

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**«Αξιολόγηση του indoxacarb κατά εντόμων αποθηκευμένων
γεωργικών προϊόντων και τροφίμων σε διάφορες επιφάνειες»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



ΖΩΣΙΜΑΣ ΑΛΕΞΙΟΣ

ΓΕΩΠΟΝΟΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2013

Βόλος

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ζωσιμάς Αλέξιος

Γεωπόνος

**«Αξιολόγηση του imidacarb κατά εντόμων αποθηκευμένων
γεωργικών προϊόντων και τροφίμων σε διάφορες επιφάνειες»**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Εξεταστική Επιτροπή

Αθανασίου Χρήστος (Επιβλέπων)

Τσιρόπουλος Νικόλαος (Μέλος)

Παπαδόπουλος Νικόλαος (Μέλος)

Βόλος 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1.1 Εισαγωγή.....	6-7
-------------------	-----

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1 Ζωικοί εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων φυτικής προέλευσης	8
2.1.1 Οικογένεια Tenebrionidae	8-10
2.1.2 Οικογένεια Trogositidae	10-11
2.1.3 Οικογένεια Dermestidae	11
2.1.4 Οικογένεια Gelechiidae	12
2.1.5 Οικογένεια Silvanidae	13-14
2.1.6 Οικογένεια Bostrychidae	15-16
2.1.7 Οικογένεια Curculionidae	16-18
2.1.8 Οικογένεια Pyralididae	18-20
2.1.9 Οικογένεια Bruchidae	21
2.1.10 Οικογένεια Anodiidae	21-23
2.1.11 Οικογένεια Acaridae	23
2.1.12 Μυρμήγκια	24
2.1.13 Κατσαρίδες	24
2.1.14 Τρωκτικά	24-25
2.2 Άλλες αιτίες ποιοτικών υποβαθμίσεων και ποσοτικών απωλειών στα αποθηκευμένα τρόφιμα (μύκητες, βακτήρια, ιοί)	26-28

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ – Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών

3.1 Γενικά στοιχεία	29
3.2 Κατάσταση του προς αποθήκευση προϊόντος	29-30
3.3 Κατάσταση των αποθηκευτικών χώρων	30
3.4 Προετοιμασία αποθήκης για αποθήκευση προϊόντος	30-31
3.5 Προετοιμασία αποθηκευτικού χώρου	31-32
3.6 Συμπληρωματικά μέτρα προφύλαξης	32
3.7 Έλεγχος προϊόντος – Επιθεώρηση προϊόντος	32-33
3.8 Μέτρηση και κατάταξη της προσβολής	33
3.8.1 Προσδιορισμός του CO ₂	33
3.8.2 Προσδιορισμός του ουρικού οξέος	33
3.8.3 Εμβάπτιση του σπόρου σε διαλύματα διαφορετικής περιεκτικότητας	33-34
3.8.4 Συσκευή των ASHMAN-SIMON	34
3.8.5 Χρήση εντομοπαγίδας	34
3.8.6 Ακτίνες X	34
3.8.7 Ηλεκτροακουστική συσκευή	34
3.9 Κατασταλτικά μέσα για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών	35
3.9.1 Μηχανικά Μέσα	35-36
3.9.2 Φυσικά Μέσα	36-42
3.9.3 Βιολογικές Μέθοδοι	43
3.9.4 Βιοτεχνολογικές Μέθοδοι	43-44
3.9.5 Χημικά Μέσα	44
3.9.5.1 Εντομοκτόνα Επαφής	44-47
3.9.5.2 Καπνογόνα	47-52

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ – indoxacarb

4.1 Τρόπος δράσης	53-54
4.2 Τύχη του indoxacarb στο περιβάλλον	54-55

4.3 Χρήση του indoxacarb στην πάροδο του χρόνου	55-56
5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ – Σκοπός της παρούσας μελέτης	57
6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ – Υλικά και Μέθοδοι	
6.1 Εντομοκτόνο	58
6.2 Έντομα	58-59
6.3 Επιφάνειες που χρησιμοποιήθηκαν	59
6.4 Πρώτη σειρά βιοδοκιμών στην επιφάνεια τσιμέντου	59-60
6.4.1 <i>Sitophilus oryzae</i>	60
6.4.2 <i>Oryzaephilus surinamensis</i>	60-61
6.4.3 <i>Tribolium confusum</i>	61
6.4.3.1 Ωά	61
6.4.3.2 Προνύμφες	61
6.4.3.3 Πλαγγόνες	61
6.4.3.4 Ακμαία	61
6.5 Δεύτερη σειρά βιοδοκιμών σε τσιμέντο , κεραμικό και μέταλλο	62
6.6 Στατιστική Επεξεργασία	63
7 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
7.1 Αποτελέσματα πρώτης σειράς βιοδοκιμών	64
7.1.1 Θνησιμότητα <i>S. oryzae</i> στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών	64-66
7.1.2 Θνησιμότητα του <i>O. surinamensis</i> στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών	67-69
7.1.3 Θνησιμότητα του <i>Tribolium confusum</i> στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών ...	70-77
7.2 Αποτελέσματα δεύτερης σειράς βιοδοκιμών	78
7.2.1 Θνησιμότητα <i>S. oryzae</i> σε διάφορες επιφάνειες	78-79
7.2.2 Θνησιμότητα <i>O. surinamensis</i> σε διάφορες επιφάνειες	80-81
7.2.3 Θνησιμότητα <i>T. confusum</i> σε διάφορες επιφάνειες	82-83
8 ΚΕΦΑΛΑΙΟ – Συμπεράσματα και Συζήτηση	84-86
9 ΚΕΦΑΛΑΙΟ – ΒΙΟΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	87-91

Ευχαριστίες

Μετά την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου Αθανασίου Χρήστο, Επίκουρο Καθηγητή του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, για την πολύτιμη βοήθειά του που μου προσέφερε κατά την διεξαγωγή της Διπλωματικής μου, όσο και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με τον συγκεκριμένο κλάδο καθώς και για την εμπιστοσύνη του στους χώρους του Εργαστηρίου.

Δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω το προσωπικό του εργαστηρίου και ιδιαίτερα τον κ. Ζάρπα Κωνσταντίνο. Όπως επίσης και τον υποψήφιο Διδάκτορα του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας Βασιλλάκο Θωμά, όπου οι πληροφορίες του, η βοήθειά του και η συμβολή του στη διεξαγωγή του πειράματος ήταν πολύτιμη.

Οφείλω επίσης να ευχαριστήσω του καθηγητές, Τσιρόπουλο Νικόλαο και Παπαδόπουλο Νικόλαο για την συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για την πολύτιμη στήριξή τους αλλά και για την κατανόηση που έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Εισαγωγή

Ο άνθρωπος από τα πρώτα βήματα του πολιτισμού του, βρέθηκε αντιμέτωπος με πολυάριθμους νοσογόνους παράγοντες, οι οποίοι, είτε απειλούσαν την υγεία του και ελάττωναν τους πληθυσμούς του, είτε μείωναν σημαντικά ή κατέστρεφαν ολοσχερώς τις συγκομιδές του.

Παρά τις αξιόλογες προόδους της επιστήμης στο βιολογικό και τεχνολογικό τομέα, οι οποίες είχαν σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση και αναθεώρηση των εφαρμοζόμενων από τον άνθρωπο μέτρων προστασίας της γεωργίας, οι προκαλούμενες από τους διάφορους εχθρούς ζημιές στη γεωργική παραγωγή, εξακολουθούν ακόμη και σήμερα να είναι σημαντικές, και ανέρχονται διεθνώς σε πολλά τρισεκατομμύρια ευρώ ετησίως.

Η συνεχής κατά γεωμετρική πρόοδο αύξηση του πληθυσμού της γης, επιβάλλει μεταξύ άλλων και την αντιμετώπιση του μεγάλου προβλήματος της διατροφής του ανθρώπου. Ο άνθρωπος, στο συνεχή αγώνα του για επιβίωση, παράγει μεγάλες ποσότητες προϊόντων τα οποία πρέπει να αποθηκεύσει, με σκοπό, να μεταποιηθούν, να μεταφερθούν ή να καταναλωθούν (Μπουχέλος, 1985).

Τα γεωργικά προϊόντα, προσβάλλονται από διαφόρων κατηγοριών εχθρούς και ασθένειες όταν αποθηκεύονται, που πολλές φορές προκαλούν σημαντικές ζημιές. Σύμφωνα με τον F.A.O. (Παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας), οι απώλειες σε έτοιμο προϊόν κατά την αποθήκευση ανέρχονται στο 17% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής (10% από έντομα και 7% περίπου από ακάρεα, τρωκτικά και ασθένειες).

Γενικότερα, η οικονομική σημασία των βλαπτικών αυτών εχθρών της παραγωγής, προβάλλει πλέον ανάγλυφη παγκοσμίως, εάν ληφθεί υπόψη ότι σήμερα τα 2/3 περίπου του πληθυσμού της γης υποσιτίζεται, ενώ σε πολλές χώρες οι θάνατοι από ασιτία ανέρχονται σε σημαντικό ποσοστό ετησίως (Θωμαΐδης, 1992). Οι προσπάθειες για να επιλυθούν τα προβλήματα αυτά δεν περιορίζονται μόνο στην εξεύρεση τρόπων αύξησης και καλυτέρευσης της γεωργικής παραγωγής, αλλά επεκτείνονται στους τομείς διακίνησης και αποθήκευσης των παραγομένων προϊόντων, με σκοπό την μείωση των απωλειών και ζημιών από έντομα και ασθένειες.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των εντόμων αποθηκών είναι η μεγάλη και ταχύτατη εξάπλωσή τους, οι πολλές γενεές το χρόνο και η προσβολή μεγάλης ποσότητας σπόρων και συναφών προϊόντων από ένα άτομο (Μπουχέλος, 1985). Η καταπολέμησή τους έχει καταστεί επιτακτική ανάγκη και βασίζεται σε διαφορετικές στρατηγικές από αυτές που ακολουθούνται για τους εχθρούς των καλλιεργειών. Οι απώλειες που μπορεί να προκαλέσει ένα έντομο αποθηκών σε κάποιο προϊόν είναι κυριολεκτικά ανεπανόρθωτες. Έχει υπολογισθεί ότι, τα ακμαία και οι προνύμφες των κολεοπτέρων και οι προνύμφες των λεπιδοπτέρων τρέφονται σε μια εβδομάδα με προϊόν πολλαπλάσιου του βάρους τους.

Εκτός από τις ποσοτικές ζημιές, οι προσβολές των αποθηκευμένων προϊόντων από έντομα και ακάρεα μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας στους καταναλωτές αυτών των προϊόντων. Η παρουσία εντόμων σε προϊόντα που, είτε βρίσκονται στο στάδιο της επεξεργασίας, είτε φτάνουν στην κατανάλωση, είναι πολλές φορές συνδεδεμένη με την εμφάνιση αλλεργικών αντιδράσεων. Έτσι:

- i. Η παρουσία διαφόρων τμημάτων των εντόμων (τριχών, ποδιών, πτερύγων) έχει παρατηρηθεί να προκαλεί αλλεργικά φαινόμενα στο προσωπικό επεξεργασίας φυτικών προϊόντων. Η παρουσία πολύ μεγάλου αριθμού εκδυμάτων ή τριχών π. χ. των προνυμφών εντόμων της οικ. Dermestidae μπορεί να προκαλέσει έντονο κνησμό στο λαιμό, συνοδευόμενο από ξηρό και συνεχή βήχα.
- ii. Τα ακάρεα *Acarus siro* και *Tyrophagus putrescentiae*, που προσβάλουν τα άλευρα, είναι υπεύθυνα για αλλεργικές δερματίτιδες γνωστές ως "κνησμός των αρτοποιιών".
- iii. Δερματίτιδες, έκζεμα και έντονο κνησμό, λόγω έκθεσης σε προνύμφες και αποχωρήματα του λεπιδοπτέρου *Plodia interpunctella*.
- iv. Η κατάποση τμημάτων ή ολόκληρων εντόμων, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητα φαινόμενα που συνήθως εκδηλώνονται με δυσπεψία, εμετούς, ναυτίες, διάρροιες κ.λ.π.
- v. Τέλος η παρουσία τοξινών που παράγονται από έντομα ή μυκοτοξινών που παράγονται από μύκητες μετά από εντομολογικές προσβολές, σε τρόφιμα, είναι από τα σοβαρότερα προβλήματα που μπορούν να παρουσιαστούν σε αποθηκευμένα προϊόντα (Μπουχέλος 1993).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Ζωικοί εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων φυτικής προέλευσης

2.1.1 Οικογένεια Tenebrionidae

- i. *Tribolium castaneum* (Herbst). Κοινή ονομασία: Σκούρο σκαθάρι των αλεύρων.

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει λεπτό σώμα, μήκους 3-4 mm, με ομοιόμορφο καφεκόκκινο προς σκούρο καφέ χρώμα. Τα τρία τελευταία άρθρα των κεραιών τους σχηματίζουν ρόπαλο. Οι προνύμφες είναι λεπτές και ευκίνητες, χρώματος λευκού προς καφεκίτρινο με μήκος 5-6 mm σε πλήρες μέγεθος.

Βιολογία

Το ακμαίο εναποθέτει τα ωά του αραιά μέσα στην τροφή. Το θηλυκό μπορεί να εναποθέσει 350 – 400 ωά το χρόνο. Ο βιολογικός του κύκλος διαρκεί 7 έως 12 εβδομάδες αναλόγως με την θερμοκρασία. Οι προνύμφες νυμφώνονται μέσα στο προϊόν, είναι ευαίσθητες στο κρύο ενώ η υψηλή υγρασία ευνοεί την ανάπτυξή τους. Τα ακμαία πετούν σπανίως και μπορούν να ζήσουν πάνω από τρία χρόνια (Σταμόπουλος, 2000).

Ζημιές

Τα ακμαία και οι προνύμφες τρέφονται συνήθως με άλευρα, σιτηρά και άλλους σπόρους, επεξεργασμένα προϊόντα, ξηρούς καρπούς, κόκκους καφές κ.α. . Επίσης μπορούν να προσβάλουν και ακέραια φύτρα σιταριού. Απαντώνται συχνά σε μύλους. Σε βαριά προσβολή τα άλευρα αποκτούν χαρακτηριστική οσμή, παίρνουν καφέ χρώμα και γίνονται ακατάλληλα για την αρτοποιία.

- ii. *Tribolium confusum* (Jacquelin Du Val). Κοινή ονομασία: Σκαθάρι των αλεύρων

Μορφολογία

Τα ωά του *T. confusum* είναι λευκού χρώματος και καλύπτονται από μια κολλητική ουσία, πάνω στην οποία τα σωματίδια από το αλεύρι προσκολλώνται με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η αντιμετώπισή τους. Η προνύμφη σε πλήρη ανάπτυξη έχει μήκος 4-6 mm και χρώμα υπόλευκο. Είναι κυλινδρική και σκληρή ενώ μπορεί να διακριθεί από τις άλλες για το λόγο ότι έχει σκούρα κεφαλή (Σταμόπουλος, 1999).

Τα ενήλικα είναι χρώματος καστανού – κόκκινου και έχουν μήκος 3-4 mm. Η διάκριση και αναγνώριση του είδους είναι δύσκολη για το λόγο ότι το *T. confusum* μπορεί εύκολα να συγχέεται στον προσδιορισμό του με το *T. castaneum*. Και στα δύο είδη οι κεραίες είναι ροπαλοειδείς, αλλά στο *T. castaneum* τα τρία τελευταία άρθρα που σχηματίζουν το ρόπαλο διογκώνονται απότομα, ενώ στο *T. confusum* σταδιακά.

Τα ακμαία ενώ φέρουν μεμβρανοειδείς πτέρυγες, δεν πετούν (Trematerra and Süss, 2006).

Βιολογία

Τα ακμαία διαχειμάζουν μέσα στο αλεύρι ή στους αποθηκευμένους σπόρους. Το ακμαίο θηλυκό εναποθέτει τα ωά του πάνω ή μέσα στο προϊόν στο οποίο βρίσκεται, σε διάφορες ρωγμές που μπορεί να υπάρχουν στους αποθηκευτικούς χώρους, μέσα στη πλέξη των σάκων που μπορεί να χρησιμοποιούνται για την μεταφορά των προϊόντων κ.α. . Ο μέσος όρος του αριθμού των ωών που εναποθέτει το θηλυκό είναι 300 – 800. Το θηλυκό μπορεί να εναποθέσει 2 – 3 ωά την ημέρα και έχει την ικανότητα να ζήσει μέχρι και 2 χρόνια σε κατάλληλες συνθήκες. Οι προνύμφες διέρχονται από 5 – 18 προνυμφικά στάδια και λαμβάνουν την πλήρη ανάπτυξη σε 30 ημέρες. Το στάδιο της νύμφης μπορεί να διαρκέσει 8 ημέρες σε συνθήκες δωματίου. Ο βιολογικός κύκλος μπορεί να ολοκληρωθεί σε 7-10 εβδομάδες, ενώ παρατηρούνται 4-5 γενεές ετησίως.

Ζημιές

Είναι ένας από τους σημαντικότερους εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων και απαντάται σε οικίες, σε βιομηχανίες τροφίμων αλλά και σε μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους. Το έντομο αυτό είναι κατά κύριο λόγο έντομο των θερμών κλιμάτων. Τα προϊόντα τα οποία μπορούν να προσβάλουν είναι μπιζέλια, φασόλια, δημητριακά, αμύγδαλα, αλεύρι σιταριού, σιμιγδάλι, σπασμένους σπόρους σιτηρών, ξηρά λαχανικά, σοκολάτα, κακάο κ.α. . Οι ζημιές είναι σημαντικότερες όσο η σχετική υγρασία των σπόρων είναι υψηλότερη. Μπορούν να δώσουν μια δυσάρεστη γεύση και οσμή στο προϊόν από την έκκριση ουσιών από τους αδένες τους. (Baldwin, 2010). Το είδος αυτό προσβάλλει σχεδόν όλα τα είδη τροφίμων, κυρίως όμως βρίσκεται σε τρόφιμα φυτικής προέλευσης, με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμυλο. Μπορεί επίσης να προκαλέσει ζημιές και σε προϊόντα που βρίσκονται σε ράφια καταστημάτων. Να αναφερθεί ότι το έντομο αυτό αναπτύσσεται καλύτερα και ταχύτερα σε σπασμένους παρά σε ολόκληρους σπόρους όπου η παρουσία του περισπερμίου φαίνεται ότι αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την είσοδο στο εσωτερικό τους (Aitken, 1975).



Εικόνα 1. Ακμαίο *Tribolium castaneum*.



Εικόνα 2. Αριστερά ακμαίο *Tribolium confusum*, Δεξιά προνύμφη *Tribolium confusum*.

2.1.2 Οικογένεια Trogositidae

i. *Tenebrioides (Trogosita) mauritanicus* (L). Κοινή ονομασία: Σκαθάρι των σπόρων

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος 10 mm περίπου, χρώμα λαμπερό καστανόμαυρο και κεφαλή και θώρακα διογκωμένα που χωρίζονται ευκρινώς από την κοιλιά. Έχει πολύ ανεπτυγμένες γνάθους. Η προνύμφη είναι υπόλευκη καστανή με μήκος 20 mm, κεφαλή μαύρη, στην συνέχεια μαύρες θωρακικές πλάκες και στο τέλος του σώματός της δύο μαύρα άγκιστρα και μακριές σωματικές τρίχες. Η πλαγγόνα είναι λευκοκίτρινη μήκους 7-8 mm.

Βιολογία

Το θηλυκό εναποθέτει 500 – 1000 ωά πάνω στην τροφή του σε διάστημα μηνών έως ενός έτους. Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί περίπου ένα χρόνο. Οι προνύμφες σχηματίζουν νυμφικό κελί στα υπολείμματα της τροφής τους ή σε μαλακό ξύλο της αποθήκης. Τα ακμαία μπορούν να ζήσουν πάνω από ένα έτος (Σταμόπουλος, 1999).

Ζημιές

Μετά από 1 με 2 βδομάδες οι νεαρές προνύμφες που εκκολάπτονται προσβάλλουν τους σπόρους των σιτηρών βάμβακος, όπως επίσης άλευρα, πίτυρα, κακάο και άλλα προϊόντα. Μία προνύμφη προσβάλλει πολλούς σπόρους. Εμφανίζει μια γενιά το χρόνο. Τα ακμαία έχουν και σαρκοφάγο και εντομοφάγο συμπεριφορά. Οι ώριμες προνύμφες και τα ακμαία έχουν τη συνήθεια να ανοίγουν στοά μέσα στα ξύλινα μέρη των αποθηκών, όπου κρύβονται για μήνες, περιμένοντας την εισαγωγή νέων προϊόντων.



Εικόνα 3. Ακμαίο *Tenebrioides (Trogosita) mauritanicus*.

2.1.3 Οικογένεια Dermestidae

- i. *Trogoderma granarium* (Everts). Κοινή ονομασία: Τρωγόδεσμα των σπόρων.

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος 3 mm, έχει σχήμα ωοειδές και το χρώμα του είναι καστανό με καστανόμαυρες ανταύγειες στα έλυτρα και σκεπάζονται με λευκές τρίχες. Η προνύμφη του έχει μήκος 5 mm, το χρώμα της είναι ανοιχτό καστανό και φέρει μακριές και λεπτές κοκκινωπές τρίχες.

Βιολογία

Το κάθε θηλυκό εναποθέτει μέχρι 125 ωά αραιά πάνω στην τροφή. Οι προνύμφες μπορούν να ζήσουν επί έτη χωρίς να τρέφονται. Σε ευνοϊκές συνθήκες ο βιολογικός κύκλος μπορεί να διαρκέσει μέχρι 30 ημέρες στους 30°C , περίπου 2 μήνες στους 25°C και πάνω από ένα έτος σε δυσμενείς συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών (Σταμόπουλος, 1999).

Ζημιές

Είναι πολύ σοβαρός εχθρός των αποθηκευμένων προϊόντων. Τα ακμαία δεν τρέφονται. Απαντώνται σε σιλό, αποθήκες και μύλους. Προσβάλλει όλους τους τύπους των σιτηρών, όσπρια και ξηρούς καρπούς. Τέλος είναι έντομο καραντίνας για πολλές χώρες.



Εικόνα 4. Ακμαίο *Trogoderma granarium*.

2.1.4 Οικογένεια Gelechiidae

i. *Sitotroga cerealella* (Oliver). Κοινή ονομασία: Σκουλήκι σιτηρών

Μορφολογία

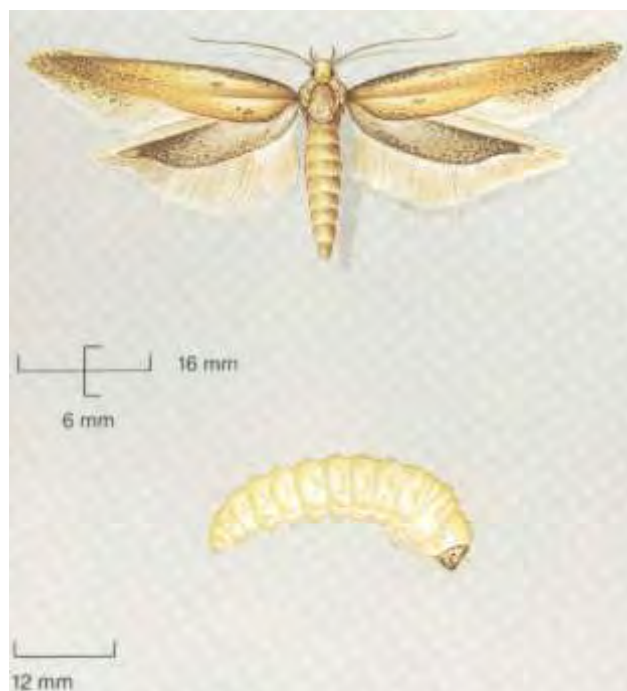
Το ακμαίο έχει μήκος σώματος 6-9 mm και άνοιγμα πτερύγων 13-19 mm. Οι πρόσθιες πτέρυγες έχουν χρώμα αχυρόχρυσο, οι οπίσθιες είναι γκριζωπές και φέρουν μακρούς κροσσούς.

Βιολογία

Το θηλυκό γεννά κατά μέσο όρο 150 ωά. Οι προνύμφες ορύσσουν στοές τρώγοντας την «ψίχα» των σπόρων και των σιτηρών μέχρι την πλήρη ανάπτυξή τους. Σε εύκρατα κλίματα μπορεί να συμπληρώσει τον βιολογικό κύκλο σε 5 εβδομάδες (Σταμόπουλος, 1999).

Ζημιές

Προσβάλλει κυρίως τους σπόρους του σίτου και του αραβόσιτου στους αγρούς και στις αποθήκες, όπου και γίνεται και η μεγαλύτερη ζημιά. Οι απώλειες σε βάρος μπορεί να φτάσουν και το 50% για το σιτάρι και 25% για το καλαμπόκι.



Εικόνα 5. Ακμαίο *Sitotroga cerealella*.

2.1.5 Οικογένεια *Silvanidae*

- i. *Oryzaephilus surinamensis* (L.) Κοινή ονομασία: Οδοντωτό σκαθάρι των σπόρων.

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει λεπτό σώμα, μήκους 2,5 – 3,5 mm, χρώμα σκούρο καφέ και προθώρακα με δύο κατά μήκος αυλάκια και 6 οδοντωτές αποφύσεις σε κάθε πλευρά. Οι λεπτές υποκίτρινου χρώματος προνύμφες είναι ευκίνητες και φτάνουν σε μήκος 3,5 – 4 mm. Οι προνύμφες νυμφώνονται μέσα στην τροφή.

Βιολογία

Το θηλυκό εναποθέτει κατά μέσο όρο 150 ωά ελεύθερα μέσα στο προϊόν που προσβάλλει. Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 3 – 10 εβδομάδες ανάλογα με τη θερμοκρασία, τη διατροφή και την υγρασία. Η κατώτερη θερμοκρασία για ανάπτυξη είναι περίπου 18°C και σχετική υγρασία 70 – 90%. Στις εύκρατες ζώνες, τα ακμαία επιζούν το χειμώνα και μπορούν να επιζήσουν μέχρι και 3 χρόνια. Πολλαπλασιάζεται γρήγορα και συμπληρώνει πολλές γενεές το χρόνο (Σταμόπουλος, 1999).

Ζημιές

Οι νεοεκκολαπτόμενες προνύμφες αρχίζουν να τρέφονται από προσβεβλημένους σπόρους και κάθε προνύμφη τρώει περισσότερους από έναν σπόρους, τους οποίους συνδέει με τα εκκρίματά της. Είναι είδος παμφάγο. Προσβάλλει σπόρους σιτηρών, φρούτα, κρέατα, σταφίδα, σοκολάτα, καπνό, ζυμαρικά κ.ά..

- ii. *Cryptolestes* spp. (Stephens). Κοινή ονομασία: Σιταρόψειρα

Μορφολογία

Είναι τα μικρότερα σκαθάρια σπόρων σε μέγεθος με μήκος σώματος 1,5 – 2 mm, καστανοκόκκινα ή κιτρινοκάστανα λεπτά και πλατιά με μακριές κεραίες. Οι προνύμφες τους είναι λεπτές, λευκοκίτρινες, μήκους 3- 4 mm και νυμφώνονται σε κουκούλι.

Βιολογία

Το θηλυκό αποθέτει περίπου 100 – 400 ωά μέσα σε ρωγμές των σπόρων. Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 5 – 12 εβδομάδες ανάλογα με τη θερμοκρασία. Τα ακμαία αναπτύσσονται μέσα και έξω από την ψίχα των σπόρων. Αντέχουν σε σχετικά χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες.

Ζημιές

Προσβάλλουν όλων των ειδών τα σιτηρά και τα προϊόντα τους. Επίσης ρύζι, ξηρούς καρπούς, φυτικές ουσίες, βότανα και πλακούντες από ελαιούχους σπόρους. Η γρήγορη αναπαραγωγή τους δημιουργεί υψηλές θερμοκρασίες στη μάζα των σιτηρών με δυσάρεστα αποτελέσματα. Επειδή μπορούν να τραφούν και με τα φύτρα των

σπόρων, ενώ είναι δυνατόν να καταστρέψουν κριθάρι ζυθοποιίας και σπόρους που προορίζονται για σπορά (Σταμόπουλος, 1999).



Εικόνα 6. Ακμαίο *Oryzaephilus surinamensis*.



Εικόνα 7. Προνύμφες *Oryzaephilus surinamensis*.



Εικόνα 8. Ακμαίο *Cryptolestes* spp..

2.1.6 Οικογένεια Bostrychidae

i. *Rhyzopertha dominica* (F.). Κοινή ονομασία: Σκαθάρι του ρυζιού.

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος 2 – 3mm , καστανό χρωματισμό και σχήμα σώματος κυλινδρικό. Τα νεοεκκολαφθέντα έντομα έχουν χρώμα καστανοκίτρινο και ύστερα από 10 ημέρες γίνεται πιο καστανό. Η κεφαλή είναι σχεδόν κρυμμένη κάτω από το πρόνωτο, συνεπώς μόνο οι κεραίες του εντόμου είναι εμφανείς από την κάτω πλευρά. Η κάθε κεραία περιλαμβάνει 10 τμήματα. Τα ωά έχουν 0,6mm μήκος και 0,2mm διάμετρο, έχουν κυλινδρικό σχήμα με την άκρη κάπως μυτερή και με χρώμα καστανό (Σταμόπουλος, 1999). Οι προνύμφες έχουν μήκος 4mm είναι λευκές και πάνω στο σώμα τους έχουν τρίχες. Το σώμα τους είναι καμπυλωτό και καλυμμένο με μικρές «ακίδες». Και οι προνύμφες και τα ακμαία έχουν ισχυρά στοματικά μόρια.

Βιολογία

Το ακμαίο θηλυκό εναποθέτει τα ωά του ξεχωριστά ή σε ομάδες των 2 – 30 ωών μέσα ή πάνω στους σπόρους. Η προνύμφη προτιμά να τρέφεται με το φύτρο των σπόρων παρά με το ενδοσπέρμιο των σπόρων. Η αποτυχία διάτρησης του σπόρου έχει σαν αποτέλεσμα την υψηλή θνησιμότητα και την αργή ανάπτυξη των προνυμφών. Σε θερμοκρασίες 30 – 34°C και 70% σχετική υγρασία, οι προνύμφες μπορούν σε διάστημα 17 – 19 ημερών να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους και να μεταμορφωθούν σε πλαγγόνες (Σταμόπουλος, 1999). Στις ίδιες συνθήκες τα ακμαία μπορούν να βγουν από τους σπόρους των δημητριακών σε διάστημα 3 – 5 ημερών. Ο συνολικός αριθμός ωών που έχει την ικανότητα να εναποθέσει ένα θηλυκό είναι από 240 μέχρι 500. Η εκκόλαψη των προνυμφών από τα ωά ολοκληρώνεται σε διάστημα 3 – 5 ημερών.

Ζημιές

Είναι πολυφάγο και κοσμοπολίτικο και απαντάται σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές του κόσμου, αλλά έχει βρεθεί και σε θερμές και εύκρατες περιοχές. Πολλαπλασιάζεται με σχετικά γρήγορο ρυθμό και η εμφάνιση μεγάλων πληθυσμών ευνοείται αν οι σπόροι στους οποίους τρέφεται μείνουν χωρίς να ανακινηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα (Nguen, 2006). Το είδος αυτό προκαλεί ζημιές σε διάφορες κατηγορίες αποθηκευμένων προϊόντων όπως ρύζι, σπόρους σιταριού, σπόρους αραβόσιτου και πολλά άλλα προϊόντα όπως όσπρια και ρίζες.



Εικόνα 9. Ακμαίο *Rhyzopertha dominica*.

2.1.7 Οικογένεια Curculionidae

- i. *Sitophilus granarius* (L.) ή *Calandra granaria* (L.). Κοινή ονομασία: Σκαθάρι του σιταριού.

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος 3 – 5 mm και καστανόμαυρο χρώμα. Η κεφαλή καταλήγει σε ένα κυρτό ρύγχος όπου ο θώρακας είναι διάστικτος και έχει μήκος σχεδόν ίσο με αυτό των ελύτρων, τα οποία έχουν κατά μήκος ραβδώσεις. Δεν πετά, διότι δεν έχει ανεπτυγμένες οπίσθιες μεμβρανοειδείς πτέρυγες.

Βιολογία

Το θηλυκό εναποθέτει τα ωά του σε μία μικρή τρύπα μέσα στην ψίχα του σπόρου, όπου η προνύμφη τρέφεται και νυμφώνεται. Μέχρι να βγει το ακμαίο, τρώγοντας το εσωτερικό του σπόρου, η προσβολή δεν είναι εμφανής από την εξωτερική επιφάνεια. Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί περί τις 8 με 16 εβδομάδες και σε ευνοϊκές συνθήκες ακόμη και 5 εβδομάδες. Τα ακμαία δεν μπορούν να πετάξουν (Σταμόπουλος, 1999).

Ζημιές

Πολύ σημαντικός εχθρός αποθηκευμένων προϊόντων σε εύκρατα κλίματα. Κυρίως η προνύμφη αλλά και το ακμαίο, προτιμά να τρέφεται με σιτάρι και σίκαλη, καθώς και με καλαμπόκι, κριθάρι, ρύζι και λιγότερο με βρώμη. Τα ακμαία ενίοτε τρέφονται και με άλευρα και με προϊόντα αλευροποιίας. Σε περίπτωση μεγάλης προσβολής, ο σπόρος γίνεται υγρός και ξερός γεγονός που οδηγεί σε σχηματισμό μούχλας.

- ii. *Sitophilus oryzae* (L.). Κοινή ονομασία: Σκαθάρι του ρυζιού

Μορφολογία

Το ωό είναι διαφανές, λευκού και λαμπερού χρώματος με σχήμα ωοειδές. Το μήκος κυμαίνεται από 0,6 – 0,8 mm και το πλάτος του είναι περί τα 0,33 mm. Η

προνύμφη είναι ευκέφαλη, άποδη με λευκό χρωματισμό και έχει μικρή κεφαλή χρώματος καστανού. Το σώμα της είναι πολύ παχύ και σαρκώδες και το μήκος της κυμαίνεται από 2,5 – 2,75 mm. Η πλαγγόνα έχει σχηματισμένα ρύγχος ήδη όπως και το ακμαίο έντομο. Η πλαγγόνα όταν αρχίζει να παίρνει την τελική της μορφή είναι λευκού χρώματος, έχει μήκος 3,75 – 4,25 mm και πλάτος 1,75 mm. Η άκρες των ελύτρων φτάνουν το 5^ο κοιλιακό τμήμα και η εσωτερικές πτέρυγες που σχεδόν έχουν σχηματιστεί καλύπτονται από τα έλυτρα (Σταμόπουλος, 1999). Το μήκος του σώματος του κυμαίνεται από 2 – 2,8 mm, έχει σκούρο κόκκινο – καφέ χρωματισμό με 4 λαμπερές κόκκινο – κίτρινες κηλίδες στις άκρες των ελύτρων, το οποίο αποτελεί ένα χαρακτηριστικό που το διαφοροποιεί μορφολογικά από το συγγενές *S. granarius*. Άλλο ένα χαρακτηριστικό που το κάνει να διαφέρει από το *S. granarius* είναι ότι το *S. oryzae* έχει την ικανότητα να πετάει, διότι έχει οπίσθιες μεμβρανοειδείς πτέρυγες. Το αρσενικό *S. oryzae* μπορεί να διακριθεί εύκολα από το θηλυκό διότι έχει μεγαλύτερο και φαρδύτερο ρύγχος.

Βιολογία

Τα θηλυκά συζευγνύονται αμέσως μετά την έξοδό τους από τους σπόρους και δύο εβδομάδες μετά αρχίζουν να γεννούν τα ωά τους, όπου ο αριθμός τους κυμαίνονται από 200 – 300 με ημερήσιο αριθμό που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την σκληρότητα των σπόρων. Εάν η θερμοκρασία είναι μεταξύ 16 - 18°C τότε το θηλυκό εναποθέτει ένα ωό κατά μέσο όρο ανά 2 ημέρες, 1 ή 2 όταν είναι 22 - 23°C και 2 με 3 την ημέρα όταν επικρατούν θερμοκρασίες 25 – 26°C. Η περίοδος εκκόλαψης διαρκεί 6 ημέρες στους 28°C, 10 στους 20°C και 15 στους 16°C. Υπάρχουν 3 – 4 προνυμφικά στάδια τα οποία αναπτύσσονται μέσα στους σπόρους και απαιτούν 18 ημέρες για την ανάπτυξή τους συνολικά (Σταμόπουλος, 1999). Η πλαγγόνα για την ανάπτυξή της χρειάζεται κατά μέσο όρο 6 ημέρες και μετά την μεταμόρφωση το ακμαίο θα παραμείνει στο εσωτερικό του σπόρου για 3 – 4 ημέρες, έτσι ώστε να σκληρυνθεί το περίβλημά του. Γενικά ο βιολογικός κύκλος μπορεί να συμπληρωθεί σε 38 – 40 ημέρες στους 22°C. Στην πράξη όμως, μέσα στις αποθήκες ακόμη και το καλοκαίρι πρέπει να υπολογίζεται σε 6 – 7 εβδομάδες. Η ανάπτυξη του εντόμου σταματά στους 12°C.

Ζημιές

Τόσο τα ακμαία όσο και οι προνύμφες προσβάλουν τους σπόρους των σιτηρών όπως σιτάρι, σίκαλη, κριθάρι, καλαμπόκι. Ακόμα, τόσο το *S. oryzae* όσο και το *S. granarius* μπορούν να τραφούν και σε αλεύρι, πίτυρα και άλλα αμυλούχα προϊόντα αλλά δεν μπορούν να αναπαραχθούν. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να προκαλέσουν ζημιές σε μήλα και αχλάδια, καθώς μπορούν να απομυζήσουν τους χυμούς τους και να δημιουργήσουν κοιλότητες έτσι ώστε να κρυφτούν μέσα στο καρπό.



Εικόνα 10. Ακμαίο *Sitophilus granaries*.



Εικόνα 11. Αριστερά ακμαίο *Sitophilus oryzae*, Δεξιά προνύμφη *Sitophilus oryzae*.

2.1.8 Οικογένεια Pyralididae

- i. *Ephestia (Anagasta) kuehniella* (Zeller). Κοινή ονομασία: Σκουλήκι των αλεύρων.

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος σώματος 10 – 14 mm και άνοιγμα πτερύγων 18 – 25 mm. Το σώμα του και οι πρόσθιες πτέρυγες έχουν τεφρό χρώμα. Οι οπίσθιες πτέρυγες έχουν χρώμα υπόλευκο με καστανή νεύρωση. Η προνύμφη έχει μήκος μέχρι 20mm και χρώμα υπορόδινο, με κεφαλή καστανή.

Βιολογία

Τα ακμαία πετούν στο ημίφως, ενώ την ημέρα στέκονται στους τοίχους και στην οροφή της αποθήκης. Το θηλυκό γεννά περίπου 150 ωά, οι προνύμφες παράγουν άφθονους ιστούς και πλέκουν κουκούλι όπου νυμφώνονται (Σταμόπουλος, 1999). Ο βιολογικός κύκλος μπορεί να συμπληρωθεί σε 4-6 εβδομάδες.

Ζημιές

Προσβάλλει άλευρα, σπόρους (σίτου, αραβοσίτου), ξηρούς καρπούς, όσπρια, πίτουρα και τη γύρη στις κυψέλες των μελισσών. Στους σπόρους προκαλεί μεγάλα εκτεταμένα φαγώματα. Τέλος μπορεί να μπλοκάρει και τις μηχανές στις αλευροβιομηχανίες με τους πυκνούς ιστούς που πλέκει.



Εικόνα 12. Ακμαίο *Ephestia (Anagasta) kuehniella*.

- ii. *Ephestia elutella* (Hubner). Κοινή ονομασία: Σκουλήκι του καπνού ή του κακάο.**

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος σώματος 8-11 mm και άνοιγμα πτερύγων 14-17 mm. Οι πρόσθιες πτέρυγες είναι καστανόγκριζες με κυματοειδείς πλάγιες σκουρόχρωμες ταινίες. Η προνύμφη ανάλογα με την τροφή της είναι λευκοκίτρινη ή κοκκινωπή, με κεφάλι και θώρακα καστανά και μήκος 10-15 mm

Βιολογία

Το θηλυκό γεννά 150 ωά μόνα τους ή σε ομάδες. Οι προνύμφες σκεπάζουν την τροφή τους με ιστούς. Η νύμφωση γίνεται σε κουκούλι. Ο βιολογικός κύκλος εξαρτάται από την τροφή και τη θερμοκρασία και μπορεί να διαρκέσει 2-6 μήνες.

Ζημιές

Οι προνύμφες προσβάλουν σιτηρά, ξηρούς καρπούς, προϊόντα σοκολάτας, σπόρους κακάο, αποξηραμένα φρούτα αλλά κυρίως καπνόφυλλα στις αποθήκες.



Εικόνα 13. Ακμαίο *Ephestia elutella*.

iii. *Plodia interpunctella* (Hubner). Κοινή ονομασία: Κοινό σκουλήκι αποθηκών.

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος σώματος 8-10 mm και άνοιγμα πτερύγων 15 – 20 mm. Οι πρόσθιες πτέρυγες κατά το ήμισυ έχουν χρώμα καστανέρυθρο με δύο εγκάρσιες μαύρες γραμμώσεις. Το υπόλοιπο ήμισυ είναι αργυρόλευκο. Οι οπίσθιες πτέρυγες έχουν αργυρόλευκο χρώμα και φέρουν κροσσούς. Οι προνύμφες συνήθως έχουν χρώμα λευκοκίτρινο με καστανή κεφαλή και μήκος περίπου 17 mm.

Βιολογία

Το θηλυκό γεννά 50 – 300 ωά μόνα τους ή σε ομάδες. Οι προνύμφες είναι παμφάγες, αναπτύσσονται γρήγορα, υφαίνουν ιστούς και τελικά χρησιμοποιούν το κουκούλι για να νυμφωθούν. Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 3 – 4 εβδομάδες.

Ζημιές

Βρίσκεται σε αποθήκες, μύλους, εργαστήρια επεξεργασίας τροφίμων κ.α. . Καταστρέφει τρώγοντας ξερές φυτικές ύλες και φρούτα, ξηρούς καρπούς, κακάο, σοκολάτες, γάλα σε σκόνη κ.α. .



Εικόνα 14. Αριστερά ακμαίο *Plodia interpunctella*, Δεξιά προνύμφη *Plodia interpunctella*.

2.1.9 Οικογένεια Bruchidae

- i. *Acanthoscelides obtectus* (Say). Κοινή ονομασία: Βρούχος των φασολιών.

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος 3 – 4 mm, σχήμα ωοειδές και χρώμα καστανό – μαύρο καλυπτόμενο με λεπτό φαιό χνούδι. Η προνύμφη έχει μήκος 3 mm, είναι σαρκώδης, κυρτή και λευκή με κίτρινη κεφαλή.

Βιολογία

Έχει 3 – 4 γενεές το χρόνο. Κάθε θηλυκό εναποθέτει κατά μέσο όρο 40 – 50 ωά πάνω στα ξερά φασόλια στην αποθήκη ή στους ωριμάζοντες λοβούς στον αγρό. Η προσβολή αρχίζει πάνω στο φυτό και συνεχίζεται στην αποθήκη. Μεταναστεύει στον αγρό κατά τη θερμή περίοδο.

Ζημιές

Προσβάλλει όλα τα είδη των οσπρίων αλλά ειδικότερα τα φασόλια και τη σόγια.



Εικόνα 15. Ακμαίο *Acanthoscelides obtectus*.

2.1.10 Οικογένεια Anodiidae

- i. *Lasioderma serricorne* (F.). Κοινή ονομασία: Σκαθάρι (ψείρα) του ξηρού καπνού.

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος 2 – 3 mm, σχήμα ωοειδές, χρώμα υποκάστανο έως ερυθροκαστανό. Το κεφάλι είναι κάθετο προς τον άξονα του σώματος και σκεπάζεται από τον προθώρακα. Τα έλυτρα είναι χωρίς γραμμώσεις καλυπτόμενα από λεπτό χνούδι. Οι κεραίες είναι πριονωτές χωρίς ρόπαλο. Η προνύμφη έχει μήκος μέχρι 4mm και είναι λευκή – υποκίτρινη με λευκές τρίχες.

Βιολογία

Σε θερμοκρασία άνω των 20°C, το θηλυκό εναποθέτει σε διάστημα μερικών ημερών ένα – ένα πάνω στην τροφή του 20 – 100 ωά. Οι προνύμφες εκκολάπτονται

σε 7 ημέρες και ωριμάζουν μέσα σε 6 – 10 εβδομάδες. Νυμφώνονται σε κουκούλι από κομματάκια τροφής από όπου βγαίνει το ακμαίο έντομο μετά από 5 – 14 ημέρες. Η ανάπτυξη του εντόμου συμπληρώνεται σε 8 – 13 εβδομάδες.

Ζημιές

Η προνύμφη καθώς και το ακμαίο κατατρώγουν τον καπνό στο βάθος των καπνοδεμάτων. Προσβάλλει κυρίως όλα τα προϊόντα του καπνού και του κακάο. Μικρές προσβολές συναντάμε σε όσπρια, ζυμαρικά, ελαιώδεις σπόρους, αυτοφυή φυτά κ.α.



Εικόνα 16. Αριστερά πλαγγόνα, στο κέντρο ακμαίο, δεξιά προνύμφη *Lasioderma serricorne*.

ii. *Stegobium paniceum* (L.).

Μορφολογία

Το ακμαίο έχει μήκος 3,5 mm, μοιάζει με το *L. serricorne*, αλλά είναι ελαφρά πιο φαρδύ και τα έλυτρα φέρουν ραβδώσεις. Το κεφάλι του είναι κρυμμένο σε μια θολωτή «κουκούλα» και στα έλυτρα υπάρχουν σειρές από στίγματα. Τα τρία τελευταία άρθρα της κεραίας είναι μακρόστενα. Το μήκος της προνύμφης φτάνει τα 5 mm.

Βιολογία

Το θηλυκό αποθέτει 20 – 100 ωά μέσα στην τροφή, μεμονωμένα ή σε σωρό. Η μικρή νεαρή προνύμφη μπορεί να διεισδύσει στις λεπτότερες σχισμές των πακέτων και να ανοίγει στοές μέσα στην τροφή. Σχηματίζουν κουκούλι από κομμάτια τροφής και εκεί νυμφώνονται. Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 200 ημέρες στους 17°C, αλλά 70 ημέρες στους 28°C.

Ζημιές

Η προνύμφη είναι παμφάγος και τρέφεται με ένα ευρύ φάσμα φυτικών υλικών, όπως σπόρους σιτηρών και προϊόντα όπως αλεύρι, καρύδια, ξηρούς καρπούς κ.α.. Τα ακμαία δεν τρέφονται.



Εικόνα 17. Ακμαίο *Stegobium paniceum*.

2.1.11 Οικογένεια Acaridae

i. *Acarus siro*. Κοινή ονομασία: Ακάρεα των αλεύρων.

Μορφολογία

Τα ακάρεα των αλεύρων είναι πολύ μικρά σε μέγεθος, συνήθως ανακαλύπτονται όταν η προσβολή είναι πολύ σοβαρή και έχει την μορφή ενός κινούμενου στρώματος σκόνης. Το θηλυκό έχει μήκος 0,5 mm και το αρσενικό 0,4 mm. Το σώμα τους είναι λεπτό διαυγές και καλύπτεται από διάσπαρτες τρίχες. Τα πόδια έχουν ανοιχτό ιώδες χρώμα. Τα ακμαία άτομα έχουν 4 ζεύγη ποδιών, ενώ η προνύμφη έχει 3 ζεύγη ποδιών.

Βιολογία

Μαζική προσβολή ακάρεων λαμβάνει χώρα κάτω από συνθήκες αυξημένης υγρασίας. Το θηλυκό αποθέτει περίπου 20 ωά. Η προνύμφη έχει μήκος 0,15 mm. Μετά από 2 εβδομάδες διέρχεται από δύο νυμφικά στάδια, πριν γίνει ακμαίο.

Ζημιές

Εκτός από τα σιτηρά το άκαρι αυτό προσβάλλει ζωικές τροφές με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, ξηρά φρούτα και καπνό.



Εικόνα 18. Ακμαίο *Acarus siro*.

2.1.12 Μυρμήγκια

Ανήκουν στα Υμενόπτερα και στην οικογένεια Formicidae. Είναι μικρού μεγέθους και χαρακτηρίζονται από τον εμφανή διαχωρισμό του σώματός τους σε κεφαλή, θώρακα και κοιλία. Οι κεραίες τους είναι γονατοειδείς. Έχουν κοινωνική οργάνωση στη διάρκεια της ζωής τους και στον καταμερισμό της δουλειάς. Προτιμούν μέρη με ζέστη και υγρασία και συχνάζουν σε οικήματα όπου επεξεργάζονται τροφές, συνήθως σε κουζίνες (Μπουχέλος, 1996). Τέλος προσβάλλουν όλα τα είδη τροφής του ανθρώπου και των ζώων με έμφαση σε είδη με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα.

2.1.13 Κατσαρίδες

Είναι γνωστά μέχρι σήμερα πάνω από 4000 είδη κατσαρίδων. Τα ακμαία έντομα έχουν σώμα πεπλατυσμένο, ωσειδές σχήμα και καστανό μέχρι μαύρο χρώμα. Το κεφάλι είναι γυρισμένο προς τα κάτω και το επάνω μέρος καλύπτεται από το θώρακα. Οι κεραίες τους είναι νηματοειδείς και αποτελούνται από πολλά άρθρα. Έχουν 2 ζεύγη πτερυγών όπου οι πρόσθιες είναι περγαμηνοειδείς και στενές ενώ οι οπίσθιες είναι μεμβρανοειδείς και διπλώνουν σαν «βεντάλια» κάτω από τις εξωτερικές.

Ζουν πολλές μαζί σε αποικίες και κυκλοφορούν την νύχτα. Είναι παμφάγες αλλά προτιμούν αμυλούχες και ζαχαρούχες τροφές. Για να επιβιώσουν χρειάζονται ζέστη και υγρασία ενώ εμφανίζονται κυρίως σε κουζίνες και υπονόμους (Μπουχέλος, 1996). Επειδή τρέφονται τόσο με περιττώματα όσο και με τις τροφές του ανθρώπου, είναι πολύ πιθανόν να μεταδώσουν επικίνδυνες ασθένειες βγάζοντας μέρος της τροφής τους ή και περιττώματα την ώρα που τρέφονται, δίνοντας χαρακτηριστικά έντονη οσμή στις τροφές και τα μέρη που επισκέπτονται.

2.1.14 Τρωκτικά

Τα τρωκτικά, εκτός από ελάχιστα είδη (κάστορας) έχουν μέγεθος μέτριο ως μικρό (σε σχέση με άλλες συναφείς ζωικές οικογένειες).. Το οδοντικό τους σύστημα δεν έχει κυνόδοντες, αλλά διαθέτουν ένα ζεύγος κοπτήρων στο μπροστινό μέρος των σαγονιών τους. Οι κοπτήρες αυτοί αναπτύσσονται ασταμάτητα, αλλά και φθείρονται συνεχώς. Για να φθείρονται τα δόντια όσο πρέπει, τα τρωκτικά ροκανίζουν συνέχεια όχι μόνο την τροφή τους, αλλά και όλες τις ζωικές, φυτικές και ανόργανες ύλες. Χαρακτηριστική είναι η γονιμότητα των τρωκτικών, που έχει γίνει παροιμιώδης. Τα θηλυκά εγκυμονούν πολλές φορές μέσα σ' ένα χρόνο και γεννούν πολλά μικρά. Πολλαπλασιάζονται με τόση αφθονία, που αν δεν υπήρχαν μέσα για την εξόντωσή τους θα μπορούσαν να καταστρέψουν εντελώς τις γεωργικές καλλιέργειες. Τα τρωκτικά μπορούν να καταναλώσουν ανθρώπινες τροφές σε όλα τα στάδια της παραγωγής και της επεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένης και της μεταφοράς των τροφίμων στον τελικό τους προορισμό. Στα εμπορικά εργοστάσια που παράγουν τρόφιμα για ανθρώπινη κατανάλωση, η παρουσία τρωκτικών μπορεί να είναι πολύ

επικίνδυνη και δαπανηρή. Δεν προκαλούν καταστροφές μόνο στα τρόφιμα που καταναλώνουν, αλλά και σε αυτά με τα οποία έχουν έρθει σε επαφή, λόγω διασταυρούμενης επιμόλυνσης, μέσω περιττωμάτων, ούρων και τριχών. Από αυτή την άποψη, μεγάλο μέρος ενός προϊόντος θα πρέπει να απορριφθεί λόγω των κινδύνων που ελλοχεύουν για την υγεία.

2.2 Άλλες αιτίες ποιοτικών υποβαθμίσεων και ποσοτικών απωλειών στα αποθηκευμένα τρόφιμα (μύκητες, βακτήρια, ιοί)

Οι απώλειες των σιτηρών και των επεξεργασμένων τροφών που σχετίζονται με την μόλυνσή τους από διάφορους ζωικούς εχθρούς περιλαμβάνει τις άμεσες απώλειες είτε από την άμεση κατανάλωσή τους είτε και με την παρουσία των ζωικών εχθρών στα προϊόντα. Οι έμμεσες απώλειες από την μόλυνση στα τρόφιμα περιλαμβάνει το κόστος για τον έλεγχο, το κόστος του εξοπλισμού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλλά και το χρόνο που θα καταναλωθεί για την αντιμετώπισή τους. Επίσης, ο καταναλωτής είναι δυνατόν να χάσει την εμπιστοσύνη του σε συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων, λόγω της διαπίστωσης της προσβολής.

Οι διάφοροι ζωικοί εχθροί που προσβάλλουν τα σιτηρά μπορούν να επιφέρουν απώλειες σε πολλά στάδια των σιτηρών, από τη φυσιολογική ωρίμανσή τους στο χωράφι μέχρι και λίγο πριν καταναλωθούν από τους ανθρώπους, αλλά και στα μεταποιημένα προϊόντα τους.

Τα τρωκτικά και τα πουλιά δεν είναι αμιγώς μέρος του οικοσυστήματος της αποθήκης αλλά αποτελούν εισβολείς καθώς μέρος των αναγκών τους καλύπτεται από τα αποθηκευμένα προϊόντα. Τα πουλιά και τα περισσότερα τρωκτικά χρειάζονται άμεση πρόσβαση σε νερό και για αυτό συχνότατα πρέπει να βγουν από το χώρο της αποθήκης (Μπουχέλος, 1996). Τα κυριότερα είδη πουλιών που απαντώνται στις αποθήκες είναι τα περιστέρια και τα σπουργίτια. Τα κυριότερα είδη τρωκτικών που απαντώνται στους χώρους των αποθηκών ανήκουν στην οικογένεια Muridae (ποντίκια).

Οι άμεσες ζημιές τις οποίες μπορούν να προκαλέσουν τα πουλιά είναι είτε καταστροφές π.χ. συσκευασιών μέσα στις οποίες βρίσκεται το αποθηκευμένο προϊόν είτε η απευθείας κατανάλωση του αποθηκευμένου προϊόντος. Έχει υπολογιστεί ότι ένα ενήλικο περιστέρι τρώει περί τα 35g αποθηκευμένου σπόρου ανά ημέρα και 20 περιστέρια τρώνε περίπου όσο ένας άνθρωπος. Αναφερόμενοι στα τρωκτικά θα μπορούσε να αναφερθεί ότι για παράδειγμα, το *Rattus norvegicus* καταναλώνει κατά μέσο όρο 28g αποθηκευμένου σπόρου ανά ημέρα και 25 ποντίκια του ίδιου είδους καταναλώνουν όσο ένας άνθρωπος.

Ωστόσο, δεν είναι μόνο οι άμεσες ζημιές οι οποίες απασχολούν τον άνθρωπο αλλά και οι έμμεσες όπως είναι οι μεταδιδόμενες ασθένειες και τα παθογόνα τα οποία φέρουν πάνω στο σώμα τους. Οι ασθένειες που μεταδίδονται στον άνθρωπο από τα πουλιά και τα τρωκτικά είναι πολλές. Ο κύριος τρόπος μετάδοσης παθογόνων που ευθύνονται για ζωνοσόους είναι η μόλυνση από τα ούρα και περιττώματα (σαλμονέλα, τοξοπλάσμωση, λεπτοσπείρωση, φυματίωση) (Σταμόπουλος, 1999). Η απευθείας μετάδοση των νοσημάτων που μεταδίδονται με το αίμα είναι ασυνήθιστη και μπορεί να υφίσταται εφόσον τα ζώα αυτά καταναλωθούν.

Η μη ορθή συντήρηση των σιτηρών και των άλλων προϊόντων συνήθως έχει σαν αποτέλεσμα την μόλυνσή τους από έντομα και άλλους οργανισμούς με αποτέλεσμα την απώλεια ή και τελικά την ολική καταστροφή μέρος του αποθηκευμένου προϊόντος. Μια τέτοια απώλεια σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να ανακτηθεί, συμπεριλαμβανομένων και των οικονομικών παραμέτρων. Η λύση για να μπορέσουν

να ελαχιστοποιηθούν αυτές οι απώλειες είναι η γνώση, αλλά η κατανόηση της ορθής διαχείρισης των αποθηκευμένων προϊόντων.

Ο διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agricultural Organization F.A.O.) έχει εκτιμήσει ότι εάν οι μετασυλλεκτικές απώλειες μειωθούν κατά 50% παγκοσμίως, τότε θα είναι δυνατόν να τραφεί όλος ο πληθυσμός της γης.

Για μια ορθή διαχείριση των εντόμων των αποθηκών αλλά και μια ορθή αποθήκευση των τροφίμων και των σιτηρών, είναι σημαντικό για τους επαγγελματίες να γνωρίζουν ότι οι απώλειες στα τρόφιμα και στα αποθηκευμένα σιτηρά μπορούν να προέλθουν από βιοτικούς ή αβιοτικούς παράγοντες ή και από τον συνδυασμό αυτών των δύο. Οι βιοτικοί παράγοντες μπορεί να είναι έντομα, ακάρεα, τρωκτικά, πουλιά, μύκητες και βακτήρια. Στους αβιοτικούς παράγοντες περιλαμβάνονται οι θερμοκρασία, η υγρασία, ηλιοφάνεια, ο τύπος του σιτηρού, και η δομή της αποθήκευσης. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες που συμπεριλαμβάνονται είναι οι κοινωνικοί, οι οικονομικοί αλλά και οι διάφορες πολιτιστικές πτυχές της κάθε περιοχής. Οι απώλειες που προκαλούνται από τα έντομα αποθηκών πριν την συγκομιδή των σιτηρών μπορεί να είναι σημαντικές σε περιοχές όπου υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες και η υψηλή υγρασία. Ακόμα μπορεί οι απώλειες να λάβουν χώρα και κατά την διάρκεια της μεταφοράς, αποθήκευσης, μεταποίησης, της συσκευασίας, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις όπου μπορεί να υπάρξει και προσβολή προϊόντος στα ράφια των καταστημάτων.

Από τη συγκομιδή μέχρι την άλεση υπάρχουν πολλά στάδια στα οποία μπορεί το προϊόν να προσβληθεί από τα έντομα αποθηκών και πρέπει να υπάρξει ιδιαίτερη προσοχή (Συγκομιδή, Ξήρανση, Μεταφορά από το χωράφι στο μύλο, Αλωνισμός, Καθαρισμός του καρπού, Ξήρανση, Μεταφορά στην αποθήκη, Υγρασία αλλάζει στον αποθηκευτικό χώρο κατά την αποθήκευση, Προσβολή του προϊόντος από έντομα, Προσβολή του προϊόντος από τρωκτικά, Ανάπτυξη μυκήτων).

Τα έντομα αποθηκών μπορούν να μολύνουν την παραγωγή σε πολλά στάδια στην αποθήκη, στο μύλο, στα μαγαζιά και αλλού. Ακόμη υπάρχουν και περιπτώσεις όπου καθαρό αμόλυντο προϊόν μπορεί να προσβληθεί από έντομα που έχουν βρει καταφύγιο σε διάφορες ρωγμές τις αποθήκης ακόμη και στα ράφια. Άλλος σημαντικός παράγοντας είναι το μέρος όπου θα τοποθετηθεί το προϊόν και αν δίπλα από αυτό υπάρχει κάποιο άλλο σακί ή συσκευασμένο τρόφιμο το οποίο είναι προσβεβλημένο με αποτέλεσμα να μολυνθούν τα καθαρά προϊόντα.

Η κατανάλωση προσβεβλημένων τροφίμων δεν προκαλεί συνήθως σημαντικά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία (Wirtz, 1991). Παρόλα αυτά μεμονωμένα περιστατικά μπορεί να παρατηρηθούν με ποικίλες αντιδράσεις από άτομα που έχουν καταναλώσει διάφορα μέρη εντόμων, όπως για παράδειγμα λέπια εντόμων ή τριχίδια. Τα διάφορα ακάρεα μπορούν να προκαλέσουν δερματίτιδες ή με την εισπνοή μπορεί να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις. Για παράδειγμα η εισπνοή των αποχωρημάτων των κατσαρίδων μπορεί να προκαλέσει διάφορες αλλεργίες, ακόμη και άσθμα (Wirtz, 1991).

Τα έντομα αποθηκών βοηθούν και στη μεταφορά спорίων μυκήτων. Μερικά από αυτά τα είδη μυκήτων μπορούν να παράγουν μυκοτοξίνες στα τρόφιμα αλλά και αφλατοξίνες που είναι υπεύθυνες για καρκινογενέσεις.

Οι μύκητες αποθήκης παίζουν σημαντικό ρόλο στο οικοσύστημά της, ιδιαίτερα μέσω της παραγωγής μεταβολιτών. Κάθε μύκητας έχει ξεχωριστά χαρακτηριστικά και δείχνει να έχει μία ιδιαίτερη προτίμηση σε συγκεκριμένα είδη προϊόντων. Η προτίμησή του αυτή εξαρτάται από το κλίμα αλλά και χημικούς, φυσικούς, ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Σε πολύ θερμά κλίματα οι *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* και πιθανά ο *A. nomius* είναι σημαντικά είδη για την παραγωγή μυκοτοξινών (αφλατοξίνες και συναφή παράγωγα). Ομοίως, και ο *Fusarium moliniforme* ευθύνεται για την παραγωγή φουμονισίνων. Οι μύκητες των ειδών *Penicillium oxalicum*, *P. aurantiogriseum*, *P. polonicum*, *P. viridcatum* και *P. citrinum*, αποτελούν τα περισσότερο συνηθισμένα είδη του γένους *Penicillium*, σε μετρίως θερμά κλίματα (Σταμόπουλος, 2008). Σε εύκρατα κλίματα οι μύκητες που απαντώνται συχνότερα και αποτελούν τοξικογόνους παράγοντες είναι οι *Fusarium culmorum* και *F. gramineum* (οι οποίοι παράγουν τριχοθηκίνες), ο *P. verrucosum* (ο οποίος παράγει ωχρατοξίνη Α) καθώς και οι *P. freii* και *P. cyclopium*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών

3.1 Γενικά στοιχεία

Τα περισσότερα από τα έντομα που περιγράφηκαν παραπάνω συναντώνται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό στις αποθήκες σιτηρών ή στους αλευρόμυλους. Γι' αυτό τα μέτρα αντιμετώπισης σ' αυτούς τους χώρους θεωρούνται αντιπροσωπευτικά.

Τα περισσότερα από τα αναφερόμενα είδη έχουν παγκόσμια διασπορά, η σπουδαιότητα όμως καθενός απ' αυτά διαφέρει όχι μόνο στα διάφορα γεωγραφικά πλάτη ή από χώρα σε χώρα, αλλά ακόμη και από περιοχή σε περιοχή της ίδιας χώρας.

Διαφορές στις κλιματικές συνθήκες κατά την διάρκεια της αποθήκευσης έχουν πάντα σαν συνέπεια τη διαφοροποίηση της σύνθεσης αυτής της βλαβερής «πανίδας», ακόμη και μέσα στο ίδιο είδος προϊόντος.

Οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος και προϊόντος και η περιεχόμενη υγρασία του τελευταίου είναι παράγοντες αποφασιστικής σημασίας, για το ποια είδη εντόμων θα επικρατήσουν τελικά μέσα σ' ένα τέτοιο πληθυσμό και θα παίξουν τον πιο ζημιογόνο ρόλο. Το ρόλο αυτό, ορισμένα από τα είδη που αναφέρθηκαν, τον έχουν αρχίσει πριν ακόμη εισαχθούν στην αποθήκη, όπως το *S. cerealella*, ή το *S. oryzae*, που πολύ συχνά αρχίζουν την προσβολή τους από τα αθέριστα σιτηρά (Μπουχέλος, 2000). Πιο χαρακτηριστικό όμως είναι το παράδειγμα των βρούχων που σχεδόν πάντα αρχίζουν ή και ολοκληρώνουν την προσβολή τους πάνω σε άγουρους ή ώριμους λοβούς ψυχανθών.

Αρκετά όμως είδη εντόμων, ξεκινούν την προσβολή ύστερα από την συγκομιδή, μέσα στους αποθηκευτικούς χώρους, βγαίνοντας από τα καταφύγια τους μέσα στον ίδιο χώρο ή από προϊόντα που έχουν παραμείνει από πριν ή που εισάγονται προσβεβλημένα. Κανένα σχεδόν από τα είδη εντόμων αυτά δεν περιορίζει την προτίμηση του σε ένα μόνο είδος προϊόντος, με μοναδική ίσως εξαίρεση τους μονοφάγους βρούχους των ψυχανθών. Επομένως, κάθε προηγούμενο «στοκ» ή και οποιοδήποτε υπόλειμμα από τροφές ή τρόφιμα σε μια αποθήκη, μπορεί να αποτελέσει μια σπουδαία πηγή μόλυνσης για τα νεοεισαχθέντα στο χώρο αυτό προϊόντα. Στα υπολείμματα αυτά περιλαμβάνονται και εκείνα από προσβεβλημένες τροφές, που παρέμειναν σε χαραμάδες, τοίχους, μηχανήματα, σακιά ή πάνω στα μέσα συγκομιδής και μεταφοράς των προϊόντων αυτών.

3.2 Κατάσταση του προς αποθήκευση προϊόντος

Ο τύπος και η κατάσταση του προϊόντος θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά την αποθήκευσή του. Ο κυριότερος λόγος είναι ότι υπάρχουν ποικιλίες ανθεκτικές, που φέρουν ένα είδος «βιολογικής αντίστασης», ενώ άλλες επιρρεπείς σε προσβολές από ένα ή περισσότερα είδη εντόμων. Η προέλευση, ο χρόνος και ο τρόπος συγκομιδής σε συνδυασμό με τις επικρατούσες κατά τη συγκομιδή ενός προϊόντος συνθήκες, δίνουν αρκετά στοιχεία πρόβλεψης και εξέλιξης μιας πιθανής προσβολής.

Ο ικανοποιητικός βαθμός ξήρανσης του προϊόντος πριν από την αποθήκευση με τη μικρότερη κάθε φορά περιεκτικότητα σε υγρασία αυξάνει την δυνατότητα συντήρησής του. Για το σιτάρι π.χ., υπάρχει το δεδομένο ότι σε μια μείωση της υγρασίας κατά 1% αντιστοιχεί αύξηση χρόνου αποθήκευσης κατά 50% (Θωμαΐδης, 1992). Ένα προϊόν, λοιπόν, πολύ υγρό δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί γιατί θα πάψει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της αγοράς ενώ αντίθετα, ένα προϊόν ξερό δεν μπορεί να υποστεί οποιαδήποτε αλλοίωση ή υποβάθμιση στη διάρκεια αποθήκευσης, ακόμα και σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (25°C).

3.3 Κατάσταση των αποθηκευτικών χώρων

Οι αποθηκευτικοί χώροι θα πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένοι ώστε να μην επιτρέπουν την εύκολη προσπέλαση εντομολογικών ή άλλων εχθρών, με αποτέλεσμα να εξασφαλιστεί το καλύτερο δυνατό για την υγιεινή συντήρηση των προϊόντων.

Τα υλικά και ο τρόπος κατασκευής πρέπει να είναι τα κατάλληλα, ώστε να τηρούνται οι ευνοϊκές συνθήκες αποθήκευσης από άποψη υγρασίας, θερμοκρασίας και αερισμού. Μια καλή μόνωση στην οροφή εμποδίζει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών το καλοκαίρι και μειώνει τις πιθανότητες αναμόλυνσης ή εξέλιξης πιθανής υπάρχουσας προσβολής, αναστέλλοντας τη δράση των εντόμων, ακάρεων και παθογόνων μικροοργανισμών.

Η καλή στεγανοποίηση των δαπέδων και τοίχων σε υγρές περιοχές διατηρεί την υγρασία της αποθήκης σε χαμηλά επίπεδα, προλαμβάνοντας την ανάπτυξη μυκήτων, βακτηρίων, ακάρεων, ακόμη και εντόμων.

Τα ανοίγματα (παράθυρα κ.ά.) πρέπει να σκεπάζονται τελείως με καλά τοποθετημένη πυκνή σήτα που να εμποδίζει την είσοδο των εντόμων. Η καλή τοποθέτηση του πλέγματος αφορά στην προσαρμογή του, ώστε να μη συσσωρεύεται στα σημεία αυτά σκόνη, προϊόν, ακαθαρσίες και να μη δημιουργούνται καταφύγια εντόμων.

Το δάπεδο, οι τοίχοι και η οροφή να είναι λεία, οι δε γωνίες που σχηματίζουν μεταξύ τους να είναι στρογγυλεμένες για να καθαρίζονται εύκολα (Θωμαΐδης, 1992). Επενδύσεις των παραπάνω επιφανειών με ξύλο, ξύλινα μεσότοιχα, χωρίσματα εσωτερικοί διάκοσμοι (γυψοσανίδες, κρυφοί φωτισμοί κ.ά.) πρέπει να αποφεύγονται, γιατί δυσκολεύουν τον καθαρισμό.

Τέλος, κάθε αναγκαίος εξοπλισμός των αποθηκών πρέπει να σχεδιάζεται ή και να τοποθετείται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνει τον καθαρισμό.

3.4 Προετοιμασία αποθήκης για αποθήκευση προϊόντος

Δεν θα ήταν υπερβολή να ειπωθεί αυτό που λένε οι Βρετανοί ειδικοί ότι *"το καλύτερο εντομοκτόνο στις αποθήκες είναι η καθαριότητα"* και ότι *"το δραστικότερο όπλο κατά των προσβολών είναι η σκούπα"* (Μπουχέλος, 2000).

Πράγματι, η σχολαστική και μεθοδική καθαριότητα, ιδιαίτερα πριν από την είσοδο του προϊόντος, αποτελεί το σημαντικότερο και απλούστερο μέτρο για τη πρόληψη των ζημιών που οφείλονται κυρίως σε ζωικούς εχθρούς. Γι' αυτό, χρειάζεται

προσεκτικός καθαρισμός όλων των σημείων της αποθήκης και ιδίως εκείνων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν καταφύγιο των εντόμων.

Διάφορα αντικείμενα, όπως παλιοί άδειοι σάκοι ή άλλα μέσα συσκευασίας, άχρηστα εξαρτήματα μηχανημάτων, βοηθητικά εργαλεία, σκευή κ.τ.λ. πρέπει να απομακρύνονται. Να γίνεται προσεκτικό σκούπισμα της οροφής, των τοίχων και των δαπέδων (με αυτή την σειρά) για να απομακρύνονται υπολείμματα του προϊόντος, μολύσματα, σκόνη κ.λ.π. Ιδιαίτερα να σκουπίζονται καλά, εάν υπάρχουν, δοκοί, τοιχία, στύλοι, γωνίες, ράφια, ρωγμές και εγκοπές μέσα στους τοίχους, κουφώματα κ.ά (Μπουχέλος, 2000). Ο παραπάνω καθαρισμός πρέπει να γίνεται με χρήση ισχυρών αναρροφητικών καθαριστικών μηχανημάτων. Σε περιπτώσεις που υπάρχει αρκετός χρόνος για το στέγνωμα, ενδείκνυται ο καθαρισμός με πλύσιμο των σημείων αυτών με νερό υπό πίεση.

Εάν είναι αναπόφευκτη η ύπαρξη μηχανημάτων μέσα στις αποθήκες (αλευρόμυλος κ.ά.), πρέπει να λαμβάνεται ειδική φροντίδα, ώστε να μη συγκρατούνται υπολείμματα των προϊόντων σ' αυτά ή στα εξαρτήματά τους, ενώ τα κενά ανάμεσα στα μηχανήματα και το δάπεδο χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή. Όπως επίσης και οι ρωγμές και οι σχισμές στο εσωτερικό της αποθήκης θα πρέπει να φροντιστούν με τη βοήθεια διάφορων υλικών, έτσι ώστε τα έντομα να μην βρίσκουν καταφύγιο.

Το υλικό που μαζεύεται πρέπει να τοποθετείται αμέσως σε πλαστικούς σάκους και να μεταφέρεται σε ειδικό απομονωμένο χώρο μέχρι την τελική του απομάκρυνση. Στο μεταξύ, να ψεκάζεται εντομοκτόνο πάνω και γύρω από τους σάκους αυτούς, ώστε να εμποδιστούν τα έντομα που τυχόν υπάρχουν, να γυρίσουν πάλι στις αποθήκες (Μπουχέλος, 2000). Μετά ακολουθεί η απεντόμωση του χώρου, όπου ψεκάζονται όλες οι επιφάνειες της αποθήκης με αυξημένες δόσεις εντομοκτόνων με ευρύ φάσμα δράσης και μεγάλη υπολειμματική δράση. Ο ψεκασμός αυτός θα πρέπει να γίνεται αρκετά πριν από το χρόνο της συγκομιδής, ώστε να μεσολαβήσει κάποιος χρόνος για να βγουν τα κρυμμένα στις χαραμάδες ή αλλού έντομα, να κινηθούν πάνω στις ψεκασμένες επιφάνειες και να δεχτούν αθροιστικά τη θανατηφόρα για αυτά δόση. Μπορεί να γίνει και χρήση υποκαπνιστικών εντομοκτόνων για την απεντόμωση των κενών χώρων, εφόσον εξασφαλίζονται οι προϋποθέσεις για σωστή εφαρμογή.

3.5 Προετοιμασία αποθηκευτικού χώρου

Ο συχνός καθαρισμός των χώρων, όπου επεξεργάζονται ή αποθηκεύονται τα προϊόντα και η απομάκρυνση άχρηστων υπολειμμάτων επεξεργασίας, συμβάλει σημαντικά στην αποφυγή εγκατάστασης ανεπιθύμητων εντόμων. Η κατάλληλη προετοιμασία αποθηκευτικού χώρου για να δεχτεί προϊόντα για αποθήκευση ή επεξεργασία αποτελεί σημαντικό μέτρο για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των εντομολογικών προσβολών. Για τον καθαρισμό των αποθηκευτικών χώρων θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ηλεκτρικές σκούπες μεγάλης ισχύος που εκτός από τα απορρίμματα, απομακρύνουν και εγκατεστημένα έντομα.

Πρέπει να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός της οροφής, των τοίχων, του δαπέδου για την απομάκρυνση υπολειμμάτων προϊόντος ή εντόμων.

Όταν υπάρχει δυνατότητα αερισμού της αποθήκης τότε μπορεί ο καθαρισμός να γίνει με νερό υπό πίεση. Όλα τα υλικά που μαζεύτηκαν πρέπει να απομακρύνονται από την αποθήκη και να ψεκάζονται με εντομοκτόνο έτσι ώστε να αποφεύγεται η ύπαρξη εντόμων στην αποθήκη.

3.6 Συμπληρωματικά μέτρα προφύλαξης

Για την καλύτερη αντιμετώπιση των εντόμων στις αποθήκες τροφίμων καλό θα ήταν να μελετηθούν και κάποιοι άλλοι παράγοντες όπου θα βοηθούσαν την μη ύπαρξη των εντόμων αυτών.

- i. Δεν θα πρέπει να επιτρέπεται η τοποθέτηση προϊόντος σε αποθήκες όπου έχει τοποθετηθεί έστω και μικρή ποσότητα προσβεβλημένου προϊόντος, είτε αυτό είναι από νέα είτε από παλαιότερη παραγωγή.
- ii. Η απεντόμωση στο προσβεβλημένο προϊόν θα πρέπει να γίνει σε ειδικό χώρο πριν φτάσει να τοποθετηθεί στην αποθήκη, όπως για παράδειγμα ο καπνός.
- iii. Επιπλέον δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ξανά μέσα συσκευασίας τα οποία είχαν χρησιμοποιηθεί πρόσφατα για άλλα προϊόντα. Η απεντόμωση των σάκων, εκτός του ότι σκοτώνει τα έντομα που υπάρχουν πάνω τους, εμποδίζει για κάποιο χρονικό διάστημα την αναμόλυνση του προϊόντος που περιέχεται σε αυτούς και το προφυλάσσει από μια μελλοντική προσβολή του από ζωικούς εχθρούς.
- iv. Να αποφεύγεται η ύπαρξη καλλιεργειών γύρω ή κοντά σε αποθήκες, ιδίως όταν οι αποθήκες δεν πληρούν τους κανόνες υγιεινής συντήρησης των εφοδίων. Τα ζιζάνια γύρω από τις αποθήκες πρέπει να καταπολεμούνται ή να καίγονται. Οι χώροι γύρω από τις αποθήκες πρέπει να διατηρούνται πάντα καθαροί.
- v. Μέσα στην αποθήκη συνιστάται η επίστρωση του δαπέδου με χαρτί ή πλαστικά φύλλα πριν από την τοποθέτηση του προϊόντος. Ο τρόπος κατά τον οποίο αυτό βρίσκεται τοποθετημένο μέσα στην αποθήκη έχει μεγάλη σημασία, για παράδειγμα στην περίπτωση που υπάρχουν σωροί η θέση, το ύψος και η διάμετρος των σωρών πρέπει να είναι τέτοια που να μπορεί εύκολα να ανακατευθεί το προϊόν όταν παραστεί ανάγκη και να κινείται κανείς εύκολα ανάμεσά τους όταν γίνεται απεντόμωση ή άλλες επεμβάσεις (Σταμόπουλος, 2008).

3.7 Έλεγχος προϊόντος – Επιθεώρηση προϊόντος

Κατά τη διάρκεια της συντήρησης του προϊόντος πρέπει να γίνονται τακτικοί και προσεκτικοί έλεγχοι της κατάστασης υγιεινής του. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον πρώτο έλεγχο μετά την αποθήκευση, οπότε, αν τυχόν βρεθεί εντομολογική προσβολή, θέτει σε κίνδυνο την συντήρηση του προϊόντος. Κατά τις περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες ή υψηλών υγρασιών της ατμόσφαιρας, οι έλεγχοι πρέπει να είναι συχνότεροι και λεπτομερέστεροι, ενώ σε κάποια μεταβολή αυτών να γίνεται άμεσος έλεγχος. Η τοποθέτηση ειδικών θερμομέτρων πάνω ή μέσα στα προϊόντα επιβάλλεται για τον έλεγχο της θερμοκρασίας τους.

Ο έλεγχος του προϊόντος πρέπει να γίνεται έγκαιρα για να αντιμετωπιστούν τα αρθρόποδα – εισβολείς στην αρχή, πριν προλάβουν να εγκατασταθούν και να αναπτύξουν μεγάλους πληθυσμούς, έτσι ώστε να γίνει ευκολότερη η αντιμετώπισή τους. Αν μετά τον έλεγχο βρεθούν νεκρά άτομα στο προϊόν θα πρέπει να ακολουθήσει ένας πιο λεπτομερής, ενώ η ανεύρεση έστω και λίγων ζωντανών εντόμων ορισμένων ειδών, που η προσβολή τους είναι συνήθως καταστροφική για το εκάστοτε προϊόν, π.χ. *Sitophilus*, *Rhyzopertha*, *Tribolium* στα σιτηρά, *Ephestia* στη σταφίδα, *Lasioderma* στο καπνό κ.λ.π. χαρακτηρίζει την κατάσταση ως "επικίνδυνη" και είναι αναγκαία η αντιμετώπιση της προσβολής με απεντόμωση (Μπουχέλος, 2000).

Για τους ελέγχους ύπαρξης εντόμων τοποθετούνται παγίδες με μέσο προσέλκυσης κάποια ελκυστική ουσία (π.χ. φερομόνες) ή τροφικά ελκυστικά (φύτρα σιτηρών κ.α.). Οι παγίδες αυτές ελέγχονται τακτικά και εξετάζονται το είδος και ο αριθμός εντόμων που προσέλκυσαν, έτσι ώστε να εκτιμηθεί το μέγεθος της προσβολής. Η παρουσία λίγων ατόμων κολεοπτέρων κατά το τέλος του φθινοπώρου ή λίγο πριν από τη διάθεση του εμπορεύματος δεν είναι ουσιαστικός κίνδυνος, αλλά ο έλεγχος για την παρακολούθηση της εξέλιξης της προσβολής πρέπει να γίνεται συχνότερα. Η ανεύρεση επίσης παρασίτων των επικίνδυνων εντόμων σε ικανοποιητικό βαθμό μπορεί να ματαιώσει ή να αναβάλει τη χημική επέμβαση, επιβάλλει όμως την προσεκτική παρακολούθηση της κατάστασης.

Γενικά, η κατάσταση του προϊόντος, η γνώση του βιολογικού κύκλου των εχθρών και των παρασίτων του, σε συνδυασμό με τις συνθήκες που επικρατούν μέσα στην αποθήκη πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη για τη διενέργεια ή μη απεντόμωσης.

3.8 Μέτρηση και κατάταξη της προσβολής

Εκτός των παραπάνω τρόπων ελέγχου της προσβολής έχουν αναπτυχθεί και άλλες εργαστηριακές μέθοδοι εκτίμησης της προσβολής από έντομα (κυρίως στα δημητριακά).

3.8.1 Προσδιορισμός του CO₂

Μετράται η συγκέντρωση του CO₂ σε δείγματα μετά από 24 ώρες παραμονή υπό ειδικές συνθήκες, π.χ. συγκέντρωση 1% CO₂ σημαίνει επικίνδυνα υψηλή προσβολή από έντομα (Σταμόπουλος, 2008). Απαιτούνται όμως επαναλήψεις, δεν υπολογίζει τα νεκρά έντομα και στη μέτρηση υπαισέρχεται επίσης το CO₂ της αναπνοής του προϊόντος.

3.8.2 Προσδιορισμός του ουρικού οξέος

Είναι πιο αποτελεσματική για τη μέτρηση πιθανής προηγούμενης προσβολής, γιατί σε περίπτωση που η συγκέντρωση αυτή κυμαίνεται, το μέγεθος του αναγκαίου πληθυσμού εντόμων για την παραγωγή μετρήσιμου ουρικού οξέος στο προϊόν είναι υψηλό.

3.8.3 Εμβάπτιση του σπόρου σε διαλύματα διαφορετικής περιεκτικότητας

Χρησιμοποιούνται σαλικυλικό Na σε νερό, με χλωροφόρμιο και ειδικό λάδι ή διάλυμα νιτρικού σιδήρου. Εξαιτίας του μικρότερου ειδικού βάρους τους, η προσβεβλημένοι σπόροι επιπλέουν και καταμετράται η προσβολή (Μπουχέλος, 2000). Έχει υιοθετηθεί από ορισμένες χώρες κατά τις διεθνείς αγοραπωλησίες σιτηρών.

3.8.4 Συσκευή των ASHMAN-SIMON

Χειροκίνητη συσκευή που αποτυπώνει σε ταινία χαρτιού τις κηλίδες των συνθλιβομένων εντόμων. Είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη και εμφανίζει με ικανοποιητική ακρίβεια έστω και μικρή προσβολή.

3.8.5 Χρήση εντομοπαγίδας

Ειδική συσκευή με σχήμα δειγματολήπτη με διπλά τοιχώματα, που εμποδίζει την είσοδο προϊόντος μέσα σ' αυτή αλλά επιτρέπει την είσοδο εντόμων όχι όμως την έξοδό τους. Είναι ενδεικτική για τη διαπίστωση πιθανής προσβολής και όχι ταχεία. Επειδή δεν είναι ταχεία μέθοδος ενισχύεται με ελκυστικές ουσίες (φερομόνες). Τέτοιου είδους παγίδες δοκιμάστηκαν με μεγάλη επιτυχία στα έντομα *Tribolium* sp., *Rhyzopertha dominica* και *S. granarius* (Σταμόπουλος, 2008).

3.8.6 Ακτίνες X

Η πλέον διαδεδομένη, ασφαλής και ταχεία μέθοδος. Παρέχει τη δυνατότητα ασφαλούς ανίχνευσης εσωτερικών προσβολών εντόμων σε όλα τους τα στάδια. Γίνονται ακτινογραφίες σε δείγματα 100 g περίπου, που λαμβάνονται σε κανονικές αποστάσεις μεταξύ τους.

3.8.7 Ηλεκτροακουστική συσκευή

Μετρά άορατη εξωτερικά προσβολή μέσα σε δείγμα, τρέποντας τους θορύβους από τη κίνηση των εντόμων σε ενδείξεις. Για την κατάταξη κυρίως φορτίων σιτηρών, από άποψη εντομολογικής προσβολής, μπορούν να χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες κατηγορίες:

- Κατηγορία α = Μη διαπίστωση εντόμων
- Κατηγορία β = Πολύ ελαφρά προσβολή (2 έντομα ανά 3 kg προϊόντος).
- Κατηγορία γ = Ελαφρά προσβολή (2-4 έντομα ανά 3 kg προϊόντος).
- Κατηγορία δ = Μέτρια προσβολή (κάτω των 10 εντόμων ανά 3 kg προϊόντος).
- Κατηγορία ε = Βαριά προσβολή (άνω των 10 εντόμων ανά 3 kg προϊόντος) (Μπουχέλος, 2000).

3.9 Κατασταλτικά μέσα για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών

Αποσκοπούν στη λεγόμενη απεντόμωση των προσβληθέντων από τα έντομα γεωργικών προϊόντων. Με τον όρο δε **απεντόμωση** ονομάζουμε την, με οποιονδήποτε τεχνητό τρόπο ή μέσο, απαλλαγή των γεωργικών προϊόντων από τα επιβλαβή έντομα. Για τις απεντομώσεις χρησιμοποιούνται κυρίως μηχανικά, φυσικά και χημικά μέσα (Σταμόπουλος, 2008).

3.9.1 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ

Η χρησιμοποίησή τους έχει περιοριστεί σήμερα μετά την επέκταση της απεντόμωσης των γεωργικών προϊόντων με ασφυκτικές ουσίες. Τα κυριότερα απ' αυτά είναι:

1) Πίεση

Σε μερικά γεωργικά προϊόντα, τα οποία υπόκεινται σε δεματοποίηση, επιτυγχάνεται με την πίεση η σύνθλιψη και θανάτωση των εντόμων, κυρίως αυτών που βρίσκονται στο εσωτερικό των δεμάτων (Εμμανουήλ και Μπουχέλος, 1996). Αντίθετα, η αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι μικρή για τα έντομα που βρίσκονται στα ανώτερα στρώματα του δέρματος. Πάντως το μέτρο αυτό προσφέρει μικρή προστασία των γεωργικών προϊόντων από τα επιβλαβή έντομα.

2) Ξήρανση

Η καλή αποξήρανση των σπόρων πριν την αποθήκευσή τους (ιδίως αυτοί που έχουν συγκομιστεί πρώιμα), η κατά καιρούς αναστροφή αυτών ή των δεμάτων αποξηραμένων προϊόντων, π.χ. καπνού, συντελούν στη καλύτερη διατήρηση και με λιγότερες εντομολογικές προσβολές. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει μικρό ενδιαφέρον.

3) Entoleter

Είναι μια εντομοκτόνος συσκευή η οποία αποτελείται από ζεύγη επίπεδων μεταλλικών δίσκων, περιστρεφόμενων γύρω από ένα κεντρικό άξονα. Με αυτή, τα τρόφιμα υποβάλλονται σε γρήγορη φυγοκεντρική περιστροφή, που έχει σαν αποτέλεσμα τη θανάτωση των εντόμων που βρίσκονται σε αυτά (Σταμόπουλος, 2008). Με τη συσκευή αυτή επιτυγχάνεται η θανάτωση όχι μόνο των ακμαίων και των ατελών σταδίων διαφόρων εντόμων αλλά και των αβγών τους.

4) Κενό

Με τη μέθοδο αυτή επιδιώκεται η αφαίρεση του ατμοσφαιρικού αέρα από γεωργικά προϊόντα, τα οποία είναι αποθηκευμένα μέσα σε ειδικούς κλειστούς χώρους. Έτσι, με την συγχρόνως αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ που προέρχεται από την αναπνοή των σπόρων και των εντόμων, καθιστούν το περιβάλλον ασφυκτικό για τα έντομα. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά δαπανηρή και παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα.



Εικόνα 19. Μηχάνημα δημιουργίας κενού.



Εικόνα 20. Δημιουργία κενού με παραγωγή CO₂

3.9.2 ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΣΑ

Πρόκειται για την χρησιμοποίηση διάφορων φυσικών παραγόντων, όπως η θερμότητα, το ψύχος, το ηλεκτροστατικό πεδίο και ορισμένες ακτίνες.

1) Θερμότητα

Η δια υψηλών θερμοκρασιών απεντόμωση είναι πολύ καλή μέθοδος, δεδομένου ότι σε θερμοκρασίες 60-70°C επέρχεται πήξη των πρωτεϊνών και καταστροφή ορισμένων ενζυματικών ομάδων, με αποτέλεσμα να εξουδετερώνονται όλα τα στάδια των επιβλαβών εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων. Χρειάζεται όμως προσοχή ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη και κανονική κατανομή της θερμότητας σε ολόκληρη τη μάζα του προς απεντόμωση προϊόντος, όπως επίσης να μη γίνονται υπερβάσεις των ανεκτών ορίων θερμοκρασίας προς αποφυγή ζημιών επί του προϊόντος (αλλοιώσεις, βλαστική ικανότητα). Έτσι στη περίπτωση σπόρων (σιτηρών,

ψυχανθών, βαμβακόσπορου κ.λ.π.), συνιστάται η θερμοκρασία απεντομώσεως να μην υπερβαίνει τους 57,5°C, ο χρόνος έκθεσης των σπόρων τις 6 ώρες και η υγρασία αυτών το 12% (Σταμόπουλος, 2008).

Για την επίτευξη ικανοποιητικών αποτελεσμάτων, συνιστάται η απεντόμωση να διενεργείται κατά τη θερμή περίοδο του έτους, οπότε η εξωτερική θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλή (30-35°C). Αντίθετα, κατά την ψυχρή περίοδο, η επίτευξη υψηλών θερμοκρασιών μέσα στις αποθήκες για επιτυχή απεντόμωση αποβαίνει δύσκολη και δαπανηρή. Η απεντόμωση με θερμότητα δεν δίνει καλά αποτελέσματα για προϊόντα υγρά, συμπαγή ή συσκευασμένα σε κιβώτια, δέματα κ.λ.π. καθώς δυσχεραίνονται η διείσδυση της θερμότητας μέσα τους και η επίτευξη των επιθυμητών θερμοκρασιών απεντόμωσης. Στις περιπτώσεις αυτές, μπορεί να εφαρμοστεί η διοχέτευση θερμού ρεύματος αέρα.



Εικόνα 21. Απεντόμωση με την μέθοδο υψηλών θερμοκρασιών.

2) Ψύχος

Η απεντόμωση με χαμηλές θερμοκρασίες είναι πολύ καλή μέθοδος αλλά παρουσιάζει δυσκολίες και απαιτεί χρόνο, διότι το ψύχος διεισδύει πολύ αργά και δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλη έκταση. Ως επί το πλείστον, απαιτείται έκθεση σε -5 ως -35°C για πολλές ημέρες. Πολλά έντομα μπορούν να διαχειμάσουν και σε θερμοκρασίες από -25 ως -35°C. Τα περισσότερα όμως έντομα αδρανοποιούνται σε θερμοκρασίες 4-15°C και έτσι η διατήρηση τροφίμων σε θερμοκρασίες κάτω από 4°C προλαμβάνει ζημιές από πολλά είδη εντόμων.



Εικόνα 22. Απεντόμωση με χρήση χαμηλών θερμοκρασιών.

3) Ηλεκτροστατικό πεδίο

Με ειδικές συσκευές παράγονται ρεύματα υψηλής συχνότητας και μεγάλης έντασης. Αυτά διαβιβάζονται στο προς απεντόμωση προϊόν, προκαλούν ταχεία θανάτωση των ευρισκόμενων σε αυτό εντόμων, με απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του σώματός τους, χωρίς να επηρεάζουν αισθητά τη θερμοκρασία των προϊόντων π.χ. η θερμοκρασία των σιτηρών ανέρχεται μόνο σε 52°C (Σταμόπουλος, 2008).

Τα μηχανήματα αυτά είναι εφοδιασμένα με αυτόματους ρυθμιστές, με τους οποίους ρυθμίζεται η ένταση του δημιουργούμενου ρεύματος, ανάλογα με το προϊόν και το είδος του εντόμου.



Εικόνα 23. Συσκευή παραγωγής ρεύματος υψηλής συχνότητας και μεγάλης έντασης.

4) Ιονίζουσα ακτινοβολία ή ραδιενέργεια

Η μέθοδος των ακτινοβολιών (ακτίνες γ) προς απεντόμωση βρώσιμων προϊόντων, βρίσκεται ακόμη στο στάδιο της έρευνας, δεδομένου ότι διάφορες παράμετροι του θέματος πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω, όπως η μεθοδολογία εφαρμογής των ακτινοβολιών, ο προσδιορισμός των κατάλληλων δόσεων για τη θανάτωση διάφορων εντόμων των αποθηκών και η επίδραση των ακτινοβολιών αυτών επί των καταναλωτικών αγαθών και επί της δημόσιας υγείας γενικότερα.

Η απεντόμωση βρώσιμων γεωργικών προϊόντων με ακτινοβολία, έχει τύχει μερικής εφαρμογής από ετών σε μερικές χώρες (Η.Π.Α., Ρωσία κ.α.) με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στην Ελλάδα έχουν γίνει δοκιμές από το βιολογικό εργαστήριο του «Δημόκριτου» για την απεντόμωση ξερών σύκων. (Εμμανουήλ και Μπουχέλος, 1996).



Εικόνα 24 Ειδική σήμανση προϊόντων στα οποία έχει γίνει χρήση ακτινοβολίας



Εικόνα 25. Παραγωγή ακτινοβολίας για απεντόμωση.

5) Τροπισμός

«Τροπισμός» ή «τακτισμός» είναι ο προσανατολισμός και στη συνέχεια η ανακλαστική μετατόπιση (θετική ή αρνητική) των εντόμων υπό την επίδραση δεδομένου ερεθίσματος. Ανάλογα με το αίτιο του τροπισμού διακρίνουμε τον φωτοτροπισμό, τον στερεοτροπισμό και τον χημειοτροπισμό.

α) *Φωτοτροπισμός*

Εφαρμόζεται με χρήση φωτεινών παγίδων και βασίζεται στο θετικό φωτοτροπισμό. Χρησιμοποιείται σε κλειστούς χώρους για συλλογή και μείωση του πληθυσμού των ιπτάμενων κυρίως εντόμων. Μια τυπική φωτεινή παγίδα αποτελείται από τον σκελετό, λυχνίες υπεριώδους φωτός και ηλεκτροφόρα πλέγματα, στα οποία κυκλοφορεί ρεύμα υψηλής τάσης (5000Volt). Τα έντομα προσελκύονται από το φως και θανατώνονται στα ηλεκτροφόρα πλέγματα. Για να έχουν καλή αποτελεσματικότητα οι παγίδες πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση το πολύ 17 μέτρα η μία από την άλλη (Εμμανουήλ και Μπουχέλος, 1996). Πρέπει να τοποθετούνται στην οροφή και στις γωνίες κοντά στο δάπεδο και να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους κοντά σε υλικά εύφλεκτα ή υλικά που μπορεί να εκραγούν.

b) Στερεοτροπισμός

Είναι η τάση που έχουν πολλά είδη εντόμων να φέρουν το σώμα τους σε επαφή με συμπαγείς επιφάνειες (θετικός στερεοτροπισμός). Σ' αυτό βασίζεται η κατασκευή τεχνητών καταφυγίων (παγίδες), οι οποίες τοποθετούνται σε σημεία των αποθηκών με σκοπό την καταστροφή των εντόμων που προσελκύονται από αυτές.

c) Χημειοτροπισμός

Είναι η ιδιότητα που έχουν τα έντομα να αντιλαμβάνονται από μεγάλες αποστάσεις, χαρακτηριστικές οσμές από τις οποίες ελκύονται ή απωθούνται. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται και οι φερομόνες που έχουν ευρεία εφαρμογή. Οι φερομόνες είναι χημικά μέσα επικοινωνίας μεταξύ των ατόμων του ίδιου κατά κανόνα είδους. Στην εντομολογία έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο πειραματικά όσο και στην γεωργική πράξη για την προστασία της γεωργικής παραγωγής (Εμμανουήλ και Μπουχέλος, 1996). Επειδή οι αποθηκευτικοί χώροι έχουν σταθερές συνθήκες φωτισμού, αερισμού, θερμοκρασίας, υγρασίας, προσφέρονται περισσότερο για τη χρήση φερομονών. Χρησιμοποιούνται ως ελκυστικά σε παγίδες εντόμων.

6) Παγίδες

Οι θέσεις και ο αριθμός των παγίδων εξαρτάται κατά το μεγαλύτερο μέρος από το μέγεθος των χώρων και την κατανομή του προϊόντος μέσα σ' αυτούς. Γενικά, οι παγίδες πρέπει να βρίσκονται μακριά από ανοιχτές πόρτες ή παράθυρα για να μην προσελκύουν έντομα από έξω. Ο αριθμός των παγίδων καθώς και η ποσότητα της φερομόνης δεν πρέπει να είναι πάνω από τα συνιστώμενα όρια ώστε να μην υπάρχει κορεσμός του χώρου και μειωθεί η αποτελεσματικότητα των παγίδων με αποπροσανατολισμό των εντόμων.

i. Για ιπτάμενα έντομα

Υπάρχουν οι ανοιχτού και κλειστού τύπου παγίδες. Οι παγίδες αυτές έχουν συγκεκριμένα σχήματα, τα οποία ελκύουν οπτικά τα έντομα. Σε συνδυασμό με φερομόνες έχουν καλύτερα αποτελέσματα. Οι παγίδες ανοιχτού τύπου μειονεκτούν έναντι των κλειστού τύπου ως προς το ότι έχουν σχετικά μικρές παθητικές επιφάνειες και καλύπτονται γρήγορα, γι' αυτό και δεν ενδείκνυται σε χώρους με άλευρα ή

σκόνη. Οι παγίδες για ιπτάμενα έντομα είναι περισσότερο αποτελεσματικές όταν βρίσκονται κρεμασμένες στις γωνίες της κατασκευής και σε ύψος 2,20 – 2,50 μέτρα από το δάπεδο.



Εικόνα 26. Αριστερά παγίδα Τύπου «δέλτα», Δεξιά παγίδα Τύπου «χρoάνης».



Εικόνα 27. Παγίδα με τροφικά ελκυστικά



Εικόνα 28. Ηλεκτρική Παγίδα.



Εικόνα 29. Παγίδα τύπου McPhail.

ii. *Για βαδίζοντα έντομα*

Υπάρχουν δύο τύποι παγίδων κυρίως για τα κολεόπτερα και τις έρπουσες προνύμφες. Η παγίδα από κυματοειδές χαρτόνι είναι ειδική παγίδα για κολεόπτερα σε σιλό ή σωρούς σιτηρών. Ο δεύτερος τύπος έχει σχήμα δειγματοληπτικής σόντας κι έτσι μπορούμε να τη βυθίσουμε σε διάφορα βάθη μέσα στο προϊόν προϊόν που βρίσκεται σε σωρούς (π.χ. σπόροι σιτηρών). Οι παγίδες για τα βαδίζοντα έντομα πρέπει να τοποθετούνται πάνω στο προϊόν (σωρούς, σάκους) ή κάτω από τα μηχανήματα ή τις παλέτες.



Εικόνα 30. Παγίδα τύπου Pitfall.

3.9.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις βιολογικές μεθόδους καταπολέμησης ο έλεγχος των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, έχει εστιασθεί στην χρήση φυσικών εχθρών και την ολοκλήρωσή τους στο σύστημα της αποθήκης. Οι φυσικοί εχθροί διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα αρπακτικά και τα παρασιτοειδή. Αρπακτικό είναι κυρίως ένα έντομο ή ένας άλλος οργανισμός του ζωικού βασιλείου, το οποίο ζει ελεύθερα καθ' όλη την διάρκεια της ζωής του, είναι συνήθως μεγαλύτερο σε μέγεθος από την λεία του και για να συμπληρώσει την ανάπτυξή του απαιτούνται περισσότερα του ενός άτομα από τη λεία του (Λυκουρέσης, 1995). Για παράδειγμα εναντίον Λεπιδοπτέρων και Κολεοπτέρων χρησιμοποιήθηκαν αρπακτικά από την οικ. Anthocoridae, όπως το *Xylocoris flavipes*, όπου ήταν ικανά να μειώσουν τους πληθυσμούς των βλαβερών ειδών μόνο όσο ήταν ελεύθερα.

Παρασιτοειδές θεωρείται ένα έντομο το οποίο έχει συνήθως, όχι πάντοτε, το ίδιο μέγεθος με τον ξενιστή του, απαιτεί ένα μόνο ξενιστή για να συμπληρώσει την ανάπτυξή του, τον οποίο και θανατώνει (Λυκουρέσης, 1995). Για παράδειγμα χρησιμοποιήθηκαν παρασιτοειδή της τάξεως των Υμενοπτέρων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν εναντίον Λεπιδοπτέρων (*Cadra* sp.) και Κολεοπτέρων (*Oryzaephilus*), μόνο που η αδυναμία τους να εισέλθουν στο εσωτερικό των συσκευασιών υπήρξε περιοριστικός παράγοντας για την εφαρμογή τους (Λυκουρέσης, 1995).

Στις βιολογικές μεθόδους ανήκει η χρήση αιθέριων ελαίων (κοκκοφοίνικα, αραχίδιας), κυρίως με απευθείας εφαρμογή. Κάποια από αυτά δρουν ως αποτρεπτικά βρώσης ή και ωτοκίας, και κάποια άλλα μπορούν να έχουν ωοκτόνο ή προνυμφοκτόνο δράση.

Υπάρχουν κάποια εντομοπαθογόνα για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών με την βοήθεια και των παγίδων, οι οποίες είναι «καταφύγια» με ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη επιζωοτιών. Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως το *Bacillus thuringiensis*, το σπορογόνο βακτήριο *Bacillus cereus* και το παθογόνο πρωτόζωο *Mattesia trogodermiae* εναντίον Λεπιδοπτέρων όπως *Plodia interpunctella*, *Sitotroga cerealella* ή Κολεοπτέρων όπως τα *Tribolium castaneum* και *Lasioderma serricorne*. Τα αποτελέσματα με την χρήση εντομοπαθογόνων έδειξαν ότι πρόκειται για μια αποτελεσματική μέθοδο κατά των εντόμων αποθηκών, και ιδιαίτερα όταν πρόκειται να αντιμετωπιστούν μικροί πληθυσμοί σε μία μεγάλη χρονική περίοδο (Σταμόπουλος, 2008).

3.9.4 ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι βιοτεχνολογικές μέθοδοι βασίζονται στη μεταφορά γόνων σε φυτά δημιουργώντας σε αυτά ανθεκτικότητα στην προσβολή από έντομα. Η ανθεκτικότητα αυτή έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των προσβολών στον αγρό και κατά συνέπεια στην αποθήκη. Παράδειγμα μεταφοράς πρωτεϊνών και γόνων, αποτελεί ο

Bacillus thuringiensis . Ο βάκιλλος αυτός είναι πλούσιος σε πρωτεΐνες και γόνους, κατάλληλους για μεταφορά τους στα φυτά (Estruch, 1996).

3.9.5 ΧΗΜΙΚΑ ΜΕΣΑ

Για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών χρησιμοποιούνται εντομοκτόνες ουσίες, οι οποίες στην πλειονότητά τους είναι οργανικές. Κάποιες ανόργανες χρησιμοποιούταν τα προηγούμενα χρόνια, όπως ο βόρακας ή το βορικό οξύ. Επιπροσθέτως, η γη διατόμων κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια στα συστήματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης εντόμων αποθηκών. Τέλος, οι κύριες κατηγορίες εντομοκτόνων επαφής που χρησιμοποιούνται στα μετασυλλεκτικά στάδια των προϊόντων είναι τα πυρεθροειδή τα οργανοφωσφορικά και τα νεονικοτινοειδή.

Οι απεντομώσεις χώρων με την χρήση χημικών εντομοκτόνων επαφής γίνονται κυρίως με ψεκασμό και λιγότερο με επίπαση. Η επιλογή του κατάλληλου εντομοκτόνου θα πρέπει να γίνει αφού ληφθούν υπόψη:

- i. το είδος του προϊόντος,
- ii. τα παρασκευαζόμενα στο χώρο προϊόντα,
- iii. το είδος του εντόμου που έχει προσβάλει το προϊόν,
- iv. ο χρόνος επαναχρησιμοποίησης του χώρου,
- v. η δόση,
- vi. τα υπολείμματα που αφήνει το εντομοκτόνο στα προϊόντα (Arthur, 1996).

Τα χημικά μέσα καταπολέμησης είναι τα πλέον αποτελεσματικά και πρακτικώς εφαρμόσιμα, ενώ διακρίνονται σε επαφής και καπνογόνα.

Τα εντομοκτόνα για να είναι κατάλληλα για την προστασία των αποθηκευμένων σπόρων, πρέπει να πληρούν τις εξής κύριες προϋποθέσεις:

- i. Να έχουν μακρά υπολειμματική δράση και να προκαλούν άμεση κατάρριψη των ακμαίων.
- ii. Να έχουν χαμηλή τοξικότητα στα θερμόαιμα ζώα.
- iii. Να έχουν μεγάλη εντομοτοξικότητα σε χαμηλές δόσεις όταν δεν είναι χαμηλής τοξικότητας στα θερμόαιμα.
- iv. Να μην αφήνουν τοξικά υπολείμματα στα γεωργικά προϊόντα και τα υποπροϊόντα τους.
- v. Να μην προκαλούν αλλοιώσεις ποιοτικής φύσεως στα προϊόντα π.χ. αλλοιώσεις οσμής και γεύσης και να μην επηρεάζουν τη βλαστική ικανότητα των σπόρων (Σταμόπουλος, 2008).

3.9.5.1 Εντομοκτόνα Επαφής

Τα εντομοκτόνα επαφής προορίζονται κυρίως για την απολύμανση των σπόρων που θα χρησιμοποιηθούν για σπορά, όπως σιτηρά, ψυχανθή κ.α.. Υπάρχουν κάποια πλεονεκτήματα και κάποια μειονεκτήματα σε σχέση με τα καπνογόνα (υποκαπνιστικά).

Πλεονεκτήματα

- i. Είναι εύκολα εφαρμόσιμα από όλους τους παραγωγούς.
- ii. Δεν απαιτούνται ειδικές εγκαταστάσεις και κατάλληλοι αποθηκευτικοί χώροι για την εφαρμογή τους.
- iii. Δεν είναι τόσο επικίνδυνα όσο τα καπνογόνα.
- iv. Έχουν μακρά υπολειμματική δράση που έχει ως αποτέλεσμα η προστασία τους να είναι μακροχρόνια, σε αντίθεση με τα καπνογόνα που η δράση τους περιορίζεται σε μερικά 24ωρα. Αυτό ισχύει και για τους σπόρους όπου δεν θα χρησιμοποιηθούν άμεσα.

Μειονεκτήματα

- i. Δεν υπάρχει άμεσο αποτέλεσμα σε όλα τα στάδια του εντόμου. Ειδικά στα στάδια των ωών και των προνυμφών τα οποία βρίσκονται μέσα στους σπόρους, το αποτέλεσμα της χρήσης τους δεν είναι άμεσο.
- ii. Αφήνουν κάποια υπολείμματα στους σπόρους συγκριτικά με τα καπνογόνα που αφήνουν ελάχιστα ή σχεδόν καθόλου π.χ. φωσφίνη.

Λίγα χρόνια πριν για τη προστασία των αποθηκευμένων σπόρων χρησιμοποιούνταν εντομοκτόνα όπως το D.D.T., το chlordane και το lindane. Στην Ελλάδα πλέον χρησιμοποιούνται εντομοκτόνα όπως το pirimiphos – methyl, το imadacloprid, κάποια πυρεθροειδή και τέλος κάποιοι ρυθμιστές ανάπτυξης, ενώ υπάρχουν και κάποια μικροβιακά εντομοκτόνα (*Bacillus thuringiensis*) (Μπουχέλος, 2000).

Η υπολειμματική δράση τους επηρεάζεται από τη θερμοκρασία που υπάρχει στην αποθήκη και από την υγρασία του προϊόντος. Οι υψηλές θερμοκρασίες και η μεγάλη υγρασία του προϊόντος μειώνουν την υπολειμματική δράση των εντομοκτόνων. Το πιο σημαντικό ρόλο εκτός από την θερμοκρασία και την υγρασία για την υπολειμματική δράση έχει το ίδιο το εντομοκτόνο. Μπορεί κάτω από παρόμοιες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας διάφορα εντομοκτόνα παρέχουν διαφορετικά χρονικά διαστήματα προστασίας. Η υπολειμματικότητα ενός φαρμάκου είναι μικρότερη σε επιφάνειες τσιμέντου ενώ σε επιφάνειες από πλακάκι ή μετάλλου αυξάνεται η υπολειμματική τους διάρκεια (Σταμόπουλος, 2008).

Παρακάτω θα αναφερθούν κάποια εντομοκτόνα που έχουν έγκριση για τον σκοπό αυτό στην Ελλάδα.

PIRIMIPHOS – METHYL

Δρα ως εντομοκτόνο επαφής ενώ είναι ικανό να διαπερνά τους ιστούς των φύλλων και να εκδηλώνει διελασματική δράση. Έχει μεγάλη υπολειμματική δράση (5 ή περισσότερους μήνες), ακόμη και σε θερμό περιβάλλον και σε σπόρους αρκετά υγρούς (Σταμόπουλος, 2008). Λόγω της χαμηλής τοξικότητας για τα θερμόαιμα, αλλά και των σχετικά λιγότερων υπολειμμάτων του, είναι από τα ασφαλέστερα εντομοκτόνα αυτής της κατηγορίας. Είναι πιο εύχρηστο, ενώ η δράση του και με ατμούς το κάνει δραστικό ακόμη και όταν δεν έχει γίνει ακμαία ανάμειξη με το σπόρο.

Σε διάφορες χώρες έχει πάρει άδεια για απευθείας εφαρμογή με ψεκασμό. Η παρεχόμενη προστασία των προϊόντων φτάνει τη χρονική περίοδο των 36 εβδομάδων. Χρησιμοποιείται κυρίως για απεντομώσεις αποθηκευτικών χώρων μετά το καθάρισμά τους από υπολείμματα. Σε ενσაკισμένο προϊόν γίνεται ψεκασμός πατώματος και κάθε σειρά σάκων. Έτσι, εξασφαλίζεται προστασία για διάστημα που συχνά ξεπερνά τους 3 μήνες. Στην Ελλάδα εφαρμόζεται σε χώρους με αποθηκευμένα αλεύρα, ξηροί καρποί, σιτηρά, όσπρια, σε άδειες αποθήκες, σε βιομηχανικούς χώρους, σε πλοία και σε τρένα.

IMIDACLOPRID

Πρόκειται για ένα διασυστηματικό εντομοκτόνο το οποίο δρα στο νευρικό σύστημα των εντόμων προκαλώντας σημαντικές διαταραχές στις λειτουργίες τους με αποτέλεσμα το θάνατο. Το imidacloprid είναι αποτελεσματικό εναντίον μυζητικών εντόμων αλλά και άλλων επιβλαβών αρθροπόδων, ενώ δεν είναι τόσο αποτελεσματικό για νηματώδεις. Από τα έντομα αποθηκών, δεν είναι αποτελεσματικό εναντίον του *T. castaneum* (Daglish and Nayak, 2012). Έχει ευρεία χρήση σε βιομηχανικούς χώρους και εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων και κυκλοφορεί είτε ως υγρό για ψεκασμούς είτε ως επενδυτικό σπόρων.

SPINOSAD

Το spinosad έχει βιολογική προέλευση και προκαλεί σε σύντομο χρονικό διάστημα μια έντονη και συνεχή υπερδιέγερση του νευρικού συστήματος των εντόμων που οδηγεί στην εξάντληση και τελικά στον θάνατο, ο οποίος λαμβάνει χώρα μέσα σε 1-7 ημέρες, ανάλογα με το είδος του εντόμου (Hertlein et al., 2011). Το spinosad έχει δύο δραστικές, την spinosyn A και την spinosyn D, οι οποίες είναι προϊόντα μεταβολισμού ενός βακτηρίου του εδάφους που ανήκει στους ακτινομύκητες, του *Saccharopolyspora spinosa*. Δρα ως εντομοκτόνο στομάχου ενώ δεν έχουν αναφερθεί ως τώρα φαινόμενα ανθεκτικότητας, τουλάχιστον για τα έντομα αποθηκών Η έγκρισή του για αποθηκευμένα δημητριακά στην Ευρώπη αναμένεται μέσα στο 2013.

ΠΥΡΕΘΡΟΕΙΑΗ

Παραδείγματα πυρεθροειδών είναι το deltamethrin, το S – bioallethrin κ.α.. Τα εντομοκτόνα αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούνται για αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών αφού παρουσιάζουν γρήγορη δράση και ικανότητα κατάρριψης (knock – down), σε αποθηκευμένα σιτηρά (όπου στη χώρα μας μόνο το deltamethrin έχει έγκριση), σε βιομηχανικούς χώρους αλλά και σε κτήρια και κατοικίες (Subramanyam et al., 1989). Παρόλα αυτά, υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε πολλά μέρη του κόσμου (Arthur 1996).

ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Οι ρυθμιστές ανάπτυξης διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τους μιμητές νεανικής ορμόνης και τους αναστολείς συνθέσεως της χιτίνης. Ενδεικτικά στην πρώτη κατηγορία ανήκει το fenoxycarb ενώ στην δεύτερη το diflubenzuron. Εντομοκτόνα με αυτήν την δράση έχουν χρησιμοποιηθεί εναντίον κολεοπτέρων όπως τα *T. castaneum*, *T. confusum*, *S. granarius* και *O. surinamensis* με μεγάλη επιτυχία (Μπουχέλος, 1996).

3.9.5.2 Καπνογόνα

Μία άλλη περίπτωση είναι η χρησιμοποίηση των καπνιστικών εντομοκτόνων (τα οποία είναι γνωστά και ως υποκαπνιστικά), η οποία είναι ευρείας χρήσης και παίζει σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση εντομολογικών προβλημάτων σε αποθηκευτικούς χώρους, καθώς και σε χώρους παρασκευής ή επεξεργασίας φυτικών και ζωικών προϊόντων, εργοστάσια ή ακόμη και κατοικίες.

Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι εξαπλώνονται και διεισδύουν πολύ γρήγορα σε διάφορες θέσεις και χώρους. Είναι ένας τομέας δύσκολος και πολύ επικίνδυνος γι' αυτό χρειάζεται ειδικευμένο προσωπικό για την αποφυγή ατυχημάτων. Η εφαρμογή τους θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και τηρώντας τις οδηγίες χρήσεως.

Τα καπνιστικά εντομοκτόνα είναι χημικές ουσίες οι οποίες σε δεδομένη θερμοκρασία και πίεση μπορούν να υπάρχουν σε αέρια μορφή και σε τέτοιες συγκεντρώσεις που να είναι θανατηφόρες για ένα δεδομένο οργανισμό όταν εφαρμοσθούν για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα. Δεν περιλαμβάνεται η μορφή αερολυμάτων γιατί στην περίπτωση αυτή οι τοξικές ουσίες βρίσκονται ως υγρά ή στερεά σωματίδια μέσα στον αέρα και στερούνται μιας βασικής ιδιότητας που έχουν τα καπνιστικά, τη μεγάλη διεισδυτικότητα μέσα στο προϊόν ως ξεχωριστά μόρια (Σταμόπουλος, 2008).

Με εφαρμογή των καπνιστικών εντομοκτόνων επιτυγχάνεται η θανάτωση όλων των σταδίων (ακόμα και ωών) και όλων των ειδών από τα έντομα αποθηκών, χωρίς επικίνδυνα υπολείμματα για την υγεία των καταναλωτών. Μαζί με τα έντομα καταπολεμούνται και τα ακάρεα ή άλλοι ζωικοί εχθροί (π.χ. τρωκτικά) που τυχόν βρίσκονται στον υποκαπνιζόμενο χώρο.

Το κύριο μειονέκτημά τους επικεντρώνεται στο ότι είναι πολύ επικίνδυνα για τον άνθρωπο. Ο κίνδυνος της ανάφλεξης (έκρηξης) είναι ένα άλλο πρόβλημα, το οποίο για να προκληθεί θα πρέπει η συγκέντρωση των ατμών του καπνογόνου να φτάσει μια οριακή τιμή, για παράδειγμα το HCN έχει κατώτερο όριο έκρηξης σε συγκέντρωση καπνών 6% κατ' όγκο ενώ στην πράξη των απεντομώσεων χρησιμοποιείται μόλις στο 1.5% κατ' όγκο, πολύ χαμηλότερα από το όριο έκρηξης (Σταμόπουλος, 2008).

Η προϋπόθεση για μία επιτυχημένη απεντόμωση είναι η στεγανότητα της αποθήκης, η οποία δεν θα πρέπει να έχει ανοίγματα και ρωγμές ενώ οι πόρτες και τα παράθυρα να κλείνουν όσο το δυνατόν περισσότερο ερμητικά. Κατά την επιλογή ενός

καπνιστικού εντομοκτόνου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράγοντες:

- i. Σημείο ζέσεως του καπνιστικού εντομοκτόνου: το χαμηλό σημείο ζέσεως επιτρέπει την εξαέρωση της ουσίας και την παραγωγή δηλητηριωδών ατμών κυρίως σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος.
- ii. Μέγιστο συγκέντρωσης της τοξικής ουσίας: το μέγιστο βάρος μιας χημικής ουσίας που μπορεί να υπάρξει σε ένα δεδομένο χώρο σε αέριο μορφή, εξαρτάται από το μοριακό βάρος της.
- iii. Διάχυση και διεισδυτικότητα: «Η ταχύτητα διαχύσεως ενός αερίου είναι αντίστροφα ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της πυκνότητάς του» (Νόμος Graham). Έτσι βαρύτερα αέρια διαχέονται πιο αργά από τα ελαφρύτερα.
- iv. Ειδικό βάρος και κατανομή του καπνιστικού : τα περισσότερα καπνιστικά εντομοκτόνα είναι βαρύτερα από τον αέρα, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθούν ειδικές συσκευές (ανεμιστήρες) με σκοπό την καλύτερη κατανομή του αερίου στο χώρο.
- v. Επιδράσεις καπνιστικών στα προϊόντα: με την εφαρμογή κάποιου καπνιστικού δημιουργούνται ανεπιθύμητες χημικές αντιδράσεις με τα προϊόντα, όπως κάποιες σταθερές ουσίες οι οποίες είναι επικίνδυνες για τους καταναλωτές. Για το λόγο αυτό έχουν θεσπιστεί ανώτερα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης για τα οποία τα τρόφιμα θα είναι ακατάλληλα για τον άνθρωπο.
- vi. Χρησιμοποιούμενες δόσεις και συγκεντρώσεις των καπνιστικών.
- vii. Παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση του καπνιστικού: το αέριο που έρχεται σε επαφή με ένα σώμα, μια ποσότητά του μπορεί να δεσμευτεί από αυτό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η συγκέντρωση του καπνιστικού στο χώρο και να χρειάζεται συμπληρωματικά προσθήκη και άλλου αερίου ώστε η συγκέντρωση να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα. Η θερμοκρασία και η υγρασία παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο για τη δράση των καπνιστικών εντομοκτόνων. Γενικά, όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία τόσο μικρότερη δόση καπνιστικού απαιτείται, δεδομένου ότι τα έντομα σε υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν τον ρυθμό αναπνοή τους.
- viii. Η εφαρμογή του καπνιστικού σε κενό επιτρέπει τη μείωση του θανατηφόρου γινόμενου (μικρότερη δόση και μικρότερος χρόνος έκθεσης), λόγω αύξησης του ρυθμού αναπνοής των εντόμων και της αδυναμίας τους να κλείσουν προσωρινά τα αναπνευστικά τους ανοίγματα (Σταμόπουλος, 2008).

Τρόπος Δράσης

Η διείσδυση των καπνιστικών εντομοκτόνων μέσα στο σώμα των εντόμων γίνεται κυρίως μέσω του αναπνευστικού συστήματος και μέσω του χιτίνινου περιβλήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προσβάλλουν το νευρικό και αναπνευστικό σύστημά τους όπου προκαλούν το θάνατο. Η χρησιμοποίηση καπνογόνων με CO₂ ή υπό συνθήκες κενού, προκαλεί ενεργοποίηση της εντομοτοξικότητάς τους, λόγω αύξησης της συχνότητας των αναπνευστικών κινήσεων και κατά συνέπεια αύξηση της

ποσότητας των τοξικών ατμών στη μονάδα του χρόνου, που εισέρχονται στο σώμα του εντόμου.

Η ευαισθησία των εντόμων απέναντι σε ένα καπνιστικό εντομοκτόνο εξαρτάται από το είδος του εντόμου και από το στάδιο που βρίσκεται (Σταμόπουλος, 2008). Γενικά, οι πλαγγόνες και τα ωά είναι πιο ανθεκτικά σε σχέση με τα ακμαία και τις προνύμφες.

Οι δόσεις που χρησιμοποιούνται εξαρτώνται από την θερμοκρασία του χώρου, από το είδος του υλικού που προορίζεται για απεντόμωση και από το είδος και στάδιο του εντόμου. Οι συνιστώμενες δόσεις που αναγράφονται από τον κατασκευαστή δίνονται για θερμοκρασίες 21 – 25°C.

Τα σπουδαιότερα καπνογόνα για απεντόμωση των αποθηκευμένων προϊόντων είναι:

1) Φωσφίνη

Ο χημικός τύπος της φωσφίνης είναι PH_3 , ενώ το σημείο ζέσεως βρίσκεται στους $-87,4^\circ\text{C}$. Είναι ένα σκεύασμα που κυκλοφορεί στο εμπόριο υπό μορφή δισκίων (αλλά και άλλων μορφών όπως σφαιρίδια, κυρτά δισκία κα) που καθένα απ' αυτά ζυγίζει 3 γραμμάρια και απελευθερώνει 1gr φωσφίνης (PH_3) που είναι και η δραστική ουσία (Θωμαΐδης, 1992). Επίσης κυκλοφορεί και με μορφή σφαιριδίων.

Πρόκειται για ένα άχρωμο αέριο, πολύ τοξικό με οσμή ασετιλίνης ή σκόρδου. Είναι ένα δηλητήριο που δεν προκαλεί χρόνια δηλητηρίαση αλλά μόνο οξεία, χωρίς να υπάρχει κάποιο αντίδοτο, γι' αυτό θα πρέπει να τηρούνται όλες οι προφυλάξεις κατά την εφαρμογή της, όπως το σφράγισμα της αποθήκης, η απομάκρυνση των ανθρώπων μέσα στο χρονικό διάστημα 3 ωρών από το άνοιγμα των κονσερβών και να μην υπάρχουν νερά στο χώρο της απεντόμωσης. Οι ιδιότητες της φωσφίνης μαζί με το χαμηλό μοριακό της βάρος (34,04) και με ειδικό βάρος (1,214) παρόμοιο με αυτό του αέρα, ευνοούν την ομοιόμορφη εξάπλωσή της στο χώρο και την εύκολη διείσδυσή της στα προϊόντα.



Εικόνα 31. Σκεύασμα Φωσφίνης

Σύνθεση – Μηχανισμός δράσης

Κάθε δισκίο φωσφίνης αποτελείται κατά τα 2/3 του βάρους του από καθαρό φωσφορικό αργίλιο (AIP). Το υπόλοιπο 1/3 του βάρους της, αποτελείται από καρβαμιδικό αμμώνιο, μια ουσία που κατά την διάσπασή της απελευθερώνει αέρια, που προλαμβάνουν την ανάφλεξή της. Τα υλικά αυτά είναι διαποτισμένα με ειδική παραφίνη, που παίζει επιβραδυντικό ρόλο στη ταχύτητα των αντιδράσεων, ώστε να μην αρχίζει γρήγορα η έκλυση της φωσφίνης, αλλά να εξασφαλίζεται αρκετό χρονικό περιθώριο ασφαλείας 3 – 4 ώρες (Μπουχέλος, 2000). Το φωσφορικό αργίλιο που είναι το κύριο συστατικό, μόλις βρεθεί μέσα στο σωρό του προϊόντος ή στον ελεύθερο αέρα, θα αντιδράσει με τη φυσική υγρασία του περιβάλλοντος ή των σιτηρών και από την αντίδραση αυτή θα παραχθεί φωσφίνη και υδροξείδιο του αργιλίου. Η μεγάλη καθαρότητα του φωσφορούχου αργιλίου είναι εκείνη που επιτρέπει την εμφάνισή της αυταναφλεγόμενης διφωσφίνης. Το άλλο συστατικό του δισκίου, το καρβαμιδικό αμμώνιο, με την επίδραση της υγρασίας ή και της θερμοκρασίας, μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα και αμμωνία, αέρια που δρουν ανταναφλεκτικά και εμποδίζουν, έτσι τον κίνδυνο αναφλέξεως της φωσφίνης. Μετά την ολοκληρωτική αποσάθρωση των δισκίων δεν υπάρχει τίποτα το επιβλαβές, το μόνο κατάλοιπο των αντιδράσεων είναι το υδροξείδιο του αργιλίου, που κι αυτό θα απομακρυνθεί αργότερα.

Η φωσφίνη εισέρχεται στο οργανισμό μέσω του αναπνευστικού συστήματος και πιστεύεται ότι καταστρέφει τη δράση ορισμένων κυτταρικών ενζύμων (Σταμόπουλος, 2008).

Φάσμα δράσης – διάρκεια έκθεσης – δοσολογία

Το καπνιστικό αυτό έχει ένα πολύ μεγάλο φάσμα δράσης τόσο σε προϊόντα (σπόροι, δημητριακά, άλευρα κα) αλλά και σε εγκαταστάσεις όπου αποθηκεύονται ή μεταφέρονται προϊόντα. Η φωσφίνη καταπολεμά όλα τα έντομα αποθηκών, σε όλα τα στάδια του βιολογικού τους κύκλου, ακόμη και τα ωά (Zettler, 1991). Μαζί με τα έντομα εξοντώνει και τα ακάρεα αλλά και όλα τα είδη ποντικών, τα οποία μάλιστα είναι κατ' εξοχήν ευαίσθητα.

Ο χώρος στον οποίο γίνεται η χρήση της φωσφίνης πρέπει να παραμένει κλειστός κατά την απεντόμωση για κάποιο χρονικό διάστημα. Το χρονικό αυτό διάστημα εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τα παράγοντα της θερμοκρασίας (με βάση την ετικέτα):

- 1) Για θερμοκρασία 12 – 15°C απαιτούνται 5 ημέρες.
- 2) Για θερμοκρασία 16 – 20°C απαιτούνται 4 ημέρες.
- 3) Για θερμοκρασία ενώ των 20°C απαιτούνται 3 τουλάχιστον ημέρες.

Οι δόσεις εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- α) Από τη στεγανότητα του αποθηκευτικού χώρου.
- β) Από το είδος των εντόμων που πρόκειται να καταπολεμήσουμε.
- γ) Από το είδος της αποθήκευσης (προϊόν χύμα ή ενσασκισμένο)

2) Βρωμιούχο μεθύλιο (CH₃Br)

Είναι από τα καπνογόνα που αποτέλεσαν ζωτικής σημασίας για την αγροτική παραγωγή, με τη μεγαλύτερη χρήση γιατί παρουσιάζει πολλές καλές ιδιότητες, καλή αποτελεσματικότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά γεωργικά προϊόντα χωρίς δυσμενείς παρενέργειες. Το βρωμιούχο μεθύλιο είναι πολύ αποτελεσματικό εναντίον όλως των σταδίων των αρθροπόδων των αποθηκευμένων προϊόντων. Το συγκεκριμένο εντομοκτόνο μπορεί να δράσει ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες (έως και -10°C).

Στο εμπόριο κυκλοφορεί ως υγρό μέσα σε ατσάλινους κυλίνδρους. Δεν έχει χρώμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις δεν έχει οσμή γι' αυτό είναι και επικίνδυνο. Υγροποιείται εύκολα χωρίς να είναι αναφλέξιμο. Έχει την ιδιότητα να εισχωρεί γρήγορα και βαθιά στη μάζα του προϊόντος που υποκαπνίζουμε ακόμη και με την ατμοσφαιρική πίεση, ενώ οι ατμοί του διασκορπίζονται γρήγορα μετά τον υποκαπνισμό. Κατά την εφαρμογή του βρωμιούχου μεθυλίου θα πρέπει να δίνετε βάρος έτσι ώστε να μην έρχεται με την υγρή του μορφή σε άμεση επαφή με τα άλλα προϊόντα αλλά να εξατμίζεται καλά ώστε το αέριο να διασκορπίζεται μεταξύ των κενών που υπάρχουν στο χώρο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για απεντομώσεις για πάρα πολλά αποθηκευμένα προϊόντα χωρίς να αφήνει υπολείμματα στα τρόφιμα. Στους διάφορους σπόρους, το βρωμιούχο μεθύλιο δεν προξενεί ζημιές και δεν μειώνει τη βλαστική τους ικανότητα με την προϋπόθεση ότι αυτά δεν έχουν υπερβολική υγρασία και ότι οι δόσεις εφαρμογής δεν ξεπερνούν τις συνιστώμενες.

Το βρωμιούχο μεθύλιο χαρακτηρίστηκε ως ουσία που καταστρέφει το όζον της ατμόσφαιρας, καταστρέφοντας το στρώμα που εμποδίζει την υπεριώδη ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια της γης. Το 1992 το βρωμιούχο μεθύλιο μπήκε στη λίστα των υπό έλεγχο ουσιών του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ και αποφασίστηκε η σταδιακή μείωση της παραγωγής του ώστε το 2005 να πάψει να χρησιμοποιείται στις ανεπτυγμένες χώρες και το 2015 να σταματήσει η χρησιμοποίησή του στις αναπτυσσόμενες (Σταμόπουλος, 2008).



Εικόνα 32. Χρησιμοποίηση βρωμιούχου μεθυλίου σε μαρούλια.

3) Υδροκυάνιο (HCN)

Πρόκειται για ένα καπνιστικό εντομοκτόνο υγρό και άχρωμο ενώ η γεύση του είναι αλμυρή. Για να γίνει αντιληπτό αναμειγνύεται με ένα αέριο δακρυγόνο. Είναι πτητικό, με ειδικό βάρος 0,948 και σημείο ζέσεως τους 26°C. Επειδή οι ατμοί του είναι ελαφρότεροι του αέρα, εισάγεται στο χώρο απεντόμωσης από τα κατώτερα στρώματα.

Είναι ισχυρότατο δηλητήριο για τα έντομα αποθηκών, τα φυτά και τον άνθρωπο και γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή και από πεπειραμένα άτομα τα οποία να τηρούν τους κανόνες ασφαλείας αφού είναι εξαιρετικά εύφλεκτο. Η εντομοτοξικότητα του HCN ελαττώνεται ταχέως όταν τα προϊόντα είναι υγρά, λόγω της μεγάλης υδατοδιαλυτότητας του, οπότε δεν θεωρείται κατάλληλο για απεντόμωση σιτηρών, άλευρα και υδαρή προϊόντα (σταφύλια, εσπεριδοειδή). Σήμερα η χρήση του έχει περιοριστεί.

4) Οξειδίο του αιθυλενίου ((CH₂)₂O)

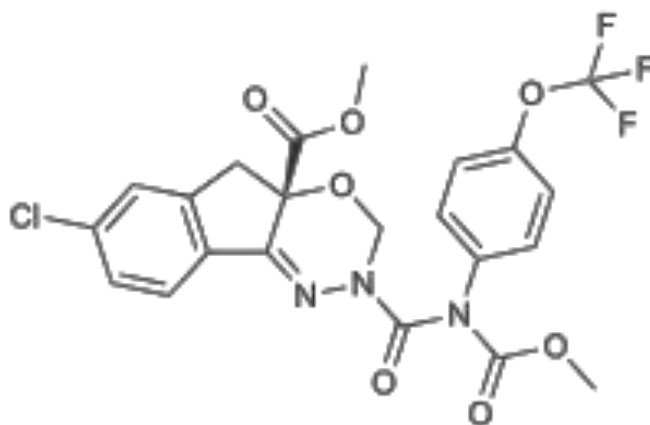
Πρόκειται για ένα υγρό άχρωμο, με μοριακό βάρος 44,05 και σημείο ζέσεως τους 10,5°C. Οι ατμοί του είναι 1,5 φορές βαρύτεροι από τον αέρα, ενώ έχουν μεγάλη διεισδυτική ικανότητα η οποία αυξάνεται με την παρουσία 7πλάσιας ή 9πλάσιας ποσότητας CO₂, με αποτέλεσμα τα έντομα να θανατώνονται ταχύτερα. Είναι αρκετά εύφλεκτο και χρησιμοποιείται με CO₂ σε αναλογία 1:9, ώστε να ελαττωθεί ο κίνδυνος ανάφλεξης (Σταμόπουλος, 2008). Η τοξικότητά του είναι μικρή στις χρησιμοποιούμενες δόσεις, ενώ λόγω φυτοτοξικότητας είναι ακατάλληλο για σπόρους, φυτώρια και αναπτυσσόμενα φυτά. Είναι ευδιάλυτο στο νερό και δρα και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Καταστρέφει ορισμένα αμινοξέα και βιταμίνες που υπάρχουν στις τροφές και σε συγκεντρώσεις πάνω από 68ppm σχηματίζει ανεπιθύμητες ενώσεις οι οποίες είναι ύποπτες καρκινογένεσης.

5) Καρβονυλικό σουλφίδιο (COS)

Το COS χρησιμοποιείται κυρίως στην Αυστραλία και εφαρμόζεται σε σπόρους και σε ξύλο για τα ξυλοφάγα έντομα. Προκαλεί το θάνατο όλων των σταδίων που βρίσκονται εκτός των σπόρων σε συγκέντρωση 25 mg/l. Είναι αποτελεσματικό για τα έντομα και τα ακάρεα αποθηκευμένων προϊόντων, ενώ είναι τοξικό για τα θηλαστικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. Indoxacarb



Εικόνα 33 Χημικός Τύπος indoxacarb

Η χημική ονομασία του indoxacarb είναι : Methyl 7 – chloro – 2, 5 – dihydro – 2 – [[(methoxycarbonyl) [4 - (trifluoromethoxy) phenyl] amino] carbonyl] indeno [1, 2 – e] [1, 3, 4] oxadiazine - 4a(3H) – carboxylate, $C_{22}H_{17}ClF_3N_3O_7$.

Το συγκεκριμένο φυτοπροστατευτικό προϊόν καταχωρήθηκε στην California, το 2001, ενώ τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα που περιέχουν τη δραστική αυτή είναι τα Avant και Stewart.

Η μορφή του μπορεί να είναι σε είτε βρέξιμους κόκκους είτε σε πυκνό διάλυμα. Το indoxacarb αναφέρεται στη S – ισομέρεια της μοριακής δομής η οποία έχει οριστεί ως PDX – KN128 από την Dupont. Η R – στερεοϊσομέρεια που έχει οριστεί ως DPX – KN 127 δεν παρουσιάζει κάποια εντομοκτόνα δράση. Το DPX – MP062 είναι μια μίξη των δύο ισομερών σε αναλογία 75:25, παρόλο που το DPX – JW062 είναι ένα μείγμα σε αναλογία 50:50 των DPX – KN128 και DPX – KN 127 και η εντομοκτόνος δράση του είναι μικρότερη από το DPX – MP062 για το λόγο ότι παρουσία του δραστικότερου ισομερούς DPX – KN128 είναι σε χαμηλότερα επίπεδα στην χημική ένωση. Οι περισσότερες φυσικοχημικές ιδιότητες αποκτούνται από την χρήση του ισομερούς σε αναλογία 50:50 DPX – JW062 (Brugger, 1997).

4.1 Τρόπος δράσης

Το indoxacarb χημικά ανήκει στην ομάδα των οξαδιαζινών. Πρόκειται για εντομοκτόνο στομάχου και επαφής, αποτελεσματικό στην καταπολέμηση λεπιδοπτέρων, και όχι μόνο, σε πολλές καλλιέργειες. Ο μηχανισμός δράσης του είναι παρόμοιος με αυτόν των πυρεθρινοειδών. Εντοπίζεται στους διαύλους ιόντων νατρίου (Na^+) στους νευράξονες των νευρικών κυττάρων. Η προσκόλλησή του όμως στις υπομονάδες των διαύλων ιόντων νατρίου διαφέρει από τα πυρεθρινοειδή και δεν αναφέρεται διασταυρωτή ανθεκτικότητα με αυτά, όταν βέβαια ο μηχανισμός ανθεκτικότητας είναι η αλλαγή της θέσης δράσης. Δρα κυρίως στα προνυμφικά στάδια αλλά και στα ακμαία, όπου παρατηρείται αναστολή της δραστηριότητάς τους.

Οι προνύμφες και τα ακμαία σταματούν να τρέφονται, παραλύουν και τελικά έρχεται ο θάνατος.

Το indoxacarb δρα στο κεντρικό νευρικό σύστημα των εντόμων, και συγκεκριμένα στους διαύλους των ιόντων Na στους νευράξονες των νευρικών κυττάρων των εντόμων. Μετά την εφαρμογή του τα έντομα σταματούν κάθε κίνηση και πρόσληψη τροφής. Τα ευαίσθητα έντομα θανατώνονται μέσα σε 24-60 ώρες από την εφαρμογή. Έχει δράση σε όλα τα προνυμφικά στάδια των λεπιδοπτέρων. Παραμένει δραστικό και στις υψηλές θερμοκρασίες.

Πίνακας Οικοτοξικότητας (<http://www.fluoridealert.org/pesticides/dpx-mp062.msds.steward.htm>)

Blue gill LC ₅₀	900 ppb
Daphnia magna 21 – days NOEC	75 ppb
Daphnia magna 48 hours EC ₅₀	600 ppb
Honey bee 48hr contact LD ₅₀	0,18ug/bee ppb
Mallard Duck LC ₅₀	>5620 ppb
Mysid Shrimp 96hr LC ₅₀	54,6 ppb
Oyster (Larvae and shell growth)	218 ppb
Quail Oral LD ₅₀	98 ppb
Quail Bobwhite LC ₅₀	808 ppb
Rat Oral LD ₅₀ female	268 ppb
Rat Oral LD ₅₀ male	178 ppb
Rainbow trout LC ₅₀	650 ppb
Sheephead Minnow 96hr LC ₅₀	374 ppb

4.2 Τύχη του indoxacarb στο περιβάλλον

Το indoxacarb είναι μη πτητικό σε χαμηλές πιέσεις ατμών $<1.0 \times 10^{-7}$ mmHg στους 25°C. Οι χαμηλής πίεσεως υδρατμοί υποδεικνύουν ότι η εξάτμιση δεν είναι σημαντικός μηχανισμός διάλυσής του στο περιβάλλον (Cobranchi and Scmeckler, 1997).

Στο νερό

Η τάση υδρόλυσης του indoxacarb στο νερό αυξάνεται όσο αυξάνεται το pH του νερού. Ο χρόνος ημιζωής σε pH 5, 7 και 9 έχει υπολογιστεί ότι είναι 500 ημέρες, 38 ημέρες και 1 ημέρα αντίστοιχα (Ferraro and Mc Euen, 1996). Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η ηλιακή ακτινοβολία, όπου η δράση το DPX – MP062 μειώνεται σημαντικά μετά την έκθεσή του στο ήλιο. Γεγονός που υποδηλώνει ότι η φωτόλυση παίζει και αυτή πολύ σημαντικό ρόλο στην διάσπαση του DPX – MP062 στα υδάτινα περιβάλλοντα. Η φωτόλυση που λαμβάνει χώρα στα υδάτινα συστήματα με χρόνο ημιζωής 3,16 ημέρες υποδηλώνουν χαμηλή συγκέντρωση στα συστήματα αυτά.

Στο έδαφος

Το indoxacarb είναι σχετικά ένα υδροφοβικό σκεύασμα με χαμηλή διαλυτότητα στο νερό. Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά μαζί με την υψηλή ικανότητα του εδάφους για απορρόφηση, έχουν σαν αποτέλεσμα να μην μπορεί να μεταφερθεί το indoxacarb στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Η σημαντικότερη υποβάθμιση του indoxacarb στο έδαφος είναι αυτή που λαμβάνει χώρα από τους μικροοργανισμούς (Brugger, 1997). Σε αυτή την περίπτωση ο χρόνος ημιζωής ποικίλει και μπορεί να έχει εύρος από 16 έως 114 ημέρες.

Στους ζωντανούς οργανισμούς

Δεν έχουν αναφερθεί δυσμενείς επιπτώσεις του indoxacarb σε φυτά μη στόχους. Ακόμη δεν παρατηρήθηκε καμία φυτοτοξικότητα σε καλλιέργειες στις οποίες εφαρμόστηκε το φάρμακο για πειραματικούς σκοπούς. Το DPX – MP062 διασπάται σχετικά γρήγορα όταν βρίσκεται πάνω ή και μέσα στα φύλλα και στους καρπούς των φυτών. Να αναφερθεί ότι το indoxacarb είναι μετρίως τοξικό σε μερικά είδη πτηνών. Για παράδειγμα το LC₅₀ είναι 808mg/kg για ένα είδος ορτυκιού, ενώ ο μεταβολίτης JT333 είναι ελαφρώς τοξικός με το LC₅₀ να είναι 1618mg/kg (US EPA, 2000).

Στο indoxacarb, το DPX – KN127 και τα συνδεδεμένα προϊόντα αποδόμησής τους είναι μετρίως έως πολύ τοξικά για τα ψάρια των λιμνών, όπου το LC₅₀ έχει μεγάλο εύρος από 0,024 έως > 1,3mg/L. Ακόμα μπορεί να είναι μετρίως έως πολύ τοξικό για τα ασπόνδυλα που στις ακτές αλλά και μέσα στις λίμνες, όπου το EC₅₀ έχει και αυτό μεγάλο εύρος από 0,029 έως 2,94mg/L. Χρόνιες τοξικότητες μπορεί να δημιουργηθούν με συγκεντρώσεις με εύρος 0,0006 – 0,0184mg/L στα ψάρια και στα ασπόνδυλα των παράκτιων περιοχών και συγκεντρώσεις με εύρος από 0,004 – 0,15mg/L στα ψάρια και στα ασπόνδυλα των λιμνών (US EPA, 2000).

4.3 Χρήση του indoxacarb στην πάροδο του χρόνου

Το indoxacarb έχει χρησιμοποιηθεί αρκετές φορές είτε σε πειράματα εργαστηρίου είτε σε πραγματικές συνθήκες αντιμετώπισης των εντόμων. Δοκιμάστηκε σε πολλά είδη εντόμων με τα αποτελέσματά του να είναι θετικά, κρίνοντάς το ως ένα αποτελεσματικό εντομοκτόνο στομάχου και επαφής.

Οι Galvan et al. (2005), μελέτησαν τις επιπτώσεις του indoxacarb στο *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). Το πείραμα διεξήχθη σε συνδυασμό με το εντομοκτόνο spinosad με τα αποτελέσματα να είναι υπέρ του indoxacarb, αλλά και τα δύο να επηρεάσουν την επιβίωση, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή του εντόμου. Συγκεκριμένα του indoxacarb έχει πιο θανατηφόρες επιπτώσεις όταν εφαρμόζεται σε δόση FR 10% για το *H. axyridis* απ' ότι το spinosad όταν εφαρμόζεται σε δόση FR 10%, 25% και 50%.

Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη, το indoxacarb αξιολογήθηκε εναντίον του *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) από τους Zhao et al. (2006). Οι μεταχειρίσεις πραγματοποιήθηκαν στις ΗΠΑ και στο Μεξικό από όπου συλλέχτηκαν 9

διαφορετικοί πληθυσμοί. Όλοι αυτοί οι πληθυσμοί καταπολεμήθηκαν με το indoxacarb εκτός από ένα πληθυσμό που προήλθε από την περιοχή της Χαβάης, ο οποίος εμφάνισε υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας. Επίσης την ίδια χρονιά πραγματοποιήθηκε έρευνα για το indoxacarb εναντίον ενός ωφέλιμου εντόμου και δύο ακάρεων των *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) και των πλαγγόνων του *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). Μετά από 7 ημέρες έκθεσης τα αποτελέσματα παρουσίασαν ότι οι πλαγγόνες δεν επηρεάστηκαν καθόλου ενώ η γονιμότητα του *P. persimilis* μειώθηκε κατά το 1/3 περίπου, με το άνοιγμα των ωών να μην επηρεάζεται καθόλου. Η θνησιμότητα των ακμαίων *P. persimilis* και *A. fallacies* ήταν αρκετά υψηλή (Bostanian και Akalach, 2006).

Πραγματοποιήθηκε έρευνα πάνω στα Λεπιδόπτερα *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Noctuidae) και *P. xylostella* αποδείχτηκε ότι το indoxacarb είναι αποτελεσματικό σε αυτά τα είδη εντόμων και δεν έχουν διασταυρωτή ανθεκτικότητα με το carbaryl και το parathion – methyl, λόγω διαφορετικού τρόπου δράσης στα κανάλια νατρίου (Yu and McCord, 2007). Το indoxacarb έχει χρησιμοποιηθεί με θετικά αποτελέσματα στο Πακιστάν απέναντι στο Λεπιδόπτερο *Spodoptera litura* (F.) (Noctuidae) το 2008 από τους Sayyed et al. Με την χρήση όμως του indoxacarb το *S. litura* ανέπτυξε ανθεκτικότητα στο spinosad και στο emamectin. Η χρήση του στα Δίπτερα *Tipula paludosa* (Meigen) και *Tipula oleracea* (L.) (Tipulidae) δεν ήταν αποτελεσματική ύστερα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ (Peck et al., 2008). Μια μεγάλη έρευνα πραγματοποιήθηκε το 2008 από την Alves et al., με το Λεπιδόπτερο *Ostrinia nubilalis* σε συνδυασμό με την απουσία και παρουσία του S,S,S-tributyl phosphorotrithioate (DEF), ενός αναστολέα του υδρολυτικού μεταβολισμού. Έγιναν πειράματα σε εργαστήριο για να καθοριστεί ο ρόλος του αναστολέα για την ενεργοποίηση ή μη του indoxacarb. Έτσι η τοξικότητα του indoxacarb μειώθηκε στην παρουσία του DEF υποδεικνύοντας ανταγωνισμό στην τοξικότητα. Τα αποτελέσματα των in vivo και in vitro πειραμάτων, έδειξαν μείωση της τοξικότητας του indoxacarb και τον σχηματισμό του υδρολυτικού μεταβολίτη.

Σε έρευνα που διεξήχθη το 2008 για το Λεπιδόπτερο *Heliothis virescens* (F.) (Noctuidae) το indoxacarb βρέθηκε τοξικό για το συγκεκριμένο έντομο, ενώ το κόστος επιβίωσής του το επηρέασε έτσι ώστε να μην γίνει ανθεκτικό προς το εντομοκτόνο. Στο παραπάνω πείραμα που κράτησε 6 γενεές, οι προνύμφες ήταν το ίδιο ευάλωτες στο indoxacarb (Sayyed et al., 2008). Το 2009 το indoxacarb δοκιμάστηκε από τους Ghodki et al., απέναντι στο Λεπιδόπτερο *H. armigera* το οποίο ήταν αποτελεσματικό προς τα ακμαία αλλά η θνησιμότητα των προνυμφών ήταν αρκετά χαμηλή. Τέλος έρευνες έχουν γίνει για στην κατσαρίδα *Blattella germanica* (L.) (Blattaria: Blattellidae) την οποία επηρέασε θετικά (Gondhalekar et al., 2011), ενώ οι μέλισσες δεν είναι περισσότερο ευαίσθητες από ότι τα άλλα έντομα (Hardstone and Scott, 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Σκοπός της παρούσας μελέτης

Απ' όσα έχουν αναφερθεί ως τώρα, είναι εμφανές το μέγεθος των προσβολών στα αποθηκευμένα προϊόντα και πόσο μεγάλη υποβάθμιση, ποιοτική και ποσοτική μπορεί να γίνει σ' αυτά από διάφορους εχθρούς και ασθένειες, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα όσο και στην Ελλάδα.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια προσέγγιση σχετικά με την εξέταση της αποτελεσματικότητας του indoxacarb κατά των εντόμων αποθηκών. Οι σκοποί της παρούσας μελέτης είναι:

1. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του indoxacarb κατά τριών εκ των σημαντικότερων εντόμων αποθηκών παγκοσμίως, των *Sitophilus oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis* και *Tribolium confusum*.
2. Η επίδραση του indoxacarb στα διάφορα στάδια ανάπτυξης του *T. confusum*.
3. Η επίδραση του indoxacarb στην άμεση και καθυστερημένη θνησιμότητα των τριών ειδών σε επιφάνεια τσιμέντου, καθώς και η επίδραση της τροφής σε αυτά.
4. Η επίδραση του indoxacarb στην θνησιμότητα των τριών ειδών εντόμων σε διάφορες επιφάνειες, που αποτελούν τις συνήθεις επιφάνειες σε χώρους αποθήκευσης, επεξεργασίας και μεταφοράς τροφίμων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. Υλικά και Μέθοδοι

6.1 Εντομοκτόνο

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε σκεύασμα Steward WG (DuPont Hellas, Χαλάνδρι, Αθήνα), το οποίο περιέχει indoxacarb σε ποσοστό 30% β/β σε μορφή βρέξιμων κόκκων (WG) και βοηθητικές ουσίες 57,7% β/β. Οι παρασκευαστές του δρώντος συστατικού είναι οι E.I Du Pont de Nemours & Co Inc, ΗΠΑ ενώ η DuPont International Operations Sarl Ελβετίας είναι ο παρασκευαστής του σκευάσματος. Πρόκειται για εντομοκτόνο επαφής και στομάχου για την καταπολέμηση κυρίως λεπιδοπτέρων. Το Steward WG στην Ελλάδα χρησιμοποιείται στις καλλιέργειες: αμπέλι (οινοποιήσιμες και επιτραπέζιες), λαχανικά θερμοκηπίου (αγγούρι, καρπούζι, κολοκύθι, μελιτζάνες, πεπόνι, πιπεριές, τομάτα), λαχανικά υπαίθρου (αγγούρι, αγκινάρα, αντίδια, καρπούζι, κολοκύθι, κουνουπίδι, λάχανο, μαϊντανός, μαρούλια, μελιτζάνες μπρόκολο, πεπόνι, πιπεριές, ραδίκια σέλινο, σπανάκι, τομάτα), αχλάδια, μήλα, βερίκοκα, ροδάκινα, αραβόσιτος.

6.2 Έντομα

Τα είδη που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα *S. oryzae*, *O. surinamensis* και *T. confusum*. Τα συγκεκριμένα έντομα ελήφθησαν από εκτροφές στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι εκτροφές των *S. oryzae* και *O. surinamensis* έλαβαν χώρα σε θερμοκρασία 25°C και σχετική υγρασία (ΣΥ) 55% με συνεχές σκότος, ενώ οι εκτροφή του *T. confusum* έλαβε χώρα σε θερμοκρασία 30°C και σχετική υγρασία (ΣΥ) 60% με συνεχές σκότος.

Για το *S. oryzae* και για *O. surinamensis* χρησιμοποιήθηκαν μόνο ακμαία άτομα, ενώ για το *T. confusum*, εκτός από τα ακμαία, χρησιμοποιήθηκαν και τα άλλα στάδια ανάπτυξης, δηλ. ωά, προνύμφες και πλαγγόνες (pupae).

Και για τα τρία είδη εντόμων, τα ακμαία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν από εκτροφές που δημιουργήθηκαν στο εργαστήριο όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Φτάνοντας τον έναν μήνα παρακολούθησης τα ακμαία συλλέχθηκαν με κοσκίνισμα.

Για το *S. oryzae* κοσκινίστηκε το σκληρό σιτάρι (ποικιλίας simeto) με κόσκινο 3mm, όπου και διαχωρίστηκαν από τα στάδια των ωών, προνυμφών και πλαγγόνας.

Για το *O. surinamensis* κοσκινίστηκαν νιφάδες βρώμης (Quaker) με κόσκινο 3 mm, όπου ομοίως διαχωρίστηκε από τα υπόλοιπα στάδια.

Αφού δημιουργήθηκε μια καινούργια εκτροφή με ακμαία άτομα του *T. confusum* σε ένα γυάλινο δοχείο ύψους 20 cm και διαμέτρου 8,6 cm, 2 μέρες μετά κοσκινίστηκε το αλεύρι με κόσκινο διατομής 48mesh – series όπου τα ωά παρέμειναν μέσα σε αυτό. Με τη βοήθεια του στερεοσκοπίου, Leica MZ12 (Houston), συλλέχθηκαν με πινέλο και τοποθετήθηκαν σε ένα τρυβλίο. Αφού χωρίστηκαν ανά 20, για κάθε τρυβλίο, χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Η ηλικία των ωών ήταν 2 ημερών.

Σχετικά με τις προνύμφες του *T. confusum*, χρησιμοποιήθηκαν δύο κατηγορίες προνυμφών, δηλ. μικρές (νεαρές, 1 – 3 σταδίου) και μεγάλες (μεγαλύτερης ηλικίας, 4 – 7 σταδίου). Αφού δημιουργήθηκε η εκτροφή σε γυάλινα δοχεία τα ακμαία αφέθηκαν ώστε να γεννήσουν- έτσι, ο διαχωρισμός των προνυμφών βασίστηκε στην ηλικία δηλ. ως μικρές θεωρήθηκαν οι προνύμφες που ήσαν μικρότερες από 15 ημερών και ως μεγάλες οι προνύμφες που ήσαν μεγαλύτερες από 15 (έως 25) ημερών. Αφού είχαν συλλεχθεί οι προνύμφες χρησιμοποιήθηκε κόσκινο διατομής 1mm από όπου περάσανε οι μικρές, ενώ οι μεγαλύτερες παρέμειναν στην επιφάνεια. Τέλος πραγματοποιήθηκε έλεγχος στις προνύμφες που περάσανε το κόσκινο για να διαπιστωθεί ότι ήταν μόνο μικρές και χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.

Για το στάδιο της πλαγγόνας στο *T. confusum* επίσης πραγματοποιήθηκε κοσκίνισμα στο αλεύρι. Ύστερα από το πέρας περίπου 22 – 25 ημερών στο στόμιο ενός δοχείου, αφέθηκε κόσκινο 3 mm από όπου περνούσε το αλεύρι, μαζί με τα στάδια ωού και προνυμφών (ακμαία δεν υπήρχαν) περνούσαν στο δοχείο, ενώ το στάδιο της πλαγγόνας παρέμενε στο κόσκινο, ακίνητες και μεγαλύτερο από 3 mm μεγέθους (ηλικίας 1 – 5 ημερών).

Στην περίπτωση του *T. confusum* το αλεύρι κοσκινίστηκε με κόσκινο 3 mm για να έχουμε το διαχωρισμό των ακμαίων (10 – 20 ημέρες) από τα υπόλοιπα στάδια. Όπου τα ακμαία παρέμειναν στο κόσκινο και εύκολα συλλέχθηκαν για το πειραματισμό.

6.3 Επιφάνειες που χρησιμοποιήθηκαν

Για τον πειραματισμό χρησιμοποιήθηκαν τριών ειδών επιφάνειες, τσιμέντο (σκυρόδεμα), κεραμικό (κεραμική επιφάνεια), μέταλλο (γαλβανιζέ επιφάνεια) μέσα σε πλαστικά τρυβλία εμβαδού 59,42 cm² και ύψους 15 mm.

Δημιουργία τσιμέντου: χρησιμοποιήθηκε τσιμέντο Rockite[®] (Hartline Products Co. Inc., Cleveland, OH, USA) σε αναλογία 1 προς 3 με νερό. Για τη δημιουργία 1 kg τσιμέντου αναμείχθηκαν 750 g σκόνης τσιμέντου και 250 g νερού. Το μείγμα τοποθετήθηκε στα τρυβλία ώστε να δημιουργηθεί η επιθυμητή επιφάνεια, αφήνοντάς το κάποιες ώρες να στεγνώσει, σε θερμοκρασία δωματίου. Το ύψος της επιφάνειας μέσα στο τρυβλίο ήταν 2 mm.

Κεραμικό και Μέταλλο: αυτές οι δύο επιφάνειες οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν ειδικά κυκλικά κομμένες, με laser (το μέταλλο), στο μέγεθος των τρυβλίων petri, με ύψος 8 mm και 2 mm για το κεραμικό και το μέταλλο αντίστοιχα. Οι επιφάνειες κολλήθηκαν στα petri με κόλλα σιλικόνης (Bison Glue Gun Hobby, Bison 110 International B.V., The Netherlands).

6.4 Πρώτη σειρά βιοδοκιμών στην επιφάνεια τσιμέντου

Και για τα τρία είδη εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν, πραγματοποιήθηκαν ψεκασμοί με τις δόσεις 0 mg / cm² (μάρτυρας), 0,01 mg / cm² και 0,1 mg / cm² δραστικής ουσίας του εντομοκτόνου Steward WG. Ο ψεκασμός έγινε με αερογράφο μάρκας Mecafer AG4 (Mecafer Co., France). και παρασκευάστηκαν 3 διαλύματα για

την κάθε δόση του indoxacarb ώστε να χρησιμοποιηθούν στις 3 διαφορετικές επαναλήψεις. Εδώ να αναφερθεί ότι οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα ψεκάστηκαν με απιονισμένο νερό.

Τα διαλύματα που παρασκευάστηκαν τοποθετήθηκαν σε ογκομετρικές φιάλες 25 ml. Αυτό έγινε για να επιτευχθεί καλύτερη ακρίβεια και καλύτερη ανάμειξη του εντομοκτόνου με το νερό. Για την αντίστοιχη δόση και ανάλογα την μεταχείριση 0mg/cm², 0,01 mg/cm² και 0,1 mg/cm² εφαρμόστηκε αντίστοιχα 1000 μl /cm² δόσης σε κάθε τρυβλίο.

Για τον ψεκασμό του μάρτυρα χρησιμοποιήθηκε πιπέτα 1000 μl έτσι ώστε να τοποθετηθεί το απιονισμένο νερό στο αερογράφο και να ψεκαστεί στα τρυβλία. Για την μεταχείριση των 0,1 mg/cm² δραστικής τοποθετήθηκαν 495,17 mg εντομοκτόνου (ζυγισμένα σε ζυγό ακριβείας Precisa 40SM – 200A, Swiss Made) μέσα σε ογκομετρικό σωλήνα 25 ml οποίος συμπληρώθηκε με νερό μέχρι την χαραγή. Για την μεταχείριση των 0,01 mg/cm² δραστικής τοποθετήθηκαν 49,52 mg εντομοκτόνου σε ογκομετρικό σωλήνα 25 ml συμπληρώνοντας επίσης τον υπόλοιπο με νερό μέχρι την χαραγή. Αφού ανακατεύτηκαν καλά τα διαλύματα, με την βοήθεια του αερογράφου ψεκάστηκαν τα τρυβλία αφήνοντάς τα σε συνθήκες δωματίου για μια ημέρα να στεγνώσουν.

Για την ολοκλήρωση των βιοδοκιμών στην επιφάνεια του τσιμέντου πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις για το κάθε είδος οι οποίες αποτελούνταν από 3 υπο-επαναλήψεις (3 x μάρτυρας, 3 x 0,01 mg, 3 x 0,1 mg).

6.4.1 *Sitophilus oryzae*

Στην περίπτωση του *S. oryzae* χρησιμοποιήθηκαν 378 τρυβλία συνολικά τα οποία ήταν χωρισμένα σε 7 χρονικά διαστήματα έκθεσης (1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 ημέρες). Την πρώτη ημέρα τοποθετήθηκαν σε όλα τα στάδια έκθεσης από 20 ακμαία *S. oryzae* (3780 συνολικά άτομα) σε κάθε τρυβλίο μαζί με 4-5 σπόρους σκληρού σιταριού. Το πρώτο χρονικό διάστημα έκθεσης έμεινε εκτεθειμένο στο εντομοκτόνο για 1 ημέρα. Την επόμενη ημέρα όσα από τα *S. oryzae* είχαν επιβιώσει, μεταφέρθηκαν σε τρυβλία (με επιφάνεια τσιμέντου) που δεν ήταν ψεκασμένα με το εντομοκτόνο και παρακολούθηθηκε η θνησιμότητά τους για 7 ημέρες. Τα νεκρά έντομα αφαιρούνταν καθημερινά. Έτσι ύστερα από το κάθε διαφορετικό χρονικό διάστημα που παρέμεναν τα άτομα στα ψεκασμένα τρυβλία, γινόταν η μεταφορά τους στα ανέκαστα όπου ομοίως παρακολουθούνταν η θνησιμότητά τους για 7 ημέρες, απομακρύνοντας σε κάθε έλεγχο τα νεκρά άτομα.

6.4.2 *Oryzaephilus surinamensis*

Στο *O. surinamensis* χρησιμοποιήθηκαν, όπως και παραπάνω, 3780 άτομα τα οποία τοποθετήθηκαν σε 189 τρυβλία (20 άτομα / τρυβλίο). Η διαδικασία μετρήσεων ήταν η ίδια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω μετρώντας την θνησιμότητα των ατόμων ύστερα από το χρονικό διάστημα έκθεσής τους στο εντομοκτόνο. Στα

τρυβλία των *O. surinamensis* προστέθηκε ως τροφή 3 γραμμαρίων νιφάδες βρώμης (Quaker).

6.4.3 Tribolium confusum

Στην περίπτωση του *T. confusum* όπως αναφέρθηκε μελετήθηκαν όλα τα στάδια ανάπτυξής του. Συνολικά, χρησιμοποιήθηκαν 3780 άτομα για το κάθε ένα από τα στάδια, δηλ. συνολικά $3780 \times 5 = 18900$. Δοθέντος του ότι οι δύο κατηγορίες προνυμφών θεωρήθηκαν ως διαφορετικά «στάδια».

6.4.3.1 Ωά

Τοποθετήθηκαν 20 ωά ηλικίας 2 ημερών σε κάθε τρυβλίο. Όπως και στις παραπάνω σειρές βιοδοκιμών τα ωά ήταν χωρισμένα σε διαφορετικά διαστήματα έκθεσης, όπου έμειναν εκτεθειμένα στα ψεκασμένα τρυβλία για 1 – 7 ημέρες. Ύστερα από την αλλαγή τους στα ανέκαστα τρυβλία πραγματοποιούταν έλεγχος ανοίγματος των αυγών για 7 ημέρες. Έτσι με τον καθημερινό έλεγχο γινόταν μέτρηση για την εκκόλαψη των προνυμφών (hatching). Στα τρυβλία όπου υπήρχαν τα ωά τοποθετήθηκε μια πάστα για τροφή από νερό και αλεύρι 3 g.

6.4.3.2 Προνύμφες

Οι βιοδοκιμές που πραγματοποιήθηκαν με τις προνύμφες ήταν όμοιες με αυτές του *S. oryzae* και *O. surinamensis*. Τοποθετήθηκαν 20 νεαρές προνύμφες σε κάθε τρυβλίο, ενώ η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε με τις μεγάλες προνύμφες, σε ξεχωριστά τρυβλία. Τα τρυβλία, με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, χωρίστηκαν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα έκθεσης, και μετά την αλλαγή τους σε ανέκαστα τρυβλία παρακολουθούταν η θνησιμότητά τους. Σε κάθε τρυβλίο χρησιμοποιήθηκε καθαρό αλεύρι για τροφή 3 g.

6.4.3.3 Πλαγγόνες

Παρόμοιες ήταν και οι βιοδοκιμές με τις πλαγγόνες. Οι πλαγγόνες ελήφθησαν με κόσκινο, ενώ οι μετρήσεις έγιναν σύμφωνα με τα παραπάνω (20 πλαγγόνες σε κάθε τρυβλίο). Στην περίπτωση αυτή, δεν τοποθετήθηκε τροφή, δοθέντος του ότι οι πλαγγόνες δεν τρέφονται. Εδώ, όπως και στην περίπτωση των ωών, δεν μετρήθηκε η άμεση θνησιμότητα, αλλά η εμφάνιση των ακμαίων.

6.4.3.4 Ακμαία

Οι βιοδοκιμές με τα ακμαία έλαβαν χώρα όπως και στην περίπτωση των προνυμφών (20 άτομα σε κάθε τρυβλίο), δηλ. μετρήθηκε η θνησιμότητα μετά από τα διάφορα διαστήματα έκθεσης, καθώς και στα διαστήματα στα οποία μεταφέρθηκαν τα ακμαία σε ανέκαστα τρυβλία.

6.5 Δεύτερη σειρά βιοδοκιμών σε τσιμέντο , κεραμικό και μέταλλο

Ο σκοπός της δεύτερης σειράς βιοδοκιμών ήταν ο έλεγχος της θνησιμότητας των τριών εντόμων αποθηκών *T. confusum*, *O. surinamensis* και *S. oryzae* στις επιφάνειες αυτές, ως ακμαία, μετά από έκθεσή τους στα ψεκασμένα με εντομοκτόνο τρυβλία για 14 ημέρες. Όπως και στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών, έλαβαν χώρα τρεις επαναλήψεις με τρεις υπο-επαναλήψεις (3 X 3), ενώ οι δόσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν για τα 0,1 mg δόσης 495,17 g σκευάσματος / 25 ml ψεκάζοντας 1000 μl / cm² και για τα 0,01 mg δόσης 49,52 g σκευάσματος 25 ml ψεκάζοντας 1000 μl / cm² , ενώ για το μάρτυρα τα τρυβλία ψεκάστηκαν με 1000 μl με απιονισμένο νερό.

Αφού έγινε η επιλογή των ακμαίων από τις εκτροφές του εργαστηρίου, σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, τοποθετήθηκαν 20 ακμαία σε όλα τα τρυβλία και των 2 επιφανειών μαζί με τροφή. Η τροφή ήταν 4 – 5 σπόροι σκληρού σιταριού σε κάθε τρυβλίο για τα ακμαία του *S. oryzae*, 3 g από καθαρό αλεύρι σε κάθε τρυβλίο για τα ακμαία του *T. confusum*, και 3g νιφάδες βρώμης (Quaker) για τα ακμαία του *O. surinamensis*.

Ο έλεγχος της θνησιμότητας στην δεύτερη σειρά βιοδοκιμών δεν ήταν καθημερινός. Τα τρία είδη εντόμων ήταν εκτεθειμένα για 14 ημέρες στα ψεκασμένα τρυβλία και οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν την 1^η, 3^η, 7^η και 14^η ημέρα απομακρύνοντας κάθε φορά τα νεκρά άτομα.

6.6 Στατιστική Επεξεργασία

Η θνησιμότητα των ακμαίων και των προνυμφών, η εκκόλαψη των προνυμφών από τα ωά και η μεταμόρφωση των πλαγγόνων αναλύθηκε χωριστά στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών με τη διαδικασία των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (MANOVA – Fit με Wilk’s Lambda), με τη χρήση του λογισμικού JMP (Sall et al., 2001), με τη δόση και τις ημέρες έκθεσης των εντόμων ως κύριους παράγοντες και τη θνησιμότητα ή το άνοιγμα/έξοδος στο χρόνο (άμεση – έμμεση) ως επαναλαμβανόμενη μεταβλητή. Στην δεύτερη σειρά βιοδοκιμών, χρησιμοποιήθηκαν μόνο ακμαία άτομα. Σε αυτή την περίπτωση τα ακμαία αναλύθηκαν ξεχωριστά για κάθε είδος με τη δόση και την επιφάνεια ως κύριους παράγοντες και την θνησιμότητα σε σχέση με το χρόνο ως επαναλαμβανόμενη μεταβλητή. Οι μέσοι όροι διαχωρίστηκαν με το Tukey-Kramer HSD test σε 0.05 (Sokal and Rohlf, 1995).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 Αποτελέσματα πρώτης σειράς βιοδοκιμών

7.1.1 Θνησιμότητα *S. oryzae* στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών

Μετά την πραγματοποίηση της πρώτης σειράς βιοδοκιμών με το *S. oryzae* παρατηρήθηκε ότι όλες οι επιδράσεις και οι αλληλεπιδράσεις που μελετήθηκαν ήταν στατιστικώς σημαντικές. Έτσι, η επίδραση της δόσης, η επίδραση των ημερών έκθεσης και η αλληλεπίδραση αυτών ήταν σημαντικές (Πίνακας 1). Ομοίως και στην καθυστερημένη θνησιμότητα, ο χρόνος είχε σημαντική επίδραση (Πίνακας 2).

Όσον αφορά την άμεση θνησιμότητα του *S. oryzae* στον μάρτυρα δεν υπήρχαν γενικά διαφορές στα αποτελέσματα και για τις 7 ημέρες έκθεσης η θνησιμότητα κυμάνθηκε από 0 μέχρι και 24% (Πίνακας 3). Με την πάροδο του χρόνου και παρατηρώντας την καθυστερημένη θνησιμότητα, στα διαφορετικά διαστήματα έκθεσης, καταγράφηκε αύξηση των ποσοστών. Έτσι, με μία ημέρα έκθεσης στην 7^η ημέρα παρακολούθησης το ποσοστό έφτασε το 48%, ενώ για επτά ημέρες έκθεσης στην 7^η ημέρα παρακολούθησης το ποσοστό έφτασε το 82% (Πίνακας 3).

Στην συγκέντρωση των 0,01 mg/cm², τα ποσοστά της άμεσης θνησιμότητας ήταν αισθητά υψηλότερα σε σχέση με το μάρτυρα. Την 1^η ημέρα έκθεσης η άμεση θνησιμότητα ήταν 3%, στην 5^η ημέρα έκθεσης 73% ενώ την 7^η ημέρα 100% (Πίνακας 3). Παρατηρώντας την καθυστερημένη θνησιμότητα υπάρχει μια σταδιακή αύξησή της όσο αυξάνονται και τα διαστήματα έκθεσης. Έτσι με την 1^η ημέρα έκθεσης στην 7^η ημέρα παρακολούθησης το ποσοστό έφτασε στο 98%. Πλήρης (100%) θνησιμότητα για πρώτη φορά διαπιστώθηκε την 7^η ημέρα παρακολούθησης για 2 ημέρες έκθεσης. Ομοίως, 100% καθυστερημένη θνησιμότητα για 5 ημέρες έκθεσης καταγράφηκε στην 5^η ημέρα παρακολούθησης, για 6 ημέρες έκθεσης στην 4^η ημέρα παρακολούθησης ενώ για 7 ημέρες έκθεσης δεν υπήρχαν ζώντα άτομα *S. oryzae*.

Στην συγκέντρωση του 0,1 mg/cm² παρατηρείται μια πολύ γρήγορη αύξηση της άμεσης θνησιμότητας ανάμεσα στις επτά ημέρες έκθεσης. Έτσι μετά την 3^η ημέρα έκθεσης η θνησιμότητα έφτασε το 50%, και μετά την 5^η ημέρα το 100%. Το indoxacarb σε αυτή τη συγκέντρωση προκάλεσε τη θανάτωση όλων των εκτεθέντων ακμαίων, ακόμη και την 1^η ημέρα έκθεσης στην 6^η ημέρα παρακολούθησης, για την καθυστερημένη θνησιμότητα (Πίνακας 3).

Πίνακας 1. Ανάλυση της διασποράς (ANOVA) για τις παραμέτρους της άμεσης θνησιμότητας του *S. oryzae* εκτεθειμένο σε επιφάνεια τσιμέντου σε δύο δόσεις και επτά διαστήματα έκθεσης (βε συνόλου =168).

	df	F	P
Δόση	2	1154,7	<0,0001
Ημέρες έκθεσης	6	525,2	<0,0001
Δόση x Ημέρες έκθεσης	12	89,5	<0,0001

Πίνακας 2. Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για την καθυστερημένη θνησιμότητα του *S. oryzae* σε επιφάνεια τσιμέντου για δύο δόσεις και επτά διαστήματα έκθεσης (βε υπολοίπου =168).

	df	F	P
Μεταξύ μεταβλητών (all between)	20	132,3	<0,0001
Τιμή αποκοπής	1	15025,8	<0,0001
Δόση	2	889,5	<0,0001
Ημέρες έκθεσης	6	131,2	<0,0001
Δόση x Ημέρες Έκθεσης	12	6,6	<0,0001
Μέσα στις μεταβλητές (all within)	100	17,8	<0,0001
Χρόνος	5	762,5	<0,0001
Χρόνος x Δόση	10	39,8	<0,0001
Χρόνος x Ημέρες Έκθεσης	30	18,8	<0,0001
Χρόνος x Δόση x Ημέρες Έκθεσης	60	14,5	<0,0001

Πίνακας 3. Μέση θνησιμότητα (\pm ΤΣ) των ακμαίων του *S. oryzae*, εκτεθειμένα σε δύο δόσεις του indoxacarb (0.01 and 0.1 mg/cm²) αλλά και στον μάρτυρα σε επιφάνεια τσιμέντου για επτά διαστήματα έκθεσης (1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 ημέρες), διαχωρίζοντάς τα σε άμεση και καθυστερημένη θνησιμότητα. (Σε κάθε καταμέτρηση ημέρας και δόσης, οι μέσες τιμές ακολουθούμενες από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά- Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές- HSD test σε 0.05).

Δόση	Άμεση			Καθυστερημένη				
	Έκθεση	Ημέρα 1	Ημέρα 2	Ημέρα 3	Ημέρα 4	Ημέρα 5	Ημέρα 6	Ημέρα 7
Μάρτυρας	1	0,0±0,0 c	0,0±0,0 c	1,1±0,7 c	3,9±1,4 b	16,1±3,3 b	35,0±4,6 b	47,8±5,5 c
	2	1,1±0,7 cb	2,2±1,2 c	5,6±1,0 c	12,2±3,0 b	25,0±3,7 b	35,6±4,4 b	54,4±3,9 c
	3	0,0±0,0 c	2,2±1,7 c	10,0±3,3 bc	17,2±4,1 b	25,6±4,3 b	43,9±5,6 b	61,7±6,5 bc
	4	0,0±0,0 c	3,3±1,4 c	12,2±3,9 bc	21,1±6,1 b	37,2±6,3 b	48,3±7,3 b	61,7±8,2 bc
	5	9,4±3,7 cb	17,2±4,9 bc	27,8±4,4 b	51,7±5,1 a	66,1±5,2 a	77,8±4,6 a	87,2±3,5 a
	6	11,7±2,0 b	33,9±4,5 ab	50,6±6,6 a	64,4±7,3 a	73,3±8,2 a	79,4±7,7 a	86,1±6,2 ab
	7	24,4±5,4 a	43,9±7,8 a	58,9±7,0 a	66,1±5,9a	71,7±6,7 a	77,8±6,4 a	82,2±5,9 ab
0.01 mg/cm ²	1	3,3±1,4e	5,6±1,8e	20,0±2,2e	50,6±3,4d	79,4±4,0c	96,7±1,4 a	98,3±1,2 a
	2	3,3±1,7e	15,0±3,3e	33,3±3,5d	61,1±4,1c	89,4±2,3b	96,7±1,4 a	99,4±0,6 a
	3	16,1±2,5d	36,1±4,5d	66,1±2,7c	83,3±2,0b	92,8±1,9ab	98,9±0,7 a	100,0±0.0 a
	4	28,9±2,6c	61,7±4,8c	81,7±4,6b	94,4±2,4a	100,0±0.0a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
	5	72,8±4,0b	83,9±3,0b	96,1±2,3a	98,9±1,1a	100,0±0.0a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
	6	94,4±1,3a	98,9±1,1a	99,4±0,6a	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
	7	100,0±0,0a	100,0±0,0a	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
0.1 mg/cm ²	1	4,4±1,3e	10,0±1,9d	58,3±3,6c	89,4±3,5b	97,8±1,7 a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
	2	14,4±1,8d	57,2±2,8c	87,8±2,5b	98,3±0,8a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
	3	50,6±3,4c	83,3±3,1b	96,7±1,9a	99,4±0,6a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
	4	73,9±2,5b	95,0±1,4a	99,4±0,6a	100,0±0.0a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
	5	98,3±1,2a	98,9±1,1a	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
	6	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a
	7	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a	100,0±0.0 a

7.1.2 Θνησιμότητα του *O. surinamensis* στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών

Μετά το πέρας της πρώτης σειράς βιοδοκιμών για την θνησιμότητα του *O. surinamensis*, όλες οι επιδράσεις και οι αλληλεπιδράσεις ήταν στατιστικώς σημαντικές (Πίνακας 4).

Η Δόση, οι Ημέρες Έκθεσης, αλλά και η αλληλεπίδραση αυτών ήταν σημαντικές για την καθυστερημένη θνησιμότητα (Πίνακας 5). Όπως και με το *S. oryzae* έτσι και στο *O. surinamensis* η επίδραση του Χρόνου ήταν σημαντική (Πίνακας 5).

Η άμεση θνησιμότητα στο μάρτυρα δεν ξεπέρασε το 23 %, το οποίο παρατηρήθηκε την 6 ημέρα έκθεσης (Πίνακας 6). Για την καθυστερημένη θνησιμότητα, παρατηρήθηκε αύξηση του ποσοστού όσο περνούσαν οι ημέρες παρακολούθησης, φτάνοντας στο μέγιστο (58%) την 6 ημέρα έκθεσης στην 7^η ημέρα παρακολούθησης.

Στην συγκέντρωση των 0,01 mg/cm² παρατηρείται ότι όσο αυξάνονται οι ημέρες έκθεσης των ακμαίων ατόμων στο εντομοκτόνο τόσο αυξάνεται και το ποσοστό άμεσης θνησιμότητας (Πίνακας 6). Έτσι, την 1^η ημέρα έκθεσης η θνησιμότητα ήταν 22%, ενώ την 7^η ημέρα έκθεσης ξεπέρασε το 73%. Εδώ να αναφερθεί ότι σε όλες τις ημέρες παρακολούθησης για όλες τις ημέρες έκθεσης το ποσοστό θνησιμότητας του *O. surinamensis* δεν έφτασε το 100%, αλλά κυμάνθηκε υψηλά επίπεδα τις τελευταίες ημέρες παρακολούθησης με ποσοστά κοντά στο 95%. Όσο αυξανόταν οι ημέρες παρακολούθησης αυξανόταν σταδιακά και η θνησιμότητα των ενηλίκων για την καθυστερημένη θνησιμότητα. Μετά την 4^η ημέρα παρακολούθησης για όλες τις ημέρες έκθεσης το ποσοστό θνησιμότητας ήταν πάνω από 80 – 85% (Πίνακας 6).

Όσον αφορά την άμεση θνησιμότητα για την συγκέντρωση του 0,1 mg/cm², αυτή κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα αρχίζοντας από 23% την 1^η ημέρα έκθεσης και φτάνοντας το 88% την 7^η ημέρα (Πίνακας 6). Μετά την 4^η ημέρα παρακολούθησης, η θνησιμότητα ξεπέρασε το 80%, ενώ αργότερα (6^η – 7^η ημέρα και για όλες τις ημέρες έκθεσης) ξεπέρασε το 90% (Πίνακας 6).

Πίνακας 4. Ανάλυση της διασποράς (ANOVA) για τις παραμέτρους της άμεσης θνησιμότητας του *O. surinamensis* εκτεθειμένο σε επιφάνεια τσιμέντου σε δύο δόσεις και επτά διαστήματα έκθεσης (βε συνόλου =168).

	df	F	P
Δόση	2	200,9	<0,0001
Ημέρες έκθεσης	6	49,9	<0,0001
Δόση x Ημέρες έκθεσης	12	8,7	<0,0001

Πίνακας 5. Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για την καθυστερημένη θνησιμότητα του *O. surinamensis* σε επιφάνεια τσιμέντου για δύο δόσεις και επτά διαστήματα έκθεσης (βε σφάλματος =168).

	df	F	P
Μεταξύ μεταβλητών (all between)	20	35,8	<0,0001
Τιμή αποκοπής	1	5821,6	<0,0001
Δόση	2	317,6	<0,0001
Ημέρες έκθεσης	6	6,5	<0,0001
Δόση x Ημέρες Έκθεσης	12	3,5	0,0001
Μέσα στις μεταβλητές (all within)	100	3,7	<0,0001
Χρόνος	5	369,0	<0,0001
Χρόνος x Δόση	10	7,5	<0,0001
Χρόνος x Ημέρες Έκθεσης	30	6,7	<0,0001
Χρόνος x Δόση x Ημέρες Έκθεσης	60	2,0	<0,0001

Πίνακας 6. Μέση θνησιμότητα (\pm ΤΣ) των ακμαίων του *O. surinamensis*, εκτεθειμένα σε δύο δόσεις του indoxacarb ($0.01\text{mg}/\text{cm}^2$ and $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$) αλλά και του μάρτυρα σε επιφάνεια τσιμέντου για επτά διαστήματα έκθεσης (1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 ημέρες), διαχωρίζοντάς τα σε άμεση και καθυστερημένη θνησιμότητα. (Σε κάθε καταμέτρηση ημέρας και δόσης, οι μέσες τιμές ακολουθούμενες από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά- Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές- HSD test σε 0.05).

		Άμεση			Καθυστερημένη			
Δόση	Έκθεση	Ημέρα 1	Ημέρα 2	Ημέρα 3	Ημέρα 4	Ημέρα 5	Ημέρα 6	Ημέρα 7
Μάρτυρας	1	4,6 \pm 2,5c	9,6 \pm 2,8c	21,2 \pm 4,4b	26,7 \pm 5,8b	35,0 \pm 6,9ab	41,9 \pm 7,8	47,8 \pm 9,0
	2	8,3 \pm 2,0bc	16,7 \pm 3,3bc	27,8 \pm 4,0b	37,8 \pm 5,6ab	44,4 \pm 6,1ab	48,9 \pm 6,5	53,9 \pm 7,3
	3	8,9 \pm 1,8bc	17,2 \pm 3,0bc	24,4 \pm 4,4b	29,4 \pm 3,7ab	36,7 \pm 4,6ab	40,6 \pm 3,9	45,0 \pm 4,8
	4	15,6 \pm 2,1ab	23,9 \pm 3,7ab	31,1 \pm 4,0a	38,3 \pm 5,2ab	42,8 \pm 4,9ab	47,2 \pm 5,3	48,3 \pm 5,2
	5	12,2 \pm 2,0bc	21,1 \pm 2,3bc	28,9 \pm 2,9ab	30,6 \pm 2,9ab	34,4 \pm 3,5ab	36,1 \pm 4,0	40,6 \pm 4,8
	6	22,8 \pm 1,9a	36,1 \pm 3,5a	47,8 \pm 7,6a	51,1 \pm 7,7a	53,3 \pm 7,4a	56,1 \pm 7,1	58,3 \pm 7,0
	7	14,4 \pm 1,5ab	18,9 \pm 3,0bc	23,3 \pm 2,9b	28,3 \pm 2,9b	29,4 \pm 2,9b	33,9 \pm 3,1	37,8 \pm 3,2
0.01mg/cm ²	1	21,7 \pm 2,2d	47,2 \pm 5,5b	63,3 \pm 6,5b	75,9 \pm 5,9	87,2 \pm 4,6	93,3 \pm 3,3	95,0 \pm 2,5
	2	26,1 \pm 3,5cd	50,6 \pm 3,2b	65,0 \pm 3,7ab	75,6 \pm 3,8	83,3 \pm 3,0	90,0 \pm 2,2	92,2 \pm 2,2
	3	32,2 \pm 2,9cd	48,9 \pm 3,4b	66,1 \pm 4,8ab	80,6 \pm 3,9	85,0 \pm 3,1	88,3 \pm 2,5	91,1 \pm 2,5
	4	46,1 \pm 7,5bc	63,9 \pm 7,4ab	74,4 \pm 5,6ab	80,6 \pm 4,6	85,6 \pm 3,4	90,6 \pm 3,3	93,3 \pm 3,1
	5	56,7 \pm 6,3ab	67,2 \pm 4,7ab	72,2 \pm 4,6ab	78,3 \pm 3,4	81,7 \pm 3,1	83,9 \pm 3,0	85,6 \pm 3,0
	6	42,2 \pm 3,1bc	60,0 \pm 3,0ab	67,2 \pm 3,0ab	74,4 \pm 3,3	78,9 \pm 2,7	82,8 \pm 2,5	85,6 \pm 2,7
	7	73,3 \pm 4,6a	79,4 \pm 3,7a	83,9 \pm 3,5a	86,1 \pm 3,5	90,0 \pm 2,4	91,7 \pm 1,9	93,9 \pm 1,4
0.1mg/cm ²	1	22,8 \pm 3,0d	40,6 \pm 5,7e	58,3 \pm 6,7c	71,1 \pm 5,8b	83,3 \pm 4,6	87,2 \pm 3,0	92,8 \pm 1,9
	2	30,0 \pm 2,5cd	49,4 \pm 2,6de	67,8 \pm 3,0bc	79,4 \pm 3,0ab	83,9 \pm 3,6	88,3 \pm 3,5	92,8 \pm 3,1
	3	33,9 \pm 3,4cd	47,2 \pm 4,3de	65,0 \pm 4,9bc	73,9 \pm 4,8b	85,0 \pm 4,5	87,2 \pm 4,6	91,1 \pm 3,5
	4	44,4 \pm 4,4bc	57,8 \pm 3,6cd	66,7 \pm 4,2bc	78,9 \pm 4,4ab	85,0 \pm 4,1	90,6 \pm 2,7	93,3 \pm 2,4
	5	56,7 \pm 4,6b	69,4 \pm 4,2bc	77,8 \pm 4,6ab	82,8 \pm 3,9ab	88,9 \pm 3,3	91,7 \pm 2,7	93,3 \pm 2,4
	6	57,2 \pm 1,5b	76,7 \pm 2,2ab	81,1 \pm 2,6ab	85,0 \pm 2,5ab	90,6 \pm 1,5	91,7 \pm 2,0	95,0 \pm 1,7
	7	87,8 \pm 3,8a	91,1 \pm 2,7a	92,8 \pm 2,2a	93,9 \pm 1,6a	94,4 \pm 1,8	96,7 \pm 1,4	96,7 \pm 1,4

7.1.3 Θνησιμότητα του *Tribolium confusum* στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών

Μετά από 7 ημέρες έκθεσης οι επιδράσεις και οι αλληλεπιδράσεις ήταν στατιστικώς σημαντικές σε όλα τα στάδια του εντόμου, με εξαίρεση την επίδραση της Δόσης στο στάδιο της πλαγγόνας (Πίνακας 7). Παρατηρείται ότι σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του εντόμου η επίδραση της Δόσης αλλά και η επίδραση των Ημερών Έκθεσης είχαν σημαντική επίδραση στην άμεση θνησιμότητα, εκτός από το στάδιο της πλαγγόνας όπου η επίδραση της Δόσης δεν ήταν σημαντική.

Όσο για την καθυστερημένη θνησιμότητα στα στάδια του εντόμου, η επίδραση της Δόσης ήταν σημαντική στα στάδια της προνύμφης και του ακμαίου (Πίνακας 8). Αντιθέτως, δεν επηρεάστηκαν τα ωά και οι πλαγγόνες. Η επίδραση του Χρόνου είναι σημαντική για την θνησιμότητα, για όλα τα στάδια. (Πίνακας 8).

Πίνακας 7. Ανάλυση της διασποράς (ANOVA) για τις παραμέτρους της άμεσης θνησιμότητας του *T. confusum* εκτεθειμένο σε επιφάνεια τσιμέντου σε δύο δόσεις και επτά διαστήματα έκθεσης. (βε συνόλου =168)

	Ωά			Μικρές προνύμφες		Μεγάλες προνύμφες		Πλαγγόνες		Ακμαία	
	df	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
Δόση	2	6,6	0,0017	191,4	<0,0001	86,4	<0,0001	0,1	0,9383	31,0	<0,0001
Ημέρες έκθεσης	6	56,5	<0,0001	10,9	<0,0001	6,7	<0,0001	90,3	<0,0001	5,7	<0,0001
Δόση x Ημέρες έκθεσης	12	3,9	<0,0001	3,9	<0,0001	4,3	<0,0001	1,7	0,0707	2,5	0,0046

Πίνακας 8. Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για την καθυστερημένη θνησιμότητα του *T. confusum* σε επιφάνεια τσιμέντου για δύο δόσεις και επτά διαστήματα έκθεσης (βε σφάλματος =168).

	Ωά		Μικρές προνύμφες		Μεγαλύτερες προνύμφες		Πλαγγόνες		Ακμαία		
	df	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
Μεταξύ μεταβλητών (all between)	20	141,1	<0,0001	43,0	<0,0001	23,4	<0,0001	102,9	<0,0001	5,3	<0,0001
Τιμή αποκοπής	1	4372,8	<0,0001	2234,5	<0,0001	1364,2	<0,0001	20341,5	<0,0001	439,3	<0,0001
Δόση	2	2,4	0,1	375,2	<0,0001	176,3	<0,0001	1,0	0,4	22,2	<0,0001
Ημέρες έκθεσης	6	465,1	<0,0001	11,5	<0,0001	9,1	<0,0001	338,4	<0,0001	4,7	0,0002
Δόση x Ημέρες Έκθεσης	12	2,2	0,0157	3,4	0,0002	5,1	<0,0001	2,1	0,0166	2,8	0,0014
Μέσα στις μεταβλητές (all within)	100	9,3	<0,0001	3,2	<0,0001	2,2	<0,0001	7,1	<0,0001	0,9	0,7
Χρόνος	5	1181,0	<0,0001	323,8	<0,0001	184,2	<0,0001	4803,0	<0,0001	33,0	<0,0001
Χρόνος x Δόση	10	1,6	0,1	26,9	<0,0001	11,4	<0,0001	0,7	0,8	1,2	0,3
Χρόνος x Ημέρες Έκθεσης	30	30,0	<0,0001	1,4	0,0478	1,9	0,0011	22,5	<0,0001	0,9	0,6
Χρόνος x Δόση x Ημέρες Έκθεσης	60	1,5	0,0052	1,0	0,5	1,2	0,2	1,2	0,1	0,9	0,8

Το άνοιγμα των ωών αρχίζει μετά την 5^η ημέρα (Πίνακας 9). Την 1^η ημέρα έκθεσης το ποσοστό κυμάνθηκε από 5 – 8%, μετά από επτά ημέρες παρακολούθησης, ενώ την 2^η ημέρα έκθεσης κυμάνθηκε από 14 – 19%. Την 3^η, 4^η και 5^η ημέρα έκθεσης η έναρξη της εκκόλαψης έλαβε χώρα την 4^η, 3^η και 2^η ημέρα παρακολούθησης αντίστοιχα με ποσοστά που έφτασαν και το 62%. Τέλος, την 6^η και 7^η ημέρα έκθεσης, οι εκκόλαψη είχε σχεδόν ολοκληρωθεί, ενώ μετά από παρακολούθηση επτά ημερών το ποσοστό έφτασε το 91% (Πίνακας 9).

Όσον αφορά τις νεαρές προνύμφες του *T. confusum*, η θνησιμότητα ήταν χαμηλή (Πίνακας 10). Η άμεση θνησιμότητα κυμάνθηκε από 0 – 2% ενώ η μέση τιμή της καθυστερημένης θνησιμότητας δεν ξεπέρασε το 8% σε όλα τα διαστήματα έκθεσης και σε όλες τις ημέρες παρακολούθησης (Πίνακας 10). Στην συγκέντρωση των 0,01 mg/cm² παρατηρήθηκε ότι η άμεση θνησιμότητα επηρεάστηκε σε όλα τα διαστήματα έκθεσης. Την 3^η και 4^η ημέρα έκθεσης καταγράφηκαν τα υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας, με 7 και 8%, αντίστοιχα. Μετά από 7 ημέρες παρακολούθησης (για όλες τις ημέρες έκθεσης) τα ποσοστά κυμάνθηκαν από 17% την 1^η ημέρα έως 29% την 4^η. Για την συγκέντρωση των 0,1 mg/cm² παρατηρήθηκε ότι για τις νεαρές

προνύμφες η θνησιμότητα κυμάνθηκε από 4 έως 14% (Πίνακας 10). Τόσο στα ψεκασμένα τρυβλία (άμεση θνησιμότητα) όσο και μετά την μεταφορά τους στα ανέκαστα τρυβλία, η θνησιμότητα των προνυμφών αυξήθηκε με την πάροδο του χρόνου. Για παράδειγμα, στην 1^η ημέρα έκθεσης το ποσοστό της καθυστερημένης θνησιμότητας ήταν 9 - 24%, ενώ για την 7^η ημέρα έκθεσης το ποσοστό κυμάνθηκε από 23 έως 40% (την 7 ημέρα παρακολούθησης).

Στην περίπτωση της θνησιμότητας των μεγαλύτερων προνυμφών μπορεί να διαπιστωθεί ότι για τον μάρτυρα τα αποτελέσματα κυμάνθηκαν σε παρόμοια επίπεδα με αυτά των νεαρών προνυμφών. Τόσο η άμεση θνησιμότητα, που δεν ξεπέρασε το 2%, όσο και η καθυστερημένη, που δεν ξεπέρασε το 9%, ήσαν γενικά παρόμοιες με τα αντίστοιχα επίπεδα των νεαρών προνυμφών (Πίνακας 11). Η άμεση θνησιμότητα στην συγκέντρωση 0,01 mg/cm² επηρεάστηκε από την έκθεση των προνυμφών στο εντομοκτόνο, ξεκινώντας με 3% την 1^η ημέρα έκθεσης και φτάνοντας το 8% την 6^η ημέρα (Πίνακας 11). Για τις επτά ημέρες παρακολούθησης στην καθυστερημένη θνησιμότητα, σε όλα τα διαστήματα έκθεσης, καταγράφηκε μία αύξηση του ποσοστού που φτάνει στο 23%. Στην συγκέντρωση του 0,1 mg/cm² η άμεση θνησιμότητα των μεγαλύτερων προνυμφών του *T. confusum* επηρεάστηκε από την έκθεσή τους στο εντομοκτόνο, σε μικρότερο όμως επίπεδο σε σχέση με τις νεαρές προνύμφες (Πίνακας 11). Μετά από 7 ημέρες, η καθυστερημένη θνησιμότητα κυμάνθηκε από 12 έως 32% (Πίνακας 11).

Το στάδιο της πλαγγόνας δεν επηρεάστηκε από το εντομοκτόνο, εφόσον δεν υπήρχε καμιά επίδραση στην εμφάνιση των ακμαίων. Το ποσοστό για την άμεση έξοδο των ακμαίων αυξήθηκε (και στις 2 δόσεις) με την αύξηση των διαστημάτων έκθεσης. Πιο συγκεκριμένα, την 1^η ημέρα έκθεσης στη δόση των 0,01 mg/cm², ήταν 2 %, ενώ την 7^η ημέρα έφτασε το 15% στην ίδια δόση (Πίνακας 12). Παρόμοια ποσοστά καταγράφηκαν και στην δόση των 0,1 mg/cm² (Πίνακας 12). Όσο αφορά την καθυστερημένη έξοδο από τις πλαγγόνες, διαπιστώθηκε αυξητική, με την πάροδο των ημερών παρακολούθησης, σε όλα τα διαστήματα έκθεσης. Για παράδειγμα, στην 1^η ημέρα έκθεσης, στην συγκέντρωση του 0,01 mg/cm² η έξοδος ήταν 6%, ενώ μετά το πέρας της παρακολούθησης έφτασε το 62% (Πίνακας 12). Μετά την 3^η ημέρα έκθεσης το ποσοστό έφτασε το 90%, ενώ την 6^η και 7^η ημέρα έκθεσης, μετά από 7 ημέρες παρακολούθησης το ποσοστό ανήλθε στο 100% (Πίνακας 12).

Για τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν με τα ακμαία *T. confusum*, γενικά, η θνησιμότητα ήταν εξαιρετικά χαμηλή, και δεν ξεπέρασε το 5% (Πίνακας 13). Το ίδιο συνέβη και στην καθυστερημένη θνησιμότητα όπου και εδώ το ποσοστό παρέμεινε χαμηλό σε όλες τις μέρες παρακολούθησης. Στην συγκέντρωση του 0,01 mg/cm² παρατήθηκε μια μικρή αύξηση στην άμεση θνησιμότητα των ακμαίων με την πάροδο των διαστημάτων έκθεσης στο εντομοκτόνο (Πίνακας 13). Ομοίως, και στην καθυστερημένη θνησιμότητα καταγράφηκε αύξηση του ποσοστού με την πάροδο των ημερών παρακολούθησης, σε χαμηλότερα όμως ποσοστά από τα ακμαία του *S. oryzae* και του *O. surinamensis*, φτάνοντας μέχρι το 22% στην 7^η ημέρα έκθεσης την 7^η ημέρα παρακολούθησης (Πίνακας 13). Παρόμοια αποτελέσματα έδωσε και η συγκέντρωση του 0,1 mg/cm² όπου επίσης κυμάνθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με τα άλλα είδη που μελετήθηκαν. Η άμεση θνησιμότητα των ακμαίων

κυμάνθηκε από 4% την 1^η ημέρα έκθεσης μέχρι το 17% την 7^η ημέρα (Πίνακας 13). Στην περίπτωση της καθυστερημένης θνησιμότητας υπήρξε και εδώ μια αύξηση του ποσοστού όσο περνούσαν οι ημέρες παρακολούθησης. Παρόλα αυτά, και στην περίπτωση αυτή, η θνησιμότητα ήταν εξαιρετικά χαμηλή και δεν ξεπέρασε το 30% (Πίνακας 13).

Πίνακας 9. Μέσο ποσοστό εξόδου προνυμφών του *T. confusum* (\pm ΤΣ), εκτεθειμένα σε δύο δόσεις του indoxacarb ($0.01\text{mg}/\text{cm}^2$ and $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$) αλλά και του μάρτυρα σε επιφάνεια τσιμέντου για επτά διαστήματα έκθεσης (1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 ημέρες). (Σε κάθε καταμέτρηση ημέρας και δόσης, οι μέσες τιμές ακολουθούμενες από το ίδιο πεζό γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά- Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές- HSD test σε 0.05).

Έκθεση	Δόση	Άμεση			Καθυστερημένη			
		Ημέρα 1	Ημέρα 2	Ημέρα 3	Ημέρα 4	Ημέρα 5	Ημέρα 6	Ημέρα 7
1	Μάρτυρας	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	2,8 \pm 0,9	6,1 \pm 1,1
	0.01	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	2,8 \pm 0,9	5,0 \pm 1,2
	0.1	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	2,2 \pm 0,9	7,8 \pm 1,5
2	Μάρτυρας	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	1,1 \pm 0,7	5,0 \pm 0,8	13,9 \pm 1,4
	0.01	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	3,3 \pm 0,8	8,9 \pm 1,1	18,9 \pm 1,6
	0.1	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	2,2 \pm 0,9	6,1 \pm 1,8	13,9 \pm 2,0
3	Μάρτυρας	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	2,2 \pm 1,2	9,4 \pm 2,1	20,0 \pm 2,5	32,8 \pm 2,9
	0.01	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	2,8 \pm 1,2	8,9 \pm 1,6	16,7 \pm 2,5	27,8 \pm 2,8
	0.1	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	3,9 \pm 1,6	11,7 \pm 0,8	18,9 \pm 1,1	32,2 \pm 1,2
4	Μάρτυρας	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	1,7 \pm 0,8	9,4 \pm 1,0	16,7 \pm 1,2	28,9 \pm 1,1ab	38,9 \pm 2,2
	0.01	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	3,9 \pm 1,1	10,0 \pm 1,9	17,2 \pm 2,0	25,6 \pm 1,9a	37,2 \pm 2,0
	0.1	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	3,9 \pm 1,1	12,2 \pm 2,0	22,2 \pm 2,5	34,4 \pm 2,8a	45,0 \pm 3,5
5	Μάρτυρας	0.0 \pm 0.0	1,1 \pm 0,7	7,8 \pm 1,5	16,1 \pm 1,8	28,9 \pm 1,6	40,6 \pm 2,1	54,4 \pm 2,3
	0.01	0.0 \pm 0.0	3,3 \pm 0,8	11,7 \pm 1,2	22,2 \pm 1,7	33,3 \pm 1,7	45,0 \pm 2,0	62,2 \pm 2,4
	0.1	0.0 \pm 0.0	2,2 \pm 0,9	8,9 \pm 1,4	17,8 \pm 2,0	28,3 \pm 2,6	40,6 \pm 2,8	54,4 \pm 3,9
6	Μάρτυρας	3,9 \pm 1,4	12,2 \pm 1,9	21,7 \pm 1,7	32,2 \pm 1,5	43,9 \pm 2,9	55,6 \pm 3,2	73,3 \pm 3,1ab
	0.01	2,8 \pm 0,9	10,0 \pm 1,2	21,7 \pm 1,7	32,8 \pm 1,5	46,1 \pm 2,0	61,7 \pm 1,4	82,2 \pm 1,9a
	0.1	1,7 \pm 0,8	9,4 \pm 1,3	16,7 \pm 2,4	29,4 \pm 2,7	41,1 \pm 3,1	55,6 \pm 3,7	71,7 \pm 3,5b
7	Μάρτυρας	6,7 \pm 0,8a	15,6 \pm 1,0	28,3 \pm 2,0	41,1 \pm 2,3	56,1 \pm 2,5	73,3 \pm 2,5	89,4 \pm 1,5
	0.01	7,8 \pm 0,9	17,2 \pm 1,9	28,3 \pm 2,0	42,8 \pm 2,6	57,8 \pm 3,2	73,3 \pm 3,1	91,1 \pm 2,3
	0.1	2,8 \pm 0,9b	12,8 \pm 1,9	21,7 \pm 2,8	37,2 \pm 2,6	51,1 \pm 3,1	66,7 \pm 2,6	85,0 \pm 2,0

Πίνακας 10. Μέση θνησιμότητα των νεαρών προνυμφών του *T. confusum* (\pm ΤΣ), εκτεθειμένα σε δύο δόσεις του indoxacarb ($0.01\text{mg}/\text{cm}^2$ and $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$) αλλά και του μάρτυρα σε επιφάνεια τσιμέντου για επτά διαστήματα έκθεσης (1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 ημέρες). (Σε κάθε καταμέτρηση ημέρας και δόσης, οι μέσες τιμές ακολουθούμενες από το ίδιο πεζό γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά- Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές- HSD test σε 0.05).

		Άμεση			Καθυστερημένη			
Δόση	Έκθεση	Ημέρα 1	Ημέρα 2	Ημέρα 3	Ημέρα 4	Ημέρα 5	Ημέρα 6	Ημέρα 7
Μάρτυρας	1	0,0 \pm 0,0	0,6 \pm 0,6	1,7 \pm 0,8	3,3 \pm 0,8	3,3 \pm 0,8	4,4 \pm 1,0	5,6 \pm 1,0
	2	0,6 \pm 0,6	1,1 \pm 0,7	2,2 \pm 1,2	2,2 \pm 1,2	3,3 \pm 1,2	3,9 \pm 1,1	6,1 \pm 0,7
	3	0,6 \pm 0,6	2,2 \pm 0,9	2,8 \pm 0,9	4,4 \pm 0,6	4,4 \pm 0,6	6,1 \pm 0,7	7,8 \pm 0,9
	4	1,7 \pm 0,8	2,2 \pm 0,9	3,3 \pm 0,8	3,9 \pm 1,1	4,4 \pm 1,0	6,7 \pm 1,2	7,2 \pm 1,2
	5	1,1 \pm 0,7	1,1 \pm 0,7	2,2 \pm 0,9	2,8 \pm 0,9	3,9 \pm 0,7	5,0 \pm 0,8	6,1 \pm 1,1
	6	0,0 \pm 0,0	1,1 \pm 0,7	1,7 \pm 0,8	2,8 \pm 0,9	3,9 \pm 0,7	4,4 \pm 0,6	4,4 \pm 0,6
	7	0,0 \pm 0,0	0,6 \pm 0,6	3,3 \pm 1,2	3,9 \pm 1,1	5,6 \pm 1,0	6,7 \pm 1,4	7,8 \pm 1,2
0.01 mg/cm ²	1	2,2 \pm 0,9b	7,2 \pm 1,5	8,9 \pm 1,4b	10,6 \pm 1,3b	13,9 \pm 1,6c	15,0 \pm 2,0c	17,2 \pm 2,4
	2	5,6 \pm 1,0ab	8,9 \pm 1,6	11,1 \pm 2,0ab	13,3 \pm 1,7ab	16,1 \pm 1,1bc	18,9 \pm 1,6bc	21,7 \pm 1,4
	3	7,2 \pm 1,2a	11,7 \pm 1,4	14,4 \pm 1,5ab	16,1 \pm 1,4ab	18,3 \pm 1,7abc	22,2 \pm 1,5ab	23,9 \pm 1,6
	4	7,8 \pm 0,9a	12,8 \pm 1,7	16,7 \pm 1,9a	19,4 \pm 1,8a	22,8 \pm 1,2a	26,7 \pm 2,2a	29,4 \pm 2,1
	5	6,1 \pm 0,7ab	11,1 \pm 0,7	15,0 \pm 1,2ab	17,2 \pm 1,2a	20,6 \pm 1,3ab	21,7 \pm 0,8abc	24,4 \pm 1,5
	6	6,1 \pm 0,7ab	11,1 \pm 1,1	15,0 \pm 1,4ab	17,2 \pm 1,5a	19,4 \pm 1,5abc	21,1 \pm 1,1abc	23,3 \pm 1,2
	7	6,7 \pm 0,8a	12,2 \pm 1,2	14,4 \pm 1,3ab	16,1 \pm 1,4ab	19,4 \pm 1,0abc	21,7 \pm 1,4abc	23,9 \pm 1,4
0.1 mg/cm ²	1	4,4 \pm 0,6c	9,4 \pm 1,0c	12,2 \pm 1,5c	14,4 \pm 1,8c	17,8 \pm 2,2c	21,1 \pm 2,2c	24,4 \pm 2,1c
	2	7,8 \pm 0,8bc	15,0 \pm 1,7bc	16,7 \pm 1,7bc	21,1 \pm 1,8bc	22,8 \pm 1,2bc	25,6 \pm 1,0bc	28,9 \pm 1,6bc
	3	8,9 \pm 1,4bc	15,0 \pm 1,4bc	19,4 \pm 1,9bc	23,9 \pm 2,6abc	25,0 \pm 2,9bc	27,2 \pm 2,4bc	28,9 \pm 2,5bc
	4	12,2 \pm 1,2ab	21,1 \pm 1,2ab	25,6 \pm 2,8ab	28,9 \pm 2,9ab	31,1 \pm 2,9ab	34,4 \pm 2,6ab	36,7 \pm 2,6ab
	5	8,9 \pm 0,7bc	17,8 \pm 0,9ab	21,7 \pm 1,8ab	25,6 \pm 1,0ab	30,0 \pm 1,2ab	31,1 \pm 1,6ab	33,3 \pm 1,7abc
	6	11,7 \pm 1,4ab	20,0 \pm 2,2ab	23,3 \pm 3,2ab	24,4 \pm 3,8abc	26,7 \pm 3,5abc	28,9 \pm 3,3abc	31,1 \pm 3,0abc
	7	14,4 \pm 1,3a	23,3 \pm 1,9a	28,9 \pm 2,2a	33,3 \pm 2,0a	35,6 \pm 1,8a	37,2 \pm 2,2a	40,6 \pm 2,4a

Πίνακας 11. Μέση θνησιμότητα των μεγαλύτερων προνυμφών του *T. confusum* (\pm ΤΣ), εκτεθειμένα σε δύο δόσεις του indoxacarb ($0.01\text{mg}/\text{cm}^2$ and $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$) αλλά και του μάρτυρα σε επιφάνεια τσιμέντου για επτά διαστήματα έκθεσης (1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 ημέρες). (Σε κάθε καταμέτρηση ημέρας και δόσης, οι μέσες τιμές ακολουθούμενες από το ίδιο πεζό γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά- Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές- HSD test σε 0.05).

Δόση	Έκθεση	Άμεση			Καθυστερημένη			
		Ημέρα 1	Ημέρα 2	Ημέρα 3	Ημέρα 4	Ημέρα 5	Ημέρα 6	Ημέρα 7
Μάρτυρας	1	0,6 \pm 0,6ab	1,1 \pm 0,7	1,1 \pm 0,7	2,8 \pm 0,9	3,3 \pm 1,2	5,0 \pm 1,7	5,0 \pm 1,7
	2	0,0 \pm 0,0b	0,6 \pm 0,6	1,7 \pm 0,8	2,2 \pm 0,9	2,8 \pm 0,9	3,3 \pm 0,8	4,4 \pm 0,6
	3	0,0 \pm 0,0b	1,1 \pm 0,7	1,7 \pm 0,8	3,9 \pm 1,1	3,9 \pm 1,1	4,4 \pm 1,3	5,0 \pm 1,7
	4	2,2 \pm 0,8a	3,3 \pm 0,8	3,3 \pm 0,8	3,9 \pm 0,7	5,0 \pm 0,0	6,7 \pm 0,8	8,9 \pm 1,4
	5	0,0 \pm 0,0b	1,1 \pm 0,7	1,7 \pm 0,8	1,7 \pm 0,8	2,8 \pm 1,2	4,4 \pm 1,3	6,1 \pm 1,1
	6	0,6 \pm 0,6ab	1,7 \pm 0,8	1,7 \pm 0,8	2,8 \pm 0,9	3,9 \pm 0,7	5,6 \pm 0,6	6,7 \pm 0,8
	7	0,6 \pm 0,6ab	1,1 \pm 0,7	1,1 \pm 0,7	2,8 \pm 0,9	5,0 \pm 1,2	6,7 \pm 1,4	7,8 \pm 1,2
0.01 mg/cm ²	1	3,3 \pm 0,8	4,4 \pm 1,0	7,8 \pm 2,1	8,9 \pm 2,2	8,9 \pm 2,2b	11,7 \pm 2,0	13,9 \pm 1,8b
	2	3,9 \pm 1,1	6,1 \pm 1,1	8,9 \pm 1,8	10,0 \pm 1,7	12,2 \pm 1,2ab	13,3 \pm 1,4	15,6 \pm 1,5ab
	3	5,6 \pm 1,0	7,8 \pm 1,5	9,4 \pm 1,5	11,1 \pm 1,8	12,8 \pm 1,7ab	16,1 \pm 2,2	18,9 \pm 2,1ab
	4	7,8 \pm 1,9	10,6 \pm 2,1	12,2 \pm 2,4	14,4 \pm 2,8	17,2 \pm 2,4a	18,3 \pm 2,5	21,7 \pm 2,9ab
	5	4,4 \pm 1,0	7,2 \pm 1,5	10,6 \pm 2,1	13,3 \pm 2,0	16,1 \pm 1,6ab	19,4 \pm 1,9	23,3 \pm 2,0a
	6	8,3 \pm 1,7	10,6 \pm 2,1	12,2 \pm 2,6	15,0 \pm 1,9	16,1 \pm 1,8ab	17,2 \pm 1,9	20,6 \pm 1,9ab
	7	3,9 \pm 0,7	6,7 \pm 0,8	10,0 \pm 0,8	12,2 \pm 1,2	15,0 \pm 1,2ab	15,6 \pm 1,3	17,2 \pm 1,2ab
0.1 mg/cm ²	1	2,2 \pm 0,9d	4,4 \pm 1,5c	6,1 \pm 1,4c	7,2 \pm 1,7c	8,3 \pm 2,0c	10,6 \pm 1,8d	11,7 \pm 1,9d
	2	6,7 \pm 1,2abcd	9,4 \pm 1,3bc	12,8 \pm 1,5b	14,4 \pm 2,3b	16,1 \pm 2,2b	17,8 \pm 2,5cd	22,2 \pm 2,8bc
	3	11,1 \pm 0,7a	12,8 \pm 0,8ab	15,0 \pm 0,8b	17,8 \pm 0,8ab	21,7 \pm 0,8ab	26,7 \pm 0,8ab	30,6 \pm 1,0ab
	4	6,1 \pm 1,4bcd	9,4 \pm 1,5bc	11,7 \pm 1,4bc	14,4 \pm 1,8b	16,7 \pm 1,7b	20,0 \pm 1,2bc	22,8 \pm 1,5bc
	5	5,0 \pm 1,2cd	7,2 \pm 1,2bc	9,4 \pm 1,8bc	12,2 \pm 1,5bc	16,1 \pm 1,4b	17,8 \pm 1,7cd	21,7 \pm 2,0c
	6	8,9 \pm 1,1abc	9,4 \pm 1,3bc	12,8 \pm 1,7b	18,3 \pm 1,7ab	20,0 \pm 2,2ab	22,2 \pm 1,9abc	25,6 \pm 2,1abc
	7	10,6 \pm 0,6ab	17,2 \pm 1,2a	21,7 \pm 1,2a	23,3 \pm 1,4a	26,1 \pm 1,6a	28,9 \pm 1,8a	31,7 \pm 1,9a

Πίνακας 12. Μέσο ποσοστό εξόδου πλαγγόνας του *T. confusum* (\pm ΤΣ), εκτεθειμένα σε δύο δόσεις του indoxacarb (0.01 and 0.1 mg/cm²) αλλά και του μάρτυρα σε επιφάνεια τσιμέντου για επτά διαστήματα έκθεσης (1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 ημέρες). (Σε κάθε καταμέτρηση ημέρας και δόσης, οι μέσες τιμές ακολουθούμενες από το ίδιο πεζό γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά- Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές- HSD test σε 0.05).

Έκθεση	Δόση	Άμεση			Καθυστερημένη			
		Ημέρα 1	Ημέρα 2	Ημέρα 3	Ημέρα 4	Ημέρα 5	Ημέρα 6	Ημέρα 7
1	Μάρτυρας	0,6 \pm 0,6	2,2 \pm 1,2b	10,6 \pm 1,8	20,0 \pm 2,5	30,0 \pm 2,2	40,0 \pm 2,4	52,8 \pm 3,4
	0.01	2,2 \pm 0,9	6,1 \pm 0,7a	12,8 \pm 1,5	25,0 \pm 0,8	36,1 \pm 1,6	47,8 \pm 1,9	62,2 \pm 2,9
	0.1	1,7 \pm 0,8	5,0 \pm 0,8ab	11,7 \pm 1,2	20,6 \pm 1,8	32,8 \pm 2,2	43,3 \pm 3,1	56,7 \pm 4,0
2	Μάρτυρας	0,6 \pm 0,6	2,2 \pm 0,9	7,8 \pm 1,2	17,8 \pm 0,9	33,3 \pm 1,4	46,1 \pm 1,1	60,0 \pm 1,7
	0.01	1,1 \pm 0,7	2,8 \pm 1,2	6,7 \pm 1,7	15,0 \pm 2,0	30,0 \pm 2,4	41,1 \pm 2,9	53,9 \pm 2,5
	0.1	1,7 \pm 0,8	5,0 \pm 1,4	10,6 \pm 1,0	19,4 \pm 1,8	35,6 \pm 2,6	46,1 \pm 3,5	61,7 \pm 4,2
3	Μάρτυρας	7,2 \pm 0,9	17,8 \pm 1,5	28,9 \pm 1,6	43,9 \pm 2,6	56,7 \pm 2,5	72,2 \pm 3,1	90,6 \pm 2,6
	0.01	6,1 \pm 0,7	16,7 \pm 0,8	30,6 \pm 1,0	46,1 \pm 1,6	60,0 \pm 1,0	74,4 \pm 2,1	89,4 \pm 1,8
	0.1	5,6 \pm 0,6	15,6 \pm 1,0	28,3 \pm 1,4	45,6 \pm 2,9	59,4 \pm 2,1	75,6 \pm 2,3	90,6 \pm 2,1
4	Μάρτυρας	9,4 \pm 0,6	22,2 \pm 0,9	35,0 \pm 1,4	51,1 \pm 2,0	67,2 \pm 2,2	81,1 \pm 3,4	96,7 \pm 1,4
	0.01	8,3 \pm 0,8	21,1 \pm 1,1	36,1 \pm 1,8	52,2 \pm 2,4	65,6 \pm 3,3	81,7 \pm 2,8	97,2 \pm 1,2
	0.1	7,2 \pm 0,9	18,9 \pm 1,1	35,6 \pm 1,0	52,8 \pm 2,1	67,8 \pm 2,9	85,0 \pm 2,4	98,3 \pm 1,2
5	Μάρτυρας	11,1 \pm 0,7	24,4 \pm 1,3	37,2 \pm 1,2	53,3 \pm 2,0	70,6 \pm 2,6	85,6 \pm 2,3	98,9 \pm 0,7
	0.01	11,1 \pm 1,1	24,4 \pm 1,5	35,0 \pm 1,7	48,3 \pm 2,2	66,1 \pm 2,6	83,3 \pm 2,2	99,4 \pm 0,6
	0.1	11,7 \pm 2,0	24,4 \pm 2,3	37,8 \pm 2,2	51,7 \pm 2,8	68,9 \pm 2,5	81,7 \pm 2,0	96,7 \pm 1,2
6	Μάρτυρας	12,2 \pm 0,9	25,6 \pm 1,5	38,9 \pm 1,6	52,8 \pm 2,4	68,9 \pm 2,6	83,9 \pm 2,7	100,0 \pm 0,0
	0.01	10,6 \pm 1,0	22,8 \pm 1,7	35,0 \pm 2,0	51,1 \pm 2,0	66,1 \pm 2,0	83,3 \pm 1,9	100,0 \pm 0,0
	0.1	10,0 \pm 1,2	20,6 \pm 1,8	33,3 \pm 1,7	47,8 \pm 1,5	63,9 \pm 1,1	81,7 \pm 1,2	100,0 \pm 0,0
7	Μάρτυρας	13,3 \pm 0,8b	30,6 \pm 1,8b	46,1 \pm 1,1b	63,9 \pm 1,4b	81,1 \pm 2,0b	96,1 \pm 2,0	100,0 \pm 0,0
	0.01	15,0 \pm 1,2ab	32,8 \pm 1,9ab	48,9 \pm 2,6b	68,3 \pm 3,5ab	85,6 \pm 3,3b	97,7 \pm 1,5	100,0 \pm 0,0
	0.1	17,8 \pm 1,2a	37,2 \pm 1,7a	55,6 \pm 1,5a	76,7 \pm 2,0a	95,0 \pm 2,5a	100,0 \pm 0,0	100,0 \pm 0,0

Πίνακας 13. Μέση θνησιμότητα των ακμαίων του *T. confusum* (\pm ΤΣ), εκτεθειμένα σε δύο δόσεις του indoxacarb ($0.01\text{mg}/\text{cm}^2$ and $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$) αλλά και του μάρτυρα σε επιφάνεια τσιμέντου για επτά διαστήματα έκθεσης (1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 ημέρες). (Σε κάθε καταμέτρηση ημέρας και δόσης, οι μέσες τιμές ακολουθούμενες από το ίδιο πεζό γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά- Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές- HSD test σε 0.05).

Δόση	Έκθεση	Άμεση			Καθυστερημένη			
		Ημέρα 1	Ημέρα 2	Ημέρα 3	Ημέρα 4	Ημέρα 5	Ημέρα 6	Ημέρα 7
Μάρτυρας	1	0,6 \pm 0,6	1,1 \pm 0,7	1,7 \pm 0,8	1,7 \pm 0,8	2,2 \pm 0,9	2,2 \pm 0,9	2,8 \pm 1,2
	2	5,6 \pm 1,5	8,3 \pm 2,6	11,1 \pm 3,9	13,9 \pm 6,0	17,2 \pm 7,5	20,6 \pm 9,6	22,2 \pm 9,9
	3	4,4 \pm 1,8	7,2 \pm 2,4	8,9 \pm 2,7	11,7 \pm 3,0	15,0 \pm 3,8	15,6 \pm 4,2	16,1 \pm 4,6
	4	2,2 \pm 1,2	5,6 \pm 2,3	5,6 \pm 2,3	6,7 \pm 2,5	7,8 \pm 2,5	7,8 \pm 2,5	8,9 \pm 3,0
	5	5,6 \pm 1,9	7,2 \pm 1,9	7,8 \pm 2,2	8,3 \pm 2,2	8,9 \pm 2,6	10,0 \pm 2,6	11,7 \pm 3,0
	6	2,2 \pm 0,9	3,9 \pm 1,1	4,4 \pm 1,0	5,0 \pm 1,2	5,6 \pm 1,3	6,7 \pm 1,4	8,3 \pm 2,0
	7	2,8 \pm 1,5	3,9 \pm 1,4	3,9 \pm 1,4	5,0 \pm 1,4	6,7 \pm 1,7	6,7 \pm 1,7	8,9 \pm 2,0
0.01 mg/cm ²	1	5,0 \pm 1,7	5,6 \pm 1,5	6,7 \pm 2,0	8,9 \pm 2,3	11,7 \pm 2,5	14,4 \pm 3,6	16,1 \pm 4,0
	2	3,3 \pm 1,2	4,4 \pm 1,3	5,6 \pm 1,3	6,1 \pm 1,4	7,8 \pm 1,7	8,9 \pm 1,6	11,1 \pm 2,0
	3	6,1 \pm 2,0	9,4 \pm 2,3	11,1 \pm 2,3	11,1 \pm 2,3	15,0 \pm 2,2	17,8 \pm 2,2	20,6 \pm 3,1
	4	7,2 \pm 1,9	8,9 \pm 2,0	10,6 \pm 2,1	11,7 \pm 2,5	13,3 \pm 3,1	15,0 \pm 3,2	16,1 \pm 3,6
	5	8,9 \pm 1,6	11,1 \pm 1,6	13,3 \pm 2,2	15,6 \pm 2,6	17,2 \pm 2,8	18,3 \pm 2,6	18,9 \pm 2,7
	6	6,1 \pm 1,8	8,3 \pm 2,2	8,9 \pm 2,5	10,6 \pm 2,6	11,1 \pm 2,6	12,8 \pm 2,6	14,4 \pm 2,4
	7	7,8 \pm 0,9	10,6 \pm 1,8	12,8 \pm 1,5	16,1 \pm 2,3	17,8 \pm 2,9	19,4 \pm 3,5	22,2 \pm 3,0
0.1 mg/cm ²	1	3,9 \pm 1,8b	5,6 \pm 1,8b	5,6 \pm 1,8b	8,3 \pm 2,8b	8,9 \pm 2,9b	10,0 \pm 2,8c	11,1 \pm 2,3c
	2	5,0 \pm 2,4b	5,6 \pm 2,3b	6,1 \pm 2,2b	7,8 \pm 2,4b	8,9 \pm 2,5b	11,1 \pm 2,9bc	12,8 \pm 3,2bc
	3	11,1 \pm 1,8ab	14,4 \pm 2,3ab	17,8 \pm 3,0ab	19,4 \pm 3,4ab	21,7 \pm 3,7ab	23,9 \pm 3,2abc	26,1 \pm 3,1ab
	4	15,6 \pm 0,6a	19,4 \pm 1,5a	23,9 \pm 3,0a	25,6 \pm 3,2a	26,7 \pm 3,2a	29,4 \pm 3,4a	30,0 \pm 3,5a
	5	14,4 \pm 3,2a	17,8 \pm 4,3a	20,0 \pm 4,7a	22,2 \pm 5,0ab	23,9 \pm 5,2ab	26,1 \pm 5,5ab	27,8 \pm 5,0a
	6	8,3 \pm 2,5ab	10,0 \pm 2,6ab	12,2 \pm 3,1ab	13,9 \pm 3,3ab	16,7 \pm 2,6ab	21,7 \pm 1,7abc	23,9 \pm 2,0abc
	7	16,7 \pm 2,0a	19,4 \pm 2,1a	20,0 \pm 3,1a	22,2 \pm 4,0ab	22,2 \pm 4,0ab	24,4 \pm 3,9abc	25,0 \pm 3,7abc

7.2 Αποτελέσματα δεύτερης σειράς βιοδοκιμών

7.2.1 Θνησιμότητα *S. oryzae* σε διάφορες επιφάνειες

Για το *S. oryzae*, η Επιφάνεια, η Δόση, ο Χρόνος, η αλληλεπίδραση Χρόνος x Επιφάνεια και η αλληλεπίδραση Χρόνος x Δόση δεν ήταν σημαντικές και δεν επηρέασαν την θνησιμότητα των ακμαίων ατόμων (Πίνακας 14).

Η θνησιμότητα των ακμαίων την πρώτη ημέρα παρακολούθησης ήταν 3% στο τσιμέντο, ενώ στο μέταλλο και το πλακάκι έφτασε το 11 και 12% αντίστοιχα (Πίνακας 15). Την 3^η ημέρα παρακολούθησης η θνησιμότητα για το μέταλλο και το πλακάκι ξεπέρασε το 30 %, ενώ για το τσιμέντο ήταν 23 %. Την 7^η και 14^η ημέρα παρακολούθησης τη θνησιμότητα ήταν 100% και στις δύο δόσεις σε όλες τις επιφάνειες (Πίνακας 15).

Πίνακας 14. Ανάλυση της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για την θνησιμότητα των ακμαίων *S. oryzae* εκτεθειμένα σε διαφορετικές επιφάνειες και δόσεις (βε σφάλματος = 72).

	df	F	P
Μεταξύ μεταβλητών (all between)	8	541,5	<,0001
Τιμή αποκοπής	1	14251,3	<,0001
Δόση	2	8,9	0,0004
Ημέρες έκθεσης	2	2154,2	<,0001
Δόση x Ημέρες Έκθεσης	4	1,5	0,2157
Μέσα στις μεταβλητές (all within)	24	49,5	<,0001
Χρόνος	3	10934,0	<,0001
Χρόνος x Επιφάνεια	6	6,9	<,0001
Χρόνος x Δόση	6	308,4	<,0001
Χρόνος x Δόση x Επιφάνεια	12	1,3	0,2406

Πίνακας 15. Μέση θνησιμότητα (%± ΤΣ) των ακμαίων *S. oryzae* μετά από έκθεση σε δύο δόσεις του indoxacarb σε τρεις διαφορετικές επιφάνειες (σε κάθε ημέρα έκθεσης και επιφάνειας, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά; σε κάθε ημέρα έκθεσης και δόσης, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές-HSD test σε 0.05)

Έκθεση	Δόση (mg/cm ²)	Κεραμικό	Τσιμέντο	Μέταλλο
Ημέρα 1	0	2,2±0,8b	0,0±0,0	2,2±0,8c
	0.01	9,4±1,0Aa	3,3±1,4B	6,7±1,2ABb
	0.1	11,7±0,8Aa	3,3±0,8B	11,1±0,7Aa
Ημέρα 3	0	6,1±0,7c	5,0±1,2b	8,3±1,2b
	0.01	20,1±1,5Ab	12,2±1,5Bb	17,2±1,7ABb
	0.1	31,1±3,4a	22,8±3,3a	35,6±7,3a
Ημέρα 7	0	12,8±0,9b	11,1±1,6b	12,2±1,5b
	0.01	100±0,0a	99,4±0,6a	100,0±0,0a
	0.1	100,0±0,0a	98,3±1,2a	100,0±0,0a
Ημέρα 14	0	17,8±0,9b	17,8±1,5b	16,1±1,4b
	0.01	100,0±0,0a	100,0±0,0a	100,0±0,0a
	0.1	100,0±0,0a	100,0±0,0a	100,0±0,0a

7.2.2 Θνησιμότητα *O. surinamensis* σε διάφορες επιφάνειες

Συγκεκριμένα για το *O. surinamensis* διαπιστώνεται ότι οι επιδράσεις της Επιφάνειας, της Δόσης, του Χρόνου και η αλληλεπίδραση του Χρόνου x Δόση δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές (Πίνακας 16).

Το *O. surinamensis* ήταν λιγότερο ευαίσθητο από το *S. Oryzae*. Τα ποσοστά θνησιμότητας των ακμαίων αυξανόταν με την αύξηση του διαστήματος έκθεσης. Στη συγκέντρωση των 0,01 mg/cm² παρατηρήθηκε ότι μετά από μία ημέρα έκθεσης, η θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 13%, ενώ δεν υπήρχαν διαφορές ανάμεσα στις επιφάνειες (Πίνακας 17). Την 3^η ημέρα, η θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 25%, ενώ την 7^η ημέρα το ποσοστό κυμάνθηκε από 80 έως 90%. Τέλος, την 14^η ημέρα, η θνησιμότητα παρακολούθησης ξεπέρασε το 95% στο τσιμέντο και το πλακάκι (Πίνακας 17). Όσο αφορά τη δόση των 0,1mg/cm², η θνησιμότητα ήταν αυξημένη σε σχέση με παραπάνω. Έτσι, την 14^η ημέρα τα νεκρά ακμαία ξεπέρασαν το 95% επί του συνόλου και στις τρεις επιφάνειες (Πίνακας 17).

Πίνακας 16. Ανάλυση της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για την θνησιμότητα των ακμαίων *O. surinamensis* εκτεθειμένα σε διαφορετικές επιφάνειες και δόσεις (βε σφάλματος = 72).

	df	F	P
Μεταξύ μεταβλητών (all between)	8	253,9	<,0001
Τιμή αποκοπής	1	7044,8	<,0001
Δόση	2	5,3	0,0073
Ημέρες έκθεσης	2	1009,3	<,0001
Δόση x Ημέρες Έκθεσης	4	0,6	0,6596
Μέσα στις μεταβλητές (all within)	24	25,9	<,0001
Χρόνος	3	2644,4	<,0001
Χρόνος x Επιφάνεια	6	2,1	0,0616
Χρόνος x Δόση	6	138,2	<,0001
Χρόνος x Δόση x Επιφάνεια	12	0,7	0,7420

Πίνακας 17. Μέση θνησιμότητα (%± ΤΣ) των ακμαίων *O. surinamensis* μετά από έκθεση σε δύο δόσεις του indoxacarb σε τρεις διαφορετικές επιφάνειες (σε κάθε ημέρα έκθεσης και επιφάνειας, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά; σε κάθε ημέρα έκθεσης και δόσης, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές-HSD test σε 0.05)

Έκθεση	Δόση (mg/cm ²)	Κεραμικό	Τσιμέντο	Μέταλλο
Ημέρα 1	0	3,3±0,8b	1,7±0,8b	2,8±0,9b
	0.01	12,8±1,2a	10,0±2,8ab	12,2±1,5a
	0.1	12,8±1,5a	12,2±3,9a	12,2±1,7a
Ημέρα 3	0	6,7±1,2b	3,3±0,8b	5,6±1,0b
	0.01	25,0±1,7a	20,6±2,3a	22,8±1,9a
	0.1	31,1±2,3a	28,3±3,3a	28,3±1,9a
Ημέρα 7	0	12,8±1,2b	11,7±1,4b	12,2±0,9b
	0.01	90,0±2,6a	81,1±2,6a	81,1±2,9a
	0.1	90,0±2,0Aa	81,7±2,6Ba	81,1±2,3Ba
Ημέρα 14	0	18,9±1,1b	18,9±1,4b	18,3±1,2b
	0.01	99,4±0,6Aa	95,0±1,2ABa	93,3±1,9Ba
	0.1	99,4±0,6a	95,6±2,1a	97,2±1,7a

7.2.3 Θνησιμότητα *T. confusum* σε διάφορες επιφάνειες

Για το *T. confusum*, όλες οι επιδράσεις και οι αλληλεπιδράσεις ήταν σημαντικές, με εξαίρεση την αλληλεπίδραση Χρόνος x Επιφάνεια x Δόση (Πίνακας 18).

Στις βιοδοκιμές με το *T. confusum* παρατηρούνται σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα δύο προηγούμενα είδη εντόμων. Τα ακμαία φαίνονται να είναι αρκετά ανθεκτικά στο indoxacarb, σε σχέση με τα παραπάνω είδη. Μετά από 1 ημέρα έκθεσης στη δόση 0,01 mg/cm², η θνησιμότητα ήταν 6 – 9%, ενώ μετά από 14 ημέρες 16 – 26% (Πίνακας 19). Τα ποσοστά στην δόση των 0,1 mg/cm² ήταν ελάχιστα αυξημένα και στις τρεις επιφάνειες όπου μετά από την 14^η ημέρα παρακολούθησης κυμάνθηκαν από 19% στο τσιμέντο μέχρι 34% στο πλακάκι (Πίνακας 19).

Πίνακας 18. Ανάλυση της πολλαπλής ανάλυσης της (MANOVA) για την θνησιμότητα των ακμαίων *O. surinamensis* εκτεθειμένα σε διαφορετικές επιφάνειες και δόσεις (βε σφάλματος = 72).

	df	F	P
Μεταξύ μεταβλητών (all between)	8	36,6	<,0001
Τιμή αποκοπής	1	816,4	<,0001
Δόση	2	17,5	<,0001
Ημέρες έκθεσης	2	121,4	<,0001
Δόση x Ημέρες Έκθεσης	4	3,7	0,0086
Μέσα στις μεταβλητές (all within)	24	5,5	<,0001
Χρόνος	3	231,6	<,0001
Χρόνος x Επιφάνεια	6	3,9	0,0012
Χρόνος x Δόση	6	18,6	<,0001
Χρόνος x Δόση x Επιφάνεια	12	1,1	0,3240

Πίνακας 19. Μέση θνησιμότητα (%± ΤΣ) των ακμαίων *T. confusum* μετά από έκθεση σε δύο δόσεις του indoxacarb σε τρεις διαφορετικές επιφάνειες (σε κάθε ημέρα έκθεσης και επιφάνειας, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά; σε κάθε ημέρα έκθεσης και δόσης, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές-HSD test σε 0.05).

Έκθεση	Δόση (mg/cm ²)	Κεραμικό	Τσιμέντο	Μέταλλο
Day 1	0	0,6±0,6c	0,6±0,6b	0,6±0,6b
	0.01	8,9±0,7b	5,6±1,5a	6,7±1,4a
	0.1	12,2±0,9Aa	5,0±1,7Bab	10,0±1,2Aa
Day 3	0	2,2±0,9c	1,1±0,7b	2,2±0,9b
	0.01	13,3±1,2b	8,3±1,9a	11,1±1,6a
	0.1	21,7±1,2Aa	11,7±1,4Ba	16,1±1,8Ba
Day 7	0	5,0±0,8c	3,3±0,8b	5,0±1,2b
	0.01	20,6±1,5b	13,9±2,0a	18,3±2,0a
	0.1	28,3±1,7Aa	17,2±1,5Ba	22,8±2,4ABa
Day 14	0	6,7±0,8c	5,0±1,2b	5,6±1,3b
	0.01	26,1±1,1Ab	15,6±2,1Ba	22,8±1,5Aa
	0.1	34,4±1,8Aa	19,4±1,5Ca	27,2±2,5Ba

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8. Συμπεράσματα και Συζήτηση

Με την κατάργηση του βρωμιούχου μεθυλίου, καθώς και άλλων δραστικών, η προστασία των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων έχει γίνει δυσκολέψει σημαντικά, δοθέντος του ότι δεν μπορεί να βασίζεται στη χρήση χημικών τα οποία, ήταν αποτελεσματικά μεν, αλλά είχαν υψηλή τοξικότητα για τον άνθρωπο και τα θερμόαιμα (Bell, 2000). Στην πραγματικότητα παραμένει η τάση για αναζήτηση νέων δραστικών οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους (Banks and Fields, 1995). Η χρήση αρπακτικών και παρασιτοειδών είναι μια πολύ ελπιδοφόρα μέθοδος (Borwer et al., 1996), ωστόσο διάφοροι επιστήμονες έχουν αξιολογήσει πολλές νέες δραστικές όπως οι σπινουσύνες, η γη διατόμων, οι ρυθμιστές ανάπτυξης για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για απ' ευθείας εφαρμογή στο χώρο και στο προϊόν (Athanasίου et al., 2003, 2008, 2009, Hertein et al., 2011).

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε ήταν η πρώτη για την αξιολόγηση του indoxacarb εναντίον εντόμων αποθηκών σε διαφορετικές δόσεις και επιφάνειες. Στα τρία είδη εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν το *T. confusum* ήταν το πιο ανθεκτικό ενώ το *S. oryzae* ήταν το πιο ευαίσθητο με ποσοστά που έφτασαν το 100% μετά τις πρώτες ημέρες έκθεσης.

Για την πρώτη σειρά βιοδοκιμών η αποτελεσματικότητα του indoxacarb στα ακμαία του *S. oryzae* ήταν εμφανής ήδη από τις πρώτες ημέρες έκθεσης. Το ίδιο συνέβη και με τα ακμαία άτομα του *O. surinamensis* όπου το εντομοκτόνο ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικό. Αντίστοιχη έρευνα που πραγματοποιήθηκε με την χρησιμοποίηση του spinetoram, το οποίο βασίζεται σε μικροβιακούς μεταβολίτες, έδειξε ότι το *T. confusum* ήταν το λιγότερο ευαίσθητο, ενώ η σειρά ευαισθησίας (από το περισσότερο προς το λιγότερο ευαίσθητο) όταν τερματίστηκε το πείραμα ήταν *C. ferrugineus* < *S. oryzae* < *O. surinamensis* < *R. dominica* < *S. granarius* < *T. castaneum* < *T. confusum* όπου παρατηρείται το *S. oryzae* και το *O. surinamensis* ήταν από τα πιο ευαίσθητα (Vassilakos et al., 2012).

Για τα διάφορα στάδια ανάπτυξης του *T. confusum* υπήρξαν αξιοσημείωτες διαφορές σε σχέση με την θνησιμότητά τους. Το indoxacarb δεν είχε καμία επίδραση στα ωά σε όλο το χρονικό διάστημα έκθεσης αυτών, όπως ακριβώς συνέβη και με το στάδιο της πλαγγόνας. Συνεπώς, το indoxacarb δεν έχει ωοκτόνο δράση, τουλάχιστον για το πειραματικό εύρος των παραγόντων που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη. Οι Vayias et al. (2006) δουλεύοντας με γη διατόμων και φυσικά πυρεθροειδή παρατήρησαν ότι οι πλαγγόνες του *T. confusum* δεν επηρεάζονται και η θνησιμότητά τους ήταν πρακτικά μηδενική. Τα δύο αυτά στάδια είναι ακίνητα και δεν τρέφονται με αποτέλεσμα το εντομοκτόνο επαφής να μην τα επηρεάζει. Παρόλα αυτά, υπάρχουν και εντομοκτόνα τα οποία έχουν σαφή, αν και μέτρια, ωοκτόνο δράση. Για παράδειγμα το chlorantraniliprole θανατώνει, σε κάποιο βαθμό και τα ωά του *T. confusum* (Saglam et al., 2012).

Η θνησιμότητα των προνυμφών του *T. confusum* ήταν διαφορετική σε σχέση με την ηλικία τους. Έτσι οι μικρότερες ηλικιακά προνύμφες επηρεάστηκαν περισσότερο σε σχέση με τις μεγαλύτερες (κατά 20% σε μέσο όρο θνησιμότητας). Οι προνύμφες μεγαλύτερης ηλικίας ήταν οι λιγότερο ευαίσθητες σε σχέση με τις προνύμφες μικρότερης ηλικίας και των ακμαίων, όπως έχει καταγραφεί και για άλλα εντομοκτόνα επαφής (Saglam et al., 2012). Σε πειράματα επιφανειών με την χρησιμοποίηση του imidacloprid που έλαβαν χώρα από τους Toews et al. (2003) προνύμφες και ακμαία του *T. confusum* ήταν λιγότερο ευαίσθητα σε σχέση με το spinosad και spinetoram.

Όσον αφορά τα ακμαία του *T. confusum*, επηρεάστηκαν λιγότερο, σε σχέση με τα άλλα είδη. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι το indoxacarb είναι αναποτελεσματικό για το έντομο αυτό, τουλάχιστον στο εύρος δόσης που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματά μας. Με το συγκεκριμένο είδος εντόμου έχουν γίνει αρκετές μελέτες αφού θεωρείται ως ένα από τα πιο δυσεξόντωτα έντομα αποθηκών. Οι Toews et al. (2003), χρησιμοποιώντας το spinosad σε δόσεις 0.05 mg AI / cm² και 0.1 mg AI / cm² σε επιφάνεια τσιμέντου ανέφεραν ότι το *T. confusum* ήταν το λιγότερο ευαίσθητο ανάμεσα σε οχτώ είδη κολεοπτέρων, όπου η μέγιστη θνησιμότητά του έφτασε μόλις στο 20%. Το spinosad και το spinetoram θεωρούνται εντομοκτόνα αργής δράσης (Athanassiou et al., 2010, Vassilakos and Athanassiou, 2012). Παρόλα αυτά, ενδεχομένως, και παρόλο που δεν έλαβαν χώρα απ' ευθείας συγκρίσεις, το indoxacarb φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικό σε σχέση με τις σπινοσίνες.

Σχετικά με τη δεύτερη σειρά βιοδοκιμών, η θνησιμότητα των *S. oryzae* και *O. surinamensis* ήταν παρόμοια και στις τρεις επιφάνειες. Γενικά, για τα είδη αυτά, η θνησιμότητα ήταν υψηλότερη στο κεραμικό. Αντιθέτως, το indoxacarb δεν παρείχε ικανοποιητικά επίπεδα θνησιμότητας για το *T. confusum* σε καμία από τις επιφάνειες που εξετάστηκαν, αν και στο κεραμικό ήταν σχετικά μεγαλύτερη. Σε άλλες μελέτες, με άλλα εντομοκτόνα, η θνησιμότητα του *T. confusum* (για ακμαία άτομα) σε τσιμέντο και μέταλλο ήταν υψηλότερη σε σχέση με άλλες επιφάνειες όπως το κεραμικό και το ξύλο. Ο Arthur (2008) αναφέρει το εντομοκτόνο chlorfenapyr ήταν πιο αποτελεσματικό στην επιφάνεια του τσιμέντου παρά στο κεραμικό και στην ξύλινη επιφάνεια για το *T. confusum*. Το ίδιο παρατηρήθηκε από τους Toews et al. (2003) για το spinosad. Οι Arthur et al. (2009) χρησιμοποιώντας τους ρυθμιστές ανάπτυξης (IGRs) pyriproxifen και hydroprone σε ξύλινη επιφάνεια, μέταλλο και τσιμέντο απέδειξαν ότι δεν υπήρχαν διαφορές στην αποτελεσματικότητα εναντίον των προνυμφών των *T. confusum*, *T. castaneum* και *O. surinamensis*. Σε γενικές γραμμές η αποτελεσματικότητα είναι μεγαλύτερη σε μη πορώδεις επιφάνειες, όπως μέταλλο και κεραμικού και μικρότερη σε επιφάνειες όπως το τσιμέντο και τα διάφορα είδη ξύλου που έχουν πόρους (Arthur, 2012).

Τα δεδομένα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι το indoxacarb μπορεί να είναι ένα πολύ αποτελεσματικό εντομοκτόνο επαφής κατά πολλών εντόμων αποθηκών σε διάφορες επιφάνειες. Δοθέντος του ότι πολλές από τις ήδη υπάρχουσες δραστικές οι οποίες χρησιμοποιούνται σε επιφάνειες αποσύρονται ή πρόκειται να αποσυρθούν, κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό να παρέχονται πρωτογενή στοιχεία για την αποτελεσματικότητα άλλων δραστικών, με χαμηλή τοξικότητα για τον άνθρωπο και

τα θερμόαιμα. Επίσης, θα πρέπει να δοθεί σημασία στην υγιεινή και τον καθαρισμό των αποθηκών και γενικά στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων, δοθέντος του ότι η παρουσία τροφής μετριάξει, σε ορισμένες περιπτώσεις την αποτελεσματικότητα ορισμένων εντομοκτόνων. Τέλος, ένα από τα σημαντικότερα ευρήματα της παρούσας μελέτης, είναι η αποτίμηση της θνησιμότητας σε ημερήσια βάση, γεγονός που υποδηλώνει και το βαθμό «αδρανοποίησης» των ημιθανών (knocked down) εκτεθέντων εντόμων. Η αδρανοποίηση αποτελεί μείζον χαρακτηριστικό για ένα εντομοκτόνο επαφής το οποίο εφαρμόζεται σε επιφάνειες, καθ' όσον τα «ημιθανή» έντομα, αν δεν ακινητοποιηθούν μπορούν να απομακρυνθούν από την επίδραση του τοξικού παράγοντα, να ανανήψουν και να συνεχίσουν τόσο την προσβολή όσο και την παραγωγή απογόνων στο χώρο και το προϊόν (Arthur, 2008). Με βάση τα στοιχεία της παρούσας μελέτης, το indoxacarb φαίνεται να προκαλεί ικανοποιητικό knock down, το οποίο με τη σειρά του μπορεί να αυξήσει και να επιταχύνει τη θνησιμότητα σε μεγαλύτερα διαστήματα έκθεσης, και πιθανόν αυξημένες δόσεις, ακόμα και σε είδη που δεν θανατώνονται εύκολα, μέσω της συνεχούς επαφής με τον τοξικό παράγοντα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

9. Βιβλιογραφικές Αναφορές

Alves A.P., Allgeier W.J., Siegfried B.D., 2008. Effects of the synergist S,S,S-tributyl phosphorotrithioate on indoxacarb toxicity and metabolism in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 90 :1, pp 26 – 30.

Arthur F. H. 1997. Differential effectiveness 269 of deltamethrin dust on plywood, concrete, and tile surfaces against three stored-product beetles. *Journal Stored Product research* 33: 167-173.

Arthur F. H. 1998. Residual toxicity of cyfluthrin wettable powder against *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed for short time intervals on concrete. *Journal Stored Product research* 34: 19-25.

Arthur F. H. 2000a. Impact of food source on survival of red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to diatomaceous earth. *Journal of Economic Entomology* 93: 1347-1356.

Arthur, F. H. 2000b. Impact of accumulated food on survival of *Tribolium castaneum* on concrete treated with cyfluthrin wettable powder. *Journal Stored Product Research* 36: 15-23.

Arthur F. H. 2008. Efficacy of chlorfenapyr against *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) adults exposed on concrete, vinyl tile, and plywood surfaces. *Journal Stored Product Research* 44: 145-151.

Athanassiou C. G. , Buchelos C. Th. , Eliopoulos P. A. , Palyvos N. E. , 2002. Current status of stored grain management in Greece. *COST Action 842 (1999-2004)*.

Athanassiou C.G. , Kavallieratos N.G., Chintzoglou G.J., Peteinatos G.G., Boukouvala M.C., Petrou S.S., and Panousakis E.C., 2008. Effect of Temperature and Commodity on Insecticidal Efficacy of Spinosad Dust Against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Economic Entomology* 101(3): 976-981.

Athanassiou C.G. ,Kavallieratos N.G., Menti H., Karanastasi E., 2010. Mortality of Four Stored Product Pests in Stored Wheat When Exposed to Doses of Three Entomopathogenic Nematodes. *Journal of Economic Entomology* 103(3): 977-984

Athanassiou C.G., 2006. Influence of Instar and Commodity on Insecticidal Effect of Two Diatomaceous Earth Formulations Against Larvae of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology* 99(5): 1905-1911.

Athanassiou C.G., Arthur F.H., and Throne J.E., 2010. Effects of Short Exposures to Spinosad-Treated Wheat or Maize on Four Stored-Grain Insects. *Journal of Economic Entomology* 103(1): 197-202.

Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Arthur F.H., and Throne J.E., 2013. Efficacy of a Combination of Beta-Cyfluthrin and Imidacloprid and Beta-Cyfluthrin Alone for Control of Stored-Product Insects on Concrete. *Journal of Economic Entomology* 106(2): 1064-1070

Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Economou L., Dimizas C.B., Vayias B.J., Tomanovic Z. , and Milutinovic M., 2005. Persistence and Efficacy of Three Diatomaceous Earth Formulations Against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) on Wheat and Barley. *Journal of Economic Entomology*. 98(4): 1404-1412.

Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G.,and Andris N.S., 2004 Insecticidal Effect of Three Diatomaceous Earth Formulations Against Adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on Oat, Rye, and Triticale 2004 . *Journal of Economic Entomology* 97(6):2160-7.

Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G.,Peteinatos G.G., Petrou S.E, M.C. Boukouvala, and Tomanovic Z., 2007 Influence of Temperature and Humidity on Insecticidal Effect of Three Diatomaceous Earth Formulations Against Larger Grain Borer (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Economic Entomology* 100(2):599-603.

Athanassiou C.G., Kontodimas D.C., Kavallieratos N.G., and Veroniki M.A., 2005. Insecticidal Effect of NeemAzal Against Three Stored-Product Beetle Species on Rye and Oats. *Journal of Economic Entomology* 98(5): 1733-1738.

Athanassiou C.G.,Arthur F.H.,Kavallieratos N.G., and Throne J.E., 2011. Efficacy of Pyriproxyfen for Control of Stored-Product Psocids (Psocoptera) on Concrete Surfaces. *Journal of Economic Entomology* 104(5): 1765-1769.

Athanassiou C.G.,Kavallieratos N.G., Sciarretta A., Palyvos N.E., and Trematterra P., 2011. Spatial Associations of Insects and Mites in Stored Wheat. *Journal of Economic Entomology* 104(5): 1752-1764.

Athanassiou, C. G., F. H. Arthur, and J. E. Throne. 2010. Effects of Short Exposures to Spinosad-Treated Wheat or Maize on Four Stored-Grain Insects. *Journal of Economic Entomology* 103: 197-202.

Athanassiou, C.G., Arthur, F.H., Kavallieratos, N.G., Throne, J.E., 2011. Efficacy of Pyriproxyfen for control of stored-product psocids (Psocoptera) on concrete surfaces. *Journal of Economic Entomology* 104, 1765-1769.

Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Yiatis, A.E., Vayias, B.J., Mavrotas, C.S., Tomanovic, Z., 2008. Influence of temperature and humidity on the efficacy of spinosad against four stored-grain beetle species. *Journal of Economic Entomology* 8: 1-9.

Bostanian N.J., Akalach M., 2006. The effect of indoxacarb and five other insecticides on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius fallacies* (Acari: Phytoseiidae) and nymphs of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Pest Management Science* 62(4):334-9.

Buchelos C. Th. , Athanassiou C. G. , 1993. Dominance and Frequency of Coleoptera Found on Stored Cereals and Cereal Products in Central Greece. *Entomologia Hellenica* 11: 17-22.

Dripps J., Olson B., Sparks T., Crouse G., 2008. Spinetoram: how artificial intelligence combined natural fermentation with synthetic chemistry to produce a new spinosyn insecticide. *Plant Health Prog.* <http://dx.doi.org/10.1094/PHP-2008-0822-01-PS>. Online.

Genetics of Indoxacarb resistance in *Helicoverpa armigera* (Hubner) Ghodki B.S., Thakare S.M., Moharil M.P., RAO N.G.V., 2009. *Entomological Research*. Volume 39, Issue 1, pages 50–54.

Gondhalekar A.D., Song C., and Scharf M.E., 2011. Development of strategies for monitoring indoxacarb and gel bait susceptibility in the German cockroach (Blattodea: Blattellidae). *Pest Manag Sci. Mar*: 67(3):262-70.

Hertlein, M. B., G. D. Thompson, B. Subramanyam and C. G. Athanassiou. 2011. Spinosad: A new natural product for stored grain protection. *Journal Stored Product Research* 47: 131-146.

Kavallieratos N.G., Athanassiou C.G., Vayias B.J., Mihail S.B., and Tomanovic Z., 2009. Insecticidal efficacy of abamectin against three stored-product insect pests: influence of dose rate, temperature, commodity, and exposure interval. *Journal of Economic Entomology* 102(3):1352-9.

Koehler P.G., 1994. Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Longstaff B.C., 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus oryzae*: A critical review. *Protection Ecology* 2: 83 – 130.

Lapied B., Grolleau F. & Sattelle D.B., 2001. Indoxacarb, an oxadiazine insecticide, blocks insect neuronal sodium channels. *British Journal of Pharmacology* 132: 587-595.

Mallis A., 2004. Stored product Pests. *Handbook of Pest Control* (eds Alain VanRyckeghem), ninth edition, pp 747 – 818.

Moore D., J. C., Lord and S.M. Smith, 2000. Pathogens. pp. 193 – 227. In: Bh. Subramanyam and D.W. Hagstrum, *Alternatives to Pesticides in Stored Products IPM*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Nayak M. K., P. J. Collins, and R. A. Kopittke. 2002. Comparative residual toxicities of carbaryl, deltamethrin and permethrin as structural treatments against three liposcelidid psocid species (Psocoptera: Liposcelididae) infesting stored commodities *Journal Stored Product Research* 38: 247-258.

Opit G.P., Arthur F.H., Bonjour E.L., Jones C.L., Phillips T.W., 2011. Efficacy of heat treatment for disinfestation of concrete grain silos. *Journal of Economic Entomology* 104: 1415-1422.

Sall J., Lehman A., Creighton L., 2001. JMP Start Statistics. A Guide to Statistics and Data Analysis Using JMP and JMP IN Software. Duxbury Press, Belmont, CA, p. 491.

Sayyed A.H., Ahmad M., and Crickmore N., 2008. Fitness Costs Limit the Development of Resistance to Indoxacarb and Deltamethrin in *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 101(6):1927-1933.

Sparks T.C., Crouse G.D., Dripps J.E., Anzeveno P., Martynow J., Deamicis C.V., Gifford J., 2008. Neural network-based QSAR and insecticide discovery: spinetoram. *Journal of Computer-Aided Molecular* 22: 393-401.

Subramanyam B.H., Harein P.K., Cutkomp L.K., 1989. Organophosphate resistance in adults of red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) and sawtoothed grain beetle (Coleoptera: Cucujidae) infesting barley stored on farms in Minnesota. *Journal of Economic Entomology* 82: 989-995.

Toews M. D., B. Subramanyam, and J. M. Rowan. 2003. knockdown and mortality of adults of eight species of stored-product beetles exposed to four surfaces treated with spinosad. *Journal of Economic Entomology* 96: 1967-1973.

Vasillakos T.N. and Athanasiou C.G., 2012. Effect of Short Exposures to Spinetoram Against Three Stored-Product Beetle Species. *Journal of Economic Entomology* 105(3): 1088-1094

Vassilakos, T. N., and C. G. Athanassiou. 2012. Effect of short exposures to spinetoram against three stored-product beetle species. *J. Econ. Entomol.* 105: 1088 - 1094.

Vassilakos T. N., C. G. Athanassiou O. Saglam A. S. Chloridis, and J. E. Dripps. 2012. Insecticidal effect of spinetoram against six major stored grain insect species. *Journal Stored Product Research.* 51: 69-73.

Vayias B.J., Athanasiou C. G., Kavallieratos N.G., and Buchelos C. TH., 2006. Susceptibility of Different European Populations of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Five Diatomaceous Earth Formulations. *Journal of Economic Entomology* 99(5): 1899-1904.

Vayias B.J., Athanassiou C.G., Buchelos C.T., 2006. Evaluation of three diatomaceous earth and one natural pyrethrum formulations against pupae of *Tribolium confusum* DuVal (Coleoptera: Tenebrionidae) on wheat and flour. *Crop Protection* 25: 766-772.

Walter V.E., 1990. Stored product pests. *Handbook of Pest Control* (Story K, Moreland D.). Franzak & Foster Co., Cleveland, OH. pp. 526 – 529.

Wirtz R.A., 1991. Food pests as disease agents. Chapter 36. In: *Ecology and management of food industry pests*, J.R. Gorham, Ed. FDA Technical Bulletin 4. Assoc. of Official Analytical Chemists, Arlington, Va. 595 pp.

Yu S.J., McCord E. Jr., 2007. Lack of cross-resistance to indoxacarb in insecticide resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Pest Management Science* 63(1):63-7.

Zettler, J.L., 1991. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) from flour mills in the United States. *Journal of Economic Entomology* 84: 763-767.

Zhao J.Z., Collins H.L., Li Y.X., Mau R.F.L., Thompson G.D., Hertlein M., Andaloro J.T., Boykin R., and Shelton A.M., 2006. Monitoring of Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) Resistance to Spinosad, Indoxacarb, and Emamectin Benzoate. *Journal of Economic Entomology* 99(1):176-81.

Εμμανουήλ Ν. , Μπουχέλος Κ. , 1996. Ζωικοί εχθροί τροφίμων και γεωργικών προϊόντων, Αθήνα, σελ. 30-33, 33-46, 48-51.

Ζιώγας Ν.Β., Μαρκόγλου Ν.Α., 2007. Γεωργική Φαρμακολογία. Εκδόσεις ΖΒ. Ζιώγας/Α. Μαρκόγλου. Αθήνα.

Θωμαΐδης Σ. , 1992. Καταπολέμηση εντόμων σε αποθηκευμένα σιτηρά, Γεωργική τεχνολογία, Τεύχος 10. σελ. 80-83.

Θωμαΐδης Σ. , 1992. Χρησιμοποίηση φωσφινούχων σκευασμάτων, Γεωργική τεχνολογία, Τεύχος 12. 79-83.

Μπουχέλος Κ. , 2000. Η ολοκληρωμένη προστασία στα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, γεωργία-κτηνοτροφία, 2. σελ. 50-53.

Μπουχέλος Κ. , Αθανασίου Χ. , 2000. Νέες μέθοδοι για ανίχνευση και εκτίμηση προσβολών από κολεόπτερα έντομα σε αποθηκευμένα σιτηρά, Γεωργία-κτηνοτροφία 1. σελ. 16-22.

Μπουχέλος Κ., 1996. Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων (Πανεπιστημιακές παραδόσεις ΓΠΑ).

Σταμόπουλος Δ.Κ., 1995. Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.

Σταμόπουλος Δ.Κ., 2008. Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.