόμων εχθρών, βρεθεί σε 1 χιλιόγραμμα βάρους αντιπροσωπευτικού δείγματος αποθηκευμένου προϊόντος (Anonymus, 1994).

Τα περισσότερα είδη εντόμων αποθηκών ανήκουν στην τάξη Coleoptera με επόμενη την τάξη Lepidoptera. Από την τάξη Hymenoptera τα περισσότερα έντομα που απαντώνται στους αποθηκευτικούς χώρους ανήκουν στις οικογένειες Ichneumonidae, Braconidae, Pteromalidae και παρασιτούν πληθυσμούς εντόμων αποθηκών. Ελάχιστα είναι τα Hemiptera (κυρίως Reduviidae και Anthocoridae) που είναι αρπακτικά διαφόρων ειδών που ζουν στους αποθηκευτικούς χώρους ενώ ύπαρξη ειδών άλλων τάξεων κρίνεται μάλλον συμπτωματική και σπάνια. Υπάρχουν επίσης και είδη εντόμων όπως τα Coleoptera της οικογένειας Bruchidae, που ενώ είναι εχθροί των καλλιεργειών εντούτοις είναι ικανά να διαχειμάσουν στο ξηρό αποθηκευμένο προϊόν, χρησιμοποιώντας την αποθήκη για να περάσουν στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Αρκετά από τα έντομα αυτά, με μικρές αλλαγές στις συνθήκες τους, έχουν γίνει γνήσια έντομα αποθηκών (Anonymus, 1994).

Τα έντομα μπορούν να διανύσουν αρκετά μεγάλες χιλιομετρικές αποστάσεις έχοντας ή όχι την ικανότητα πτήσης. Με την βοήθεια του διεθνούς εμπορίου και της εκμηδένισης των αποστάσεων, τα περισσότερα έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένα

γεωργικά προϊόντα και τρόφιμα έχουν ευρεία γεωγραφική εξάπλωση. Λαμβάνοντας υπ' όψη και τη μεγάλη προσαρμοστικότητα τους συμπεραίνεται, ότι είδη που δεν υπάρχουν ή δεν έχουν παρατηρηθεί σε μια χώρα ή περιοχή, είναι πολύ εύκολο να εμφανισθούν και να εγκλιματισθούν εκεί σε μικρό χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, το *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae), αν και τροπικό είδος, είναι ικανό χρησιμοποιώντας μια σειρά από καταφύγια, να επιζήσει και να εμφανιστεί σε περιοχές πολύ διαφορετικές από την συνηθισμένη γεωγραφική θέση του (Anonymus, 1994).

Το μέγεθος αλλά και το σχήμα του σώματος των εντόμων αποθηκών είναι τέτοια ώστε να ευνοούν την είσοδο και την εγκατάστασή τους στους αποθηκευτικούς χώρους. Το μήκος του σώματος των ακμαίων ποικίλει από 1 έως 12 mm περίπου, ενώ η πλειονότητά τους δεν ξεπερνά τα 5 mm. Έτσι, μια στενή ρωγμή ή σχισμή στην εσωτερική κατασκευή του αποθηκευτικού χώρου γίνεται πολλές φορές καταφύγιο μεγάλων πληθυσμών εντόμων, ικανών να ξεκινήσουν σοβαρές προσβολές στα φιλοξενούμενα προϊόντα. Το μικρό μέγεθός τους, τους παρέχει την δυνατότητα να αποφεύγουν ευκόλως τους φυσικούς εχθρούς τους και πολλές φορές την επίδραση των εντομοκτόνων. Για παράδειγμα τα *Oryzaephilus* spp. (Coleoptera: Silvanidae) εξαιτίας της διάπλασής τους, έχουν σήμερα εξαπλωθεί πολύ προσβάλλοντας μεγάλο αριθμό προϊόντων (Anonymus, 1994).

1.4 ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ ΕΧΘΡΟΙ ΑΠΟΘΗΚΩΝ

ΤΑΞΗ LEPIDOPTERA

Οικογένεια Pyralidae

Ephestia kuhniella (Zeller) κν. «Μεσογειακό σκουλήκι των αλεύρων».

Προσβάλλει άλευρα και σπόρους σιτηρών, όσπρια, ξηρούς καρπούς, πίτυρα, γύρη στις κυψέλες των μελισσών κ.α (Βλαχόπουλος, 2002).

Ephestia cautella (Walker) κν. «Σκουλήκι των σύκων, σταφίδας».

Προσβάλλει κυρίως μισοξηραμένα και ξερά σύκα, άλλα και πολλά άλλα ξηρά φρούτα και καρπούς (σταφίδες, δαμάσκηνα, βερίκοκα, χουρμάδες, φιστίκια, αμύγδαλα) ενώ προσβάλλει λιγότερο το αλεύρι, τα πίτυρα, τα μπισκότα, τη σοκολάτα και τις ζωτροφές (Βλαχόπουλος, 2002).

Ephestia elutella (Hubner) κν. «Σκουλήκι του καπνού ή του κακάο».

Εκτός από καπνά πλούσια σε σάκχαρα και πτωχά σε νικοτίνη, προσβάλλει και κακάο, σοκολάτα, αλεύρι, ζυμαρικά, σπόρους σιτηρών και οπώρες, αφυδατωμένα λαχανικά, πλακούντες κ.α (Βλαχόπουλος, 2002).

Plodia interpunctella (L.) κν. «Κοινό σκουλήκι αποθηκών».

Είναι έντομο πολυφάγο. Εκτός από διάφορα είδη σπόρων και τα προϊόντα τους, προσβάλλει όλα σχεδόν τα είδη ξηρών σπόρων και οπωρών, αποξηραμένες φυτικές και ζωικές ουσίες (βοτανικές και ζωολογικές συλλογές), σκόνη γάλακτος, σοκολάτα, γύρη στις κυψέλες των μελισσών κ.α. (Βλαχόπουλος, 2002).

Pyralis farinalis (L.) κν. «Σκουλήκι των αλεύρων».

Προσβάλλει κυρίως άλευρα και σπόρους σιτηρών αλλά και διάφορα άλλα φυτικά υλικά και αλλοιωμένα προϊόντα (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Tineidae

Tinea granella (L.) κν. «Τίνα των σπόρων».

Εκτός από τους σπόρους σιτηρών είναι δυνατόν να προσβάλλει και σπόρους ψυχανθών, άλευρα, ξηρές οπώρες, ξηρούς καρπούς, τρόφιμα και ζωτροφές. Σε περιπτώσεις μεγαλύτερης προσβολής, η επιφάνεια των σωρών των σπόρων καλύπτεται από ιστούς μετάξιινων νημάτων που αποτελεί χαρακτηριστικό της προσβολής από το έντομο. Τα προσβεβλημένα προϊόντα, παίρνουν δυσάρεστη οσμή και γεύση (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Gelechiidae

Sitotroga cerealella (Olivier) κν. «Σιτοτρώγα».

Είναι σοβαρός εχθρός των σπόρων όλων των καλλιεργούμενων σιτηρών αλλά και μερικών αυτοφυών αγρωστώδων. Δε δημιουργεί νήματα στην επιφάνεια των προϊόντων, αλλά εκτός από τις απώλειες σε βάρος και σε βλαστικότητα οι σπόροι αποκτούν δυσάρεστη οσμή και γεύση ενώ το κριθάρι γίνεται και ακατάλληλο για ζυθοποίηση (Βλαχόπουλος, 2002).

ΤΑΞΗ COLEOPTERA

Οικογένεια Curculionidae

Sitophilus granaries (L.) κν. «Σκαθάρι του σιταριού».

Προσβάλει κυρίως ξηρούς σπόρους δημητριακών (σιτάρι, ρύζι, βρώμη, κριθάρι, σόργο, σίκαλη, αραβόσιτο). Σπανιότερα προσβάλει και όσπρια (ρεβίθια) (Βλαχόπουλος, 2002).

Sitophilus oryzae (L.) κν. «Σκαθάρι του ρυζιού».

Προσβάλει ρύζι και σπόρους δημητριακών. Μπορεί επίσης να προσβάλει, αλλά σε μικρότερο βαθμό, αλευρώδη προϊόντα, βαμβακόσπορο, όσπρια, ξηρούς καρπούς, ζωοτροφές, κ.α. Βρέθηκε να είναι το πολυπληθέστερο είδος σε αποθήκες σιταριού στην Ελλάδα (Μπουχέλος, 1996).

Sitophilus zeamais (Mots.).

Προσβάλει σπόρους δημητριακών. Έχει καταγραφεί στις περισσότερες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδος και την Κρήτη (Μπουχέλος, 1996).

Οικογένεια Tenebrionidae

Tribolium confusum Jacquelin du Val κν. «Σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων».

Είναι σοβαρός εχθρός όλων των ειδών σπόρων (σιτηρά, όσπρια), αλεύρων, πιτύρων, ελαιωδών σπόρων και πλακούντων (ζωοτροφών), μπαχαρικών και

μεγάλης ποικιλίας ξηρών φυτικών υλών (ριζών, φρούτων, καρπών). Είναι από τα πολυπληθέστερα είδη σε άλευρα και πίτυρα, όπως και το συγγενές του *Tribolium castaneum* (Herbst) Coleoptera: Tenebrionidae (Μπουχέλος 1996).

Tribolium castaneum (Herbst.) κν. «Σκούρο σκαθάρι των αλεύρων».

Οι προσβολές του είναι όμοιες με αυτές του *T. confusum*. Επίσης έχει παρατηρηθεί να προσβάλλει και βαμβακόσπορο (Βλαχόπουλος, 2002).

Tenebrio molitor (L.) κν. «Μεγάλο σκαθάρι των αλεύρων».

Προσβάλλει άλευρα πίτυρα, σιτηρά, νεκρά έντομα και άλλες ζωικές και φυτικές ύλες (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Ostomidae (=Trogositidae)

Tenebroides mauritanicus (L.) κν. «Σκαθάρι των σπόρων».

Η προνόμφη προσβάλλει σπόρους σιτηρών ήδη προσβεβλημένους από *Sitophilus* ή *Sitotroga*, άλευρα, πίτυρα, παξιμάδια, βαμβακόσπορο κ.α. Τα ακμαία τρέφονται από άλλα έντομα αποθηκών (σαρκοφάγο) (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Silvanidae

Oryzaephilus surinamensis (L.) κν. «Οδοντωτό σκαθάρι των σπόρων».

Προσβάλλει σπόρους σιτηρών, σταφίδα, είδη διατροφής (ψωμί, ζυμαρικά, μπισκότα, ξηρούς καρπούς), ελαιούχους σπόρους, ξηρά όσπρια, κακάο, καφέ, αποξηραμένα φυτά, πάντοτε σε συνεργασία με άλλα επιζήμια σε αυτά έντομα (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Cucujidae

Cryptolestes ferrugineus (Steph.) κν. «Σιταρόψειρα».

Προσβάλλει σπόρους σιτηρών. Σε αποθήκες υπερέχει σε πληθυσμό ενώ σε αλευρόμυλους υπερέχει το συγγενές *Cryptolestes turcicus* (G.) (Coleoptera: Cucujidae) (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Bostrychidae

Rhyzopertha dominica (F.) κν. «Σκαθάρι του ρυζιού».

Είναι το πολυπληθέστερο έντομο αποθηκών σε αποθηκευμένο ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα. Προσβάλλει επίσης κριθάρι, καλαμπόκι, μπισκότα και άλλα προϊόντα αλεύρου (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Anobiidae

Lasioderma serricorne (F.) κν. «Σκαθάρι ή ψείρα του ξηρού καπνού»

Είναι ο κύριος εχθρός του αποθηκευμένου καπνού. Έχει τεράστια ποικιλία τροφικών προτιμήσεων όπως τσιγάρα, πούρα, κακάο, σοκολάτα, μπαχαρικά, ζυμαρικά, αρωματικά φυτά, έντομα και φυτά σε συλλογές, ξηρές οπώρες, ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες, χαρούπια, όσπρια, αυτοφυή φυτά στην ύπαιθρο κ.α. (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Nitidulidae

Carpophilus hemipterus (L.) κν. «Σκαθάρι των ξηρών φρούτων».

Στις αποθήκες προσβάλλει κυρίως σύκα και αποξηραμένα βερίκοκα, χουρμάδες, σταφίδες, μπανάνες κ.α. Έχει βρεθεί και σε ξηρούς καρπούς, άλευρα, κακάο, τρούφα, σπόρους σιτηρών, αμυλώδη βιομηχανικά προϊόντα κ.α. (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Bruchidae

Acanthoscelides obtectus (Say) κν. «Βρούχος των φασολιών».

Προσβάλλει κυρίως φασόλια όλων των ποικιλιών αλλά και σόγια. Ανάλογες προσβολές σε όσπρια προκαλούν τα συγγενή είδη:

Bruchus pisorum (L.) κοινώς Βρούχος των μπιζελιών.

Bruchus rufimanus (L.) κοινώς Βρούχος των κουκιών.

Bruchus lentis (L.) κοινώς Βρούχος της φακής (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένεια Dermestidae

Anthrenus museorum (L.) και *Anthrenus verbasci* (L.) κν. «Σκαθάρια των μουσείων».

Οι προνόμφες προσβάλουν συνήθως ζωικές ύλες, νεκρά έντομα, και ζώα σε συλλογές και μουσεία αλλά και μάλλινα, τάπητες, βαμβακερά, δέρμα, και γουναρικά (Βλαχόπουλος, 2002).

Trogoderma granarium (Everts) κν. «Τρωγόδερμα των σπόρων».

Αντίθετα με τα υπόλοιπα Dermestidae, τρέφεται αποκλειστικώς με φυτικές ύλες και είναι καταστρεπτικό στα αποθηκευμένα σιτηρά. Επίσης προσβάλλει ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες. Αποτελεί «έντομο καραντίνας» στην Ελλάδα και πολλές άλλες χώρες (Βλαχόπουλος, 2002).

1.5 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΣΒΟΛΩΝ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΕΩΣ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

1.5.1 Αποφυγή εισόδου εντόμων στις εγκαταστάσεις

Ένα από τα βασικότερα μέτρα που θα πρέπει να τηρείται οπωσδήποτε στους χώρους αποθήκευσης είναι να μην εισάγεται προσβεβλημένο προϊόν ή προϊόν που έχει πρόχειρα απεντομωθεί. Γι' αυτό συνιστάται σχολαστικός έλεγχος ανά τακτά χρονικά διαστήματα ο οποίος να περιλαμβάνει και το προϊόν και τα υλικά συσκευασίας (Fields & Muir, 1996).

1.5.2 Κατάσταση των αποθηκευτικών χώρων

Κάθε χώρος που προορίζεται για την αποθήκευση γεωργικών προϊόντων και τροφίμων, πρέπει να κατασκευάζεται έτσι ώστε να πληροί όρους που θα εξασφαλίζουν κατά το καλύτερο δυνατό την υγιεινή και συντήρηση των προϊόντων. Οι συνθήκες αποθήκευσης πρέπει να είναι ευνοϊκές όσον αφορά στην υγρασία, στην θερμοκρασία και στον αερισμό. Η διαμόρφωση του χώρου θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εμποδίζεται η είσοδος των εντόμων π.χ. σίτες στα παράθυρα. Τέλος, κάθε αναγκαίος εξοπλισμός είναι απαραίτητο να τοποθετείται έτσι ώστε να διευκολύνεται ο καθαρισμός (Fields & Muir, 1996).

1.5.3 Σχολαστική καθαριότητα των χώρων

Ο συχνός καθαρισμός των χώρων όπου παράγονται, επεξεργάζονται ή αποθηκεύονται τα προϊόντα και η απομάκρυνση αχρήστων υπολειμμάτων επεξεργασίας, αποτελεί σημαντικό και απλό μέτρο για την πρόληψη των ζημιών που οφείλονται σε εχθρούς. Ο καθαρισμός του χώρου καλό είναι να επιτυγχάνεται με τη χρήση ηλεκτρικής σκούπας μεγάλης ισχύος. Με τον τρόπο αυτό, εκτός από τα απορρίμματα απομακρύνονται και τα προσφάτως εγκατεστημένα επιβλαβή αρθρόποδα. Στους χώρους των εγκαταστάσεων όπου ο συχνός καθαρισμός δεν είναι εφικτός, θα πρέπει να εφαρμόζονται με την βοήθεια ειδικών φορητών συσκευών τοπικά εντομοτοξικές ουσίες (spot fumigation) (Fields & Muir, 1996).

1.5.4 Ύπαρξη λεπτομερούς προγράμματος ελέγχου για έγκαιρη επισήμανση τυχόν προσβολής

Σε μία σωστά σχεδιασμένη σύγχρονη μονάδα, θα πρέπει παράλληλα με τα μέτρα που λαμβάνονται, να τηρούνται και τα παρακάτω:

- Ύπαρξη καταλόγου «ευαίσθητων» περιοχών ή σημείων της εγκαταστάσεως που πιθανολογείται ότι μπορούν να αποτελέσουν εστίες ή καταφύγια εντόμων.

- Χρησιμοποίηση διαφόρων τύπων παγίδων κατάλληλων για κάθε περίπτωση, για έγκαιρη διαπίστωση τυχόν υπάρξεως εντόμων (Bonnemaison, 1967).

1.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

1.6.1 Συμπεριφορά και δραστηριότητα των εντόμων

Το μέγεθος της προσβολής ενός αποθηκευμένου προϊόντος επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη δραστηριότητα και τη συμπεριφορά των εντόμων που τρέφονται και αναπαράγονται στην αποθήκη. Υπάρχουν έντομα που προσβάλλουν αποκλειστικά κακής ποιότητας σπόρους πιθανότατα προσβεβλημένους από άλλα έντομα ή μικροοργανισμούς, τα οποία είναι επιζήμια μόνο όταν πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις. Αρκετά έντομα επίσης, κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου τους, προσβάλλουν περισσότερους από έναν καρπούς ενώ άλλα συμπληρώνουν την ανάπτυξη τους σε έναν καρπό. Στην πρώτη περίπτωση οι ζημιές που αναμένονται, είναι λογικά μεγαλύτερες αν και κάθε φορά θα πρέπει να συνυπολογίζεται η γονιμότητα του εντόμου, ο αριθμός των γενεών που μπορεί να έχει, η ύπαρξη ή μη διαπαύσεως κ.λπ (Λυκουρέσης, 1995).

1.6.2 Καταλληλότητα και μέτρα προστασίας των αποθηκευτικών χώρων

Οι αποθηκευτικοί χώροι θα πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένοι ώστε να μην επιτρέπουν την εύκολη είσοδο και την εγκατάσταση εντομολογικών ή άλλων εχθρών. Στα παράθυρα πρέπει να τοποθετείται ψιλή σίτα που θα παρεμποδίζει την είσοδο των εντόμων στο εσωτερικό της αποθήκης, οι πόρτες θα πρέπει να κλείνουν πολύ καλά χωρίς να αφήνουν ανοίγματα και δε θα πρέπει να υπάρχουν ρωγμές στους τοίχους και στις οροφές. Επίσης, όσον αφορά στα δάπεδα, θα πρέπει να είναι εφικτός ο εύκολος καθαρισμός τους και δεν θα πρέπει να υπάρχουν μέρη που θα προσφέρουν καταφύγιο στα έντομα. Τέλος, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να επιτρέπεται η εύκολη

προσπέλαση για καθαρισμό και εφαρμογή εντομοκτόνων ουσιών στις εγκαταστάσεις κλιματισμού, κεντρικής θερμάνσεως και αποχετεύσεως (Λυκουρέσης, 1995).

1.6.3 Μικροκλίμα των αποθηκευτικών χώρων

Η θερμοκρασία που επικρατεί στον αποθηκευτικό χώρο αλλά και η υγρασία, τόσο του περιβάλλοντος χώρου όσο και του αποθηκευμένου προϊόντος, επιδρούν στο μέγεθος των εντομολογικών προσβολών. Ο ρόλος των δύο αυτών παραγόντων είναι καθοριστικός, και επιδρά στη διάπαυση των εντόμων, στη γονιμότητά τους, στη δραστηριότητά τους και στη διάρκεια του βιολογικού κύκλου τους, προκαλώντας αύξηση ή μείωση του αριθμού των γενεών του.

1.6.4 Χωροταξική μελέτη της αποθήκης

Θα πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για την εκλογή του χώρου που πρόκειται να φιλοξενήσει τα προς αποθήκευση προϊόντα. Χώροι οι οποίοι γειτονεύουν με πιθανές άλλες εστίες μόλυνσεως (π.χ. άλλα εργοστάσια επεξεργασίας φυτικών προϊόντων, αποθήκες, χωματερές κ.λπ.) εμφανίζουν τις περισσότερες πιθανότητες να μολυνθούν από διάφορα αρθρόποδα και μικροοργανισμούς (Λυκουρέσης, 1995).

1.6.5 Υγειονομική κατάσταση του προϊόντος πριν την αποθήκευση

Εάν τα προϊόντα είναι ήδη προσβεβλημένα από τον αγρό, ή προσβλήθηκαν κατά την μεταφορά τους στην αποθήκη, τότε το μέγεθος της προσβολής μέσα στην αποθήκη θα αυξηθεί και τα προϊόντα αυτά θα αποτελέσουν εστίες «μόλυνσεως» για τα άλλα προϊόντα που θα εισαχθούν αργότερα (Λυκουρέσης, 1995).

1.6.6 Ικανότητα πτήσεως των εντόμων

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 (Aitken, 1975).

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

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 μεγαλύτερη σημασία από όση νομίζεται. Εάν παρά τα προληπτικά μέτρα που έχουν ληφθεί ανιχνευθούν προσβολές στο αποθηκευμένο προϊόν, τότε θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την άμεση καταπολέμηση των εχθρών (Arthur, 2001).

Η πιο αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης είναι η χημική. Παρ' ότι όμως με τις χημικές μεθόδους αντιμετώπισης επιτυγχάνεται πλήρης έλεγχος των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, οι συνέπειες της χρήσης αυτών είναι πολύ αρνητικές για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Αν στους παραπάνω παράγοντες προστεθεί και το φαινόμενο της πρόκλησης ανθεκτικότητας των εντόμων στα χημικά σκευάσματα, τότε είναι κατανοητό ότι η ανάγκη εύρεσης αλλά και χρησιμοποίησης εναλλακτικών μεθόδων αντιμετώπισης είναι επιτακτική. Οι μέθοδοι αυτές μπορεί να ενεργούν μεμονωμένα ή συνεργιστικά τόσο μεταξύ τους όσο και με τις χημικές μεθόδους, και βέβαια θα πρέπει να είναι ιδιαίτερος αποτελεσματικές, με τις όσο δυνατόν λιγότερες συνέπειες για το περιβάλλον και τον άνθρωπο (Μπουχέλος, 1996).

Οι εναλλακτικές αυτές μέθοδοι διακρίνονται σε:

- Βιοτεχνολογικές
- Μηχανικές
- Φυσικές
- Βιολογικές

2.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις χημικές μεθόδους αντιμετώπισης αποσκοπούμε στον απ' ευθείας έλεγχο των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων πριν ή μετά την εισαγωγή του προϊόντος στην αποθήκη. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται είναι είτε τα κοινά εντομοκτόνα είτε τα καπνογόνα (Batta, 2004).

2.2.1 Απεντομώσεις χώρων με τη χρήση χημικών εντομοκτόνων

Τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι κυρίως οργανοφωσφωρικά, πυρεθρινοειδή και καρβαμιδικά. Από τα οργανοφωσφωρικά χρησιμοποιούνται κυρίως τα acephate, chlorpyrifos, dichlorvos, fenthion, malathion και pyrimiphos methyl δυστυχώς όμως ορισμένα είδη κολεοπτέρων όπως το *R. dominica* έχουν ήδη αποκτήσει αντοχή σε κάποια από αυτά. Από τα πυρεθρινοειδή χρησιμοποιούνται τα deltamethrin, cyfluthrin, beta-cyfluthrin και από τα καρβαμιδικά το carbaryl και το proproxur (Moore et al., 2000).

Όλα τα παραπάνω χρησιμοποιούνται για απεντομώσεις χώρων κυρίως με ψεκασμό και λιγότερο με επίπαση. Το ψεκαστικό υγρό μπορεί να εφαρμοστεί με ψεκαστήρες πλάτης, όταν πρόκειται για μικρούς χώρους ή με ψεκαστήρες υψηλής πίεσεως και υψηλού όγκου (HV) όταν πρόκειται για χώρους μεγάλης έκτασης. Οι σταγόνες μεγέθους 300-400μ που παράγονται από τους ψεκαστήρες HV, μπορεί μεν να δημιουργούν ένα καλό νέφος, κατακάθονται όμως γρήγορα και δημιουργούν πολλές φορές ελαιώδεις ανεπιθύμητους λεκέδες. Για τον λόγο αυτό, οι ψεκασμοί επιδιώκεται να γίνονται με ψεκαστήρες υπερμικρού όγκου (ULV) όπου το μέγεθος των σταγονιδίων κυμαίνεται από 1-30μ. Ομιχλώδη νεφελώματα από σταγονίδια εντομοκτόνου μπορούν να παραχθούν και με ειδικές φορητές συσκευές (chemical fog applicators) (Moore et al., 2000).

Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι επιτυγχάνεται κατευθυνόμενη παροχή του ψεκαστικού υγρού σε δύσκολα μέρη, όπως για παράδειγμα στο εσωτερικό των μηχανημάτων. Οι ίδιες συσκευές χρησιμοποιούνται επίσης για μυοκτονίες ή ακόμη

για την καταπολέμηση εντόμων θερμοκηπίου (αλευρώδεις, λυριόμυζες, θρίπες). Επίσης τοπική και περιορισμένη χρήση εντομοκτόνων σε σημεία που αποτελούν καταφύγια εντόμων ή σε σημεία που παρατηρούνται υψηλοί πληθυσμοί, επιτυγχάνεται με φορητά ψεκαστικά μηχανήματα (spot fumigation ή spot treatment) (Moore et al., 2000).

Για την επιλογή του καταλλήλου εντομοκτόνου θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη πολλές παράμετροι όπως το είδος του εντόμου, η απαιτούμενη διάρκεια προστασίας, η δόση και τα υπολείμματα που αφήνει το εντομοκτόνο στα προϊόντα, το είδος του προϊόντος, ο χρόνος επαναχρησιμοποίησης του χώρου από τους εργαζόμενους, τα λοιπά τυχόν παρασκευαζόμενα στον χώρο προϊόντα (Moore et al., 2000).

Στις Η.Π.Α., οι ουσίες που επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις όπου παράγονται ή μεταποιούνται τρόφιμα, είναι πολύ λίγες και η καταπολέμηση ανεπιθύμητων εντόμων γίνεται κυρίως με τη χρήση πυρεθροειδών (π.χ. resmethrin) και ιδίως με πυρεθρίνες εγκλεισμένες σε μικροκάψουλες που απελευθερώνουν την εντομοκτόνο ουσία με αργό ρυθμό και για μακρό χρονικό διάστημα (Moore et al., 2000).

2.2.2 Καπνογόνα

Τα καπνογόνα είναι χημικές ενώσεις οι οποίες επενεργούν τοξικά στα παράσιτα με τους ατμούς τους. Η μεταχείριση και χρήση των καπνογόνων θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και από εξειδικευμένο προσωπικό, τηρώντας αυστηρά τις οδηγίες χρήσεως και λαμβάνοντας όλα τα απαραίτητα μέσα για την ασφάλεια του. Το μεγάλο πλεονέκτημα τους είναι ότι εξαπλώνονται πολύ γρήγορα και διεισδύουν σε θέσεις και χώρους όπου άλλοι μέθοδοι είναι πρακτικά αδύνατον να εφαρμοστούν (Shaaya et al., 1997).

Τα κυριότερα καπνογόνα που χρησιμοποιούνται σήμερα στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι το βρωμιούχο μεθύλιο (CH_3Br) και η φωσφίνη (PH_3). Και τα δύο είναι πολύ ισχυρά δηλητήρια τόσο για τα έντομα όσο και για τα θηλαστικά, για αυτό η εφαρμογή τους πρέπει να γίνεται



Εικόνα 1. Φιάλες CH_3Br

προληπτικά, πριν την εισαγωγή του προϊόντος στην αποθήκη. Μάλιστα το CH_2Br έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνο, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην καταστροφή του όζοντος της στρατοσφαιράς και μέχρι το τέλος του 2005 θα πρέπει να έχει αποσυρθεί εντελώς (Εικόνα 1) (Shaaya et al., 1997).

Ο τρόπος εφαρμογής αλλά και το αποτέλεσμα του καπνισμού, εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου καπνογόνου, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

1. Σημείο ζέσεως

Καπνογόνες ουσίες με υψηλό σημείο ζέσεως, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και χρειάζεται προθέρμανση του αποθηκευτικού χώρου για να αποκτήσουν αξιόλογη τάση ατμών (Shaaya et al., 1997).

2. Πτητικότητα-Τάση ατμών

Η τάση ατμών ενός καπνογόνου στις συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, καθορίζει τον τρόπο συσκευασίας και εφαρμογής του. Καπνογόνες ουσίες που χαρακτηρίζονται από υψηλή τάση ατμών και βρίσκονται σε αέρια κατάσταση στις συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας με αυτές των καπνισμών, εισάγονται απευθείας με τα ειδικά δοχεία συσκευασίας τους (οβίδες) ή μέσω συστήματος σωληνώσεων. Αντίθετα καπνογόνες ουσίες με χαμηλή τάση ατμών, οι οποίες βρίσκονται σε υγρή κατάσταση στις συνήθεις θερμοκρασίες, συσκευάζονται σε αεροστεγή δοχεία (Shaaya et al., 1997).

3. Ειδικό βάρος

Το ειδικό βάρος των τοξικών ατμών του καπνογόνου, καθορίζει την ομοιόμορφη συγκέντρωση τους στο χώρο, όπως επίσης και τον τρόπο εισαγωγής της καπνογόνου ουσίας μέσα στο χώρο (Shaaya et al., 1997).

4 . Αναφλεξιμότητα-Εκρηκτικότητα

Εκδηλώνονται κατά την οξείδωση (καύση) του μείγματος των ατμών του καπνογόνου και του αέρα, υπό την προϋπόθεση ότι η οξείδωση θα γίνει ταχύτατα και δεν θα λάβει χώρα ομαλή εξίσωση των δημιουργηθέντων πιέσεων και θερμοκρασιών, με αυτές του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ελεύθεροι κινδύνων αναφλέξεως ή εκρήξεως θεωρούνται οι καπνογόνοι ατμοί οι οποίοι σε ανάμιξη με

τον αέρα και σε 50°C δε μεταδίδουν την φλόγα σε περίπτωση που εμφανιστεί σπινθήρας (Shaaya et al., 1997).

5. Προσροφητικότητα ατμών

Προσρόφηση ατμών του καπνογόνου από τις στερεές επιφάνειες του χώρου και των προϊόντων που υπάρχουν μέσα σε αυτόν, καθώς και διαφυγή ατμών προς τα έξω, μειώνουν την αποτελεσματικότητα της επέμβασης (Shaaya et al., 1997).

6. Διαλυτότητα

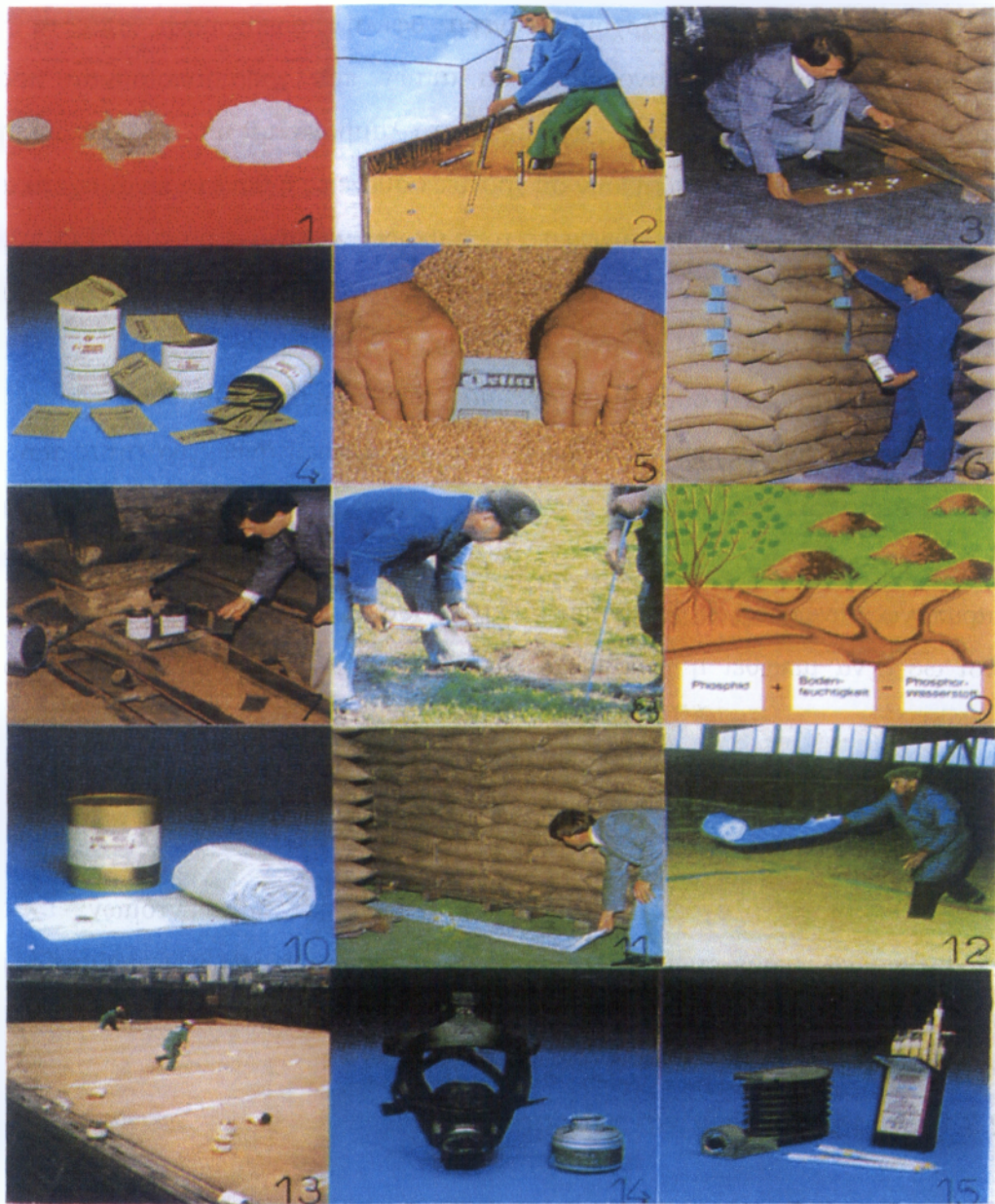
Η διαλυτότητα του καπνογόνου στο νερό και τις λιπαρές ουσίες καθορίζει το ποσοστό του που συγκρατείται από τα διάφορα προϊόντα (Shaaya et al., 1997).

7. Εντομοτοξική ενέργεια

Η διείσδυση των καπνογόνων ατμών μέσα στο σώμα των εντόμων γίνεται κυρίως μέσω της αναπνοής. Συνεπώς οποιοσδήποτε παράγοντας που επιδρά στο άνοιγμα ή στο κλείσιμο των αναπνευστικών πόρων, όπως και των αναπνευστικών κινήσεων, θεωρητικά επιδρά και στην αποτελεσματικότητα του καπνογόνου (Shaaya et al., 1997).

2.2.3 Άμεσες και έμμεσες συνέπειες των χημικών εντομοκτόνων

Το αυξανόμενο κόστος για την έρευνα, ανάπτυξη και νομική καταχώρηση των συμβατικών εντομοκτόνων στις ανεπτυγμένες χώρες περιορίζει την διάθεση νέων εντομοκτόνων διάφορων συνθέσεων στην αγορά, για όλες τις γεωργικές χρήσεις. Η διαδικασία της νομικής καταχώρησης ενός γεωργικού εντομοκτόνου μπορεί να διαρκέσει 8-10 χρόνια και να κοστίσει 40-80 χιλιάδες δολάρια (Arthur, 1996b). Επίσης κάθε χημικό εντομοκτόνο που έχει καταγραφεί και καταχωρισθεί πριν το 1986 (όπως το malathion) πρέπει να καταχωρισθεί ξανά κάτω από την ίδια διαδικασία. Το κόστος για το σκοπό αυτό είναι απαγορευτικό για πολλά γεωργικά συστήματα και κάθε προϊόν είναι αναγκαίο να επιφέρει εντυπωσιακού όγκου ετήσιες πωλήσεις για να καλύψει το συγκεκριμένο κόστος (Arthur, 1996b).



Εικόνα 2. Χρησιμοποίηση φωσφίνης: 1. χάπια φωσφίνης 2. τοποθέτηση χαπιών φωσφίνης σε χύμα σπόρους με την βοήθεια σόντας 3. Τοποθέτηση χαπιών κάτω από ντάνες 4. Σακίδια ή φάκελοι φωσφίνης 5. Τοποθέτηση «φακέλων φωσφίνης» σε χύμα σπόρους 6. Τοποθέτηση φακέλων σε ντάνες 7. εφαρμογή φωσφίνης στις ταινίες μεταφοράς χύμα σπόρων. 8, 9. Εφαρμογή της φωσφίνης για την καταπολέμηση αρουραίων στους αγρούς 10. Συσκευασία τύπου «κουβέρτας» 11, 12, 13. Χρησιμοποίηση «κουβερτών» σε ντανιασμένα ή χύδη προϊόντα 14. μάσκα και φίλτρο για την προστασία των εφαρμογών 15. Ανιχνευτές φωσφίνης τύπου λεπτού σωλήνος.

Παρ' όλο που υπάρχουν φανερά οφέλη προερχόμενα από τα γεωργικά εντομοκτόνα συμπεριλαμβανομένων και αυτών που χρησιμοποιούνται προληπτικά, υπάρχουν και έμμεσες συνέπειες που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη. Οι δηλητηριάσεις από εντομοκτόνα που καταλήγουν σε χρόνιες ασθένειες ή θάνατο είναι σχετικά σπάνιες, αλλά όταν εμφανίζονται, οι συνέπειες τους μπορεί να είναι τεράστιες. Για παράδειγμα, μακροχρόνια έκθεση σε οργανοφωσφορικά υπολείμματα μπορεί να προκαλέσει νευρολογικά προβλήματα (Εικόνα 2) (Arthur, 1996b).

Ένα επιπλέον σοβαρό πρόβλημα που προκύπτει από τη χρήση χημικών εντομοκτόνων είναι, όπως προαναφέρθηκε, η ανάπτυξη ανθεκτικότητας των εντόμων. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι χρειάζονται επιπρόσθετα μέτρα για τον έλεγχο τους ή αντικατάσταση των χημικών με εναλλακτικές μεθόδους προστασίας που θα μειώσουν τις παραπάνω συνέπειες. Πολλές χώρες αναπτύσσουν προγράμματα και σχέδια δράσεως έτσι ώστε να μειωθεί η χρήση των χημικών εντομοκτόνων μέχρι και 50% (Arthur, 1996b).

2.3 ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι βιοτεχνολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων περιλαμβάνουν την χρήση παγίδων, φερομονών ή και τον συνδυασμό τους, ρυθμιστές αναπτύξεως και αιθέρια έλαια (Ebeling, 1971).

2.3.1 Χρήση παγίδων και φερομονών

Ο ρόλος της χρήσης των παγίδων στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι πολύ σημαντικός καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την παρακολούθηση των πληθυσμών των εντόμων όσο και για την καταπολέμησή τους, αν και η κύρια χρήση τους αποσκοπεί στην παρακολούθηση και λιγότερο στον απ' ευθείας έλεγχο των εντόμων. Σε γενικές γραμμές, ανιχνεύουν τους πληθυσμούς των εντόμων σε χρονικό διάστημα πολύ πιο σύντομο από το αντίστοιχο που χρειάζεται μιαν απλή δειγματοληψία, ευνοώντας με τον τρόπο αυτό μια πρωϊμότερη κατάστρωση σχεδίου αντιμετώπισης (Lord, 2001).

Οι παγίδες μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το μέσο παγίδευσης ή θανάτωσης: το οποίο μπορεί να είναι κάποια κολλητική ουσία (κολλητικές παγίδες), κάποιο εντομοκτόνο, ένας χώρος από τον οποίο δεν μπορούν να ξεφύγουν τα έντομα (παγίδες τύπου σόντας) ή ηλεκτρική αντίσταση (ηλεκτρικές παγίδες).



Εικόνα 3. Παγίδα τύπου δέλτα (B.C.S.)

Μπορεί να διαφέρουν όσον αφορά στο υλικό από το οποίο έχουν κατασκευαστεί (χαρτί, πλαστικό, μέταλλο) ή το σχήμα τους (π.χ. μορφή δέλτα, κυματοειδούς χάρτου) (Εικόνα 3, 7) (Oberlander et al., 1997). Τέλος, ανάλογα με το εάν αναρτώνται ή όχι, διακρίνονται σε εναέριες, που χρησιμοποιούνται κυρίως για τις ιπτάμενες μορφές εντόμων ή για ιπτάμενα έντομα και μπορούν να είναι είτε κολλητικές, είτε να παγιδεύουν και να θανατώνουν τα έντομα σε ειδικούς χώρους που διαθέτουν, και επιφανειακές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για βαδίζοντα και για ιπτάμενα έντομα. Οι μη κολλητικές παγίδες είναι γενικά επαναχρησιμοποιήσιμες σε σχέση με τις κολλητικές, κάτι που αποτελεί και το κυριότερο πλεονέκτημα τους (Εικόνα 4)(Oberlander et al., 1997).



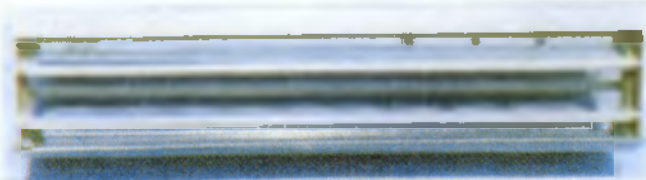
Εικόνα 4. Παγίδα χοάνης (B.C.S)

Με τις παγίδες τύπου σόντας, είναι δυνατή η δειγματοληψία σε διάφορα βάθη της μάζας σπόρων σιταριού (Εικόνα 5). Τα έντομα παγιδεύονται σε ένα διάτρητο μεταλλικό ή πλαστικό καθετήρα που τοποθετείται μέσα στην μάζα του αποθηκευμένου προϊόντος σε διάφορα βάθη. Τα έντομα έρχονται μέσα στις τρύπες και πέφτουν μέσα σε ένα σωλήνα συλλογής ή σε ένα



Εικόνα 5. Παγίδα τύπου σόντας

συλλογέα που μπορεί να αλλαχθεί και είναι ειδικά σχεδιασμένος για χρήση εντός της μάζας του σιταριού. Οι παγίδες αυτές έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να μείνουν για αρκετό



Εικόνα 6. Φωτεινή παγίδα

χρονικό διάστημα μέσα στην αποθήκη.

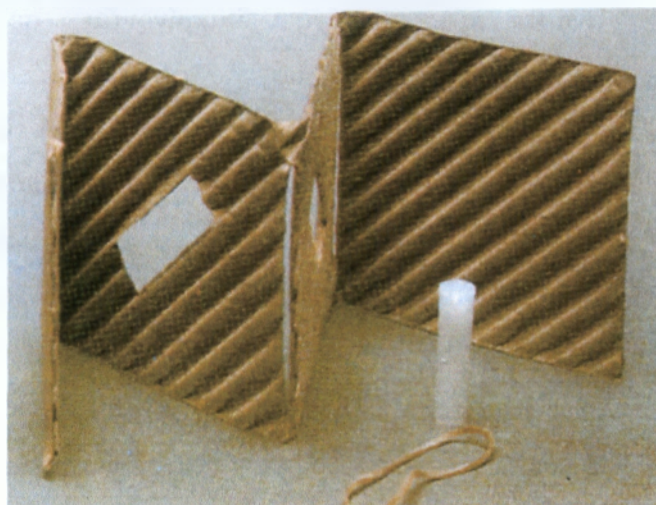
Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα τους

είναι ότι είμαστε σε θέση να παρακολουθήσουμε την διακύμανση των πληθυσμών από πολύ νωρίς, ακόμη και όταν αυτοί είναι πολύ χαμηλοί, γεγονός που αποτελεί το σημαντικότερο μειονέκτημα της δειγματοληψίας (Oberlander et al., 1997).

Με τις φωτεινές ή ηλεκτρικές παγίδες εκμεταλλευόμαστε το φαινόμενο του τροπισμού και ειδικότερα του φωτοτροπισμού, δηλαδή του προσανατολισμού και στην

συνέχεια την αντανακλαστική μετατόπιση (θετική ή αρνητική) των οργανισμών, υπό την επίδραση του δεδομένου ερεθίσματος, στην προκειμένη περίπτωση του φωτοτροπισμού (Εικόνα 6)

(Oberlander et al., 1997). Με τις παγίδες αυτές, όσα έντομα παρουσιάζουν το φαινόμενο του θετικού φωτοτροπισμού,



Εικόνα 7. Παγίδα κυματοειδούς χάρτου

προσελκούνται και ακολούθως

θανατώνονται μέσω ηλεκτροπληξίας. Εύκολα συμπεραίνει κανείς ότι η χρήση αυτών των παγίδων δεν είναι κατάλληλη για τα είδη με αρνητικό φωτοτροπισμό, δηλαδή τα *O. Surinamensis*, *Oryzaephilus mercator* (F.) (Coleoptera: Silvanidae), *S. granarius*, *T. confusum*, *Prostephanus truncates* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae), *T. molitor*, *Tenebroides mauritanicus* (L.) (Coleoptera: Trogosididae), *Araecerus fasciculatus* (De Geer) (Coleoptera: Anthribidae).

Οι φερομόνες είναι πτητικές, χαμηλού μοριακού βάρους οργανικές ενώσεις και ανήκουν σε διάφορες ομάδες. Είναι ορμόνες φύλου που παράγουν συνήθως τα θηλυκά άτομα ώστε να ελκύουν τα αρσενικά προς σύζευξη. Μια άλλη κατηγορία είναι οι

φερομόνες συναθροίσεως, οι οποίες παράγονται από το ένα φύλο, συνήθως το άρρεν και ελκύουν μέλη και από τα δύο φύλα είτε για σύζευξη είτε για συνάθροιση στην πηγή τροφής (Staal, 1975).

Με τη χρήση φερομονικών παγίδων μπορούμε να ανιχνεύσουμε και να προσδιορίσουμε ταυτόχρονα τα έντομα εχθρούς, ενώ κατ' ευθείαν έλεγχο των πληθυσμών με φερομόνες μπορεί να επιτευχθεί με σκευάσματα που περιέχουν ελκυστικό που ελκύει και ταυτόχρονα θανατώνει ή αποτρέπει την σύζευξη των εντόμων (Staal, 1975).

2.3.2 Ρυθμιστές αναπτύξεως

Η χρήση των ρυθμιστών αναπτύξεως στηρίχθηκε στην ιδέα της αντιμετώπισης των εντόμων εχθρών με ορμόνες νεότητας που παράγουν τα ίδια τα έντομα. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης τους είναι η εκλεκτική επί των εντόμων δράση τους και η μικρή πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας, αν και έχουν αναφερθεί ορισμένες τέτοιες περιπτώσεις. Σήμερα, στη λίστα των διαθέσιμων ρυθμιστών αναπτύξεως εκτός από τις ορμόνες νεότητας έχουν προστεθεί και οι παρεμποδιστές σύνθεσης χιτίνης καθώς και οι ανταγωνιστές έκδυσης (Oberlander et al., 1997).

Από τις ορμόνες νεότητας, το methoprene είναι πιο αποτελεσματικό επί εντόμων που τρέφονται εξωτερικά των σπόρων και έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως ως μια εναλλακτική μέθοδος ελέγχου των εχθρών *O. surinamensis* και *R. dominica* λόγω ανθεκτικότητας που παρουσίασαν, το μεν πρώτο στα οργανοφωσφορικά, το δε δεύτερο στα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα. Έτσι, το methoprene μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με ένα ακμαιοκτόνο σκεύασμα για μια πιο αποτελεσματική και μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Άλλοι αντιπρόσωποι των ορμονών νεότητας είναι το femoxycarb και το pyriproxypen που χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα επαφής (Mian and Mulla 1982, Smet et al. 1989).

Οι παρεμποδιστές σύνθεσης χιτίνης, αν και δεν μιμούνται τις ορμόνες νεότητας, εμποδίζουν την ομαλή έκδυση των προνυμφών των εντόμων, παρεμποδίζοντας τον σχηματισμό χιτίνης με κάποιο μηχανισμό, ο οποίος δεν είναι ακόμη απολύτως γνωστός.

Από αυτούς, το diflubenzuron είναι ένα αποτελεσματικό σκεύασμα εναντίον πολλών ειδών εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων (Maceljiski & Korunic, 1972).

Γενικά, οι παρεμποδιστές σύνθεσης χιτίνης δίδουν αυξημένη προστασία παρεμποδίζοντας τον σχηματισμό γενεών με ταυτόχρονη θανάτωση των αναρτίμων σταδίων. Πάντως παρά το γεγονός ότι τα εργαστηριακά αποτελέσματα μελετών ήταν ενθαρρυντικά το μέλλον τους κρίνεται αβέβαιο. Επιπλέον, οι μιμητές ορμονών νεότητας καλό θα είναι να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλα εντομοκτόνα ή με παρεμποδιστές σύνθεσης χιτίνης, τα οποία δεν θα εξασκούν καμία ή θα εξασκούν ήπια δράση επί των ωφελίμων εντόμων (παρασιτοειδών - αρπακτικών), στο πλαίσιο ολοκληρωμένης αντιμετώπισης (Mian and Mulla 1982, Smet et al. 1989).

2.3.3 Αιθέρια έλαια

Τα κυριότερα συστατικά των αιθερίων ελαίων είναι τα μονοτερπενοειδή, τα οποία είναι δευτερεύουσες χημικές ουσίες των φυτών και θεωρείται ότι έχουν μικρή μεταβολική σημασία (Shaaya et al. 1997). Ωστόσο, τα αιθέρια έλαια των *Pogostemon heyneaus*, *Ocimum basilicum*, και *Eucalyptus* sp. έχουν δείξει εντομοκτόνο δραστηριότητα εναντίων πολλών εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων. Επίσης, σε πολλά Coleoptera παρατηρήθηκε τοξική επίδραση των τερπενοειδών δ-λεμονένιο, limalool, terpineal (Shaaya et al. 1997).

Τα αιθέρια έλαια υπόσχονται αρκετά για τον έλεγχο των κυρίων εχθρών εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων, με το να είναι δραστικά καπνογόνα σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ελπίζοντας ότι κάποτε θα αντικαταστήσουν τα σημερινά χρησιμοποιούμενα καπνογόνα (Shaaya et al. 1997).

2.4 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις μηχανικές μεθόδους αντιμετώπισης αποσκοπούμε στην θανάτωση ή την αδρανοποίηση των εντόμων, όταν στο περιβάλλον τους μεταβληθούν ορισμένες συνθήκες όπως η ατμοσφαιρική πίεση, η σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα ή/και η

υγρασία των προϊόντων. Οι μέθοδοι αυτές, αν και είναι αποτελεσματικές, στην πλειοψηφία τους απαιτούν ειδική τεχνολογία για να εφαρμοστούν αυξάνοντας το κόστος της συντηρήσεως των αποθηκευμένων προϊόντων (Loschiavo, 1988).

Με την εφαρμογή υψηλών πιέσεων στους αποθηκευτικούς χώρους προκαλείται θανάτωση των ακμαίων κυρίως ατόμων. Επίσης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί πεπιεσμένος ξηρός αέρας για την απαλλαγή των μηχανών, σκευών, δαπέδων και των τοίχων από έντομα που αναζητούν εκεί καταφύγιο. Παράλληλα, πλήρες ή υψηλό και παρατεταμένο κενό θανατώνει πολλά είδη εντόμων. Η έλλειψη ατμοσφαιρικού αέρα προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα, λόγω της αναπνοής των προϊόντων και των εντόμων, με αποτέλεσμα ο χώρος να γίνεται ασφυκτικός (Subramanyam & Roesli, 2000), αν και η μέθοδος αυτή χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή διότι κατά την εφαρμογή της ευνοείται ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών με πιθανότητες πρόκλησης καταστρεπτικές ζυμώσεις στα αποθηκευμένα προϊόντα. Ασφυκτικές συνθήκες στα έντομα μπορούν επίσης να δημιουργηθούν όταν οι προσβεβλημένοι σπόροι αναμιχθούν με καθαρά γαλακτώματα ορυκτελαίων ή λευκά έλαια (παραφίνη κ.α). Καθώς το λεπτό στρώμα ελαίου καλύπτει τους προσβεβλημένους σπόρους, εμποδίζεται η αναπνοή των εντόμων, τα οποία θανατώνονται από ασφυξία (Moore & Higgins, 1997).

Κατά την απαλλαγή των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων από την πλεονάζουσα υγρασία, αυξάνεται η συντηρητικότητα τους και εμποδίζεται η φυσιολογική βιολογική εξέλιξη των επιβλαβών εντόμων. Επίσης, άφθονο νερό υπό ισχυρή πίεση, εφ' όσον δεν ζημιώνει τα προϊόντα, τα απαλλάσσει από τα έντομα. Οι μέθοδοι αυτές μπορούν να συνδυαστούν ή να λάβουν χώρα ταυτοχρόνως με άλλες μεθόδους απεντόμωσης, πριν ή κατά την επεξεργασία των προϊόντων (Moore & Higgins, 1997).

2.5 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι φυσικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και σήμερα για την προστασία από εντομολογικούς εχθρούς σε ορισμένα προϊόντα, είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, η

χρήση ηλεκτροστατικού πεδίου και η χρήση ιονιζουσών ακτινοβολιών. Στις φυσικές μεθόδους επίσης, συμπεριλαμβάνεται και η χρήση της σκόνης γης διατόμων.

2.5.1 Μεταβολή της Θερμοκρασίας

Η χρήση υψηλών θερμοκρασιών, υπό τον όρο ότι δεν προκαλούν σοβαρές αλλοιώσεις στα αποθηκευμένα προϊόντα, δίδει ασφαλή αποτελέσματα στην αντιμετώπιση των εντομολογικών εχθρών τους. Συγκεκριμένα, θερμοκρασίες 52-55°C επί 3 περίπου ώρες ή υψηλότερες θερμοκρασίες με χρονικές εκθέσεις αντιστρόφως ανάλογες, προκαλούν πήξη των λευκωμάτων των εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα καταστρέφοντας όλα τα στάδιά τους. Η μέθοδος αυτή χρειάζεται πολύ προσοχή κατά την εφαρμογή της καθώς είναι πιθανή η δημιουργία πολύ υψηλών θερμοκρασιών, οι οποίες μπορούν να αποβούν καταστρεπτικές για τα αποθηκευμένα προϊόντα. Για τον λόγο αυτό, για την απεντόμωση των αποθηκευμένων προϊόντων, καλό είναι να χρησιμοποιείται θερμό ρεύμα αέρα και για την απεντόμωση μέσω μεταφοράς, εργαλείων και μηχανημάτων θερμό νερό ή ατμός (Σταμόπουλος 1995).

Μία καλή μέθοδος με την οποία επιτυγχάνεται αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών του εντόμου μέχρι του σημείου νέκρωσης είναι η χρήση ηλεκτροστατικού πεδίου. Με την μέθοδο αυτή, διοχετεύεται ρεύμα υψηλής συχνότητας και μεγάλης ισχύος με αποτέλεσμα, μέσα σε ελάχιστα δευτερόλεπτα, να αυξάνεται η θερμοκρασία των ζωικών παρασίτων μέχρι του σημείου θανάτωσης τους, χωρίς όμως να αυξάνεται στον ίδιο βαθμό η θερμοκρασία του απεντομούμενου προϊόντος (Σταμόπουλος 1995).

Εκτός από την χρήση υψηλών θερμοκρασιών, και οι χαμηλές θερμοκρασίες αποτελούν αποτελεσματική μέθοδο απεντόμωσης χωρίς μάλιστα να προκαλούν αλλοιώσεις στα προϊόντα ή καταστροφή ορισμένων από τα συστατικά τους, όπως συμβαίνει με την χρήση πολύ υψηλών θερμοκρασιών. Σε αυτή την περίπτωση όμως, θα πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας τα εξής:

1. Υπάρχουν έντομα που θανατώνονται σε θερμοκρασίες ελάχιστα υψηλότερες από το σημείο πήξης της αιμολέμφου τους. Άλλα θανατώνονται μόλις οι ιστοί τους παγώσουν,

ενώ κάποια μπορούν να επιβιώσουν έστω κι αν εκτεθούν για πολλές ώρες σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι και -15 ή -20 °C.

2. Πολλά έντομα αν εγκλιματισθούν για ορισμένο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από αυτές όπου ζουν συνήθως, είναι ικανά να αντέξουν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, στις οποίες φυσιολογικώς θα θανατώνονταν. Για παράδειγμα το *C. ferrugineus* εάν εκτεθεί στους -12 °C επί 72 ώρες θανατώνεται. Αν όμως επί 4 εβδομάδες υποστεί θερμοκρασίες 15 °C, τότε ένα ποσοστό 61% των ακμαίων ατόμων κατορθώνει να επιβιώσει για 4 εβδομάδες στους -12 °C (Σταμόπουλος 1995).

3. Τα διάφορα στάδια ενός εντόμου παρουσιάζουν διαφορετική αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Έτσι π.χ. τα ακμαία του *Acanthoscelides obtectus* (Say.) (Coleoptera: Bruchidae) είναι πολύ πιο ευαίσθητα από τις προνύμφες του. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι σε συνδυασμό με τις συσκευές ψύξεως, μπορεί να χρησιμοποιηθούν και ρεύματα ψυχρού αέρα που βοηθούν στην ταχεία πτώση της θερμοκρασίας και στη γρήγορη ψύξη ολόκληρης της μάζας των προϊόντων.

2.5.2 Εφαρμογή ιονιζουσών ακτινοβολιών

Δύο κυρίως τύποι ακτινοβολίας έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα για απεντόμωση προϊόντων: τα ηλεκτρόνια υψηλής ταχύτητας (σωματίδια β μέγιστης ενέργειας 10 megavolts) και η ακτινοβολία γ που θεωρείται ότι είναι η πιο αποτελεσματική διότι χαρακτηρίζεται από πολύ μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα (Batta, 2003).

Η εφαρμογή ιονιζουσών ακτινοβολιών εναντίον των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι μια μέθοδος που δεν αφήνει υπολείμματα στα προϊόντα και σε αρκετές περιπτώσεις έχει αποδειχθεί ότι κατάλληλη, αν και ένα κύριο μειονέκτημα της είναι το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων που απαιτεί. Η εφαρμογή της μεθόδου μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: (α) οι ακτινοβολίες εφαρμόζονται κατευθείαν στα προσβεβλημένα προϊόντα, ή (β) στοχεύετε η απ' ευθείας εφαρμογή στα έντομα με απώτερο σκοπό την στείρωση και τη σταδιακή ελάττωση των πληθυσμών τους. Η εφαρμογή των ακτινοβολιών για στείρωση των εντόμων δε βρήκε έδαφος στην

περίπτωση των εντόμων αποθηκών, γιατί τα στείρα έντομα εξακολουθούν να τρέφονται και να προκαλούν ζημιές στα προϊόντα (Batta, 2003).

Η αποδοχή από μέρους του καταναλωτικού κοινού των ακτινοβολημένων προϊόντων αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα, που καθιστά ακόμη πιο δύσκολη την εφαρμογή της μεθόδου αυτής. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το καταναλωτικό κοινό αρνείται να καταναλώνει τέτοια προϊόντα με αποτέλεσμα να απαγορεύεται ακόμη και η εισαγωγή τους σε ορισμένες χώρες όπως στην Γερμανία. Αντιθέτως, στην Πολωνία η ακτινοβολήση διαφόρων τροφίμων για την απαλλαγή τους από έντομα και ακάρεα, όπως επίσης φρούτων και λαχανικών για προστασία από διάφορους μύκητες που προκαλούν μετασυλλεκτικές αλλοιώσεις, έχει γίνει αποδεκτή από τους καταναλωτές (Batta, 2003).

2.5.3 Η χρήση της σκόνης γης διατόμων

Η γη διατόμων (diatomaceous earth ή DE) είναι ένα σχεδόν καθαρό προϊόν που αποτελείται από διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και έχει προέλθει από απολιθωμένα διάτομα. Τα διάτομα είναι μονοκύτταρα φύκη και πιθανότατα αποτελούν το πιο διαδεδομένο είδος φυτών στο πλανήτη. Υπάρχουν περισσότερα από 25.000 είδη διατόμων που βρίσκονται σε αφθονία σε όλα τα υδατικά οικοσυστήματα, αν και ορισμένα απαντώνται και σε χερσαία περιβάλλοντα (Round et al., 1992).

Η παρουσία της σκόνης γης διατόμων στο υπέδαφος χρονολογείται από την Ηώκαινο και Μειόκαινο περίοδο του Καινοζωϊκού αιώνα, δηλαδή περίπου 20 με 80 εκατομμύρια χρόνια. Καθώς τα διάτομα απορροφούσαν πυρίτιο από το νερό, με το πέρασμα του βιολογικού κύκλου τους (περίπου 6 ημέρες) βυθίζονταν και δημιουργούσαν, στο πέρασμα των αιώνων, υπόγεια και βαθιά στρώματα με ένυδρη πυριτική δομή. Στην συνέχεια, τα υπόγεια στρώματα απολιθώνονταν και συμπιέζονταν (από λίγα εκατοστά έως και μερικές εκατοντάδες μέτρα) σε ένα μαλακό και λευκό πέτρωμα που σήμερα καλείται γη διατόμων. Η προέλευση της γης διατόμων μπορεί να είναι θαλάσσια (από θαλάσσια διάτομα) ή χερσαία (από χερσαία διάτομα) (Round et al., 1992).



Εικόνα 8. Διάτομο όπως φαίνεται με το κοινό μικροσκόπιο (Korupic, 1997)

Η περιεκτικότητα της γης διατόμων σε υγρασία είναι υψηλότερη του 50%, το 86-94% της στερεής μορφής της αποτελεί το πυρίτιο ενώ το υπόλοιπο είναι άργιλος και πηλός (Korupic, 1997).

Πριν την οποιαδήποτε χρήση της, η γη διατόμων υφίσταται επεξεργασία που αφορά στην μείωση της υγρασίας της με ξήρανση και στην μείωση του μέσου συνολικού μεγέθους των κόκκων της, με άλεση. Μετά την επεξεργασία, η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι 2-6%, ενώ το μέγεθος των κόκκων λαμβάνει τιμές μεταξύ 1-150 μ m με την πλειονότητα τους να κυμαίνεται μεταξύ 2,5-30 μ m. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η παραγωγή μίας λεπτόκοκκης σκόνης που θεωρείται ότι δεν έχει τοξική επίδραση στα θηλαστικά (Quarles, 1992). Είναι εξαιρετικά σταθερή καθώς δεν αντιδρά με τα διάφορα υποστρώματα του περιβάλλοντος και δεν παράγει τοξικά χημικά. Σύμφωνα με την Εταιρεία Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency) των Η.Π.Α., η φυσική γη διατόμων περιγράφεται ως «το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου και χαρακτηρίζεται ως ασφαλές για προσθετικό τροφίμων» (Εικόνα 8) (Anonymus, 1991).

2.6 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις βιολογικές μεθόδους αντιμετώπισης, ο έλεγχος των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων έχει εστιασθεί στην χρήση φυσικών εχθρών και την ένταξη τους στο οικοσύστημα της αποθήκης. Οι φυσικοί εχθροί διακρίνονται σε αρπακτικά και παρασιτοειδή. Στις βιολογικές μεθόδους επίσης, συμπεριλαμβάνονται και η χρήση των νηματωδών, για τους οποίους θα ακολουθήσει εκτενέστερη αναφορά.

2.6.1 Χρήση αρπακτικών και παρασιτοειδών εντόμων

Αρπακτικό είναι κάποιος οργανισμός του ζωικού βασιλείου, συνήθως κάποιο έντομο, ο οποίος ζει ελεύθερα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, είναι συνήθως μεγαλύτερος σε μέγεθος από τη λεία του και για να συμπληρώσει την ανάπτυξή του απαιτείται η κατανάλωση περισσότερων του ενός ατόμων από τη λεία του (πολλές φορές εκατοντάδες ή χιλιάδες) (Λυκουρέσης, 1995).

Παρασιτοειδές θεωρείται ένα έντομο το οποίο έχει συνήθως το ίδιο μέγεθος περίπου με τον ξενιστή του, απαιτεί έναν μόνο άτομο ξενιστή για τη συμπλήρωση της ανάπτυξης του και ο ξενιστής αυτός τελικά θανατώνεται (Λυκουρέσης 1995). Για τη σωστή και έγκαιρη χρήση των φυσικών εχθρών, χρειάζεται πολύ καλή γνώση της βιολογίας των φυτών από τα οποία θα συγκομιστεί το αποθηκευμένο προϊόν, των διαφόρων παραμέτρων που συντελούν στην διάρκεια αποθήκευσης του συγκομισμένου προϊόντος (π.χ συντηρισιμότητα, υγρασία προϊόντος και χώρου, θερμοκρασία χώρου κ.α.), και της βιολογίας των εχθρών και των ανταγωνιστών των εχθρών (βιολογικού κύκλου, χρόνος και τόπος διαχείμασης, κ.α.). Με τις γνώσεις αυτές, μπορεί να καταρτιστεί ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα αντιμετώπισης των πιθανών εχθρών που ενδέχεται να προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα.

Οι κατηγορίες των φυσικών εχθρών διαφέρουν σημαντικά στην βιολογία και συμπεριφορά τους και ως εκ τούτου στην ικανότητα να ελέγχουν τον πληθυσμό των εχθρών σε κάθε αποθηκευμένο περιβάλλον. Τα παρασιτοειδή και τα αρπακτικά έντομα, ανάλογα με τη φυσική τους οικολογία, είναι άλλοτε «γενικά», δηλαδή παρασιτούν ή καταναλώνουν μια ποικιλία ειδών, οι οποίες δεν είναι συγγενείς βιοσυστηματικά ή «ειδικά», δηλαδή παρασιτούν ή καταναλώνουν ένα συγκεκριμένο είδος (Sá-Fisher & Schöller, 1994).

Τα αρπακτικά είναι συνήθως γενικά, επειδή σκοτώνουν την λεία τους αμέσως. Δύο καλώς μελετημένα αρπακτικά είναι το *Xylocoris flavipes* (R.) (Hemiptera: Anthocoridae), το οποίο είναι αρπακτικό ωών και προνυμφών, στις περισσότερες κατηγορίες εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων και το *Teretriosa nigrescens* (L.) (Coleoptera: Histeridae), το οποίο είναι αρπακτικό διαφόρων οικογενειών της τάξης

Coleoptera που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα. Τα γενικά παρασιτοειδή προτιμούν ένα συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης των ειδών που θα παρασιτήσουν. Σπουδαία παρασιτοειδή, τα οποία έχουν μελετηθεί ευρέως στον αγρό αλλά χρησιμοποιούνται και στην προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων, είναι τα ωοπαρασιτοειδή του γένους *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) και το *Habrobracon* (= *Bracon*) *hebetor* (L.) (Hymenoptera: Braconidae) (Εικόνα 9) (Sá-Fisher & Schöller, 1994), το οποίο παρασιτεί τα ατελή στάδια σχεδόν όλων των Λεπιδοπτέρων εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων.

Οι ειδικοί «φυσικοί εχθροί» των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι παρασιτοειδή που παρασιτούν λίγες και στενά συνδεδεμένες κατηγορίες εχθρών. Για παράδειγμα, το *Laelius pedatus* (Say) (Hymenoptera: Bethyliidae) παρασιτεί τις προνύμφες κυρίως Κολεοπτέρων της οικογενείας Dermestidae. Το Υμενόπτερο αυτό κατέχει ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά για δυναμικό έλεγχο του *T. granarium* όπως υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό, ευκολία εκτροφής αλλά και εξαπολύσεως κάτω από τεχνητές συνθήκες (Al-Kirshi et al., 1996).



Εικόνα 9. Ακμαίο *Habrobracon* (= *Bracon*) *hebetor*

Για πιο αποτελεσματικό έλεγχο των εχθρών, θα πρέπει η εφαρμογή του βιολογικού μέσου να είναι απλή και με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος, τόσο στην χρήση της όσο και στον εξοπλισμό που θα απαιτηθεί. Ένας απλός τρόπος χρησιμοποίησης φυσικών εχθρών σε αποθήκες εμπορίου λιανικής πωλήσεως, αλλά και σε νοικοκυριά, έχει εφαρμοστεί στο Βερολίνο. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, αναρτώνται εντός του αποθηκευτικού χώρου κάρτες που περιέχουν ωά Λεπιδοπτέρων εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων παρασιτισμένα από Hymenoptera της οικογενείας Trichogrammatidae. Η μέθοδος αυτή έδειξε πολύ καλά αποτελέσματα όπου εφαρμόστηκε για την αντιμετώπιση Λεπιδοπτέρων, καθώς και στον έλεγχο του πληθυσμού του *Dermestes maculatus* (De Geer) (Coleoptera: Dermestidae) (Sá-Fisher & Schöller, 1994).

Στον αγρό η αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των καλλιεργειών είναι μια πρακτική που είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με άλλες πρακτικές έχει δείξει ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Ωστόσο, στις αποθήκες δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη παρά

μόνον σε πειραματικά στάδια και όχι πάντα με ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Οι λόγοι που συνηγορούν σε αυτό είναι πολλοί. Πρώτα από όλα ο βιολογικός έλεγχος απαιτεί μεγαλύτερες περιόδους για να γίνει αποτελεσματικός, και το κατώτερο όριο πληθυσμού στην αποθήκη, από το οποίο πρέπει να αρχίσει η εφαρμογή του βιολογικού ελέγχου, πρέπει να είναι κατά πολύ χαμηλότερο σε σχέση με αυτό που απαιτείται για χημικό έλεγχο (Al-Kirshi et al., 1996). Επιπλέον, αν και πολλά ωά ή προνύμφες θανατώνονται από ένα παρασιτοειδές ωών ή προνυμφών, τα υπόλοιπα στάδια θα συνεχίσουν να υπάρχουν, με αποτέλεσμα να καθυστερεί η μείωση του πληθυσμού, και να χρειάζεται επαναλαμβανόμενη εξαπόλυση φυσικών εχθρών. Επίσης, ο βιολογικός έλεγχος θα προτιμηθεί ως κύριο μέτρο αντιμετώπισης, μόνον όταν είναι αποδεδειγμένα αποτελεσματικός για τους συγκεκριμένους εχθρούς που θέλουμε να αντιμετωπίσουμε και στην περίπτωση όπου το κόστος της ζημιάς ή των απωλειών του προϊόντος υπερβαίνει το κόστος των μέτρων που απαιτούνται για βιολογικό έλεγχο. Οι φυσικοί εχθροί επίσης δεν είναι πάντα εύκολα διαθέσιμοι στην αγορά ενώ ταυτόχρονα η εκτροφή και η εξαπόλυση τους θεωρούνται πολυδάπανες (Al-Kirshi et al., 1996).

2.6.2 Χρήση εντομοπαθογόνων νηματωδών

Οι νηματώδεις σκώληκες, ή απλά Νηματώδεις, ανήκουν στο Ζωικό Βασίλειο, Υποβασίλειο Metazoa, Φύλο Nemata Cobb 1919 και αποτελούν την πολυπληθέστερη και πιο ευμετάβολη ομάδα από τα Μετάζωα, μετά τα Αρθρόποδα. Η λέξη Νηματώδης, (Nematoda ή Nematelminthes) προήλθε από την ελληνική λέξη «νήμα».

Οι νηματώδεις θεωρούνται μία από τις πιο επιτυχώς προσαρμοσμένες ομάδες ζώων πάνω στη γη. Η διάδοσή τους στη γη είναι ευρεία, γεγονός που οφείλεται στη δυνατότητα που έχουν λόγω της εσωτερικής και εξωτερικής μορφολογίας τους, να προσαρμόζονται και να ζουν όπου μπορεί να υπάρξει ζωή. Αυτοί οι λεπτοί δραστήριοι σκωληκόμορφοι οργανισμοί απαντώνται στο έδαφος, στα γλυκά, θαλάσσια ή υφάλμυρα νερά, όπου υπάρχει οργανική ουσία, ως ελευθέρως διαβιούντες οργανισμοί ή ως ζωικά ή φυτικά παράσιτα (Κύρου, 2004).

Μέχρι σήμερα έχουν προσδιοριστεί περίπου 45.000 διαφορετικά είδη. Ιδιαίτερα στα καλλιεργούμενα και απλής γονιμότητας εδάφη, με πλούσια χλωρίδα, υπάρχουν

ενοϊκές συνθήκες για ανάπτυξη μεγάλου αριθμού νηματωδών. Ο πληθυσμός τους ανά m^2 τέτοιου εδάφους, σε βάθος 30εκ. μπορεί να είναι 150-200εκ. άτομα, που μπορεί να ανήκουν σε 10-30 διαφορετικά είδη. Το μέγεθος τους ποικίλει από 0,3 χιλιοστά έως 4 μέτρα όμως τα περισσότερα είδη έχουν μήκος 1-2 χιλιοστά και δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι (Βλαχόπουλος, 2002).

Βάσει της οικολογικής προσαρμογής τους, διακρίνονται σε :

1. Ελεύθερους στο έδαφος και στο νερό (σαπροφάγους), οι οποίοι συναντώνται σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της γης, στους πόλους, τις λίμνες, θάλασσες ακόμη και τις θερμές πηγές και τα ηφαίστεια και αποτελούν μέρος της ωφέλιμης μικροπανίδας του εδάφους. Από αυτούς, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν εκείνοι που ζουν στη ριζόσφαιρα των καλλιεργούμενων φυτών γιατί ζουν ανταγωνιστικά με τους φυτοπαρασιτικούς.
2. Φυτοπαρασιτικούς, δηλαδή παράσιτα των φυτών που αποτελούν το κύριο αντικείμενο μελέτης του ιδιαίτερου κλάδου της Ζωολογίας, της Νηματολογίας και
3. Ζωοπαρασιτικούς (άνθρωπου και ζώων), οι οποίοι παρασιτούν όλα τα είδη ζώων, (θηλαστικά, πτηνά, ψάρια, έντομα, μαλάκια). Έτσι οι ασκαρίδες (*Ascaris* spp.) ζουν στα πνευμόνια, στους βρόγχους στο συκώτι και άλλα όργανα των θηλαστικών, οι τριχίνες (*Trichinella* spp.) παρασιτούν το χοιρινό κρέας και τον άνθρωπο, ενώ ο νηματώδης *Filaria* sp. προκαλεί στον άνθρωπο την ασθένεια ελεφαντίαση των αράβων.

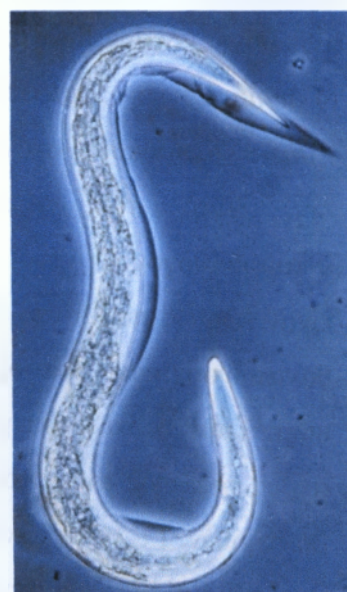
Από τους ζωοπαρασιτικούς ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εντομοπαθογόνοι. Αυτοί χωρίζονται σε δύο ομάδες: (α) τους εντομοφιλικούς, οι οποίοι είναι κυρίως παράσιτα εντόμων και συμβιώνουν με το έντομο-ξενιστή αλλά δεν τον θανατώνουν και (β) τους κατεξοχήν εντομοπαθογόνους που έχουν συμβιωτική σχέση 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 (Βλαχόπουλος, 2002).

Οικογένειες *Steinernematidae* και *Heterorhabditidae*

Ο Ελβετός επιστήμονας Gotthold Steiner (1886-1961) θα μπορούσε να θεωρηθεί ο πατέρας της «εντομογενούς νηματοδωλογίας» στην Αμερική λόγω της συνεισφοράς του στη συστηματική μελέτη πολλών νηματωδών και παρασιτικών ομάδων εντόμων. Αυτός περιέγραψε τον πρώτο steinernematid νηματώδη, και συγκεκριμένα τον *Steinernema kraussei*. Στη συνέχεια, ο Rudolf William Glaser (1888-1947) καινοτόμησε στον τομέα των εντομοπαθογόνων νηματωδών και ειδικά του είδους που μετέπειτα ονομάστηκε *Steinernema glaseri* (Poinar, 1990). Ο Glaser εντόπισε το είδος αυτό να παρασιτεί τον *Popillia japonica* (Ιαπωνικό κήθαρο) τον Μάιο του 1929, έστειλε το δείγμα στον Steiner, ο οποίος το περιέγραψε ως νέο γένος και συγκεκριμένα το είδος *Neoplectana glaseri* (Πίνακας 1, 2). Ο Glaser ήταν ο πρώτος που καλλιέργησε ένα εντομοπαθογόνο είδος σε μονοξενική καλλιέργεια και ο πρώτος που πραγματοποίησε υπαίθρια πειράματα με καλλιεργημένους νηματώδεις ενάντια σε ένα παράσιτο εντόμων τον Ιαπωνικό κήθαρο. Οι σημαντικές εξελίξεις συνεχίστηκαν κατά την διάρκεια των τελευταίων 60 ετών. Η σχέση μεταξύ των νηματωδών και των συμβιωτικών τους βακτηρίων έχει εξεταστεί και πλήρως διερευνηθεί, ενώ πρόσθετα είδη των νηματωδών έχουν ανακαλυφθεί και έχουν μελετηθεί (Poinar, 1990).

Τελικά τα υπαίθρια πειράματα έχουν δείξει ότι αυτοί οι νηματώδεις έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούνται ως βιολογικά εντομοκτόνα ενάντια σε μια σειρά εντόμων του εδάφους. Δυστυχώς ένα μεγάλο μέρος των πληροφοριών σχετικά με την παραγωγή και την εφαρμογή των νηματωδών βρίσκεται αυτήν την περίοδο στα διπλώματα ευρεσιτεχνίας και τις εμπιστευτικές εκθέσεις των εμπορικών επιχειρήσεων και είναι μη διαθέσιμο στο κοινό (Poinar, 1990).

Από όλους τους νηματώδεις που μελετήθηκαν για βιολογικό έλεγχο κατά των εντόμων εκείνοι που έχουν περισσότερο ενδιαφέρον είναι οι οικογένειες *Steinernematidae* και *Heterorhabditidae*. Αυτές οι δύο



Εικόνα 10.
Εντομοπαθογόνος
Νηματώδης του είδους
Steinernema carposcapasae,
όπως φαίνεται με το
στερεοσκόπιο

οικογένειες συμβιώνουν με τα βακτήρια του γένους *Xenorhabdus* λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο και γι' αυτό εξετάζονται από κοινού (Πίνακας 3). Οι ελεύθεροι ζωντανοί μολυσματικοί νεαροί νηματώδεις (προνύμφες 2^{ου} σταδίου) κατέχουν τις ίδιες ιδιότητες με αυτές των παρασιτοειδών εντόμων ή των αρπακτικών εντόμων και των μικροβιακών παθογόνων. Όπως τα αρπακτικά-παρασιτοειδή έντομα έχουν χημικούς υποδοχείς και κινούνται για να πιάσουν το θήραμα τους, έτσι λειτουργούν και οι νηματώδεις. Επιπλέον, έχουν μεγάλη παθογόνο ικανότητα και μπορούν γρήγορα να θανατώσουν τον ξενιστή τους (Poïnar, 1990). Μπορούν να καλλιεργηθούν εύκολα σε τεχνητά υγρά ή στερεά υποστρώματα και έχουν υψηλή αναπαραγωγική δυνατότητα (Poïnar, 1990).

Ως εντομοκτόνα σκευάσματα, εφαρμόζονται εύκολα χρησιμοποιώντας τον τυποποιημένο εξοπλισμό ψεκασμού και είναι συμβατοί με πολλά χημικά φυτοφάρμακα εκτός των νηματοκτόνων. Επειδή χρησιμεύουν ως φορείς των βακτηρίων *Xenorhabdus* καλούνται εντομοπαθογόνοι ενισχύοντας τη σύνδεση μεταξύ της νηματολογίας και παθολογίας εντόμων. Οι πολυάριθμες μελέτες που έχουν γραφτεί για τους εντομοπαθογόνους νηματώδεις συμπεριλαμβάνουν διάφορες πτυχές της βιολογίας τους, του βιολογικού γενετικού ελέγχου, της βιοτεχνολογίας και των τεχνικών ασφαλείας. Οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις μπορούν να θανατώσουν τα έντομα-ξενιστές τους μέσα σε 48 ώρες, επίσης έχουν ένα ανθεκτικό μολυσματικό στάδιο που μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλες περιόδους πριν εφαρμοστεί με τις συμβατικές μεθόδους, και στη συνέχεια εμμένει στο φυσικό περιβάλλον. Ακόμη πιο σημαντικό είναι το γεγονός ότι επειδή οι νηματώδεις είναι προσαρμόσιμοι οργανισμοί, οι φυσικοί πληθυσμοί των εντόμων δεν θα αναμένονταν να αποκτήσουν την ανοσία ή ανθεκτικότητα σε αυτούς (Poïnar, 1990). Λαμβάνοντας υπ' όψη όλα τα παραπάνω, τα παθογόνα αυτά είναι πολύ ελκυστικά από την εμπορική προοπτική.

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. Επιπλέον υπάρχουν διάφορες εμπορικές επιχειρήσεις παγκοσμίως που τους παράγουν και τους διαθέτουν ως εμπορικά σκευάσματα (Poïnar, 1990).

Πίνακας 1Είδη *Heterorhabditis* και οι διάφορες προελεύσεις τους.

ΕΙΔΟΣ ΝΗΜΑΤΩΔΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
<i>H. bacteriophora</i>	Brecon, South Australia
<i>H. megidis</i>	Ohio, US
<i>H. zealandica</i>	Lithuania

Πίνακας 2Είδη *Steinernema* και οι διάφορες προελεύσεις τους.

ΕΙΔΟΣ ΝΗΜΑΤΩΔΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
<i>S. affinis</i>	Denmark
<i>S. anomali</i>	Riazon Province, USSR
<i>S. carpocapsae</i>	Czechoslovakia
<i>S. feltiae</i>	Denmark
<i>S. glaseri</i>	New Jersey, US
<i>S. intermedia</i>	South Carolina
<i>S. scapterisci</i>	Uruguay
<i>S. kushidai</i>	Japan
<i>S. rara</i>	Argentina

Πίνακας 3

Είδη *Steinernema* και *Heterorhabditis* και τα αντίστοιχα συμβιωτικά τους βακτήρια του είδους *Xenorhabdus*.

Γένος Νηματώδη	Είδος Νηματώδη	Είδος <i>Xenorhabdus</i>
<i>Steinernema</i>	<i>S. affinis</i>	<i>bovienii</i>
	<i>S. anomali</i>	undescribed
	<i>S. carpocapsae</i>	<i>nematophilus</i>
	<i>S. feltiae</i> (= <i>bibionis</i>)	<i>bovienii</i>
	<i>S. glaseri</i>	<i>poinarii</i>
	<i>S. intermedia</i>	<i>bovienii</i>
	<i>S. kushidai</i>	undescribed
	<i>S. rara</i>	undescribed
	<i>S. ritteri</i>	undescribed
	<i>S. scapterisci</i>	undescribed
	undescribed	<i>beddingii</i>
	<i>Heterorhabditis</i>	<i>H. bacteriophora</i> (= <i>helioidis</i>)
<i>H. megidis</i>		<i>luminescens</i>
<i>H. zealandica</i>		<i>luminescens</i>

Αναπαραγωγή-Βιολογικός κύκλος

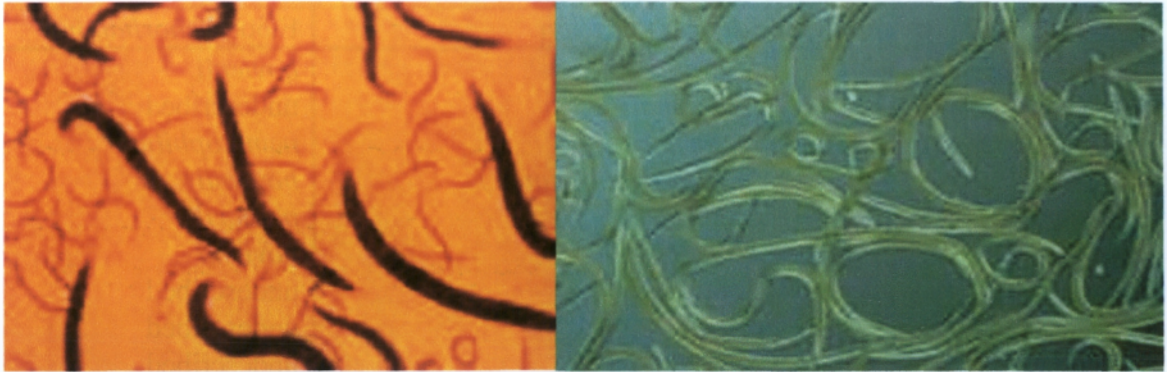
Κατά κανόνα οι νηματώδεις είναι ζώα γονοχωριστικά, δηλαδή υπάρχουν αρσενικά και θηλυκά άτομα ενώ η αναπαραγωγή τους γίνεται αμφιγονικά. Σπανιότερες είναι οι περιπτώσεις ερμαφροδιτισμού και παρθενογένεσης (Βλαχόπουλος, 2002).

Ο βιολογικός κύκλος των νηματωδών περιλαμβάνει 3 κύρια στάδια :

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

Τα θηλυκά άτομα ωοτοκούν από λίγα έως 3.000 ωά σε μια περίοδο ωοτοκίας 40-60 ημερών. Από τα ωά εκκολάπτονται νεαρά σκωληκόμορφα άτομα, τα οποία ονομάζονται προνύμφες 2^{ου} σταδίου (Εικόνα 11). Το 1^ο προνυμφικό στάδιο έχει ολοκληρωθεί συνήθως εντός του ωού πριν την εκκόλαψη. Μετά το 2^ο προνυμφικό στάδιο, ακολουθούν άλλα δύο και τέλος το στάδιο του ώριμου ατόμου (Βλαχόπουλος, 2002). 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 (Βλαχόπουλος, 2002). Οι προνύμφες μορφολογικά

μοιάζουν με τα ώριμα άτομα, εκτός ορισμένων περιπτώσεων, με τη διαφορά ότι δεν έχουν ανεπτυγμένο αναπαραγωγικό σύστημα.



Εικόνα 11. Πληθυσμοί από νηματώδεις όπως φαίνεται από το στερεοσκόπιο

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 περιτέσουν σε ένα είδος νάρκης και να αναβιώσουν όταν δημιουργηθούν ευνοϊκές συνθήκες. Το φαινόμενο αυτό καλείται διάπαυση (Βλαχόπουλος, 2002).

Συμβιωτικά βακτήρια

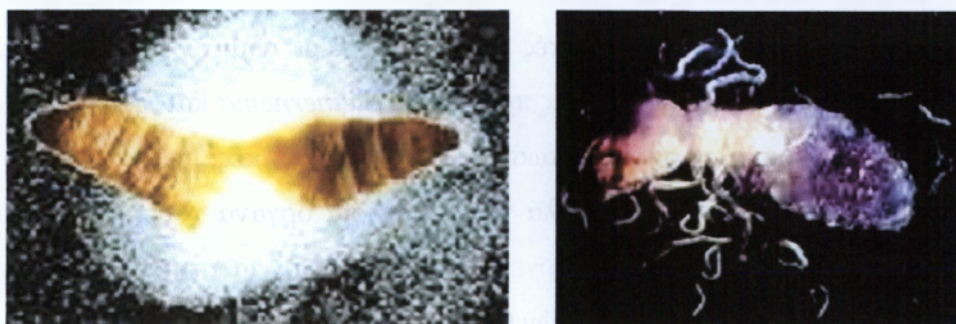
Οι μολυσματικές προνύμφες 3^{ου} σταδίου φέρουν τα βακτηριακά κύτταρα *Xenorhabdus* στον εντερικό τους σωλήνα, ενώ τα βακτήρια καταναλώνονται και αφομοιώνονται από τους αναπτυσσόμενους νηματώδεις (Akhurst & Boemare, 1990). Μόλις βρεθεί ένα κατάλληλο έντομο-ξενιστής, ο μολυσματικός νεαρός νηματώδης εισχωρεί στο σώμα του μέσα από τα διάφορα φυσικά ανοίγματα (στοματική κοιλότητα, έδρα, αναπνευστικά τρήματα) ή τον πληγώνει και διαπερνά στο κυκλοφορικό του σύστημα (Εικόνα 12). Οι μολυσματικές προνύμφες *Heterorhabditis* φέρουν ένα ραχιαίο δόντι που μπορεί να βοηθήσει στην άμεση διείσδυση μέσω του περιβλήματος (επιδερμίδας ή εξωσκελετού) του ξενιστή, ιδιαίτερα ανάμεσα από τις λεπτές σχισμές του σώματος του εντόμου, αν και η επιδερμική διείσδυση γίνεται σπάνια. 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 ψυαμία (Akhurst & Boemare, 1990).

Η τροφή που καταναλώνει ο νηματώδης μαζί με τα βακτηριακά κύτταρα και οι ιστοί των εντόμων-ξενιστών μπορούν να παράγουν δύο ή τρεις γενεές που εξέρχονται από τον ξενιστή ως μολυσματικές προνύμφες, έτοιμες να ξεκινήσουν την αναζήτηση τους 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 (Akhurst & Boemare, 1990).

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. Κάθε είδος νηματώδη αλληλεπιδρά με ένα μόνο είδος *Xenorhabdus*, αν και ένα είδος *Xenorhabdus* μπορεί να συνδεθεί με περισσότερα από ένα είδη νηματώδη. Η μεγάλη πλειοψηφία νηματωδών *Heterorhabditis* συνεργάζεται με το βακτήριο *X. luminescens*, ενώ τα υπόλοιπα *Xenorhabdus* συνδέονται με τους *Steinernema* (Akhurst & Boemare, 1990).

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



Εικόνα 12. Προσβολή προνυμφών εντόμων από νηματώδεις

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 (Akhurst & Boemare, 1990).

Συμπεριφορά

Οι νηματώδεις ανταποκρίνονται σε φυσικά και χημικά ερεθίσματα που τους οδηγούν στο πιθανό θήραμα και τους βοηθούν να αποφασίσουν εάν πρέπει να φάνε ή να ωοθετήσουν. Αυτή η δυνατότητα είναι ένας βασικός καθοριστικός παράγοντας της βιολογικής απόδοσης ελέγχου και είναι πιθανώς μια σημαντική πηγή αποτελεσμάτων στον τομέα αυτό (Ishibashi & Kondo, 1990).

Η αναζήτηση εντόμων-ξενιστών που αρχίζει με την αναζήτηση και την επιλογή βιότοπων, είναι πιθανώς ο σημαντικότερος περιορισμός των εντομοπαθογόνων νηματωδών. Μερικά είδη εμφανίζονται να προτιμούν έντομα-ξενιστές που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους ενώ άλλοι προσαρμόζονται σε μεγαλύτερα βάθη. Επίσης παρατηρούνται δύο στρατηγικές αναζήτησης: 1) η ενέδρα και 2) η κίνηση προς το έντομο-ξενιστή (Ishibashi & Kondo, 1990). Οι νηματώδεις που ακολουθούν την πρώτη μέθοδο, όπως ο *Steinernema carposcapsae* (Εικόνα 10), παραμένουν ακίνητοι και περιμένουν να περάσει από κοντά τους το έντομο-ξενιστής. Σε αυτή την περίπτωση, αντιμετωπίζεται πρόβλημα με τα έντομα που παραμένουν σχεδόν ακίνητα. Αντίθετα, οι νηματώδεις που ακολουθούν τη δεύτερη μέθοδο, όπως ο *Steinernema glaseri*, προτιμούν έντομα που δεν κινούνται πολύ (Ishibashi & Kondo, 1990).

Τα αισθητήρια όργανα των νηματωδών είναι υποδοχείς χημικών ερεθισμάτων. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα έντομα-ξενιστές εκλύουν CO₂ που προσελκύει τους νηματώδεις. Εάν οι νηματώδεις δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το CO₂ ή το pH, εντοπίζουν υλικά που αφήνουν οι ξενιστές τους, όπως περιττώματα και εκδύματα. Η αναζήτηση ξενιστών από τις μολυσματικές προνύμφες *Steinernema* και *Heterorhabditis*, μπορεί να είναι πιο δύσκολη σε περίπτωση που είναι νηστικές, γιατί σ' αυτή την περίπτωση δε μπορούν να ρυθμίσουν καλά τα αισθητήρια όργανα τους. Ο εντοπισμός των ξενιστών από τα ωά, ο οποίος λειτουργεί αποτελεσματικά για τα παρασιτοειδή, δεν παίζει ρόλο στην περίπτωση των νηματωδών (Ishibashi & Kondo, 1990).

Ανταγωνισμός

Οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις απαντώνται ευρέως σε όλο τον κόσμο και τα διάφορα είδη μπορούν να εμφανιστούν συμπατρικά. Στις εργαστηριακές μελέτες, οι *Steinernema* και οι *Heterorhabditis* δε μπορούν γενικά να συνυπάρξουν στον ίδιο ξενιστή, ενώ δύο είδη *Steinernema* μπορούν επιτυχώς να παρασιτήσουν ταυτόχρονα τον ίδιο ξενιστή. Επίσης, είναι δυνατό να υπάρξει μια ανταγωνιστική σχέση μεταξύ των ειδών *Steinernema* (Klein, 1990). Υπεύθυνα για το ασυμβίβαστο των ειδών *Steinernema* και *Heterorhabditis* θεωρούνται τα βακτήρια, καθώς οι νηματώδεις του ενός γένους δε μπορούν να συμβιώσουν με τα βακτήρια του άλλου (Klein, 1990).

Βιολογικός έλεγχος-Μαζική παραγωγή

Η ενασχόληση με τους εντομοπαθογόνους νηματώδεις, από την πρώτη εμφάνισή της, εστίασε στην ανάπτυξη και την χρησιμοποίηση αυτών των νηματωδών ως βιολογικά εντομοκτόνα. Αυτό έχει σχέση με το ότι οι λόγοι για τους οποίους επιτυγχάνουν ή αποτυγχάνουν να ελέγξουν τα έντομα στο εδαφολογικό περιβάλλον παραμένουν συχνά άγνωστοι. Έτσι, φαίνεται να υπάρχει ανάγκη εντατικότερης μελέτης της βιολογίας τους, της συμπεριφοράς τους, της οικολογίας τους, και της γενετικής τους (Ramon, 1990).

Η κατανόηση της συμπεριφοράς τους και του γενετικού τους υλικού θα ενισχύσει τη χρήση και την παραγωγή των προσαρμοσμένων ειδών για τον έλεγχο των εντόμων, ενώ οι μηχανισμοί επιβίωσης τους έχουν αρχίσει να διευκρινίζονται. Οι νηματώδεις έχουν εξελίξει αποτελεσματικές στρατηγικές επιβίωσης, και η επιδερμίδα σε μερικά είδη φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανοχή αποξήρανσης, στους διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες και την προστασία ενάντια στους μυκητολογικούς αντιπάλους. Αν και πολύ λίγα είναι ακόμη γνωστά για τους μηχανισμούς επιβίωσης ή για την δυναμική των πληθυσμών τους, οι νηματώδεις είναι ιδιαίτερα επιτυχείς γιατί μπορούν να προσαρμόζονται και να ζουν όπου μπορεί να υπάρξει ζωή. Δεδομένου ότι μόλις αρχίζουμε να τους καταλαβαίνουμε, φαίνεται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά και επλεκτικά ενάντια στα έντομα και να έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούνται στην βιολογική καταπολέμηση (Ramon, 1990).

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. Η μαζική παραγωγή εντομοπαθόνων νηματωδών έχει εξελιχθεί κατά πολύ από την πρώτη τους παραγωγή σε ζώντες οργανισμούς από τον Glaser. 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. Αυτή η τεχνολογία είναι η πιο προσαρμόσιμη για τις χώρες όπου οι δαπάνες εργασίας είναι ελάχιστες (Ramon, 1990). Εξ άλλου η υγρή διαδικασία ζύμωσης είναι ιδιαίτερα αποδοτική για διάφορα είδη *Steinernema* αλλά όχι για τα είδη *Heterorhabditis*. Τα είδη *Heterorhabditis* μπορούν επίσης να παράγουν υγρά ένζυμα, αλλά η ποιότητα τους είναι φτωχή σε σύγκριση με τα *Steinernema* (Ramon, 1990).

Τελικά αυτά τα συναρπαστικά ζώα μπορούν να συμβάλουν περισσότερο στην επιστήμη ως βιολογικοί παράγοντες ελέγχου. Για να αρχίσουν όμως 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 στη μόλυνση (Ramon, 1990).

3. ΤΑ ΕΝΤΟΜΑ ΕΧΘΡΟΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.1 *Ephestia kuehniella*

Τάξη: Lepidoptera

Υπόταξη: Heteroneura

Οικογένεια: Pyralidae

Κοινή ονομασία: Εφέστια ή Μεσογειακό σκουλήκι των αλευρών

Αγγλική ονομασία: Mediterranean flour moth.



Εικόνα 13. Ακμαίο και προνύμφη *E.kuehniella*

3.1.1 Μορφολογία

Ακμαίο: Το μήκος του σώματος κυμαίνεται από 10-14 mm, το άνοιγμα πτερύγων από 18-25 mm, οι πτέρυγες τους έχουν βελούδινη υφή και καλύπτονται όπως και το υπόλοιπο σώμα από μαλακές πεπλατυσμένες τρίχες (λέπια). Οι πρόσθιες πτέρυγες έχουν χρώμα γκριζο σατινέ με τρεις μαύρες εγκάρσιες κυματοειδείς γραμμές, ενώ οι οπίσθιες είναι υπόλευκες ή ανοιχτότεφρες και ελαφρώς κροσσωτές. Η κεφαλή είναι μικρή, προεξέχουσα και έχει κεραίες διαφόρων τύπων, κυρίως νηματοειδείς, ροπαλοειδείς, κτενοειδείς και πτεροειδείς. Τα στοματικά τους μόρια είναι λειχο-μυζητικού τύπου και σχηματίζουν προβοσκίδα, η οποία έχει σχηματισθεί από την επιμήκυνση και συνένωση των εξωτερικών λοβών των κάτω γνάθων, ενώ οι άνω γνάθοι έχουν ατροφήσει. Η προβοσκίδα, όταν δεν χρησιμοποιείται, συσπειρώνεται σαν ελατήριο. Ο θώρακας σχηματίζεται από τον προθώρακα, τον μεσοθώρακα, και τον μεταθώρακα, με περισσότερο ανεπτυγμένο το μεσοθώρακα (Εικόνα 14) (Βλαχόπουλος, 2002)

Προνύμφη: Το μήκος σώματος κυμαίνεται από 15-20 mm, το σώμα έχει χρώμα υπορόδινο ενώ η κεφαλή και το πρόνωτο καστανό. Η κεφαλή είναι ισχυρά χιτινισμένη και φέρει στοματικά μόρια μασητικού τύπου. Στο σώμα τους φέρουν σμήριγγες ή τρίχες διάσπαρτες ή κατά θυσάνους (Εικόνα 13) (Βλαχόπουλος, 2002).

3.1.2 Βιολογία

Ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες στις αποθήκες, μπορεί να έχει μέχρι 5 γενεές το έτος. Διαχειμάζει ως νύμφη και προνύμφη εντός των προϊόντων που προσβάλλει. Τα τέλεια ακμαία εμφανίζονται την άνοιξη. Την ημέρα αδρανοποιούνται και επαναδραστηριοποιούνται την νύχτα, όπως τα περισσότερα Λεπιδόπτερα αποθηκών. Τα θηλυκά ωοτοκούν πάνω στους σωρούς των αλευρών έως και 100-300 ωά το καθένα. Οι εκκολαπτόμενες προνύμφες υφαίνουν με μετάξινα νήματα θήκες (κουκούλια) μέσα στις οποίες τρέφονται και αναπτύσσονται. Τα νήματα αυτά καλύπτουν πολλές φορές το προϊόν και μαζί με τα απορρίμματα των προνυμφών ρυπαίνουν και προκαλούν ζυμώσεις, δυσοσμία κ.α. Ο βιολογικός κύκλος μπορεί να συμπληρωθεί σε 4-6 εβδομάδες(40 ημέρες) στους 25°C (Ηλιόπουλος, 2002).

3.1.3 Προσβολές

Προσβάλλει τα άλευρα, σπόρους σιτηρών, όσπρια, ξηρούς καρπούς, πίτυρα κ.α. Στους αλευρόμυλους, εκτός από τις σοβαρές ζημιές στο αλεύρι, μπορεί να προκληθούν βλάβες στα μηχανήματα εξαιτίας των πυκνών μετάξινων ιστών που πλέκει (Δημόπουλος, 2005).



Εικόνα 14. Ακμαίο *E.kuehniella*

3.2 *Tribolium confusum*

Τάξη : Coleoptera

Υπόταξη : Polyphaga

Οικογένεια : Tenebrionidae

Κοινή ονομασία : Σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων

Αγγλική ονομασία: Confused flour beetle



Εικόνα 15. Ακμαίο *T. confusum*



Εικόνα 16. Προνόμφη του εντόμου *T. confusum*

3.2.1 Γεωγραφική κατανομή

Είναι γνωστό από τους αρχαίους χρόνους για τις ζημιές του. Βρέθηκε σε τάφους των Φαραώ (Τουτανχαμών) στην Αίγυπτο το 2.500 π.Χ. Προσβάλλει όλα τα είδη σπόρων, άλευρα, πίτυρα, σπέρματα ψυχανθών, ξηρές ρίζες, αποξηραμένους οπώρες, ξηρούς καρπούς, εντομολογικές συλλογές, ακόμα και τη σοκολάτα, διάφορα φάρμακα, τον καπνό και πολλά άλλα προϊόντα (Πελεκάση, 2007).

3.2.2 Μορφολογία

Ακμαίο: Το σώμα είναι μακρόστενο, πεπλατυσμένο, μήκους 4- 4,5 mm και χρώμα υαλώδες ερυθροκαστανό. Τα άρθρα της κεραίας πλαταίνουν βαθμιαίως από την βάση προς το άκρο της. Τα ακμαία πετούν σπανίως, μπορούν να ζήσουν πάνω από 3 χρόνια, είναι ευαίσθητα στο κρύο και η υψηλή υγρασία ευνοεί την ανάπτυξη τους. Έχουν σκληρό και έντονα χιτινισμένο εξωσκελετό. Οι πρόσθιες πτέρυγες δεν έχουν κανένα ρόλο στην πτήση είναι ισχυρά χιτινισμένες(έλυτρα), ενώ χρησιμεύουν για την προφύλαξη των οπίσθιων πτερύγων όπου το έντομο βρίσκεται σε ηρεμία σχηματίζονται μια μορφή θήκης του κολεού. Οι οπίσθιες πτέρυγες είναι μεμβρανοειδείς. Η κεφαλή είναι καλά ανεπτυγμένη πρόγναθος ή υπόγναθος. Τα στοματικά μόρια είναι μασητικού τύπου. Φέρουν σύνθετους οφθαλμούς. Ο προθώρακας είναι πολύ ανεπτυγμένος, ονομάζεται επιθώρακιο. Ο μεσοθώρακας και ο μεταθώρακας είναι μικρότεροι και καλύπτονται από τα έλυτρα. Τα πόδια είναι βαδιστικού τύπου, όμοια και τρία ζεύγη. Η κοιλιά αποτελείται από 10 ουρομέρη, μερικές φορές το τελευταίο κοιλιακό τμήμα παραμένει ακάλυπτο από τα έλυτρα και καλείται πυγίδιο, το οποίο στα θήλεα λειτουργεί σαν ωοθήκη (Εικόνα 15) (Βλαχόπουλος, 2002).

Προνύμφη: Το σώμα είναι 5 mm, χρώματος λευκοκίτρινου, είναι ευκέφαλες-ολιγόποδες, με τρία ζεύγη θωρακικών πόδων. Η κεφαλή και το δίκρανο του τελευταίου κοιλιακού τμήματος έχουν σκούρο καστανό χρώμα . Νυμφώνονται ελεύθερα μέσα στο προϊόν (Εικόνα 16) (Βλαχόπουλος, 2002).

Τα ωά είναι μικρά, λευκά και γλοιώδη με διαστάσεις 0,6 X 0,3 mm.

3.2.3 Βιολογία

Το *T. confusum* σε ψυχρές και μη θερμαινόμενες αποθήκες αναστέλλει την δραστηριότητά του και διαχειμάζει στο στάδιο του ακμαίου στα διάφορα προϊόντα και ύλες της διατροφής του, καθώς και σε ρωγμές και σε άλλα προφυλαγμένα σημεία της αποθήκης. Ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες, μπορεί να συμπληρώσει 3 έως 5 γενεές το έτος. Όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές (αισθητή άνοδος της θερμοκρασίας), τα ακμαία αρσενικά αναλαμβάνουν δραστηριότητα και συζευγνύονται με τα θηλυκά, τα οποία αρχίζουν να ωοτοκούν. Τα θηλυκά μπορούν να ζήσουν μέχρι δύο έτη. Κάθε θηλυκό μπορεί να γεννήσει 300 με 600 ωά, τα οποία εναποθέτει μεμονωμένα, προσκολλούμενα στα άλευρα, στους σπόρους, τα πίτυρα, στους σάκους και άλλα υποστρώματα.

Ο ρυθμός ωοτοκίας είναι αργός μικρή εναπόθεση ωών ημερησίως. Οι προνύμφες εκκολάπτονται μόνο εντός αρκετά στενών ορίων θερμοκρασίας και υγρασίας. Οι προνύμφες εκκολάπτονται ύστερα από 1 έως 2 εβδομάδες και αρχίζουν να τρέφονται κατά προτίμηση από άλευρα και σπασμένους ή ήδη προσβεβλημένους από άλλα έντομα σπόρους. Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 7-12 εβδομάδες και η προνυμφική ανάπτυξη 1 - 3 μήνες ανάλογα με τη θερμοκρασία. Η νύμφωση γίνεται στους 20⁰C και σε 70 % σχετική υγρασία (Bonnemaïson 1967).



Εικόνα 17. Προσβολή από *T. confusum*

3.2.4 Προσβολές

Γενικά, ολόκληροι και υγιείς σπόροι σιτηρών και άλλων φυτών δεν προσβάλλονται από το *T. confusum*. Έτσι η παρουσία του εντόμου αυτού στις αποθήκες αποτελεί ένδειξη ότι έχει προηγηθεί προσβολή από άλλα έντομα και πιθανότατα από τα είδη *S. oryzae* και *S. granarius*.

Τα ακμαία και οι προνύμφες τρέφονται κυρίως με άλευρα, σιτηρά και άλλους σπόρους, όσπρια, πλακούντες από ελαιούχους σπόρους, επεξεργασμένα προϊόντα, ξηρούς καρπούς, κόκκους καφέ, καρκεύματα, μπαχαρικά, πίτυρα, αποξηραμένες οπώρες, ταπιόκα, ζωοτροφές και μεγάλη ποικιλία ξηρών φυσικών υλών, ρίζες, φρούτα και καρπούς. Επίσης μπορούν να προσβάλλουν και ακέραια φύτρα σιταριού. Βρίσκονται συχνά σε μύλους. Σε βαριά προσβολή, τα άλευρα αποκτούν χαρακτηριστική οσμή, παίρνουν καφέ χρώμα και γίνονται ακατάλληλα για αρτοποιία (Εικόνα 17) (Βλαχόπουλος, 2002).

3.3 *Rhizopertha dominica*

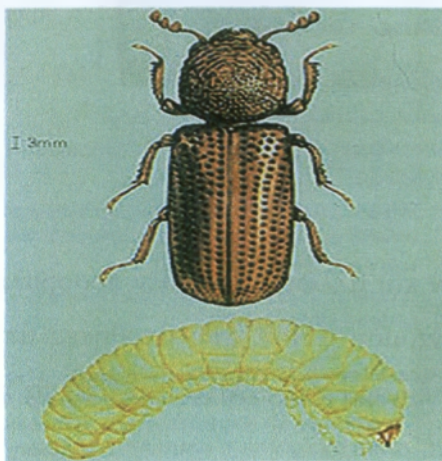
Τάξη: Coleoptera

Υπόταξη: Polyphaga

Οικογένεια: Bostrychidae

Κοινή ονομασία: σκαθάρι του ρυζιού

Αγγλική ονομασία: Lesser gram borer



Εικόνα 18. Ακμαίο και προνύμφη του εντόμου *R. dominica*



Εικόνα 19. Ακμαία του εντόμου *R. dominica*

3.3.1 Μορφολογία

Ακμαίο: Το σώμα είναι 2,5-3mm, επίμηκες, κυλινδρικό και χρώματος καστανέρυθρου. Η κεφαλή κάθετη με το σώμα, δε διακρίνεται από πάνω γιατί καλύπτεται από τον προθώρακα που είναι γεμάτος μικρά εξογκώματα. Τα έλυτρα έχουν κατά μήκος γραμμώσεις. Οι κεραιές φέρουν ρόπαλο και έχουν τρία αραιά τοποθετημένα άρθρα. Έχουν σκληρό, έντονα χιτινισμένο εξωσκελετό. Οι πρόσθιες πτέρυγες δεν έχουν κανένα ρόλο στην πτήση, είναι ισχυρά χιτινισμένες (έλυτρα) και χρησιμεύουν για την προφύλαξη των οπίσθιων πτερύγων όταν το έντομο βρίσκεται σε ηρεμία, σχηματίζοντας μια μορφή θήκης του κολεού. Οι οπίσθιες πτέρυγες είναι μεμβρανοειδείς. Η κεφαλή είναι καλά ανεπτυγμένη, πρόγναθος ή υπόγναθος. Τα στοματικά μόρια είναι μασητικού τύπου.

Φέρουν σύνθετους οφθαλμούς. Ο προθώρακας είναι πολύ ανεπτυγμένος, ονομάζεται επιθωράκιο. Ο μεσοθώρακας και ο μεταθώρακας είναι μικρότεροι και καλύπτονται από τα έλυτρα. Τα πόδια είναι βαδιστικού τύπου, όμοια και τα τρία ζεύγη. Η κοιλιά αποτελείται από 10 ουρομέρη, μερικές φορές το τελευταίο κοιλιακό τμήμα παραμένει ακάλυπτο από τα έλυτρα και καλείται πυγίδιο, όπου στα θηλυκά λειτουργεί σαν ωοθήκη (Εικόνα 19) (Βλαχόπουλος, 2002).

Προνύμφη: Το μήκος της είναι 5-6 mm σε πλήρη ανάπτυξη, με σώμα κυρτό, παχύ, διογκωμένο στο μπροστινό τμήμα, τύπου ευκέφαλες-ολιγόποδες, με τρία ζεύγη θωρακικών ποδών. Έχει υπόλευκο χρώμα, με κεφαλή και πόδες καστανούς. Η νύμφη περνάει το στάδιο της στο εσωτερικό του σπόρου (Εικόνα 18) (Βλαχόπουλος, 2002).

3.3.2 Βιολογία

Διαχειμάζει στις αποθήκες σε όλα τα στάδια. Πολλαπλασιάζεται σχετικά αργά. Η εμφάνιση μεγάλων πληθυσμών του εντόμου ενοείται όταν οι σπόροι από τους οποίους τρέφεται μείνουν για πολύ καιρό αμετακίνητοι. Οι προνύμφες μπαίνουν σε κάθε σπόρο και καταστρέφουν το εσωτερικό του, μέσα στο οποίο νυμφώνονται εντός 20-35 ημερών. Σε θερμοκρασίες 25-28°C, μπορεί να παρατηρηθούν 4-6 επάλληλες γενεές το έτος. Τα θηλυκά γεννούν κατά μέσο όρο 300-500 ωά. Η διάρκεια επώσεως είναι 5-8 ημέρες. Τα ακμαία άτομα εμφανίζονται 5-8 ημέρες αργότερα και αναπαράγονται αμέσως (Εικόνα 20) (Bonnemaison 1967).

3.3.3 Προσβολές

Είναι πρωτεύων εχθρός των σιτηρών και άλλων σπόρων, τρέφεται επίσης με βότανα, αποξηραμένες πατάτες, ταπιόκα. Οι προνύμφες και τα ακμαία κατατρώγουν στο εσωτερικό των σπόρων, το αμυλώδες περιεχόμενο και το εξωτερικό κατά τόπους, αφήνοντας ακανόνιστες τρύπες. Παράγεται μεγάλη ποσότητα αλευρόσκονης, ενώ τα βαριά προσβεβλημένα σιτάρι έχει οσμή σαν του μελιού. Είναι το πολυπληθέστερο έντομο αποθηκών σε αποθηκευμένο ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα. Προσβάλλει επίσης το κριθάρι, τον αραβόσιτο, τα μπισκότα και άλλα προϊόντα αλεύρου (Εικόνα 21) (Βλαχόπουλος, 2002).



Εικόνα 20. Ακμαίο *R. dominica*



Εικόνα 21. Σιτάρι σοβαρά προσβεβλημένο από ακμαία άτομα *R. dominica*

3.4 *Sitophilus oryzae*

Τάξη: Coleoptera

Υπόταξη: Polyphaga

Οικογένεια: Curculionidae

Κοινή ονομασία: Σκαθάρι του ρυζιού

Αγγλική ονομασία: Rice weevil

3.4.1 Γεωγραφική κατανομή

Συναντάται στις περισσότερες περιοχές της γης, τροπικές, υποτροπικές, καθώς και εύκρατες, αναπτύσσεται σε μεγάλους πληθυσμούς και προκαλεί αξιόλογες ζημιές. Συναντάται ιδιαίτερος στην Ινδία που είναι η πιθανή χώρα καταγωγής του, στην Αυστραλία, τις Η.Π.Α., τα παράλια της Β. Αφρικής αλλά και την Κίνα μέχρι τον 41^ο παράλληλο. Είναι ανθεκτικό σε θερμά κλίματα και σχετικά υγρότερο περιβάλλον (Πελεκάση, 2007).



Εικόνα 22. Ακμαίο *Sitophilus oryzae*



Εικόνα 23. Ακμαίο και προνύμφη *Sitophilus oryzae*

3.4.2 Μορφολογία

Ακμαίο: Μοιάζει με το *S. granarius*. Μήκος σώματος 2,5-4,5mm. Ο δερματοσκελετός είναι χρώματος καστανού ή βαθυκάστανου με 4 ανοιχτόχρωμες κηλίδες (υπέρυθρες ή κιτρινωπές) από δύο σε κάθε έλυτρο. Στον προθώρακα, τα κοιλώματα είναι πυκνά, κυκλικά και πολυγωνικά. Έχει μεμβρανοειδείς οπίσθιες πτέρυγες και ικανότητα πτήσης. Η κεφαλή προεκτείνεται και σχηματίζει ρύγχος στην άκρη του οποίου υπάρχουν τα στοματικά μόρια. Οι κεραίες είναι ροπαλοειδείς και βρίσκονται πάνω στο ρύγχος. Το ρύγχος σε μερικά είδη χρησιμεύει εκτός από όργανο διατροφής και για την διάνοιξη οπών ωοτοκίας στους φυτικούς ιστούς. Έχουν σκληρό, έντονα χιτινισμένο εξωσκελετό. Οι πρόσθιες πτέρυγες δεν παίζουν ρόλο στην πτήση και είναι ισχυρά χιτινισμένες (έλυτρα) ενώ χρησιμεύουν για την προφύλαξη των οπίσθιων πτερύγων όταν το έντομο βρίσκεται σε ηρεμία, σχηματίζοντας μια μορφή θήκης του κολεού. Η κεφαλή είναι καλά ανεπτυγμένη πρόγναθος ή υπόγναθος. Φέρουν σύνθετους οφθαλμούς. Ο προθώρακας είναι πολύ ανεπτυγμένος, ονομάζεται επιθωράκιο. Ο μεσοθώρακας και ο μεταθώρακας είναι μικρότεροι και καλύπτονται από τα έλυτρα. Τα πόδια είναι βαδιστικού τύπου, όμοια και τα τρία ζεύγη. Η κοιλιά αποτελείται από 10 ουρομέρη, μερικές φορές το τελευταίο κοιλιακό τμήμα παραμένει ακάλυπτο από τα έλυτρα και καλείται πυγίδιο, όπου στα θηλυκά λειτουργεί σαν ωοθήκη (Εικόνα 22) (Βλαχόπουλος, 2002).

Προνύμφη : Έχει μήκος 3-4 mm, κοντόχονδρη και κεκαμένη, τύπου ευκέφαλης - άποδες. Το χρώμα της είναι κιτρινωπό (αχυρόλευκο) και υφίσταται τρεις εκδύσεις (Βλαχόπουλος, 2002).

Τα ωά είναι λευκά, απιοειδή και λαμπερά, διαστάσεων 0,5-0,8 x 0,2-0,4 χιλιοστά (Εικόνα 23).

3.4.3 Βιολογία

Η θερμοκρασία και η υγρασία αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό των γενεών, τη συνολική ανάπτυξη, και τη δραστηριότητα του εντόμου. Συγκεκριμένα οι ευνοϊκότερες συνθήκες είναι θερμοκρασία 27-30°C και σχετική υγρασία 75-90%. Τα όρια μέσα στα οποία αναπτύσσεται με επιτυχία, είναι 17-34°C και σχετική υγρασία 40-100% (Τομάζου, 1989).

Τα θηλυκά συζευγνύονται αμέσως μετά την έξοδο από τους σπόρους και δύο εβδομάδες μετά αρχίζουν να γεννούν τα ωά τους (150-200) με ημερήσιο ρυθμό που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και τη σκληρότητα των σπόρων, δεδομένου ότι το θηλυκό ανοίγει με τα στοματικά μόρια μια οπή στο σπόρο όπου εναποθέτει ένα ωά. Αν ο σπόρος είναι σκληρός, το άνοιγμα της οπής διαρκεί 45 περίπου λεπτά. Μετά την εναπόθεση του ωού, η οπή καλύπτεται από αλεύρι και ένα ζελατινώδες έκκριμα που εκκρίνει το θήλυ από τους κολλητήριους αδένες. Το έκκριμα έχει την ιδιότητα να στερεοποιείται όταν έρθει σε επαφή με τον αέρα. Η διάρκεια της ωοτοκίας κρατά πολλούς μήνες και στην περίοδο του χειμώνα είναι μειωμένη. Στον αραβόσιτο μπορεί να εναποθέτουν παραπάνω από ένα ωά ανά σπόρο.

Για την ωοτοκία και την ωοτοκία και την εκκόλαψη οι άριστες συνθήκες είναι θερμοκρασία 30°C και σχετική υγρασία 99%. Η ωοτοκία είναι ασθενέστατη και δεν υπάρχει προνυμφική εκκόλαψη σε θερμοκρασίες



Εικόνα 24. Ακμαίο *Sitophilus oryzae*

13°C ή 35°C και σχετική υγρασία κατώτερη του 30%. Το έντομο δεν

αντέχει στις χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες ορισμένων εύκρατων χωρών. Γι' αυτό

όπως αναφέρεται είναι σοβαρός εχθρός των αποθηκευμένων σπόρων στις τροπικές και υποτροπικές χώρες και σε ζεστά μέρη των εύκρατων χωρών (Τομάζου, 1989).

Οι προνύμφες εκκολάπτονται σε 3 μέχρι 10 ημέρες, ανάλογα με τη θερμοκρασία και διατρέφονται από το άμυλο των σπόρων χωρίς να προσβάλλουν την κυτταρίνη. Κάθε προνυμφικό στάδιο διαρκεί, ανάλογα με τη θερμοκρασία, 18 ή περισσότερες μέρες. Η προνύμφη όταν συμπληρώσει την ανάπτυξη της, νομφώνεται μέσα στο σπόρο. Στο στάδιο της νύμφης παραμένει από 3 έως 9 ημέρες με μέσο όρο τις 6 ημέρες. Οι ευνοϊκότερες συνθήκες για την ανάπτυξη του εντόμου είναι θερμοκρασία 27-30°C και σχετική υγρασία 75-90%. Τα όρια μέσα στα οποία αναπτύσσεται με επιτυχία το ακμαίο είναι θερμοκρασία 17-34°C και σχετική υγρασία 45-100%. Στην Ελλάδα ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 40 ημέρες με 3-4 γενεές το χρόνο. Το ακμαίο ζει 3-6 μήνες και σε καμία περίπτωση παραπάνω από 8. Αντίθετα, το συγγενές είδος *S. granarius* ζει ένα έτος ενώ σε εξαιρετικές περιπτώσεις μέχρι και 2.5 χρόνια.

Είναι πιθανό να παρατηρηθεί δραστηριότητα του εντόμου και στον αγρό. Στα τέλη της άνοιξης τα ακμαία πετούν από τις αποθήκες προς τους αγρούς και γεννούν τα ωά τους στα στάχυα (Εικόνα 24) (Τομάζου, 1989).

3.4.4 Προσβολές

Πρόκειται για σοβαρό εχθρό, που καταστρέφει το 3-5% των σπόρων του σιταριού, ενώ προσβάλλει επίσης σπόρους άλλων δημητριακών, ρύζι, σίκαλη, αραβόσιτο, κριθάρι, όσπρια, ξηρούς καρπούς, ζωοτροφές κ.α. Οι στοές οι οποίες ανοίγονται με την δράση τόσο των ακμαίων όσο και των προνυμφών, καθώς επίσης και η μείωση του αμύλου του ενδοσπερμίου, το οποίο χρησιμοποιούν ως τροφή, προκαλούν τόσο την ποσοτική όσο και ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος.



Εικόνα 25. Προσβολή από *S. oryzae* σε αποθηκευμένο αραβόσιτο.

Ακόμα οι οπές διευκολύνουν τις δευτερογενείς προσβολές άλλων εντόμων π.χ. *Tribolium* sp. Εκτός από τις δευτερογενείς προσβολές, είναι δυνατή η ανάπτυξη μυκήτων που όχι μόνο υποβαθμίζουν το προϊόν, αλλά το καθιστούν και τοξικολογικά επικίνδυνο με την παραγωγή μυκοτοξινών (Βλαχόπουλος, 2002).

Στη περίπτωση των σπόρων που μένουν αρκετή ώρα στον ήλιο, τα ακμαία, σε αντίθεση απ' ό τι συνηθίζουν, εξέρχονται στην επιφάνεια. Η συγκέντρωση τους σε μεγάλους αριθμούς, σε ορισμένα σημεία του εσωτερικού του σπόρου του προϊόντος όπου η υγρασία είναι υψηλότερη και σε συνδυασμό με την έντονη μεταβολική δραστηριότητα που παρατηρείται εκεί, προκαλεί μία τοπική ανύψωση της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα τη δημιουργία θερμών κηλίδων. Οι κηλίδες αυτές ευνοούν την ανάπτυξη μυκήτων στους είδη προσβεβλημένους σπόρους, με τελικό αποτέλεσμα να σχηματίζονται συμπαγή συσσωματώματα του προϊόντος, που το υποβαθμίζουν τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά.

Οι προνύμφες αναπτύσσονται και σε προϊόντα αλευροποιίας, μπιζελιά, βελανίδια, κάστανα και βαμβακόσπορο. Τα ακμαία τρέφονται επίσης με άλευρα, μπισκότα, γκοφρέτες, ψωμί και καπνά (Βλαχόπουλος, 2002).

Τα ακμαία μπορούν να πετάνε έξω από τις αποθήκες στις καλλιέργειες, όπου μπορούν να προσβάλλουν και εκεί τους σπόρους. Έτσι, η μόλυνση μπορεί να πραγματοποιηθεί και στον αγρό (Εικόνα 25) (Πελεκάση, 2007).

Β' ΜΕΡΟΣ

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σκευάσματα νηματωδών

Τα σκευάσματα νηματωδών που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αγοράστηκαν από την εταιρεία e-nema (Gesellschaft für Biotechnologie und biologischen Pflanzenschutz mbH).

Πρόκειται για τεχνητά σκευάσματα νηματωδών, υπό μορφή σκόνης, τα οποία περιέχουν τους εντομοπαθογόνους νηματώδεις (*Steinernema feltiae*, *Steinernema carposcapes*, *Heterorhabditis bacteriophora*) σε κατάσταση λήθαργου. Όταν μικρή ποσότητα σκόνης διαλυθεί σε νερό, οι νηματώδεις ενεργοποιούνται και είναι έτοιμοι για χρήση (Εικόνα 26).



Εικόνα 26. Σκευάσματα νηματωδών

Αποθηκευμένα προϊόντα

Για τον πειραματισμό χρησιμοποιήθηκαν σπόροι σκληρού σίτου, ποικιλίας Mexa, οι οποίοι δεν είχαν δεχθεί άλλες επεμβάσεις. Η περιεκτικότητα των σπόρων σε υγρασία, όπως καθορίστηκε από τον μετρητή υγρασίας Dickey-John (Dickey – John Multigrain CAC II, Dickey-John Co, USA) ήταν περίπου 11.5%.

Έντομα εχθροί

Χρησιμοποιήθηκαν ακμαία άτομα *Sitophilus oryzae* και *Rhyzopertha dominica* που ελήφθησαν από εκτροφές σε σκληρό σιτάρι στους $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, σε $65\pm 5\%$ Σ.Υ. και σε συνεχές σκότος (Εικόνα 28, 29). Ακμαία και προνύμφες *Tribolium confusum* ελήφθησαν από εκτροφές σε αλεύρι, στο οποίο είχε προστεθεί 5% ζυθοζύμη σε συνθήκες $28\pm 1^{\circ}\text{C}$, σε $65\pm 5\%$ Σ.Υ. και σε συνεχές σκότος (Εικόνα 30). Προνύμφες *Ephestia kuehniella* ελήφθησαν από εκτροφές σε αλεύρι, στο οποίο είχε προστεθεί αντιβιοτικό για να

αποφύγουμε οποιαδήποτε προσβολή από μικροοργανισμούς σε συνθήκες $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, σε $65\pm 5\%$ Σ.Υ. και σε συνεχές σκότος. Όλα τα άτομα ήταν ηλικίας < 2 εβδομάδων. Οι παραπάνω εκτροφές εντόμων υπάρχουν στο Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο από το 1994.

Βιοδοκιμές

Οι βιοδοκιμές πραγματοποιήθηκαν στους 20 και 30°C , σε Σ.Υ. 75% και σε 8 δόσεις νηματώδων: 0, 100, 500, 1000, 1500, 5000, 10000, 20000 J_2^*/ml ανά 10gr προϊόντος, όπου είχαν τοποθετηθεί 10 ακμαία ή προνύμφες / τρυβλίο Petri. Η σχετική υγρασία διατηρούνταν στα επιθυμητά επίπεδα (75%) με τη χρησιμοποίηση χλωριούχου νατρίου (Greenspan, 1977).

Κάθε μεταχείριση πραγματοποιήθηκε σε μεμονωμένα τρυβλία Petri, τα οποία περιείχαν 10g προϊόντος και 10 άτομα από κάθε έναν από τους πέντε υπό εξέταση εχθρούς (ακμαία *R. dominica*, ακμαία *S. oryzae*, ακμαία ή προνύμφες *T. confusum*, προνύμφες *E. kuehniella*). Σε κάθε τρυβλίο προσθέτονταν 1ml του ανάλογου αιωρήματος νηματώδων, το οποίο κατανέμονταν ομοιόμορφα σε όλο το προϊόν. Καταμέτρηση και αφαίρεση των νεκρών ατόμων πραγματοποιούνταν σε δύο χρόνους (μετά την πάροδο 4 και 8 ημερών) και σε τρεις επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση και κάθε χρόνο.

Συνεπώς σε κάθε μεταχείριση (δόση και είδος νηματώδη) αντιστοιχούσαν 30 τρυβλία (5 εχθροί x 3 επαναλήψεις x 2 χρόνοι), ενώ συνολικά το όλο πείραμα περιελάμβανε 720 τρυβλία συν τους μάρτυρες. Οι μάρτυρες αποτελούνταν από τρυβλία με 10g προϊόντος και 10 άτομα από κάθε έναν από τους πέντε υπό εξέταση εχθρούς, σε τρεις επαναλήψεις και δύο χρόνους, τα οποία διαβρέχονταν με 1ml νερό (συνολικά 30 τρυβλία).

Όλα τα τρυβλία, 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 της απαραίτητης υγρασίας. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας και της υγρασίας γίνονταν από την συσκευή HOBO data loggers (HOBO H8, Onset Computers, USA) (Εικόνα 27).

* J_2 = προνύμφη 2^{ου} σταδίου (από την αγγλική juvenile)



Εικόνα 27. Θάλαμοι ελέγχου θερμοκρασίας και υγρασίας



Εικόνα 28. Εκτροφή *R. dominica*



Εικόνα 29. Εκτροφή *S. oryzae*



Εικόνα 30. Εκτροφή *T. confusum*

Γ' ΜΕΡΟΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με ανάλυση ANOVA. Όλοι οι παράμετροι της στατιστικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων περιλαμβάνονται στον Πίνακα 4. Οι επί μέρους μετρήσεις θνησιμότητας ανά έντομο, χειρισμό και συνθήκη περιλαμβάνονται αναλυτικά στο παράρτημα I-IV.

Ephestia kuehniella

(Πίνακας 5, Παράρτημα I)

Όλοι οι χειρισμοί των σπόρων με νηματώδεις είχαν ως αποτέλεσμα σημαντική θνησιμότητα των προνυμφών, εκτός από την περίπτωση χειρισμού με *Steinernema carposapsae* (Sc), όπου στη χαμηλότερη δόση (100 J₂/ml) δεν παρατηρήθηκε κανένας θάνατος προνύμφης μετά από έκθεση 8 ημερών στους 20°C, αλλά ούτε και μετά από έκθεση 4 ή 8 ημερών στους 30°C. Επίσης, στους 20°C μετά από έκθεση 4 ημερών, πολύ λίγες προνύμφες βρέθηκαν νεκρές.

Όσον αφορά στις υπόλοιπες εφαρμογές, η θνησιμότητα αυξανόταν γενικά με την αύξηση της δόσης. Πιο συγκεκριμένα, στους 20°C, στην έκθεση των 4 ημερών, το 50% περίπου των προνυμφών δεν επιβίωσε μετά από έκθεση σε σιτάρι όπου εφαρμόστηκε δόση *Steinernema feltiae* (Sf) τουλάχιστον ίση με 1500 J₂/ml, ενώ η θνησιμότητα ήταν υψηλότερη στις περιπτώσεις των 10000 και 20000 J₂/ml. Το ίδιο παρατηρήθηκε και μετά από έκθεση 8 ημερών. Αντίθετα, στους 30°C, θνησιμότητα της τάξης του 50% παρατηρήθηκε στις 10000 J₂/ml μετά από έκθεση 8 ημερών και μετά από έκθεση 4 μετά από έκθεση στις 20000 J₂/ml.

Σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με Sc, δεν είχε ως αποτέλεσμα τόση υψηλή θνησιμότητα όσο στον χειρισμό με Sf, και 50% θνησιμότητα επιτεύχθηκε στους 20°C μόνο στην περίπτωση των 20000 J₂/ml μετά από έκθεση 4 ημερών και στις περιπτώσεις των 10000 και 20000 J₂/ml μετά από έκθεση 8 ημερών.

Σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με *Heterorhabditis bacteriophora* (Hb) είχε ως αποτέλεσμα υψηλή θνησιμότητα προνυμφών στις περιπτώσεις των 10000 ή 20000 J₂/ml στους 20°C, αν και ήταν χαμηλότερη από 50%. Αντίθετα, η θνησιμότητα ήταν υψηλότερη στους 30°C, όπου το 50% από τις προνύμφες δεν επιβίωσαν στις περιπτώσεις χειρισμών με δόση τουλάχιστον ίση με 1500 J₂/ml μετά από έκθεση 4 ημερών ή και σε χαμηλότερες δόσεις μετά από έκθεση 8 ημερών.

Rhizopertha dominica

(Πίνακας 6, Παράρτημα III)

Όλοι οι χειρισμοί οδήγησαν σε αρκετά υψηλή θνησιμότητα. Πιο συγκεκριμένα, στους 20°C, μετά από έκθεση 4 ημερών, σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με Sf είχε ως αποτέλεσμα θνησιμότητα ακμαίων περίπου ίση με 30%, με εξαίρεση τις περιπτώσεις των 1000 και 20000 J₂/ml, όπου το αντίστοιχο ποσοστό ήταν ίσο με περίπου 40%. Μετά από έκθεση 8 ημερών, όλες οι περιπτώσεις παρουσίασαν περίπου 50% θνησιμότητα, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Στους 30°C, καταμετρήθηκαν λιγότερα νεκρά ακμαία απ' ότι στους 20°C, και η θνησιμότητα έφτασε στους 38-39% στην περίπτωση των 10000 J₂/ml μετά από έκθεση 4 ή 8 ημερών, και 45% στις 20000 J₂/ml. Υψηλότερη θνησιμότητα (~50%) επιτεύχθηκε μόνο στην περίπτωση των 20000 J₂/ml, μετά από έκθεση 8 ημερών.

Όσον αφορά το σιτάρι που είχε υποστεί χειρισμό με Sc, η θνησιμότητα ήταν χαμηλότερη απ' ότι στην περίπτωση των χειρισμών με Sf, με ποσοστό νεκρών ατόμων 50% μόνο μετά από έκθεση 8 ημερών στους 20°C, για όλες τις περιπτώσεις χειρισμού με τουλάχιστον 1500 J₂/ml. Μετά από έκθεση 4 ημερών, η θνησιμότητα δεν ήταν σημαντική και εμφανίστηκε υψηλότερη από 20% μόνο στις περιπτώσεις χειρισμού με περισσότερες από 5000 J₂/ml. Τα αποτελέσματα ήταν ομοίως μη σημαντικά στους 30°C, μετά από έκθεση 4 ημερών, όπου η υψηλότερη θνησιμότητα ήταν 30% αλλά καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε μεταξύ των χειρισμών. Αντίθετα, πολύ υψηλή θνησιμότητα παρατηρήθηκε μετά από έκθεση 8 ημερών στους 30°C, όπου το 45% των ακμαίων δεν επιβίωσαν στην περίπτωση των 500 J₂/ml, περισσότερα από 50% δεν

επιβίωσαν στις 1500, 5000 και 10000 J₂/ml και υψηλότερο ποσοστό νεκρών (> 80%) παρατηρήθηκε στην περίπτωση των 20000 J₂ / ml.

Σε σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με Hb, η θνησιμότητα των ακμαίων *R. dominica* στους 20°C, μετά από έκθεση 4 ημερών ήταν σημαντική μόνο στις 20000 J₂/ml, όπου έφτασε το 46% περίπου. Παρόμοια ποσοστά νεκρών ατόμων παρατηρήθηκε και μετά από έκθεση 8 ημερών στους 20°C, στις περιπτώσεις των 1500, 5000 και 10000 J₂/ml, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, ενώ αυξήθηκε στο 60% περίπου στις 20000 J₂/ml. Στους 30°C, η θνησιμότητα μετά από έκθεση 4 ημερών ήταν πολύ χαμηλή, με υψηλότερο ποσοστό το 25% στις 20000 J₂/ml, ενώ μετά από έκθεση 8 ημερών έφτασε περίπου το 50%, στις περιπτώσεις χειρισμού με τουλάχιστον 1500 J₂/ml.

Sitophilus oryzae

(Πίνακας 7, Παράρτημα III)

Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε στη θνησιμότητα των ακμαίων *S. oryzae*, που κατανάλωσαν σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με οποιοδήποτε από τα τρία είδη νηματωδών, τόσο μετά από έκθεση 4 όσο και 8 ημερών, τόσο στους 20°C όσο και στους 30°C.

***Tribolium confusum* ακμαία**

(Πίνακας 8, Παράρτημα III)

Όσον αφορά τα ακμαία *T. confusum*, ένας πολύς χαμηλός αριθμός ατόμων βρέθηκαν νεκρά, αφού κατανάλωσαν σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με οποιοδήποτε από τα τρία είδη νηματώδη. Πιο συγκεκριμένα, σχεδόν μηδενικός αριθμός νεκρών ατόμων, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκε στους χειρισμούς με διαφορετικές δόσεις Sf ή Sc στους 20°C μετά από έκθεση 4 ημερών, στους χειρισμούς με διαφορετικές δόσεις Sf στους 20°C μετά από έκθεση 8 ημερών, στους χειρισμούς με διαφορετικές δόσεις Sc και Hb στους 30°C μετά από έκθεση 4 ημερών και στους χειρισμούς με διαφορετικές δόσεις Hb στους 30°C μετά από έκθεση 8 ημερών.

Ένας υψηλότερος αλλά όχι πολύ σημαντικός αριθμός νεκρών ακμαίων παρατηρήθηκε κατά την μεταχείριση σίτου με Hb στους 20°C, όπου η θνησιμότητα ήταν περίπου 25% στις περιπτώσεις των 10000 και 20000 J₂/ml μετά από έκθεση 4 ημερών και περίπου 30% μετά από έκθεση 8 ημερών. Επίσης, θνησιμότητα 25% παρατηρήθηκε στην περίπτωση σίτου που υποβλήθηκε σε χειρισμό με Sc 20000 J₂/ml στους 20°C, μετά από έκθεση 8 ημερών, και 20% με Sc 20000 J₂/ml στους 30°C, μετά από έκθεση 8 ημερών. Στις ίδιες συνθήκες (Sc, 30°C, 8 ημέρες), χαμηλότερο ποσοστό θνησιμότητας (~15%) παρατηρήθηκε στις 1500 J₂/ml, αν και αυτό φαίνεται να είναι συμπτωματικό αφού τα αντίστοιχα ποσοστά στις 5000 και 10000 J₂/ml ήταν ~0% και 11% αντίστοιχα. Κατά τη μεταχείριση σίτου με Hb 5000 J₂/ml, η θνησιμότητα ήταν πάλι περίπου 15% μετά από έκθεση 4 ημερών, και περίπου 20% μετά από έκθεση 8 ημερών.

Ο χειρισμός με Sf στους 30°C, είχε ως αποτέλεσμα σχετικά υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας (περίπου 34%) στην περίπτωση των 20000 J₂/ml μετά από έκθεση 4 ή 8 ημερών, ενώ η θνησιμότητα ήταν πάλι χαμηλότερη (περίπου 20-25%) στις περιπτώσεις των 1000, 1500, 5000 και 10000 J₂/ml, τόσο μετά από έκθεση 4 όσο και 8 ημερών, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

***Tribolium confusum* προνύμφες**

(Πίνακας 9, Παράρτημα Ι)

Η θνησιμότητα του *T. confusum* ήταν υψηλή στην περίπτωση των προνυμφών. Συγκεκριμένα, σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με Sf 1000 J₂/ml στους 20°C, η θνησιμότητα ήταν περίπου 40% μετά από έκθεση 4 ημερών και πάνω από 50% στις 20000 J₂/ml χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων με 1500, 5000 ή 10000 J₂/ml. Μετά από έκθεση 8 ημερών, στους 20°C, η θνησιμότητα ήταν υψηλότερη από 50% ακόμη και στη δόση των 500 J₂/ml, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις περιπτώσεις χειρισμού με 1000, 1500, 5000 ή 10000 J₂/ml, και πάνω από 70% στις 20000 J₂/ml. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στους 30°C.

Κατά την μεταχείριση σίτου με Sc, η θνησιμότητα ήταν ελαφρώς χαμηλότερη μετά από έκθεση 4 ημερών στους 20°C, αλλά έφτασε το 50% στις 20000 J₂/ml, ενώ μετά από έκθεση 8 ημερών, βρέθηκαν περισσότερες από 50% νεκρές προνύμφες στις

περιπτώσεις των 1000, 1500, 5000 και 10000 J₂/ml. Το ποσοστό αυξήθηκε σε >70% στις 20000 J₂/ml. Στους 30°C, η θνησιμότητα ήταν περίπου 30-40% στις 10000 και 20000 J₂/ml στην έκθεση των 4 ημερών και αρκετά υψηλότερη μετά από έκθεση 8 ημερών, που έφτασε το 50% στις ίδιες δόσεις.

Σε σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με Hb, ποσοστό νεκρών προνυμφών της τάξης του 30% παρατηρήθηκε στις περιπτώσεις χειρισμού με δόσεις \geq 1500 J₂/ml, στους 20°C, το οποίο αυξήθηκε στο 50% μόνο στις 10000 και 20000 J₂/ml, μετά από έκθεση 8 ημερών. Αντίθετα, το πλήθος νεκρών προνυμφών στους 30°C, ήταν μη σημαντικό, σε όλες τις περιπτώσεις έκθεσης 4 ημερών, ενώ μετά από έκθεση 8 ημερών μάλλον χαμηλό (20-30%) στις περιπτώσεις χειρισμού με \geq 1500 J₂/ml.

Πίνακας 4. Παράμετροι ANOVA για τις κύριες δράσεις και αλληλεπιδράσεις για όλα τα είδη και τα στάδια ανάπτυξής τους (συνολικοί βαθμοί ελευθερίας df = 251).

Πηγή	DF	<i>E. kuehniella</i> (προνύμφες)		<i>R. dominica</i> (ακμαία)		<i>S. oryzae</i> (ακμαία)		<i>T. confusum</i> (ακμαία)		<i>T. confusum</i> (προνύμφες)	
		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
Είδος Νηματώδη	2	253.6	<0.0001	87.6	<0.0001	2.3	0.1001	3.3	0.0377	274.3	<0.0001
Δόση	6	78.9	<0.0001	35.3	<0.0001	1.6	0.1321	9.6	<0.0001	92.2	<0.0001
Νηματώδης*Δόση	12	6.6	<0.0001	3.3	0.0002	0.5	0.8536	0.2	0.9970	12.2	<0.0001
Έκθεση	1	60.0	<0.0001	7.6	0.0065	0.2	0.6177	0.5	0.4664	186.2	<0.0001
Νηματώδης*Έκθεση	2	6.8	0.0014	91.4	<0.0001	2.3	0.1001	10.1	<0.0001	14.5	<0.0001
Δόση*Έκθεση	6	0.4	0.8780	0.2	0.9465	0.3	0.9286	0.4	0.8507	1.8	0.0854
Νηματώδης*Δόση*Έκθεση	12	0.9	0.4863	0.9	0.5152	1.0	0.4174	1.3	0.1991	2.4	0.0052
Θερμοκρασία	1	2.0	0.1584	3.1	0.0789	12.2	0.0006	0.3	0.5709	154.1	<0.0001
Νηματώδης*Θερμοκρασία	2	402.5	<0.0001	23.1	<0.0001	1.0	0.3701	3.9	0.0206	21.2	<0.0001
Δόση*Θερμοκρασία	6	3.5	0.0022	2.8	0.0121	2.7	0.0150	2.5	0.0241	3.8	0.0013
Νηματώδης*Δόση*Θερμοκρασία	12	5.8	<0.0001	0.7	0.7041	0.4	0.9555	0.9	0.5448	5.1	<0.0001
Έκθεση*Θερμοκρασία	1	4.3	0.0387	1.4	0.2310	0.6	0.4058	0.1	0.8080	5.6	0.0186
Νηματώδης*Έκθεση*Θερμοκρασία	2	4.2	0.0164	10.5	<0.0001	2.7	0.0650	15.4	<0.0001	7.3	0.0009
Δόση*Έκθεση*Θερμοκρασία	6	0.4	0.8657	0.3	0.9232	0.1	0.9951	0.1	0.9972	1.6	0.1402
Νηματώδης*Δόση*Έκθεση*Θερμ	12	0.7	0.7192	3.9	<0.0001	1.6	0.0926	1.5	0.1109	1.1	0.3562

Πίνακας 5. Μέση θνησιμότητα (% \pm SE) προνυμφών *E. kuehniella*, για έκθεση 4 ή 8 ημερών σε σίτο που είχε υποστεί χειρισμό με τρία είδη εντομοπαθογόνων νηματώδων, σε πέντε δόσεις και δυο επίπεδα θερμοκρασιών (για κάθε στήλη οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς το είδος του νηματώδη για την ίδια έκθεση, θερμοκρασία και δόση, και για κάθε γραμμή, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα, δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς την έκθεση, τη θερμοκρασία και τη δόση. Όπου δεν υπάρχει γράμμα, δε σημειώθηκε καμία σημαντική διαφορά. Επίπεδο σημαντικότητας 0,05%).

Δόση	4 ημέρες έκθεσης/20°C						
	100	500	1000	1500	5000	10000	20000
Νηματώδης							
Sf	30.2 \pm 4.3Aa	36.7 \pm 7.9Aa	37.4 \pm 4.8Aa	56.8 \pm 6.7Ba	63.6 \pm 7.5BCa	76.8 \pm 5.7Ca	74.4 \pm 4.3Ca
Sc	1.2 \pm 0.9Ab	10.1 \pm 6.7ABb	23.3 \pm 5.4BCb	23.5 \pm 6.5BCb	20.8 \pm 6.9BCb	34.8 \pm 5.4Cb	50.2 \pm 5.0Db
Hb	3.3 \pm 2.3Ab	3.3 \pm 2.2Ab	6.1 \pm 3.2Ac	3.5 \pm 2.1Ac	13.5 \pm 7.0ABb	17.4 \pm 4.5Bc	17.8 \pm 3.9Bc
8 ημέρες έκθεσης/20°C							
Sf	50.7 \pm 6.5A	37.6 \pm 7.7A	40.4 \pm 5.9A	73.2 \pm 8.2B	68.7 \pm 6.7B	80.5 \pm 11.2B	78.6 \pm 7.1B
Sc	0.0 \pm 0.0A	10.1 \pm 5.4B	24.3 \pm 7.9B	25.7 \pm 7.6B	30.4 \pm 7.6BC	47.5 \pm 9.9CD	63.4 \pm 6.5D
Hb	6.5 \pm 3.1A	6.7 \pm 2.4A	12.3 \pm 4.9AB	10.3 \pm 4.8AB	16.5 \pm 5.4AB	20.2 \pm 5.5B	20.9 \pm 4.5B
4 ημέρες έκθεσης/30°C							
Sf	6.9 \pm 3.7A	13.4 \pm 5.3AB	16.5 \pm 5.4AB	20.2 \pm 7.4BC	25.4 \pm 6.4BC	34.5 \pm 7.3CD	50.4 \pm 6.5D
Sc	0.0 \pm 0.0A	3.2 \pm 2.2AB	13.3 \pm 5.4B	10.3 \pm 4.9B	14.0 \pm 7.2B	10.5 \pm 4.9B	16.7 \pm 7.0B
Hb	31.5 \pm 6.8A	35.4 \pm 3.2A	36.5 \pm 7.9AB	46.7 \pm 9.5AB	44.4 \pm 8.7AB	50.5 \pm 7.4B	58.5 \pm 7.4B
8 ημέρες έκθεσης/30°C							
Sf	24.6 \pm 7.6A	32.6 \pm 7.3AB	34.5 \pm 5.7AB	37.7 \pm 5.9AB	45.6 \pm 6.8B	50.8 \pm 6.5BC	61.3 \pm 5.0C
Sc	0.0 \pm 0.0A	3.5 \pm 2.6AB	13.6 \pm 6.5B	12.0 \pm 5.0B	15.3 \pm 6.7B	10.6 \pm 5.4B	23.0 \pm 10.9E
Hb	50.4 \pm 7.4A	50.9 \pm 6.5A	47.8 \pm 7.4A	55.0 \pm 7.0AB	57.3 \pm 6.4AB	66.7 \pm 5.9B	66.8 \pm 5.5B

Πίνακας 6. Μέση θνησιμότητα (% \pm SE) ακμαίων *R. dominica* για έκθεση 4 ή 8 ημερών σε σίτο που είχε υποστεί χειρισμό με τρία είδη εντομοπαθογόνων νηματώδων, σε πέντε δόσεις και δυο επίπεδα θερμοκρασιών (για κάθε στήλη οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς το είδος του νηματώδη για την ίδια έκθεση, θερμοκρασία και δόση, και για κάθε γραμμή, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα, δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς την έκθεση, τη θερμοκρασία και τη δόση. Όπου δεν υπάρχει γράμμα, δε σημειώθηκε καμία σημαντική διαφορά. Επίπεδο σημαντικότητας 0,05%).

Δόση	4 ημέρες έκθεσης/20°C						
	100	500	1000	1500	5000	10000	20000
Νηματώδης							
Sf	29.9 \pm 7.9a	22.0 \pm 8.9a	38.8 \pm 8.7a	27.0 \pm 5.6a	26.7 \pm 8.1	27.3 \pm 7.4	34.3 \pm 6.0a
Sc	11.1 \pm 4.7b	5.8 \pm 3.6b	9.9 \pm 4.3b	12.2 \pm 4.3b	17.8 \pm 6.7	16.0 \pm 5.4	14.3 \pm 5.4b
Hb	10.3 \pm 3.3ABb	6.6 \pm 3.7Ab	10.4 \pm 4.4ABb	20.3 \pm 6.8BCab	23.3 \pm 7.6BC	23.7 \pm 6.5BC	36.9 \pm 9.3Ca
8 ημέρες έκθεσης/20°C							
Sf	40.0 \pm 7.0a	37.7 \pm 12.1a	46.4 \pm 6.7a	36.8 \pm 5.9	43.3 \pm 5.6	43.3 \pm 7.1	46.2 \pm 5.8
Sc	24.4 \pm 4.6Ab	30.1 \pm 4.8Aa	26.4 \pm 7.4Ab	46.4 \pm 7.1B	52.1 \pm 5.6B	47.7 \pm 7.3B	54.2 \pm 6.2B
Hb	11.3 \pm 3.3Ac	11.2 \pm 4.3Ab	20.2 \pm 6.4ABb	33.7 \pm 5.2BC	36.9 \pm 7.8BC	39.7 \pm 8.7CD	55.4 \pm 5.3D
4 ημέρες έκθεσης/30°C							
Sf	2.3 \pm 2.0A	10.0 \pm 5.4ABCa	13.5 \pm 4.5BC	20.3 \pm 5.4CD	23.0 \pm 6.4CD	33.2 \pm 5.4DEa	40.2 \pm 5.4Ea
Sc	10.4 \pm 4.5	14.3 \pm 3.5b	22.0 \pm 8.0	15.3 \pm 6.5	19.5 \pm 7.1	21.2 \pm 5.0ab	20.4 \pm 5.6b
Hb	6.4 \pm 5.3AB	3.8 \pm 2.3Aa	10.0 \pm 5.6ABC	12.9 \pm 4.3ABC	15.4 \pm 4.3BC	16.5 \pm 7.1BCb	20.4 \pm 5.4BCb
8 ημέρες έκθεσης/30°C							
Sf	4.4 \pm 3.2Aa	10.9 \pm 4.3ABa	20.0 \pm 5.0Ba	28.7 \pm 6.5Ba	24.3 \pm 5.4Ba	32.5 \pm 6.3Ba	48.7 \pm 7.7Ca
Sc	26.8 \pm 7.7Ab	36.9 \pm 7.9ABb	52.1 \pm 5.4BCb	45.6 \pm 6.7Bb	50.5 \pm 5.4BCb	60.9 \pm 5.5Cb	80.0 \pm 7.6Db
Hb	13.3 \pm 4.5Ab	10.4 \pm 4.5Aa	20.3 \pm 5.4Aa	37.7 \pm 6.7Bab	46.3 \pm 5.4Bb	39.6 \pm 8.5Ba	45.0 \pm 5.0Ba

Πίνακας 7. Μέση θνησιμότητα (% ± SE) ακμαίων *S. oryzae* για έκθεση 4 ή 8 ημερών σε σίτο που είχε υποστεί χειρισμό με τρία είδη εντομοπαθογόνων νηματώδων, σε πέντε δόσεις και δυο επίπεδα θερμοκρασιών (για κάθε στήλη οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς το είδος του νηματώδη για την ίδια έκθεση, θερμοκρασία και δόση, και για κάθε γραμμή, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα, δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς την έκθεση, τη θερμοκρασία και τη δόση. Όπου δεν υπάρχει γράμμα, δε σημειώθηκε καμία σημαντική διαφορά. Επίπεδο σημαντικότητας 0,05%).

Δόση	4 ημέρες έκθεσης/20°C						
	100	500	1000	1500	5000	10000	20000
Νηματώδης							
Sf	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Sc	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	3.3 ± 2.3
Hb	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
8 ημέρες έκθεσης/20°C							
Sf	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	6.7 ± 3.8
Sc	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	3.3 ± 2.3
Hb	0.0 ± 0.0	3.4 ± 2.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
4 ημέρες έκθεσης/30°C							
Sf	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Sc	3.7 ± 2.1	3.3 ± 4.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	10.0 ± 6.7	4.5 ± 3.4	0.0 ± 0.0
Hb	3.4 ± 2.0	0.0 ± 0.0	6.8 ± 4.8	0.0 ± 0.0	3.3 ± 2.3	0.0 ± 0.0	3.5 ± 3.0
8 ημέρες έκθεσης/30°C							
Sf	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	3.2 ± 2.3	0.0 ± 0.0	4.3 ± 2.9
Sc	4.3 ± 3.3	3.2 ± 2.3	3.5 ± 3.0	2.3 ± 2.0	12.8 ± 8.4	5.4 ± 3.3	0.0 ± 0.0
Hb	4.6 ± 3.4	0.0 ± 0.0	7.0 ± 5.4	0.0 ± 0.0	3.3 ± 2.3	0.0 ± 0.0	3.5 ± 3.0

Πίνακας 8. Μέση θνησιμότητα (% \pm SE) ακμαίων *T. confusum* για έκθεση 4 ή 8 ημερών σε σίτο που είχε υποστεί χειρισμό με τρία είδη εντομοπαθογόνων νηματώδων, σε πέντε δόσεις και δυο επίπεδα θερμοκρασιών (για κάθε στήλη οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς το είδος του νηματώδη για την ίδια έκθεση, θερμοκρασία και δόση, και για κάθε γραμμή, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα, δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς την έκθεση, τη θερμοκρασία και τη δόση. Όπου δεν υπάρχει γράμμα, δε σημειώθηκε καμία σημαντική διαφορά. Επίπεδο σημαντικότητας 0,05%).

Νηματώδης	Δόση	4 ημέρες έκθεσης/20°C						
		100	500	1000	1500	5000	10000	20000
Sf		3.3 \pm 2.3	10.4 \pm 6.0	0.0 \pm 0.0	3.3 \pm 3.0	0.0 \pm 0.0a	6.4 \pm 4.7ab	9.4 \pm 5.4ab
Sc		0.0 \pm 0.0	3.2 \pm 2.1	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0a	0.0 \pm 0.0a	3.2 \pm 2.1a
Hb		3.0 \pm 2.2A	3.5 \pm 3.1A	3.0 \pm 2.3A	3.5 \pm 2.3A	10.3 \pm 4.5ABa	16.5 \pm 6.7bB	17.1 \pm 7.9Bb
		8 ημέρες έκθεσης/20°C						
Sf		3.3 \pm 2.3	10.9 \pm 6.3	4.3 \pm 3.0	7.2 \pm 4.4	0.0 \pm 0.0a	6.7 \pm 3.4a	10.2 \pm 6.6
Sc		0.0 \pm 0.0A	3.5 \pm 3.0A	0.0 \pm 0.0A	0.0 \pm 0.0A	3.5 \pm 3.0Aa	3.0 \pm 2.5Aa	17.3 \pm 7.4B
Hb		3.3 \pm 2.5A	3.5 \pm 3.1A	6.2 \pm 3.2A	3.5 \pm 2.3A	16.4 \pm 4.6Bb	20.4 \pm 9.6Bb	17.9 \pm 8.7B
		4 ημέρες έκθεσης/30°C						
Sf		0.0 \pm 0.0A	0.0 \pm 0.0A	13.3 \pm 5.5BCa	13.7 \pm 6.1BCa	9.4 \pm 4.6Ba	16.5 \pm 7.4BC	26.5 \pm 7.1Ca
Sc		0.0 \pm 0.0	3.0 \pm 2.3	0.0 \pm 0.0b	0.0 \pm 0.0b	0.0 \pm 0.0b	4.9 \pm 3.2	0.0 \pm 0.0b
Hb		0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0b	2.1 \pm 1.5b	0.0 \pm 0.0b	6.5 \pm 3.7	7.9 \pm 5.7b
		8 ημέρες έκθεσης/30°C						
Sf		0.0 \pm 0.0A	0.0 \pm 0.0A	13.3 \pm 5.5Ba	13.7 \pm 6.1B	11.9 \pm 6.0Ba	20.3 \pm 7.8Ba	26.5 \pm 7.1Ba
Sc		0.0 \pm 0.0A	3.3 \pm 2.4AB	0.0 \pm 0.0Ab	10.1 \pm 5.0B	0.0 \pm 0.0Ab	6.7 \pm 3.7ABb	13.3 \pm 6.7Bab
Hb		0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0b	6.8 \pm 4.3	0.0 \pm 0.0b	6.5 \pm 3.7b	7.9 \pm 5.7b

Πίνακας 9. Μέση θνησιμότητα (% \pm SE) προνυμφών *T. confusum* για έκθεση 4 ή 8 ημερών σε σίτο που είχε υποστεί χειρισμό με τρία είδη εντομοπαθογόνων νηματώδων, σε πέντε δόσεις και δυο επίπεδα θερμοκρασιών (για κάθε στήλη οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς το είδος του νηματώδη για την ίδια έκθεση, θερμοκρασία και δόση, και για κάθε γραμμή, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα, δε διαφέρουν σημαντικά, ως προς την έκθεση, τη θερμοκρασία και τη δόση. Όπου δεν υπάρχει γράμμα, δε σημειώθηκε καμία σημαντική διαφορά. Επίπεδο σημαντικότητας 0,05%).

Δόση	4 ημέρες έκθεσης/20°C						
	100	500	1000	1500	5000	10000	20000
Νηματώδης							
Sf	13.2 \pm 3.4Aa	24.3 \pm 6.8AB	37.4 \pm 7.3BCa	47.2 \pm 8.4Ca	45.2 \pm 7.2Ca	53.3 \pm 10.2C	54.6 \pm 5.3C
Sc	0.0 \pm 0.0Ab	11.2 \pm 4.5B	23.0 \pm 4.3Cab	24.3 \pm 5.4Cb	24.1 \pm 7.0Cb	34.7 \pm 6.4C	50.3 \pm 5.3D
Hb	10.0 \pm 5.0Aa	13.0 \pm 3.3A	13.3 \pm 3.3Ab	31.2 \pm 5.3Bab	34.6 \pm 5.9Bab	37.7 \pm 8.4B	40.1 \pm 5.2B
8 ημέρες έκθεσης/20°C							
Sf	16.7 \pm 6.2A	54.3 \pm 6.5Ba	57.4 \pm 6.4Ba	60.2 \pm 5.9BCa	60.0 \pm 6.0BCa	63.2 \pm 7.3BC	73.4 \pm 6.8Cz
Sc	20.0 \pm 5.9A	38.5 \pm 8.9Ba	52.4 \pm 7.6BCa	56.4 \pm 6.9Ca	55.5 \pm 6.0Ca	60.3 \pm 6.5CD	76.7 \pm 8.4Da
Hb	15.4 \pm 5.5A	16.4 \pm 7.1Ab	17.6 \pm 5.4Ab	33.2 \pm 5.4Bb	34.4 \pm 5.4Bb	50.2 \pm 6.5C	54.3 \pm 6.0Ct
4 ημέρες έκθεσης/30°C							
Sf	3.0 \pm 2.1A	23.2 \pm 6.0Ba	33.2 \pm 5.5BCa	34.4 \pm 7.6BCDa	46.7 \pm 7.3CDEa	50.2 \pm 5.3DEa	56.4 \pm 7.6Ez
Sc	3.4 \pm 2.0A	6.3 \pm 3.4Ab	16.8 \pm 6.9ABb	23.1 \pm 6.5Bab	12.2 \pm 5.1ABb	28.3 \pm 7.3BCb	38.8 \pm 7.7Ct
Hb	3.4 \pm 3.0	3.2 \pm 2.1b	2.5 \pm 2.0c	13.2 \pm 5.3b	14.5 \pm 6.0b	9.3 \pm 4.3c	10.8 \pm 5.0b
8 ημέρες έκθεσης/30°C							
Sf	20.4 \pm 5.4Aa	49.5 \pm 5.6Ba	50.3 \pm 6.3BCa	53.7 \pm 5.7BCa	58.8 \pm 6.8BCa	64.5 \pm 6.5Ca	63.7 \pm 7.3Ct
Sc	5.6 \pm 4.4Ab	12.4 \pm 4.5Ab	30.3 \pm 6.5Bb	36.4 \pm 6.6BCb	38.9 \pm 7.0BCb	41.4 \pm 9.8BCb	48.9 \pm 8.1Ct
Hb	10.0 \pm 5.5ABab	8.3 \pm 5.1Ab	6.4 \pm 4.7Ac	23.3 \pm 5.4Bb	18.7 \pm 7.6ABc	19.4 \pm 7.4ABc	14.9 \pm 5.8AE

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις, και συγκεκριμένα τα είδη *Steinernema carposapsae*, *S. feltiae* και *Heterorhabditis bacteriophora*, έχουν επανειλημμένα χρησιμοποιηθεί για την καταπολέμηση διάφορων εντόμων, κυρίως εδάφους, αν και η χρήση τους δεν είναι πολύ διαδεδομένη ως βιολογική μέθοδος καταπολέμησης στη Χώρα μας. Τα τελευταία χρόνια, λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για βιολογική γεωργία και τους ολοένα και περισσότερους περιορισμούς στην χρήση χημικών σκευασμάτων, οι έρευνες σε αυτόν τον τομέα είναι πολυάριθμες και διευρύνονται συνεχώς, τόσο ως προς τη δυνατότητα νέων εφαρμογών όσο και ως προς την εύρεση νέων κατάλληλων ειδών εντομοπαθογόνων νηματωδών.

Στα πλαίσια αυτής της νέας τάσης, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σχετικά με την επίδραση των τριών αυτών ειδών στη βιωσιμότητα μερικών από τους πιο σοβαρούς εχθρούς αποθηκευμένων προϊόντων για τη Χώρα μας, συγκεκριμένα των ειδών *Ephestia kuehniella*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* και *Tribolium confusum*.

Έτσι, σχεδιάστηκε μια σειρά από δοκιμές, στις οποίες το κάθε υπό μελέτη είδος εντόμου αφέθηκε να τραφεί για συγκεκριμένο χρόνο σε ορισμένη ποσότητα σίτου, η οποία είχε προηγουμένως υποστεί χειρισμό με υδάτινο αιώρημα νηματωδών, διαφόρων επιπέδων πληθυσμού. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε δύο διαφορετικά επίπεδα θερμοκρασιών και μετά το πέρας το απαιτούμενου χρόνου γινόταν καταμέτρηση των νεκρών ακμαίων ατόμων ή προνυμφών.

Από τις δοκιμές αυτές προέκυψε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, όπου είχε γίνει χειρισμός με νηματώδεις, καταμετρήθηκε μεγαλύτερος αριθμός νεκρών σε σχέση με τους μάρτυρες. Συγκεκριμένα, αυξημένη θνησιμότητα παρατηρήθηκε στα τρία από τα τέσσερα υπό εξέταση είδη, δηλαδή στα *E. kuehniella*, *R. dominica* και *T. confusum*. Η μόνη περίπτωση που δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαφορά σε σχέση με τους μάρτυρες ήταν αυτή του *S. oryzae*.

Αναλυτικά, στις προνύμφες *E. kuehniella* σημαντική θνησιμότητα παρατηρήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από την περίπτωση χειρισμού του σίτου με την χαμηλότερη δόση *S. carposapsae* (100 J₂/ml), στους 20°C και στους 30°C, μετά από έκθεση διάρκειας 8 ημερών. Η θνησιμότητα έφτανε γενικότερα το 50% περίπου, όταν

χρησιμοποιούνταν υψηλές δόσεις της τάξης των 10000 ή 20000 J₂/ml και για τα τρία είδη νηματωδών. Όσον αφορά στα ακμαία *R. dominica*, όλοι οι χειρισμοί οδήγησαν σε υψηλή θνησιμότητα. Συγκεκριμένα, σε όλες τις περιπτώσεις χειρισμού του σίτου με *S. feltiae* στους 20°C, μετά από έκθεση 8 ημερών, παρατηρήθηκε θνησιμότητα της τάξης του 50%, ενώ στους 30°C ήταν λίγο χαμηλότερη και πάλι όμως σημαντική. Στους χειρισμούς με *S. carrocapsae*, θνησιμότητα της τάξης του 50% ή μεγαλύτερη παρατηρήθηκε μετά από έκθεση 8 ημερών, στις περιπτώσεις χειρισμού με τουλάχιστον 1500 J₂/ml, στους 20°C, και στους 30°C, στις περιπτώσεις χειρισμού με τουλάχιστον 500 J₂/ml. Τέλος, σχετικά με τους χειρισμούς με *H. bacteriophora*, θνησιμότητα της τάξης του 50% ή μεγαλύτερη παρατηρήθηκε μετά από έκθεση 8 ημερών, στις περιπτώσεις χειρισμού με τουλάχιστον 1500 J₂/ml, τόσο στους 20°C όσο και στους 30°C, ενώ στην έκθεση 4 ημερών, μόνο στην υψηλότερη δόση των 20000 J₂/ml, στους 20°C.

Αντίθετα με τα παραπάνω, στα ακμαία *T. confusum*, ένας πολύς χαμηλός αριθμός ατόμων βρέθηκαν νεκρά, αφού κατανάλωσαν σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με οποιοδήποτε από τα τρία είδη νηματώδη. Πιο συγκεκριμένα, στην έκθεση διάρκειας 4 ημερών σε σιτάρι που είχε υποστεί χειρισμό με *H. bacteriophora*, στους 20°C, μόνο 25% των ακμαίων βρέθηκαν νεκρά και μόνο στις περιπτώσεις των 10000 και 20000 J₂/ml. Στις ίδιες συνθήκες και στην έκθεση διάρκειας 8 ημερών, το ποσοστό νεκρών ακμαίων ήταν αντίστοιχα μικρό και περίπου ίσο με 30%. Ομοίως χαμηλή θνησιμότητα (25%) παρατηρήθηκε σε σιτάρι που υποβλήθηκε σε χειρισμό με την υψηλότερη δόση του είδους (20000 J₂/ml) *S. carrocapsae*, στην έκθεση 8 ημερών, στους 20°C, και 20% στους 30°C. Σχετικά υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας (περίπου 34%), παρατηρήθηκαν κατά το χειρισμό με την υψηλότερη δόση του είδους *S. feltiae* στους 30°C, ενώ στις περιπτώσεις των 1000, 1500, 5000 και 10000 J₂/ml, η θνησιμότητα ήταν πάλι χαμηλή (περίπου 20-25%), τόσο μετά από έκθεση 4 όσο και 8 ημερών.

Σε σχέση με το είδος *T. confusum*, πολύ καλύτερα αποτελέσματα ελήφθησαν στην περίπτωση των προνυμφών, όπου για παράδειγμα σιτάρι το οποίο είχε υποστεί χειρισμό με 1000 J₂/ml *S. feltiae* στους 20°C, η θνησιμότητα ήταν περίπου 40%, ενώ στις υψηλότερες δόσεις έφτανε σε ποσοστά άνω του 50%. Θνησιμότητα υψηλότερη του 50% υπολογίστηκε και στην έκθεση 8 ημερών, ακόμη και στη δόση των 500 J₂/ml, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις περιπτώσεις χειρισμού με 1000, 1500, 5000 ή

10000 J₂/ml, ενώ το ποσοστό ξεπέρασε το 70% στις 20000 J₂/ml. Παρόμοια εικόνα παρατηρήθηκε και στους 30°C. Ομοίως, κατά την μεταχείριση με *S. carpocapsae*, η θνησιμότητα έφτασε το 50% στους 20°C, στην έκθεση των 4 ημερών και στη δόση των 20000 J₂/ml, στις 8 ημέρες καταμετρήθηκαν περισσότερα από 50% νεκρά άτομα ακόμη και στις περιπτώσεις των 1000, 1500, 5000 και 10000 J₂/ml, ενώ το ποσοστό ξεπέρασε το 70% στις 20000 J₂/ml. Στους 30°C, η θνησιμότητα ήταν περίπου 30-40% στις 10000 και 20000 J₂/ml στην έκθεση των 4 ημερών και έφτασε το 50% στις ίδιες δόσεις στην έκθεση των 8 ημερών. Στην περίπτωση χειρισμού με *H. bacteriophora*, το ποσοστό νεκρών προνυμφών ήταν χαμηλότερο σε σχέση με τους χειρισμούς *Steinernema*. Συγκεκριμένα έφτασε το 30% περίπου στους 20°C σε δόσεις ≥ 1500 J₂/ml, το οποίο αυξήθηκε στο 50% μόνο στις περιπτώσεις των 10000 και 20000 J₂/ml, μετά από έκθεση 8 ημερών. Αντίθετα, στους 30°C, το πλήθος νεκρών προνυμφών ήταν πολύ χαμηλό σε όλες τις περιπτώσεις έκθεσης 4 ημερών, ενώ αυξήθηκε ελαφρά (20-30%) μετά από έκθεση 8 ημερών, στις περιπτώσεις χειρισμού με ≥ 1500 J₂/ml.

Συμπερασματικά λοιπόν, τα σκευάσματα των νηματωδών ήταν αποτελεσματικά εναντίον των *Ephestia kuehniella*, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium confusum* και *Rhyzopertha dominica*.

Στις προνύμφες *E. kuehniella* σημαντική θνησιμότητα παρατηρήθηκε σε όλους τους χειρισμούς, υπήρχε μεγάλη αποτελεσματικότητα στους 20°C ενώ στους 30°C παρατηρήθηκε αυξημένη θνησιμότητα με *H. bacteriophora*.

Όσον αφορά τα ακμαία *R. dominica*, όλοι οι χειρισμοί οδήγησαν σε υψηλή θνησιμότητα, υπήρχε μεγάλη αποτελεσματικότητα στους 30°C ενώ στους 20°C παρατηρήθηκε αυξημένη θνησιμότητα με *S. carpocapsae*.

Καμία αποτελεσματικότητα δεν παρατηρήθηκε στην περίπτωση των ακμαίων *T. confusum*, σε αντίθεση με τις προνύμφες που παρατηρήθηκε σημαντική θνησιμότητα και συγκεκριμένα ήταν αποτελεσματικά τα σκευάσματα στους 30 °C ενώ στους 20°C παρατηρήθηκε αυξημένη θνησιμότητα με *H. bacteriophora*.

Καμία αποτελεσματικότητα δεν παρατηρήθηκε στην περίπτωση του *S. oryzae* σε όλα τα σκευάσματα των νηματωδών.

Υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με τη δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου σε εμπορική κλίμακα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aitken, A.D. 1975.** Insect Travelers, I: Coleoptera. Office of Public Sector Information. London. *Technical Bulletin*, pp 31.
- 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*, CRC Press, Inc pp 75-87.
- Al-Kirshi, A.G. Boshow, H., Burkholder, W.E. and Reichmuth, C. 1996.** The biology of the parasitoid *Laelius pedatus* (Hymenoptera: Berthylidae), and it's potential for the biological control of *Trogoderma granarium* and *Trogoderma angustum* (Coleoptera: Dermestidae). *Proceedings of the 20th International Congress of Entomology, Florence, Italy* pp 554.
- Anonymous, 1991.** Pesticide Chemical Fact Sheets: Silicon dioxide and silica gel. 21T-1021, 1-4, September 1991.
- Anonymous, 1994.** Official United States standards for grain. *USDA Federal Grain Inspection Service*. pp 47.
- Arthur, H.F. 2001.** Survival of *Sitophilus oryzae* (L.) on wheat treated with diatomaceous earth: impact of biological and environmental parameters on product efficacy. *Journal of Stored Products Research* 38: 305-314.
- Arthur, H.F. 1996(b).** Grain Protectans: Current Status and Prospects for the Future. *Journal of Stored Products Pests* 32(4): 294-299.
- Batta, Y.A. 2003.** Production and testing of novel formulations of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes). *Crop Protection* 22: 415-422.
- Batta, Y.A. 2004.** Control of the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) with various formulations of *Metarhizium anisopliae*. *Crop Protection* 23: 103-108.
- Della Beffa G. 1962.** *Agricultural Entomology* 2: 868-869, 1049-1053.
- Desmarchelier, J.M. and Dines, J.C. 1987.** Dryacide treatment of stored wheat: its efficacy against insects, and after processing. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 27: 309-312.
- Ebeling, W. 1971.** Sorptive dust for pest control. *Annual Review of Entomology* 16: 123-158.

- Fields, P.G. and Muir, W.E. 1996.** In B.B. Sabramanyam and D.W. Hangstrum (eds) New York. *Integrated Management of Insects in Stored Products*. pp 165-201.
- Ishibashi, N. and Kondo, E. 1990.** Behavior of Infective Juveniles. In Gaugler R. and Kaya H.K. (eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, CRC Press, Inc pp 139-148.
- Klein, M.G. 1990.** Efficacy Against Soil-Inhabiting Insect Pests. In Gaugler R. and Kaya H.K. (eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, CRC Press, Inc pp 195-199.
- Korunic, Z. 1997.** Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research* 33: 219-229.
- Le Patourel G.N.J. 1986.** The Effect of grain Moisture content on the toxicity of a sorptive silica dust to four species of grain beetle. *Journal of Stored Products Research* 22(2): 63-69.
- Lord, J.C. 2001.** Desiccant dusts synergise the effect of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) on stored-grain beetles. *Journal of Economic Entomology* pp 94, 367-372.
- Loschiavo, S.R. 1988.** Safe method of using silica aerogel to control stored-product beetles in dwellings. *Journal of Economic Entomology* 81 (4): 1231-1240.
- Maceljiski, M. and Korunic, Z. 1972.** The Effectiveness against Stored-Product Insects of Inert Dusts, Insect Pathogens, Temperature and Humidity. Final Report, Zagreb, Croatia, pp 151.
- Mian, L.S. and Mulla, M.S. 1982.** Residual activity on insect growth regulators against stored – product beetles in grain commodities. *Journal of Economic Entomology* 69: 479-480.
- Moore, D. and Higgins, P.M., 1997.** Viability of stored conidia of *Metarhizium flavoviride* Gams and Rozsypal, produced under different culture regimes and stored with clays. *Biocontrol Science and Technology* 7: 335-343.
- Moore, D. Lord, J.C. and Smith, S.M. 2000.** Pathogens In: Subramanyam, Hagstrum. *Alternatives to Pesticides in Stored-Product*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 193-227.
- Oberlander, H. Silhaek, D.L. Shayya, E. and Isayya, I. 1997.** Current status and future perspectives of the use of insect growth regulators for the control of stored product insects. *Journal of Stored Products Pests*. 33 (1): 1-6.

- Poinar, G.O. 1990.** Taxonomy and Biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. In Gaugler R. and Kaya H.K. (eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, CRC Press, Inc pp 23-58.
- Quarles, W. 1992.** Institute for studies in theoretical physics Practitioner. *Diatomaceous Earth for Pest Control* 4: 1-11.
- Ramon, G. 1990.** Formulation and Application Technology. In Gaugler R. and Kaya H.K. (eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, CRC Press, Inc pp 181-187.
- Round, F.E., Crawford, R.M. and Mann, D.G. 1992.** Cambridge University Press, New York, USA. The Diatoms. *Biology & Morphology of the genera* pp. 153-154.
- Sä-Fischer, A. and Schöller, M. 1994.** Nachweis der Parasitierung von *Dermestes maculatus* durch *Trichogramma evanescens*. [Record of the parasitisation of *Dermestes maculatus* by *Trichogramma evanescens*]. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 9: 161-164.
- Shaaya, E. Eilberg, J. and Sukprakarn, C. 1997.** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Pests*. 33 (1): 7-15.
- Smet, H.J. Rans, M. and De Loof, A. 1989.** Activity of new juvenile hormone analogues on a stored food insect, *Tribolium confusum*. *Journal of Stored Products Research* 25: 165-169.
- Staal, G.B. 1975.** Insect growth regulators with juvenile hormone activity. *Annual Review of Entomology* 20: 417-460.
- Subramanyam, Bh. and Roesli, R. 2000.** Nuisance dusts In Subramanyam, and D. W. Hagstrum [eds.]. *Alternatives to Pesticides in Stored Product*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp 321-380.
- Βλαχόπουλος, Ε. 2002.** *Φυτοπροστασία II*. Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας. Σελ.109-145, 173-175.
- Ηλιόπουλος, Π.Α. 2002.** *Γεωργική εντομολογία και ζωολογία*. Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας. Σελ. 77-84 , 106-109.
- Ηλιόπουλος, Π.Α. 2005.** *Μετασυλλεκτικές ασθένειες και ζωικοί εχθροί αποθηκών*. Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας. Σελ.31.
- Κύρου, Ν. 2004.** *Φυτοпараσιτικοί Νηματώδεις*. Εκδόσεις Αγρότυπος. Σελ. 13-14.

- Λυκουρέσης, Δ.Π. 1995.** *Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση Εντόμων-Εχθρών Καλλιιεργειών.* Πανεπιστημιακές εκδόσεις. Σελ 69, 77.
- Μπουχέλος, Κ. 1996.** *Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων* Πανεπιστημιακές εκδόσεις.
- Πελεκάσης, Κ. 2007.** *Μαθήματα Γεωργικής Εντομολογίας.* Πανεπιστημιακές εκδόσεις. Σελ. 455-467.
- Σταμόπουλος, Δ.Κ. 1995.** *Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιιεργειών & λαχανικών.* Σελ 8-13.
- Τομάζου, Τ. 1989.** *Υπολειμματική δράση εντομοκτόνων εναντίον του *Sitophilus oryzae* σε αποθηκευμένα σιτηρά.* Β' Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο. Ανακοινώσεις. Σελ 185-199.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Αποτελέσματα δοκιμών σε προνύμφες *Tribolium confusum*.

Νηματώδης	Δόση	Έκθεση	Θερμοκρασία	Επανάληψη	Πλήθος νεκρών ατόμων
Sf	100	4	20	1	2
Sf	100	4	20	2	1
Sf	100	4	20	3	1
Sf	500	4	20	1	2
Sf	500	4	20	2	3
Sf	500	4	20	3	3
Sf	1000	4	20	1	3
Sf	1000	4	20	2	4
Sf	1000	4	20	3	4
Sf	1500	4	20	1	4
Sf	1500	4	20	2	5
Sf	1500	4	20	3	5
Sf	5000	4	20	1	3
Sf	5000	4	20	2	3
Sf	5000	4	20	3	4
Sf	10000	4	20	1	5
Sf	10000	4	20	2	6
Sf	10000	4	20	3	5
Sf	20000	4	20	1	5
Sf	20000	4	20	2	6
Sf	20000	4	20	3	5
Sc	100	4	20	1	0
Sc	100	4	20	2	0
Sc	100	4	20	3	0
Sc	500	4	20	1	0
Sc	500	4	20	2	2
Sc	500	4	20	3	1
Sc	1000	4	20	1	3
Sc	1000	4	20	2	2
Sc	1000	4	20	3	2
Sc	1500	4	20	1	2
Sc	1500	4	20	2	3
Sc	1500	4	20	3	2
Sc	5000	4	20	1	2
Sc	5000	4	20	2	2
Sc	5000	4	20	3	2
Sc	10000	4	20	1	4
Sc	10000	4	20	2	3
Sc	10000	4	20	3	3
Sc	20000	4	20	1	5
Sc	20000	4	20	2	5
Sc	20000	4	20	3	5
Hb	100	4	20	1	1

Hb	100	4	20	2	1
Hb	100	4	20	3	1
Hb	500	4	20	1	1
Hb	500	4	20	2	2
Hb	500	4	20	3	1
Hb	1000	4	20	1	1
Hb	1000	4	20	2	1
Hb	1000	4	20	3	2
Hb	1500	4	20	1	3
Hb	1500	4	20	2	2
Hb	1500	4	20	3	3
Hb	5000	4	20	1	4
Hb	5000	4	20	2	3
Hb	5000	4	20	3	3
Hb	10000	4	20	1	4
Hb	10000	4	20	2	3
Hb	10000	4	20	3	4
Hb	20000	4	20	1	4
Hb	20000	4	20	2	4
Hb	20000	4	20	3	4
Sf	100	8	20	1	0
Sf	100	8	20	2	0
Sf	100	8	20	3	1
Sf	500	8	20	1	4
Sf	500	8	20	2	5
Sf	500	8	20	3	5
Sf	1000	8	20	1	2
Sf	1000	8	20	2	2
Sf	1000	8	20	3	2
Sf	1500	8	20	1	1
Sf	1500	8	20	2	2
Sf	1500	8	20	3	1
Sf	5000	8	20	1	1
Sf	5000	8	20	2	1
Sf	5000	8	20	3	0
Sf	10000	8	20	1	1
Sf	10000	8	20	2	1
Sf	10000	8	20	3	0
Sf	20000	8	20	1	1
Sf	20000	8	20	2	1
Sf	20000	8	20	3	2
Sc	100	8	20	1	2
Sc	100	8	20	2	2
Sc	100	8	20	3	2
Sc	500	8	20	1	3
Sc	500	8	20	2	3
Sc	500	8	20	3	2
Sc	1000	8	20	1	3
Sc	1000	8	20	2	4
Sc	1000	8	20	3	3

Sc	1500	8	20	1	2
Sc	1500	8	20	2	3
Sc	1500	8	20	3	2
Sc	5000	8	20	1	2
Sc	5000	8	20	2	2
Sc	5000	8	20	3	2
Sc	10000	8	20	1	2
Sc	10000	8	20	2	1
Sc	10000	8	20	3	1
Sc	20000	8	20	1	3
Sc	20000	8	20	2	2
Sc	20000	8	20	3	3
Hb	100	8	20	1	0
Hb	100	8	20	2	1
Hb	100	8	20	3	1
Hb	500	8	20	1	1
Hb	500	8	20	2	0
Hb	500	8	20	3	0
Hb	1000	8	20	1	1
Hb	1000	8	20	2	0
Hb	1000	8	20	3	0
Hb	1500	8	20	1	0
Hb	1500	8	20	2	0
Hb	1500	8	20	3	1
Hb	5000	8	20	1	0
Hb	5000	8	20	2	0
Hb	5000	8	20	3	0
Hb	10000	8	20	1	1
Hb	10000	8	20	2	2
Hb	10000	8	20	3	1
Hb	20000	8	20	1	0
Hb	20000	8	20	2	0
Hb	20000	8	20	3	0
Sf	100	4	30	1	0
Sf	100	4	30	2	0
Sf	100	4	30	3	1
Sf	500	4	30	1	3
Sf	500	4	30	2	3
Sf	500	4	30	3	3
Sf	1000	4	30	1	2
Sf	1000	4	30	2	3
Sf	1000	4	30	3	2
Sf	1500	4	30	1	4
Sf	1500	4	30	2	3
Sf	1500	4	30	3	3
Sf	5000	4	30	1	5
Sf	5000	4	30	2	5
Sf	5000	4	30	3	4
Sf	10000	4	30	1	4
Sf	10000	4	30	2	7

Sf	10000	4	30	3	4
Sf	20000	4	30	1	5
Sf	20000	4	30	2	7
Sf	20000	4	30	3	5
Sc	100	4	30	1	0
Sc	100	4	30	2	0
Sc	100	4	30	3	1
Sc	500	4	30	1	1
Sc	500	4	30	2	0
Sc	500	4	30	3	1
Sc	1000	4	30	1	2
Sc	1000	4	30	2	1
Sc	1000	4	30	3	2
Sc	1500	4	30	1	2
Sc	1500	4	30	2	1
Sc	1500	4	30	3	3
Sc	5000	4	30	1	2
Sc	5000	4	30	2	1
Sc	5000	4	30	3	1
Sc	10000	4	30	1	3
Sc	10000	4	30	2	3
Sc	10000	4	30	3	2
Sc	20000	4	30	1	4
Sc	20000	4	30	2	3
Sc	20000	4	30	3	4
Hb	100	4	30	1	0
Hb	100	4	30	2	1
Hb	100	4	30	3	0
Hb	500	4	30	1	0
Hb	500	4	30	2	1
Hb	500	4	30	3	0
Hb	1000	4	30	1	0
Hb	1000	4	30	2	1
Hb	1000	4	30	3	0
Hb	1500	4	30	1	2
Hb	1500	4	30	2	1
Hb	1500	4	30	3	0
Hb	5000	4	30	1	2
Hb	5000	4	30	2	0
Hb	5000	4	30	3	1
Hb	10000	4	30	1	1
Hb	10000	4	30	2	0
Hb	10000	4	30	3	1
Hb	20000	4	30	1	0
Hb	20000	4	30	2	0
Hb	20000	4	30	3	1
Sf	100	8	30	1	2
Sf	100	8	30	2	2
Sf	100	8	30	3	1
Sf	500	8	30	1	2

Sf	500	8	30	2	1
Sf	500	8	30	3	3
Sf	1000	8	30	1	3
Sf	1000	8	30	2	3
Sf	1000	8	30	3	2
Sf	1500	8	30	1	1
Sf	1500	8	30	2	0
Sf	1500	8	30	3	1
Sf	5000	8	30	1	1
Sf	5000	8	30	2	1
Sf	5000	8	30	3	1
Sf	10000	8	30	1	2
Sf	10000	8	30	2	0
Sf	10000	8	30	3	2
Sf	20000	8	30	1	1
Sf	20000	8	30	2	0
Sf	20000	8	30	3	1
Sc	100	8	30	1	0
Sc	100	8	30	2	1
Sc	100	8	30	3	0
Sc	500	8	30	1	1
Sc	500	8	30	2	1
Sc	500	8	30	3	0
Sc	1000	8	30	1	1
Sc	1000	8	30	2	1
Sc	1000	8	30	3	2
Sc	1500	8	30	1	1
Sc	1500	8	30	2	1
Sc	1500	8	30	3	0
Sc	5000	8	30	1	2
Sc	5000	8	30	2	1
Sc	5000	8	30	3	1
Sc	10000	8	30	1	2
Sc	10000	8	30	2	1
Sc	10000	8	30	3	1
Sc	20000	8	30	1	1
Sc	20000	8	30	2	2
Sc	20000	8	30	3	0
Hb	100	8	30	1	0
Hb	100	8	30	2	1
Hb	100	8	30	3	1
Hb	500	8	30	1	0
Hb	500	8	30	2	0
Hb	500	8	30	3	0
Hb	1000	8	30	1	0
Hb	1000	8	30	2	0
Hb	1000	8	30	3	1
Hb	1500	8	30	1	1
Hb	1500	8	30	2	0
Hb	1500	8	30	3	2

Hb	5000	8	30	1	1
Hb	5000	8	30	2	1
Hb	5000	8	30	3	0
Hb	10000	8	30	1	1
Hb	10000	8	30	2	1
Hb	10000	8	30	3	1
Hb	20000	8	30	1	1
Hb	20000	8	30	2	1
Hb	20000	8	30	3	1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Αποτελέσματα δοκιμών σε προνύμφες *Erhestia kuehniella*.

Νηματώδεις	Δόση	Έκθεση	Θερμοκρασία	Επανάληψη	Πλήθος νεκρών ατόμων
Sf	100	4	20	1	4
Sf	100	4	20	2	3
Sf	100	4	20	3	2
Sf	500	4	20	1	3
Sf	500	4	20	2	4
Sf	500	4	20	3	4
Sf	1000	4	20	1	3
Sf	1000	4	20	2	4
Sf	1000	4	20	3	3
Sf	1500	4	20	1	5
Sf	1500	4	20	2	7
Sf	1500	4	20	3	5
Sf	5000	4	20	1	7
Sf	5000	4	20	2	6
Sf	5000	4	20	3	6
Sf	10000	4	20	1	8
Sf	10000	4	20	2	8
Sf	10000	4	20	3	7
Sf	20000	4	20	1	6
Sf	20000	4	20	2	7
Sf	20000	4	20	3	9
Sc	100	4	20	1	0
Sc	100	4	20	2	0
Sc	100	4	20	3	0
Sc	500	4	20	1	0
Sc	500	4	20	2	2
Sc	500	4	20	3	1
Sc	1000	4	20	1	3
Sc	1000	4	20	2	2
Sc	1000	4	20	3	2
Sc	1500	4	20	1	2
Sc	1500	4	20	2	3
Sc	1500	4	20	3	2
Sc	5000	4	20	1	2
Sc	5000	4	20	2	2
Sc	5000	4	20	3	2
Sc	10000	4	20	1	4
Sc	10000	4	20	2	3
Sc	10000	4	20	3	3
Sc	20000	4	20	1	5
Sc	20000	4	20	2	5
Sc	20000	4	20	3	5
Hb	100	4	20	1	1

Hb	100	4	20	2	0
Hb	100	4	20	3	0
Hb	500	4	20	1	0
Hb	500	4	20	2	1
Hb	500	4	20	3	0
Hb	1000	4	20	1	1
Hb	1000	4	20	2	1
Hb	1000	4	20	3	0
Hb	1500	4	20	1	0
Hb	1500	4	20	2	0
Hb	1500	4	20	3	0
Hb	5000	4	20	1	1
Hb	5000	4	20	2	2
Hb	5000	4	20	3	1
Hb	10000	4	20	1	1
Hb	10000	4	20	2	1
Hb	10000	4	20	3	3
Hb	20000	4	20	1	1
Hb	20000	4	20	2	1
Hb	20000	4	20	3	3
Sf	100	8	20	1	2
Sf	100	8	20	2	2
Sf	100	8	20	3	2
Sf	500	8	20	1	0
Sf	500	8	20	2	0
Sf	500	8	20	3	0
Sf	1000	8	20	1	1
Sf	1000	8	20	2	0
Sf	1000	8	20	3	1
Sf	1500	8	20	1	2
Sf	1500	8	20	2	1
Sf	1500	8	20	3	2
Sf	5000	8	20	1	0
Sf	5000	8	20	2	1
Sf	5000	8	20	3	0
Sf	10000	8	20	1	0
Sf	10000	8	20	2	1
Sf	10000	8	20	3	0
Sf	20000	8	20	1	0
Sf	20000	8	20	2	0
Sf	20000	8	20	3	0
Sc	100	8	20	1	0
Sc	100	8	20	2	0
Sc	100	8	20	3	0
Sc	500	8	20	1	0
Sc	500	8	20	2	0
Sc	500	8	20	3	0
Sc	1000	8	20	1	0
Sc	1000	8	20	2	0
Sc	1000	8	20	3	0

Sc	1500	8	20	1	0
Sc	1500	8	20	2	0
Sc	1500	8	20	3	0
Sc	5000	8	20	1	1
Sc	5000	8	20	2	1
Sc	5000	8	20	3	1
Sc	10000	8	20	1	1
Sc	10000	8	20	2	1
Sc	10000	8	20	3	1
Sc	20000	8	20	1	1
Sc	20000	8	20	2	1
Sc	20000	8	20	3	2
Hb	100	8	20	1	0
Hb	100	8	20	2	0
Hb	100	8	20	3	1
Hb	500	8	20	1	1
Hb	500	8	20	2	0
Hb	500	8	20	3	0
Hb	1000	8	20	1	1
Hb	1000	8	20	2	0
Hb	1000	8	20	3	1
Hb	1500	8	20	1	1
Hb	1500	8	20	2	1
Hb	1500	8	20	3	0
Hb	5000	8	20	1	1
Hb	5000	8	20	2	0
Hb	5000	8	20	3	0
Hb	10000	8	20	1	1
Hb	10000	8	20	2	0
Hb	10000	8	20	3	0
Hb	20000	8	20	1	1
Hb	20000	8	20	2	0
Hb	20000	8	20	3	0
Sf	100	4	30	1	0
Sf	100	4	30	2	1
Sf	100	4	30	3	1
Sf	500	4	30	1	1
Sf	500	4	30	2	1
Sf	500	4	30	3	2
Sf	1000	4	30	1	1
Sf	1000	4	30	2	2
Sf	1000	4	30	3	2
Sf	1500	4	30	1	3
Sf	1500	4	30	2	1
Sf	1500	4	30	3	2
Sf	5000	4	30	1	2
Sf	5000	4	30	2	2
Sf	5000	4	30	3	3
Sf	10000	4	30	1	3
Sf	10000	4	30	2	4

Sf	10000	4	30	3	3
Sf	20000	4	30	1	4
Sf	20000	4	30	2	5
Sf	20000	4	30	3	6
Sc	100	4	30	1	0
Sc	100	4	30	2	0
Sc	100	4	30	3	0
Sc	500	4	30	1	1
Sc	500	4	30	2	0
Sc	500	4	30	3	0
Sc	1000	4	30	1	1
Sc	1000	4	30	2	2
Sc	1000	4	30	3	1
Sc	1500	4	30	1	0
Sc	1500	4	30	2	2
Sc	1500	4	30	3	1
Sc	5000	4	30	1	2
Sc	5000	4	30	2	1
Sc	5000	4	30	3	1
Sc	10000	4	30	1	1
Sc	10000	4	30	2	2
Sc	10000	4	30	3	0
Sc	20000	4	30	1	3
Sc	20000	4	30	2	1
Sc	20000	4	30	3	1
Hb	100	4	30	1	2
Hb	100	4	30	2	4
Hb	100	4	30	3	3
Hb	500	4	30	1	4
Hb	500	4	30	2	3
Hb	500	4	30	3	3
Hb	1000	4	30	1	4
Hb	1000	4	30	2	4
Hb	1000	4	30	3	3
Hb	1500	4	30	1	4
Hb	1500	4	30	2	3
Hb	1500	4	30	3	5
Hb	5000	4	30	1	5
Hb	5000	4	30	2	4
Hb	5000	4	30	3	4
Hb	10000	4	30	1	5
Hb	10000	4	30	2	5
Hb	10000	4	30	3	5
Hb	20000	4	30	1	5
Hb	20000	4	30	2	6
Hb	20000	4	30	3	6
Sf	100	8	30	1	1
Sf	100	8	30	2	2
Sf	100	8	30	3	2
Sf	500	8	30	1	2

Sf	500	8	30	2	2
Sf	500	8	30	3	1
Sf	1000	8	30	1	1
Sf	1000	8	30	2	2
Sf	1000	8	30	3	1
Sf	1500	8	30	1	1
Sf	1500	8	30	2	3
Sf	1500	8	30	3	1
Sf	5000	8	30	1	2
Sf	5000	8	30	2	2
Sf	5000	8	30	3	2
Sf	10000	8	30	1	3
Sf	10000	8	30	2	1
Sf	10000	8	30	3	1
Sf	20000	8	30	1	1
Sf	20000	8	30	2	1
Sf	20000	8	30	3	1
Sc	100	8	30	1	0
Sc	100	8	30	2	0
Sc	100	8	30	3	0
Sc	500	8	30	1	0
Sc	500	8	30	2	0
Sc	500	8	30	3	0
Sc	1000	8	30	1	0
Sc	1000	8	30	2	0
Sc	1000	8	30	3	0
Sc	1500	8	30	1	0
Sc	1500	8	30	2	0
Sc	1500	8	30	3	0
Sc	5000	8	30	1	0
Sc	5000	8	30	2	0
Sc	5000	8	30	3	0
Sc	10000	8	30	1	0
Sc	10000	8	30	2	0
Sc	10000	8	30	3	0
Sc	20000	8	30	1	0
Sc	20000	8	30	2	1
Sc	20000	8	30	3	1
Hb	100	8	30	1	2
Hb	100	8	30	2	2
Hb	100	8	30	3	2
Hb	500	8	30	1	0
Hb	500	8	30	2	2
Hb	500	8	30	3	3
Hb	1000	8	30	1	0
Hb	1000	8	30	2	0
Hb	1000	8	30	3	1
Hb	1500	8	30	1	0
Hb	1500	8	30	2	1
Hb	1500	8	30	3	1

Hb	5000	8	30	1	0
Hb	5000	8	30	2	1
Hb	5000	8	30	3	1
Hb	10000	8	30	1	1
Hb	10000	8	30	2	3
Hb	10000	8	30	3	1
Hb	20000	8	30	1	1
Hb	20000	8	30	2	1
Hb	20000	8	30	3	1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Αποτελέσματα δοκιμών σε ακμαία *Rhizopertha dominica* (Rd), *Sitophilus oryzae* (So) και *Tribolium confusum* (Tc).

Νηματώδεις	Δόση	Έκθεση	Θερμοκρασία	Επανάληψη	Έντομο	Πλήθος νεκρών ατόμων
Sf	100	4	20	1	Rd	4
Sf	100	4	20	2	Rd	2
Sf	100	4	20	3	Rd	3
Sf	100	4	20	1	So	0
Sf	100	4	20	2	So	0
Sf	100	4	20	3	So	0
Sf	100	4	20	1	Tc	0
Sf	100	4	20	2	Tc	0
Sf	100	4	20	3	Tc	1
Sf	500	4	20	1	Rd	2
Sf	500	4	20	2	Rd	2
Sf	500	4	20	3	Rd	2
Sf	500	4	20	1	So	0
Sf	500	4	20	2	So	0
Sf	500	4	20	3	So	0
Sf	500	4	20	1	Tc	0
Sf	500	4	20	2	Tc	2
Sf	500	4	20	3	Tc	1
Sf	1000	4	20	1	Rd	3
Sf	1000	4	20	2	Rd	4
Sf	1000	4	20	3	Rd	4
Sf	1000	4	20	1	So	0
Sf	1000	4	20	2	So	0
Sf	1000	4	20	3	So	0
Sf	1000	4	20	1	Tc	0
Sf	1000	4	20	2	Tc	0
Sf	1000	4	20	3	Tc	0
Sf	1500	4	20	1	Rd	2
Sf	1500	4	20	2	Rd	2
Sf	1500	4	20	3	Rd	2
Sf	1500	4	20	1	So	0
Sf	1500	4	20	2	So	0
Sf	1500	4	20	3	So	0
Sf	1500	4	20	1	Tc	0
Sf	1500	4	20	2	Tc	0
Sf	1500	4	20	3	Tc	1
Sf	5000	4	20	1	Rd	3
Sf	5000	4	20	2	Rd	3
Sf	5000	4	20	3	Rd	2
Sf	5000	4	20	1	So	0
Sf	5000	4	20	2	So	0
Sf	5000	4	20	3	So	0
Sf	5000	4	20	1	Tc	0

Sf	5000	4	20	2	Tc	0
Sf	5000	4	20	3	Tc	0
Sf	10000	4	20	1	Rd	2
Sf	10000	4	20	2	Rd	2
Sf	10000	4	20	3	Rd	3
Sf	10000	4	20	1	So	0
Sf	10000	4	20	2	So	0
Sf	10000	4	20	3	So	0
Sf	10000	4	20	1	Tc	0
Sf	10000	4	20	2	Tc	2
Sf	10000	4	20	3	Tc	0
Sf	20000	4	20	1	Rd	4
Sf	20000	4	20	2	Rd	3
Sf	20000	4	20	3	Rd	3
Sf	20000	4	20	1	So	0
Sf	20000	4	20	2	So	0
Sf	20000	4	20	3	So	0
Sf	20000	4	20	1	Tc	1
Sf	20000	4	20	2	Tc	1
Sf	20000	4	20	3	Tc	1
Sf	100	8	20	1	Rd	2
Sf	100	8	20	2	Rd	1
Sf	100	8	20	3	Rd	0
Sf	100	8	20	1	So	0
Sf	100	8	20	2	So	0
Sf	100	8	20	3	So	0
Sf	100	8	20	1	Tc	0
Sf	100	8	20	2	Tc	0
Sf	100	8	20	3	Tc	0
Sf	500	8	20	1	Rd	0
Sf	500	8	20	2	Rd	1
Sf	500	8	20	3	Rd	0
Sf	500	8	20	1	So	0
Sf	500	8	20	2	So	0
Sf	500	8	20	3	So	0
Sf	500	8	20	1	Tc	0
Sf	500	8	20	2	Tc	0
Sf	500	8	20	3	Tc	1
Sf	1000	8	20	1	Rd	0
Sf	1000	8	20	2	Rd	1
Sf	1000	8	20	3	Rd	1
Sf	1000	8	20	1	So	0
Sf	1000	8	20	2	So	0
Sf	1000	8	20	3	So	0
Sf	1000	8	20	1	Tc	0
Sf	1000	8	20	2	Tc	0
Sf	1000	8	20	3	Tc	0
Sf	1500	8	20	1	Rd	1
Sf	1500	8	20	2	Rd	2
Sf	1500	8	20	3	Rd	1
Sf	1500	8	20	1	So	0
Sf	1500	8	20	2	So	0

Sf	1500	8	20	3	So	0
Sf	1500	8	20	1	Tc	0
Sf	1500	8	20	2	Tc	0
Sf	1500	8	20	3	Tc	0
Sf	5000	8	20	1	Rd	1
Sf	5000	8	20	2	Rd	2
Sf	5000	8	20	3	Rd	2
Sf	5000	8	20	1	So	0
Sf	5000	8	20	2	So	0
Sf	5000	8	20	3	So	0
Sf	5000	8	20	1	Tc	0
Sf	5000	8	20	2	Tc	0
Sf	5000	8	20	3	Tc	0
Sf	10000	8	20	1	Rd	1
Sf	10000	8	20	2	Rd	1
Sf	10000	8	20	3	Rd	1
Sf	10000	8	20	1	So	0
Sf	10000	8	20	2	So	0
Sf	10000	8	20	3	So	0
Sf	10000	8	20	1	Tc	0
Sf	10000	8	20	2	Tc	0
Sf	10000	8	20	3	Tc	0
Sf	20000	8	20	1	Rd	2
Sf	20000	8	20	2	Rd	1
Sf	20000	8	20	3	Rd	1
Sf	20000	8	20	1	So	0
Sf	20000	8	20	2	So	1
Sf	20000	8	20	3	So	0
Sf	20000	8	20	1	Tc	1
Sf	20000	8	20	2	Tc	0
Sf	20000	8	20	3	Tc	0
Sc	100	4	20	1	Rd	0
Sc	100	4	20	2	Rd	1
Sc	100	4	20	3	Rd	2
Sc	100	4	20	1	So	0
Sc	100	4	20	2	So	0
Sc	100	4	20	3	So	0
Sc	100	4	20	1	Tc	1
Sc	100	4	20	2	Tc	0
Sc	100	4	20	3	Tc	0
Sc	500	4	20	1	Rd	0
Sc	500	4	20	2	Rd	1
Sc	500	4	20	3	Rd	1
Sc	500	4	20	1	So	0
Sc	500	4	20	2	So	0
Sc	500	4	20	3	So	0
Sc	500	4	20	1	Tc	3
Sc	500	4	20	2	Tc	0
Sc	500	4	20	3	Tc	2
Sc	1000	4	20	1	Rd	1
Sc	1000	4	20	2	Rd	0
Sc	1000	4	20	3	Rd	2

Sc	1000	4	20	1	So	0
Sc	1000	4	20	2	So	0
Sc	1000	4	20	3	So	0
Sc	1000	4	20	1	Tc	3
Sc	1000	4	20	2	Tc	2
Sc	1000	4	20	3	Tc	0
Sc	1500	4	20	1	Rd	0
Sc	1500	4	20	2	Rd	2
Sc	1500	4	20	3	Rd	1
Sc	1500	4	20	1	So	0
Sc	1500	4	20	2	So	0
Sc	1500	4	20	3	So	0
Sc	1500	4	20	1	Tc	0
Sc	1500	4	20	2	Tc	1
Sc	1500	4	20	3	Tc	0
Sc	5000	4	20	1	Rd	3
Sc	5000	4	20	2	Rd	3
Sc	5000	4	20	3	Rd	1
Sc	5000	4	20	1	So	0
Sc	5000	4	20	2	So	0
Sc	5000	4	20	3	So	0
Sc	5000	4	20	1	Tc	0
Sc	5000	4	20	2	Tc	0
Sc	5000	4	20	3	Tc	1
Sc	10000	4	20	1	Rd	2
Sc	10000	4	20	2	Rd	3
Sc	10000	4	20	3	Rd	2
Sc	10000	4	20	1	So	0
Sc	10000	4	20	2	So	0
Sc	10000	4	20	3	So	0
Sc	10000	4	20	1	Tc	1
Sc	10000	4	20	2	Tc	1
Sc	10000	4	20	3	Tc	3
Sc	20000	4	20	1	Rd	4
Sc	20000	4	20	2	Rd	3
Sc	20000	4	20	3	Rd	4
Sc	20000	4	20	1	So	0
Sc	20000	4	20	2	So	0
Sc	20000	4	20	3	So	0
Sc	20000	4	20	1	Tc	2
Sc	20000	4	20	2	Tc	1
Sc	20000	4	20	3	Tc	2
Sc	100	8	20	1	Rd	1
Sc	100	8	20	2	Rd	1
Sc	100	8	20	3	Rd	1
Sc	100	8	20	1	So	0
Sc	100	8	20	2	So	0
Sc	100	8	20	3	So	0
Sc	100	8	20	1	Tc	0
Sc	100	8	20	2	Tc	0
Sc	100	8	20	3	Tc	0
Sc	500	8	20	1	Rd	1

Sc	500	8	20	2	Rd	2
Sc	500	8	20	3	Rd	2
Sc	500	8	20	1	So	0
Sc	500	8	20	2	So	0
Sc	500	8	20	3	So	0
Sc	500	8	20	1	Tc	0
Sc	500	8	20	2	Tc	0
Sc	500	8	20	3	Tc	0
Sc	1000	8	20	1	Rd	0
Sc	1000	8	20	2	Rd	2
Sc	1000	8	20	3	Rd	1
Sc	1000	8	20	1	So	0
Sc	1000	8	20	2	So	0
Sc	1000	8	20	3	So	0
Sc	1000	8	20	1	Tc	0
Sc	1000	8	20	2	Tc	0
Sc	1000	8	20	3	Tc	0
Sc	1500	8	20	1	Rd	1
Sc	1500	8	20	2	Rd	1
Sc	1500	8	20	3	Rd	0
Sc	1500	8	20	1	So	0
Sc	1500	8	20	2	So	0
Sc	1500	8	20	3	So	0
Sc	1500	8	20	1	Tc	0
Sc	1500	8	20	2	Tc	0
Sc	1500	8	20	3	Tc	1
Sc	5000	8	20	1	Rd	1
Sc	5000	8	20	2	Rd	2
Sc	5000	8	20	3	Rd	2
Sc	5000	8	20	1	So	0
Sc	5000	8	20	2	So	0
Sc	5000	8	20	3	So	0
Sc	5000	8	20	1	Tc	0
Sc	5000	8	20	2	Tc	0
Sc	5000	8	20	3	Tc	0
Sc	10000	8	20	1	Rd	1
Sc	10000	8	20	2	Rd	2
Sc	10000	8	20	3	Rd	3
Sc	10000	8	20	1	So	0
Sc	10000	8	20	2	So	0
Sc	10000	8	20	3	So	0
Sc	10000	8	20	1	Tc	0
Sc	10000	8	20	2	Tc	0
Sc	10000	8	20	3	Tc	0
Sc	20000	8	20	1	Rd	1
Sc	20000	8	20	2	Rd	1
Sc	20000	8	20	3	Rd	2
Sc	20000	8	20	1	So	1
Sc	20000	8	20	2	So	0
Sc	20000	8	20	3	So	1
Sc	20000	8	20	1	Tc	0
Sc	20000	8	20	2	Tc	0

Sc	20000	8	20	3	Tc	0
Hb	100	4	20	1	Rd	2
Hb	100	4	20	2	Rd	1
Hb	100	4	20	3	Rd	1
Hb	100	4	20	1	So	0
Hb	100	4	20	2	So	0
Hb	100	4	20	3	So	0
Hb	100	4	20	1	Tc	0
Hb	100	4	20	2	Tc	0
Hb	100	4	20	3	Tc	0
Hb	500	4	20	1	Rd	3
Hb	500	4	20	2	Rd	3
Hb	500	4	20	3	Rd	2
Hb	500	4	20	1	So	0
Hb	500	4	20	2	So	0
Hb	500	4	20	3	So	0
Hb	500	4	20	1	Tc	0
Hb	500	4	20	2	Tc	0
Hb	500	4	20	3	Tc	0
Hb	1000	4	20	1	Rd	2
Hb	1000	4	20	2	Rd	2
Hb	1000	4	20	3	Rd	2
Hb	1000	4	20	1	So	0
Hb	1000	4	20	2	So	0
Hb	1000	4	20	3	So	0
Hb	1000	4	20	1	Tc	0
Hb	1000	4	20	2	Tc	1
Hb	1000	4	20	3	Tc	0
Hb	1500	4	20	1	Rd	3
Hb	1500	4	20	2	Rd	3
Hb	1500	4	20	3	Rd	3
Hb	1500	4	20	1	So	0
Hb	1500	4	20	2	So	0
Hb	1500	4	20	3	So	0
Hb	1500	4	20	1	Tc	0
Hb	1500	4	20	2	Tc	0
Hb	1500	4	20	3	Tc	0
Hb	5000	4	20	1	Rd	4
Hb	5000	4	20	2	Rd	3
Hb	5000	4	20	3	Rd	3
Hb	5000	4	20	1	So	0
Hb	5000	4	20	2	So	0
Hb	5000	4	20	3	So	0
Hb	5000	4	20	1	Tc	0
Hb	5000	4	20	2	Tc	0
Hb	5000	4	20	3	Tc	0
Hb	10000	4	20	1	Rd	4
Hb	10000	4	20	2	Rd	3
Hb	10000	4	20	3	Rd	4
Hb	10000	4	20	1	So	0
Hb	10000	4	20	2	So	0
Hb	10000	4	20	3	So	0

Hb	10000	4	20	1	Tc	1
Hb	10000	4	20	2	Tc	0
Hb	10000	4	20	3	Tc	0
Hb	20000	4	20	1	Rd	4
Hb	20000	4	20	2	Rd	4
Hb	20000	4	20	3	Rd	3
Hb	20000	4	20	1	So	0
Hb	20000	4	20	2	So	0
Hb	20000	4	20	3	So	0
Hb	20000	4	20	1	Tc	3
Hb	20000	4	20	2	Tc	1
Hb	20000	4	20	3	Tc	0
Hb	100	8	20	1	Rd	0
Hb	100	8	20	2	Rd	0
Hb	100	8	20	3	Rd	1
Hb	100	8	20	1	So	0
Hb	100	8	20	2	So	0
Hb	100	8	20	3	So	0
Hb	100	8	20	1	Tc	0
Hb	100	8	20	2	Tc	0
Hb	100	8	20	3	Tc	0
Hb	500	8	20	1	Rd	0
Hb	500	8	20	2	Rd	1
Hb	500	8	20	3	Rd	0
Hb	500	8	20	1	So	0
Hb	500	8	20	2	So	1
Hb	500	8	20	3	So	0
Hb	500	8	20	1	Tc	0
Hb	500	8	20	2	Tc	0
Hb	500	8	20	3	Tc	0
Hb	1000	8	20	1	Rd	1
Hb	1000	8	20	2	Rd	1
Hb	1000	8	20	3	Rd	1
Hb	1000	8	20	1	So	0
Hb	1000	8	20	2	So	0
Hb	1000	8	20	3	So	0
Hb	1000	8	20	1	Tc	0
Hb	1000	8	20	2	Tc	0
Hb	1000	8	20	3	Tc	0
Hb	1500	8	20	1	Rd	0
Hb	1500	8	20	2	Rd	2
Hb	1500	8	20	3	Rd	1
Hb	1500	8	20	1	So	1
Hb	1500	8	20	2	So	0
Hb	1500	8	20	3	So	0
Hb	1500	8	20	1	Tc	0
Hb	1500	8	20	2	Tc	0
Hb	1500	8	20	3	Tc	0
Hb	5000	8	20	1	Rd	1
Hb	5000	8	20	2	Rd	1
Hb	5000	8	20	3	Rd	2
Hb	5000	8	20	1	So	0

Hb	5000	8	20	2	So	0
Hb	5000	8	20	3	So	0
Hb	5000	8	20	1	Tc	0
Hb	5000	8	20	2	Tc	0
Hb	5000	8	20	3	Tc	1
Hb	10000	8	20	1	Rd	1
Hb	10000	8	20	2	Rd	1
Hb	10000	8	20	3	Rd	1
Hb	10000	8	20	1	So	0
Hb	10000	8	20	2	So	0
Hb	10000	8	20	3	So	0
Hb	10000	8	20	1	Tc	0
Hb	10000	8	20	2	Tc	1
Hb	10000	8	20	3	Tc	0
Hb	20000	8	20	1	Rd	2
Hb	20000	8	20	2	Rd	1
Hb	20000	8	20	3	Rd	2
Hb	20000	8	20	1	So	0
Hb	20000	8	20	2	So	0
Hb	20000	8	20	3	So	0
Hb	20000	8	20	1	Tc	0
Hb	20000	8	20	2	Tc	0
Hb	20000	8	20	3	Tc	0
Sf	100	4	30	1	Rd	0
Sf	100	4	30	2	Rd	1
Sf	100	4	30	3	Rd	0
Sf	100	4	30	1	So	0
Sf	100	4	30	2	So	0
Sf	100	4	30	3	So	0
Sf	100	4	30	1	Tc	0
Sf	100	4	30	2	Tc	0
Sf	100	4	30	3	Tc	0
Sf	500	4	30	1	Rd	0
Sf	500	4	30	2	Rd	2
Sf	500	4	30	3	Rd	1
Sf	500	4	30	1	So	0
Sf	500	4	30	2	So	0
Sf	500	4	30	3	So	0
Sf	500	4	30	1	Tc	0
Sf	500	4	30	2	Tc	0
Sf	500	4	30	3	Tc	0
Sf	1000	4	30	1	Rd	1
Sf	1000	4	30	2	Rd	1
Sf	1000	4	30	3	Rd	2
Sf	1000	4	30	1	So	0
Sf	1000	4	30	2	So	0
Sf	1000	4	30	3	So	0
Sf	1000	4	30	1	Tc	0
Sf	1000	4	30	2	Tc	3
Sf	1000	4	30	3	Tc	1
Sf	1500	4	30	1	Rd	1
Sf	1500	4	30	2	Rd	2

Sf	1500	4	30	3	Rd	3
Sf	1500	4	30	1	So	0
Sf	1500	4	30	2	So	0
Sf	1500	4	30	3	So	0
Sf	1500	4	30	1	Tc	2
Sf	1500	4	30	2	Tc	0
Sf	1500	4	30	3	Tc	2
Sf	5000	4	30	1	Rd	2
Sf	5000	4	30	2	Rd	2
Sf	5000	4	30	3	Rd	3
Sf	5000	4	30	1	So	0
Sf	5000	4	30	2	So	0
Sf	5000	4	30	3	So	0
Sf	5000	4	30	1	Tc	0
Sf	5000	4	30	2	Tc	1
Sf	5000	4	30	3	Tc	1
Sf	10000	4	30	1	Rd	4
Sf	10000	4	30	2	Rd	3
Sf	10000	4	30	3	Rd	3
Sf	10000	4	30	1	So	0
Sf	10000	4	30	2	So	0
Sf	10000	4	30	3	So	0
Sf	10000	4	30	1	Tc	2
Sf	10000	4	30	2	Tc	1
Sf	10000	4	30	3	Tc	2
Sf	20000	4	30	1	Rd	5
Sf	20000	4	30	2	Rd	3
Sf	20000	4	30	3	Rd	4
Sf	20000	4	30	1	So	0
Sf	20000	4	30	2	So	0
Sf	20000	4	30	3	So	0
Sf	20000	4	30	1	Tc	4
Sf	20000	4	30	2	Tc	2
Sf	20000	4	30	3	Tc	2
Sf	100	8	30	1	Rd	1
Sf	100	8	30	2	Rd	1
Sf	100	8	30	3	Rd	1
Sf	100	8	30	1	So	0
Sf	100	8	30	2	So	0
Sf	100	8	30	3	So	1
Sf	100	8	30	1	Tc	0
Sf	100	8	30	2	Tc	0
Sf	100	8	30	3	Tc	0
Sf	500	8	30	1	Rd	2
Sf	500	8	30	2	Rd	1
Sf	500	8	30	3	Rd	1
Sf	500	8	30	1	So	0
Sf	500	8	30	2	So	0
Sf	500	8	30	3	So	1
Sf	500	8	30	1	Tc	0
Sf	500	8	30	2	Tc	1
Sf	500	8	30	3	Tc	0

Sf	1000	8	30	1	Rd	2
Sf	1000	8	30	2	Rd	2
Sf	1000	8	30	3	Rd	2
Sf	1000	8	30	1	So	0
Sf	1000	8	30	2	So	0
Sf	1000	8	30	3	So	0
Sf	1000	8	30	1	Tc	0
Sf	1000	8	30	2	Tc	0
Sf	1000	8	30	3	Tc	0
Sf	1500	8	30	1	Rd	2
Sf	1500	8	30	2	Rd	1
Sf	1500	8	30	3	Rd	1
Sf	1500	8	30	1	So	0
Sf	1500	8	30	2	So	0
Sf	1500	8	30	3	So	0
Sf	1500	8	30	1	Tc	0
Sf	1500	8	30	2	Tc	0
Sf	1500	8	30	3	Tc	0
Sf	5000	8	30	1	Rd	1
Sf	5000	8	30	2	Rd	1
Sf	5000	8	30	3	Rd	2
Sf	5000	8	30	1	So	1
Sf	5000	8	30	2	So	2
Sf	5000	8	30	3	So	0
Sf	5000	8	30	1	Tc	0
Sf	5000	8	30	2	Tc	0
Sf	5000	8	30	3	Tc	0
Sf	10000	8	30	1	Rd	1
Sf	10000	8	30	2	Rd	3
Sf	10000	8	30	3	Rd	2
Sf	10000	8	30	1	So	0
Sf	10000	8	30	2	So	1
Sf	10000	8	30	3	So	0
Sf	10000	8	30	1	Tc	1
Sf	10000	8	30	2	Tc	0
Sf	10000	8	30	3	Tc	0
Sf	20000	8	30	1	Rd	2
Sf	20000	8	30	2	Rd	3
Sf	20000	8	30	3	Rd	1
Sf	20000	8	30	1	So	0
Sf	20000	8	30	2	So	0
Sf	20000	8	30	3	So	0
Sf	20000	8	30	1	Tc	0
Sf	20000	8	30	2	Tc	0
Sf	20000	8	30	3	Tc	0
Sc	100	4	30	1	Rd	1
Sc	100	4	30	2	Rd	0
Sc	100	4	30	3	Rd	1
Sc	100	4	30	1	So	0
Sc	100	4	30	2	So	0
Sc	100	4	30	3	So	1
Sc	100	4	30	1	Tc	0

Sc	100	4	30	2	Tc	0
Sc	100	4	30	3	Tc	0
Sc	500	4	30	1	Rd	0
Sc	500	4	30	2	Rd	1
Sc	500	4	30	3	Rd	0
Sc	500	4	30	1	So	0
Sc	500	4	30	2	So	0
Sc	500	4	30	3	So	0
Sc	500	4	30	1	Tc	0
Sc	500	4	30	2	Tc	0
Sc	500	4	30	3	Tc	0
Sc	1000	4	30	1	Rd	1
Sc	1000	4	30	2	Rd	1
Sc	1000	4	30	3	Rd	1
Sc	1000	4	30	1	So	0
Sc	1000	4	30	2	So	0
Sc	1000	4	30	3	So	2
Sc	1000	4	30	1	Tc	0
Sc	1000	4	30	2	Tc	0
Sc	1000	4	30	3	Tc	0
Sc	1500	4	30	1	Rd	1
Sc	1500	4	30	2	Rd	1
Sc	1500	4	30	3	Rd	1
Sc	1500	4	30	1	So	0
Sc	1500	4	30	2	So	0
Sc	1500	4	30	3	So	0
Sc	1500	4	30	1	Tc	0
Sc	1500	4	30	2	Tc	0
Sc	1500	4	30	3	Tc	1
Sc	5000	4	30	1	Rd	1
Sc	5000	4	30	2	Rd	2
Sc	5000	4	30	3	Rd	1
Sc	5000	4	30	1	So	0
Sc	5000	4	30	2	So	1
Sc	5000	4	30	3	So	0
Sc	5000	4	30	1	Tc	0
Sc	5000	4	30	2	Tc	0
Sc	5000	4	30	3	Tc	0
Sc	10000	4	30	1	Rd	2
Sc	10000	4	30	2	Rd	1
Sc	10000	4	30	3	Rd	0
Sc	10000	4	30	1	So	0
Sc	10000	4	30	2	So	0
Sc	10000	4	30	3	So	0
Sc	10000	4	30	1	Tc	0
Sc	10000	4	30	2	Tc	0
Sc	10000	4	30	3	Tc	2
Sc	20000	4	30	1	Rd	1
Sc	20000	4	30	2	Rd	2
Sc	20000	4	30	3	Rd	3
Sc	20000	4	30	1	So	0
Sc	20000	4	30	2	So	1

Sc	20000	4	30	3	So	0
Sc	20000	4	30	1	Tc	1
Sc	20000	4	30	2	Tc	1
Sc	20000	4	30	3	Tc	0
Sc	100	8	30	1	Rd	0
Sc	100	8	30	2	Rd	0
Sc	100	8	30	3	Rd	0
Sc	100	8	30	1	So	0
Sc	100	8	30	2	So	0
Sc	100	8	30	3	So	0
Sc	100	8	30	1	Tc	0
Sc	100	8	30	2	Tc	0
Sc	100	8	30	3	Tc	0
Sc	500	8	30	1	Rd	0
Sc	500	8	30	2	Rd	0
Sc	500	8	30	3	Rd	0
Sc	500	8	30	1	So	0
Sc	500	8	30	2	So	0
Sc	500	8	30	3	So	0
Sc	500	8	30	1	Tc	0
Sc	500	8	30	2	Tc	0
Sc	500	8	30	3	Tc	0
Sc	1000	8	30	1	Rd	0
Sc	1000	8	30	2	Rd	1
Sc	1000	8	30	3	Rd	1
Sc	1000	8	30	1	So	0
Sc	1000	8	30	2	So	0
Sc	1000	8	30	3	So	0
Sc	1000	8	30	1	Tc	0
Sc	1000	8	30	2	Tc	0
Sc	1000	8	30	3	Tc	0
Sc	1500	8	30	1	Rd	0
Sc	1500	8	30	2	Rd	1
Sc	1500	8	30	3	Rd	1
Sc	1500	8	30	1	So	0
Sc	1500	8	30	2	So	0
Sc	1500	8	30	3	So	0
Sc	1500	8	30	1	Tc	0
Sc	1500	8	30	2	Tc	0
Sc	1500	8	30	3	Tc	0
Sc	5000	8	30	1	Rd	0
Sc	5000	8	30	2	Rd	0
Sc	5000	8	30	3	Rd	0
Sc	5000	8	30	1	So	0
Sc	5000	8	30	2	So	1
Sc	5000	8	30	3	So	0
Sc	5000	8	30	1	Tc	0
Sc	5000	8	30	2	Tc	0
Sc	5000	8	30	3	Tc	0
Sc	10000	8	30	1	Rd	0
Sc	10000	8	30	2	Rd	0
Sc	10000	8	30	3	Rd	0

Sc	10000	8	30	1	So	0
Sc	10000	8	30	2	So	0
Sc	10000	8	30	3	So	0
Sc	10000	8	30	1	Tc	0
Sc	10000	8	30	2	Tc	1
Sc	10000	8	30	3	Tc	0
Sc	20000	8	30	1	Rd	1
Sc	20000	8	30	2	Rd	0
Sc	20000	8	30	3	Rd	1
Sc	20000	8	30	1	So	1
Sc	20000	8	30	2	So	0
Sc	20000	8	30	3	So	0
Sc	20000	8	30	1	Tc	0
Sc	20000	8	30	2	Tc	0
Sc	20000	8	30	3	Tc	0
Hb	100	4	30	1	Rd	2
Hb	100	4	30	2	Rd	2
Hb	100	4	30	3	Rd	1
Hb	100	4	30	1	So	0
Hb	100	4	30	2	So	0
Hb	100	4	30	3	So	0
Hb	100	4	30	1	Tc	0
Hb	100	4	30	2	Tc	0
Hb	100	4	30	3	Tc	1
Hb	500	4	30	1	Rd	2
Hb	500	4	30	2	Rd	3
Hb	500	4	30	3	Rd	2
Hb	500	4	30	1	So	0
Hb	500	4	30	2	So	0
Hb	500	4	30	3	So	0
Hb	500	4	30	1	Tc	0
Hb	500	4	30	2	Tc	0
Hb	500	4	30	3	Tc	0
Hb	1000	4	30	1	Rd	3
Hb	1000	4	30	2	Rd	3
Hb	1000	4	30	3	Rd	3
Hb	1000	4	30	1	So	0
Hb	1000	4	30	2	So	1
Hb	1000	4	30	3	So	0
Hb	1000	4	30	1	Tc	0
Hb	1000	4	30	2	Tc	0
Hb	1000	4	30	3	Tc	0
Hb	1500	4	30	1	Rd	4
Hb	1500	4	30	2	Rd	3
Hb	1500	4	30	3	Rd	3
Hb	1500	4	30	1	So	0
Hb	1500	4	30	2	So	1
Hb	1500	4	30	3	So	0
Hb	1500	4	30	1	Tc	3
Hb	1500	4	30	2	Tc	0
Hb	1500	4	30	3	Tc	0
Hb	5000	4	30	1	Rd	4

Hb	5000	4	30	2	Rd	4
Hb	5000	4	30	3	Rd	3
Hb	5000	4	30	1	So	1
Hb	5000	4	30	2	So	0
Hb	5000	4	30	3	So	0
Hb	5000	4	30	1	Tc	0
Hb	5000	4	30	2	Tc	0
Hb	5000	4	30	3	Tc	0
Hb	10000	4	30	1	Rd	3
Hb	10000	4	30	2	Rd	4
Hb	10000	4	30	3	Rd	5
Hb	10000	4	30	1	So	0
Hb	10000	4	30	2	So	0
Hb	10000	4	30	3	So	0
Hb	10000	4	30	1	Tc	1
Hb	10000	4	30	2	Tc	0
Hb	10000	4	30	3	Tc	0
Hb	20000	4	30	1	Rd	6
Hb	20000	4	30	2	Rd	6
Hb	20000	4	30	3	Rd	6
Hb	20000	4	30	1	So	0
Hb	20000	4	30	2	So	0
Hb	20000	4	30	3	So	0
Hb	20000	4	30	1	Tc	1
Hb	20000	4	30	2	Tc	1
Hb	20000	4	30	3	Tc	2
Hb	100	8	30	1	Rd	0
Hb	100	8	30	2	Rd	1
Hb	100	8	30	3	Rd	1
Hb	100	8	30	1	So	0
Hb	100	8	30	2	So	0
Hb	100	8	30	3	So	0
Hb	100	8	30	1	Tc	0
Hb	100	8	30	2	Tc	0
Hb	100	8	30	3	Tc	0
Hb	500	8	30	1	Rd	1
Hb	500	8	30	2	Rd	1
Hb	500	8	30	3	Rd	0
Hb	500	8	30	1	So	0
Hb	500	8	30	2	So	0
Hb	500	8	30	3	So	0
Hb	500	8	30	1	Tc	1
Hb	500	8	30	2	Tc	0
Hb	500	8	30	3	Tc	0
Hb	1000	8	30	1	Rd	1
Hb	1000	8	30	2	Rd	1
Hb	1000	8	30	3	Rd	1
Hb	1000	8	30	1	So	0
Hb	1000	8	30	2	So	0
Hb	1000	8	30	3	So	0
Hb	1000	8	30	1	Tc	0
Hb	1000	8	30	2	Tc	0

Hb	1000	8	30	3	Tc	0
Hb	1500	8	30	1	Rd	1
Hb	1500	8	30	2	Rd	2
Hb	1500	8	30	3	Rd	4
Hb	1500	8	30	1	So	0
Hb	1500	8	30	2	So	0
Hb	1500	8	30	3	So	0
Hb	1500	8	30	1	Tc	0
Hb	1500	8	30	2	Tc	0
Hb	1500	8	30	3	Tc	1
Hb	5000	8	30	1	Rd	2
Hb	5000	8	30	2	Rd	3
Hb	5000	8	30	3	Rd	4
Hb	5000	8	30	1	So	0
Hb	5000	8	30	2	So	0
Hb	5000	8	30	3	So	0
Hb	5000	8	30	1	Tc	0
Hb	5000	8	30	2	Tc	0
Hb	5000	8	30	3	Tc	0
Hb	10000	8	30	1	Rd	3
Hb	10000	8	30	2	Rd	3
Hb	10000	8	30	3	Rd	2
Hb	10000	8	30	1	So	0
Hb	10000	8	30	2	So	0
Hb	10000	8	30	3	So	0
Hb	10000	8	30	1	Tc	0
Hb	10000	8	30	2	Tc	0
Hb	10000	8	30	3	Tc	0
Hb	20000	8	30	1	Rd	2
Hb	20000	8	30	2	Rd	2
Hb	20000	8	30	3	Rd	3
Hb	20000	8	30	1	So	0
Hb	20000	8	30	2	So	0
Hb	20000	8	30	3	So	0
Hb	20000	8	30	1	Tc	0
Hb	20000	8	30	2	Tc	0
Hb	20000	8	30	3	Tc	0

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

Συνολικός αριθμός νεκρών ατόμων στους μάρτυρες.

Νηματώδεις	Επανάληψη	Έκθεση	Θερμοκρασία	Έντομο – Προνύμφη	Πλήθος νεκρών ατόμων
Sf	1	4	20	Rd	1
Sf	2	4	20	Rd	1
Sf	3	4	20	Rd	1
Sf	1	4	20	So	0
Sf	2	4	20	So	0
Sf	3	4	20	So	0
Sf	1	4	20	Tc	0
Sf	2	4	20	Tc	0
Sf	3	4	20	Tc	0
Sf	1	8	20	Rd	0
Sf	2	8	20	Rd	0
Sf	3	8	20	Rd	1
Sf	1	8	20	So	0
Sf	2	8	20	So	0
Sf	3	8	20	So	0
Sf	1	8	20	Tc	0
Sf	2	8	20	Tc	0
Sf	3	8	20	Tc	0
Sf	1	4	20	Tc (Π)	0
Sf	2	4	20	Tc (Π)	0
Sf	3	4	20	Tc (Π)	0
Sf	1	8	20	Tc (Π)	1
Sf	2	8	20	Tc (Π)	0
Sf	3	8	20	Tc (Π)	1
Sf	1	4	20	Ek(Π)	1
Sf	2	4	20	Ek(Π)	2
Sf	3	4	20	Ek(Π)	2
Sf	1	8	20	Ek(Π)	0
Sf	2	8	20	Ek(Π)	1
Sf	3	8	20	Ek(Π)	0
Sc	1	4	20	Rd	0
Sc	2	4	20	Rd	0
Sc	3	4	20	Rd	0
Sc	1	4	20	So	0
Sc	2	4	20	So	0
Sc	3	4	20	So	0
Sc	1	4	20	Tc	0
Sc	2	4	20	Tc	0
Sc	3	4	20	Tc	0
Sc	1	8	20	Rd	0
Sc	2	8	20	Rd	0
Sc	3	8	20	Rd	0
Sc	1	8	20	So	0

Sc	2	8	20	So	0
Sc	3	8	20	So	0
Sc	1	8	20	Tc	0
Sc	2	8	20	Tc	0
Sc	3	8	20	Tc	0
Sc	1	4	20	Tc (Π)	0
Sc	2	4	20	Tc (Π)	0
Sc	3	4	20	Tc (Π)	0
Sc	1	8	20	Tc (Π)	1
Sc	2	8	20	Tc (Π)	1
Sc	3	8	20	Tc (Π)	1
Sc	1	4	20	Ek (Π)	0
Sc	2	4	20	Ek(Π)	0
Sc	3	4	20	Ek (Π)	0
Sc	1	8	20	Ek (Π)	1
Sc	2	8	20	Ek (Π)	1
Sc	3	8	20	Ek (Π)	1
Hb	1	4	20	Rd	1
Hb	2	4	20	Rd	2
Hb	3	4	20	Rd	2
Hb	1	4	20	So	0
Hb	2	4	20	So	0
Hb	3	4	20	So	0
Hb	1	4	20	Tc	1
Hb	2	4	20	Tc	0
Hb	3	4	20	Tc	0
Hb	1	8	20	Rd	0
Hb	2	8	20	Rd	1
Hb	3	8	20	Rd	0
Hb	1	8	20	So	1
Hb	2	8	20	So	2
Hb	3	8	20	So	1
Hb	1	8	20	Tc	0
Hb	2	8	20	Tc	0
Hb	3	8	20	Tc	0
Hb	1	4	20	Tc (Π)	1
Hb	2	4	20	Tc (Π)	0
Hb	3	4	20	Tc (Π)	0
Hb	1	8	20	Tc (Π)	0
Hb	2	8	20	Tc (Π)	0
Hb	3	8	20	Tc (Π)	0
Hb	1	4	20	Ek (Π)	1
Hb	2	4	20	Ek (Π)	1
Hb	3	4	20	Ek (Π)	0
Hb	1	8	20	Ek (Π)	0
Hb	2	8	20	Ek (Π)	0
Hb	3	8	20	Ek (Π)	1
Sf	1	4	30	Rd	2
Sf	2	4	30	Rd	0
Sf	3	4	30	Rd	1

Sf	1	4	30	So	4
Sf	2	4	30	So	5
Sf	3	4	30	So	4
Sf	1	4	30	Tc	0
Sf	2	4	30	Tc	0
Sf	3	4	30	Tc	0
Sf	1	8	30	Rd	0
Sf	2	8	30	Rd	1
Sf	3	8	30	Rd	0
Sf	1	8	30	So	2
Sf	2	8	30	So	1
Sf	3	8	30	So	1
Sf	1	8	30	Tc	0
Sf	2	8	30	Tc	0
Sf	3	8	30	Tc	0
Sf	1	4	30	Tc (Π)	0
Sf	2	4	30	Tc (Π)	0
Sf	3	4	30	Tc (Π)	0
Sf	1	8	30	Tc (Π)	0
Sf	2	8	30	Tc (Π)	0
Sf	3	8	30	Tc (Π)	1
Sf	1	4	30	Ek (Π)	0
Sf	2	4	30	Ek (Π)	0
Sf	3	4	30	Ek (Π)	1
Sf	1	8	30	Ek (Π)	0
Sf	2	8	30	Ek (Π)	2
Sf	3	8	30	Ek (Π)	0
Sc	1	4	30	Rd	0
Sc	2	4	30	Rd	1
Sc	3	4	30	Rd	0
Sc	1	4	30	So	5
Sc	2	4	30	So	7
Sc	3	4	30	So	6
Sc	1	4	30	Tc	1
Sc	2	4	30	Tc	0
Sc	3	4	30	Tc	0
Sc	1	8	30	Rd	0
Sc	2	8	30	Rd	1
Sc	3	8	30	Rd	0
Sc	1	8	30	So	5
Sc	2	8	30	So	0
Sc	3	8	30	So	3
Sc	1	8	30	Tc	0
Sc	2	8	30	Tc	0
Sc	3	8	30	Tc	1
Sc	1	4	30	Tc (Π)	0
Sc	2	4	30	Tc (Π)	0
Sc	3	4	30	Tc (Π)	0
Sc	1	8	30	Tc (Π)	0
Sc	2	8	30	Tc (Π)	1

Sc	3	8	30	Tc (Π)	1
Sc	1	4	30	Ek (Π)	0
Sc	2	4	30	Ek (Π)	0
Sc	3	4	30	Ek (Π)	0
Sc	1	8	30	Ek (Π)	1
Sc	2	8	30	Ek (Π)	2
Sc	3	8	30	Ek (Π)	2
Hb	1	4	30	Rd	1
Hb	2	4	30	Rd	0
Hb	3	4	30	Rd	0
Hb	1	4	30	So	4
Hb	2	4	30	So	4
Hb	3	4	30	So	6
Hb	1	4	30	Tc	0
Hb	2	4	30	Tc	0
Hb	3	4	30	Tc	0
Hb	1	8	30	Rd	0
Hb	2	8	30	Rd	0
Hb	3	8	30	Rd	1
Hb	1	8	30	So	2
Hb	2	8	30	So	1
Hb	3	8	30	So	2
Hb	1	8	30	Tc	0
Hb	2	8	30	Tc	1
Hb	3	8	30	Tc	0
Hb	1	4	30	Tc (Π)	0
Hb	2	4	30	Tc (Π)	0
Hb	3	4	30	Tc (Π)	1
Hb	1	8	30	Tc (Π)	1
Hb	2	8	30	Tc (Π)	0
Hb	3	8	30	Tc (Π)	1
Hb	1	4	30	Ek (Π)	2
Hb	2	4	30	Ek (Π)	3
Hb	3	4	30	Ek (Π)	2
Hb	1	8	30	Ek (Π)	0
Hb	2	8	30	Ek (Π)	1
Hb	3	8	30	Ek (Π)	0