



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΣΕ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΩΝ ΑΠΟΘΗΚΩΝ »



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΓΕΩΡΓΙΑ Β. ΜΠΑΛΙΩΤΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΧΡΗΣΤΟΣ,
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π.Θ.

ΒΟΛΟΣ, Οκτώβριος 2017

Επιβλέπων:

Αθανασίου Χρήστος, Αναπληρωτής Καθηγητής Π.Θ.

Μέλη επιτροπής:

Παπαδόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής Π.Θ.

Τσιρόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία αξιολογήθηκε σε εργαστηριακές βιοδοκιμές η αποτελεσματικότητα τριών εντομοκτόνων δραστικών ουσιών, δηλαδή της πυρρόλης chlorfenapyr, του πυρεθρινοειδούς lambda-cyhalothrin και του νεονικοτινοειδούς thiamethoxam εναντίον ενηλίκων των εντόμων αποθηκών *Sitophilus oryzae*, *Tribolium confusum* και *Oryzaephilus surinamensis* μετά από ψεκασμό σε επιφάνεια τσιμέντου. Συγκεκριμένα, αξιολογήθηκε η άμεση (αμέσως μετά την έκθεση) εντομοστατική (ποσοστό ακινητοποιημένων ημιθανών εντόμων - knockdown) και εντομοκτόνος (ποσοστό θνησιμότητας) δράση των δραστικών ουσιών μετά από έκθεση των εντόμων για 1, 3, 5 και 7 ημέρες. Μετά την ολοκλήρωση της έκθεσης των 7 ημερών τα ζωντανά έντομα μεταφέρθηκαν σε καθαρά τρυβλία προκειμένου να καταμετρηθεί η καθυστερημένη θνησιμότητα (delayed mortality) 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά το πέρας της έκθεσης. Η θνησιμότητα και το knockdown αξιολογήθηκαν με βάση κλίμακα (τιμές από 0 έως 4, με 0 για ζωντανά έντομα που κινούταν κανονικά και 4 για νεκρά έντομα), με βάση τα αποτελέσματα της οποίας υπολογίστηκε ο δείκτης θνησιμότητας των εντόμων. Οι δόσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 0,016 mg active ingredient (a.i.) / cm² για το chlorfenapyr, 0,002 mg a.i. / cm² για το lambda-cyhalothrin και 0,1 mg a.i. / cm² για το thiamethoxam, ενώ μια επιπλέον σειρά τρυβλίων ψεκάστηκε με απιονισμένο νερό και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Πραγματοποιήθηκαν 3 σειρές βιοδοκιμών ενώ σε κάθε βιοδοκιμή υπήρχαν 9 επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση.

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης για το *S. oryzae* καταγράφηκαν υψηλά ποσοστά ακινητοποιημένων-ημιθανών εντόμων μετά την εφαρμογή του thiamethoxam και του lambda-cyhalothrin μετά από μία ημέρα έκθεσης, τα οποία μεταφράστηκαν σε υψηλά ποσοστά θνησιμότητας στις μεγαλύτερες χρονικά εκθέσεις (3, 5 και 7 ημέρες έκθεση). Αντίθετα, η εφαρμογή του chlorfenapyr δεν προκάλεσε την ακινητοποίηση των ενηλίκων *S. oryzae* στην αρχή της έκθεσης (1 ημέρα μετά την εφαρμογή), στη συνέχεια όμως (3 ημέρες έκθεση) παρατηρήθηκε υψηλή θνησιμότητα (98,1%), ενώ όλα τα έντομα θανατώθηκαν ήδη από την 5^η ημέρα μετά την εφαρμογή (100%). Παρόμοια αποτελέσματα με το *S. oryzae* καταγράφηκαν και για το *O. surinamensis*, το οποίο ήταν ιδιαίτερα ευαίσθητο και στα τρία εντομοκτόνα

που αξιολογήθηκαν. Ενδεικτικά, στην περίπτωση των thiamethoxam και lambda-cyhalothrin καταγράφηκε υψηλό knockdown των ενηλίκων *O. surinamensis* στην αρχή της έκθεσης (1 ημέρα μετά την έκθεση), το οποίο στη συνέχεια μετατράπηκε σε υψηλό ποσοστό θνησιμότητας. Τέλος, για το chlorfenvinphos καταγράφηκε υψηλή θνησιμότητα ήδη μετά από μία ημέρα έκθεση (29,6%), ενώ η θανάτωση των εντόμων ήταν πλήρης (100%) 3 ημέρες μετά την έναρξη της βιοδοκιμής. Όσον αφορά στο *T. confusum*, ήταν το λιγότερο ευαίσθητο είδος εντόμου και στα τρία εντομοκτόνα που αξιολογήθηκαν. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή του thiamethoxam είχε σαν αποτέλεσμα υψηλό ποσοστό ακινητοποιημένων εντόμων την 1^η ημέρα της βιοδοκιμής (96,1%), το οποίο στη συνέχεια μετατράπηκε σε θνησιμότητα (21,9, 50,5 και 76,3% 3, 5 και 7 ημέρες μετά την έκθεση). Ακόμα όμως και στο τέλος της έκθεσης (Ημέρα 7), ένα σημαντικό ποσοστό των εντόμων (23,7%) δεν είχαν πεθάνει. Ανθεκτικότητα εμφάνισαν τα ενήλικα *T. confusum* και στο lambda-cyhalothrin, καθώς περισσότερα από τα μισά έντομα (65,8%) ήταν ζωντανά και δραστήρια στο τέλος της έκθεσης. Τέτοιου είδους αποτελέσματα είναι σημαντικά για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών καταπολέμησης των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων και την επιλογή των κατάλληλων σε κάθε περίπτωση εντομοκτόνων δραστικών ουσιών.

ABSTRACT

Laboratory studies were conducted to evaluate the insecticidal effect of three new active ingredients, i.e. chlorfenapyr (0,016 mg active ingredient (a.i.) / cm²), lambda-cyhalothrin (0,002 mg a.i. / cm²) and thiamethoxam (0,1 mg a.i. / cm²) against adults of three major stored product insects, i.e. *Sitophilus oryzae*, *Tribolium confusum* and *Oryzaephilus surinamensis* as surface treatments on concrete. Direct mortality and knockdown effect was assessed after 1, 3, 5 and 7 days of exposure. After the end of the exposure (Day 7), alive insects were transferred to clean, untreated dishes and delayed mortality was assessed 1, 3, 5 and 7 days after the end of the exposure. A lethality index was calculated by ranking each insect from 0 to 4, with 0 corresponding to alive adults moving normally and 4 corresponding to dead individuals.

Based on the results, knockdown was high for *S. oryzae* after exposure to thiamethoxam and lambda-cyhalothrin even after 1 day of exposure, whereas for longer exposures high mortality levels were recorded. In contrast, in the case of chlorfenapyr knockdown was low after 1 day of exposure, however almost all insects were dead after 3 days of exposure (98.1%), and complete control was achieved after 5 days of exposure. Similar results were noted for *O. surinamensis*, which was highly susceptible to all three insecticides tested. The most tolerant insect species to the tested insecticides was *T. confusum*. Even after 7 days of exposure to thiamethoxam almost one fourth (23.7%) of the individuals were still alive, whereas for lambda-cyhalothrin more than half (65.8%) of the insects were still alive and active after the end of the exposure (Day 7). The significance of these results is high, as they can be used for the design and implementation of successful strategies for the control of storage insects.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω ευχαριστίες στον καθηγητή κ. Αθανασίου Χρήστο, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με τον συγκεκριμένο κλάδο, την πολύτιμη βοήθειά του για να έρθει εις πέρας το πείραμα της παρούσας μελέτης καθώς και για την εμπιστοσύνη του στους χώρους του εργαστηρίου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Παπαδόπουλο Νικόλαο και τον κ. Τσιρόπουλο Νικόλαο για την συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή και για το χρόνο που διέθεσαν για την διόρθωση και για τις παρατηρήσεις της πτυχιακής μου.

Στις ευχαριστίες μου θα ήταν παράληψη να μην συμπεριλάβω και τον μεταδιδάκτορα κ. Ρούμπο Χρήστο, καθώς και τις υποψήφιες διδάκτορες Αγραφιώτη Παρασκευή και Σακκά Μαρία, όπου οι πληροφορίες τους, η βοήθειά τους και η συμβολή τους στην διεξαγωγή της εργασίας ήταν ανεκτίμητη.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες στην οικογένειά μου για την στήριξη και την κατανόηση που έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια αυτής της προσπάθειας.

Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	8
1.1 Έντομα αποθηκών.....	8
1.2 Τύποι απωλειών εξαιτίας των εντόμων αποθηκών.....	11
1.3 Κύριοι εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων.....	16
1.3.1 Coleoptera.....	16
1.3.2 Lepidoptera.....	32
1.3.3 Ακάρεα.....	36
1.3.4 Ψωκόπτερα.....	38
1.3.5 Τρωκτικά.....	38
1.4 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών.....	40
1.4.1 Κύριες μέθοδοι αντιμετώπισης.....	43
1.4.2 Διαφορές αγρού - αποθήκης στην αντιμετώπιση των εντόμων.....	76
1.4.3 Προβλήματα των μεθόδων αντιμετώπισης.....	79
1.5 Σκοπός της παρούσας μελέτης.....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	84
2.1 Εντομοκτόνες ουσίες.....	84
2.2 Είδη εντόμων.....	85
2.3 Βιοδοκιμές.....	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	91
3.1 <i>Sitophilus oryzae</i>	91
3.2. <i>Oryzaephilus surinamensis</i>	96
3.3. <i>Tribolium confusum</i>	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	109
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	113
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	113
Ξένη βιβλιογραφία.....	113
Διαδίκτυο.....	116

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Έντομα αποθηκών

Τα έντομα είναι μία από τις μακροβιότερες ομάδες οργανισμών στον κόσμο, με την εμφάνισή τους να χρονολογείται στην Παλαιοζωική εποχή (230 - 570 εκατομμύρια χρόνια πριν). Επιπρόσθετα, χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλομορφία, με περίπου 1.000.000 είδη εντόμων να έχουν ήδη περιγραφεί. Περίπου το 85% των ειδών ζώων που υπάρχουν σήμερα στη γη είναι έντομα ενώ υπολογίζεται ότι μόνο το ένα πέμπτο του συνόλου των εντόμων έχουν ταξινομηθεί. Λιγότερο από το 0,5% των ειδών εντόμων είναι παράσιτα του ανθρώπου, ενώ πολύ λίγα από αυτά τα είδη μπορούν να αποτελέσουν μια σοβαρή απειλή για τους ανθρώπους, τα παραγωγικά ζώα και τα αγροτικά προϊόντα. Το μικρό τους μέγεθος και το βραχύβιο της ζωής τους, χάρη στα οποία χρειάζονται μικρή ποσότητα τροφής και οξυγόνου, τους προσδίδει την ικανότητα επιβίωσης σε χώρους που τα μεγαλύτερα ζώα δεν μπορούν να επιβιώσουν.

Από την εποχή που ο άνθρωπος ξεκίνησε να καλλιεργεί και να αποθηκεύει τα τρόφιμα που παρήγαγε, τα έντομα υπήρξαν διαρκώς παράσιτα των αποθηκευμένων τροφίμων. Για παράδειγμα, έντομα τα οποία θεωρούνται σήμερα σημαντικοί εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων έχουν βρεθεί σε αρχαιολογικές ανασκαφές, π.χ. άτομα του γένους *Tribolium* (Coleoptera, Tenebrionidae) ανακαλύφθηκαν σε Αιγυπτιακό τάφο της 6ης δυναστείας του 2.500 π.Χ. ενώ άτομα των *Stegobium paniceum* (Coleoptera, Anobiidae), *Ptinus* sp. (Coleoptera, Ptinidae) και *Lasioderma serricone* (Coleoptera, Anobiidae) βρέθηκαν στον τάφο του Τουταγχαμών (1330 - 1380π.Χ.) (Μπουχέλος, 2005).

Έντομο αποθηκών θεωρείται κάθε είδος εντόμου που προσβάλλει και ζημιώνει άμεσα ένα προϊόν και μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε μια αποθήκη ή χώρο που φιλοξενεί επί αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα ή τρόφιμα (Μπουχέλος, 2005). Κάποια είδη εντόμων, όπως κάποια είδη της οικογένειας Bruchidae, αναπτύσσονται και προσβάλλουν τους σπόρους στον αγρό αλλά είναι δυνατόν, μεταφερόμενα με το προϊόν στην

αποθήκη, να διαχειμιάσουν σε αυτήν και να συνεχίσουν την προσβολή στον αγρό την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Αρκετά από τα εν λόγω έντομα έχουν γίνει έντομα αποθηκών με ορισμένες μεταβολές στις συνήθειές τους. Μια άλλη κατηγορία είναι τα έντομα που ζουν στις κατασκευές των κτηρίων τρεφόμενα με διάφορα υλικά και υπολείμματα (π.χ. είδη της οικογένειας Ptinidae), και τα οποία αναμιγνύονται με το αποθηκευμένο προϊόν με αποτέλεσμα να θεωρούνται και αυτά έντομα αποθηκών. Τέλος, έντομα αποθηκών θεωρούνται και αυτά που προσβάλλουν μέσα στα σπίτια τρόφιμα ή ρούχα, όπως και εκείνα που προκαλούν ζημιές σε μουσειακές συλλογές (βαλσαμωμένα ζώα, εντομολογικές συλλογές, στολές, υφάσματα, ταπετσαρίες κ.α.).

Κοινό χαρακτηριστικό των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων είναι η ευρεία γεωγραφική τους εξάπλωση, στην οποία συνέβαλε κατά κύριο λόγο ο άνθρωπος. Έτσι, ακόμα και αν κάποια από αυτά έχουν χάσει την ικανότητα πτήσης, μέσω του διεθνούς εμπορίου μπορούν να βρεθούν σε όλα τα μέρη του πλανήτη μεταφερόμενα μαζί με το προϊόν, π.χ. σε αμπάρια πλοίων, containers, βαγόνια τραίνων, αεροπλάνα κ.α. Κατά την μεταφορά, οι συνθήκες μέσα στον αποθηκευτικό χώρο δεν αλλάζουν και σε συνδυασμό με την ύπαρξη τροφής, δημιουργείται ένα τέλειο περιβάλλον που εξασφαλίζει την επιβίωση των εντόμων αυτών.

Η διαδικασία αποθήκευσης και η μεταφορά των προϊόντων από τις αποθήκες στους διάφορους χώρους επεξεργασίας αυτών (συσκευαστήρια, εργοστάσια κ.α.) προσφέρουν στα έντομα μια σειρά καταφυγίων και συνθηκών στις οποίες μπορούν να επιζήσουν για πολλά χρόνια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera, Dermestidae), που αν και τροπικό είδος μπορεί να αποτελέσει εχθρό αποθηκευμένων προϊόντων και να επιζήσει για πολλά χρόνια σε περιοχές πολύ διαφορετικές από την συνηθισμένη γεωγραφική του θέση.

Πέρα από τον ανθρώπινο παράγοντα που δημιουργεί πολλές φορές άριστες συνθήκες για την επιβίωση και την εξάπλωση των εντόμων αποθηκών, σημαντικό ρόλο παίζει και το μορφολογικό τους σχήμα και μέγεθος, καθώς και η δυνατότητά τους να βαδίζουν και να πετούν ακόμα και δεκάδες χιλιόμετρα.

Γενικά, το μήκος σώματος των τέλειων ποικίλει από 1 mm έως και 12 mm, ωστόσο τα περισσότερα δεν ξεπερνούν τα 5 mm. Κάποια από αυτά, όπως τα είδη του γένους *Oryzaephilus* (Coleoptera, Sylvanidae) φέρουν στενό και πεπλατυσμένο σώμα, γεγονός που τους επιτρέπει να χρησιμοποιούν στενές σχισμές ή ρωγμές που μπορεί να υπάρχουν στο εσωτερικό της αποθήκης και έτσι να προστατεύονται από φυσικούς εχθρούς και εντομοκτόνα που εφαρμόζονται για την καταπολέμησή τους. Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να καταλάβουμε γιατί τα έντομα αποθηκευμένων προϊόντων θεωρούνται τόσο επιτυχημένοι και διαδεδομένοι εχθροί και είναι σε θέση να ξεκινήσουν σοβαρές προσβολές στα φιλοξενούμενα σε αποθήκες προϊόντα και σε άλλους χώρους επεξεργασίας τροφίμων.

Ανάλογα με τις διατροφικές τους συνήθειες μπορούμε να κατατάξουμε τα έντομα αποθηκών στις εξής κατηγορίες:

- τα *πρωτεύοντα είδη* (primary colonizers): είναι αυτά που προσβάλλουν με ευκολία ακέραιο το προϊόν όπως τους σπόρους, για παράδειγμα τα είδη *Sitophilus oryzae* και *S. granarius* (Coleoptera, Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera, Bostyhidae) και *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera, Celechidae). Οι προνύμφες των ειδών αυτών αναπτύσσονται στο εσωτερικό των προσβεβλημένων σπόρων και η προσβολή εξελίσσεται χωρίς να φαίνεται,
- τα *δευτερεύοντα είδη* (secondary colonizers): είναι αυτά που αναπτύσσονται σε ήδη προσβεβλημένα ή επεξεργασμένα προϊόντα (π.χ. άλευρα). Οι προνύμφες των ειδών αυτών αναπτύσσονται στο εξωτερικό των προϊόντων. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα περισσότερα είδη εντόμων αποθηκών, όπως τα κολεόπτερα της οικογένειας Tenebrionidae, *Tribolium castaneum*, *T. confusum* και *Tenebrio molitor*,
- τα *μυκητοφάγα είδη* (fungus feeders): είναι αυτά που τρέφονται με μύκητες και αποτελούν δείκτες κακής υγιεινής του χώρου και του προϊόντος. Τέτοια είναι τα έντομα των οικογενειών Mycetophagidae και Cryptophagidae,

- οι *αποσυνθέτες* (scavengers): αυτοί τρέφονται με αποσυντιθέμενες ύλες ζωικής και φυτικής προέλευσης (μυκητοφάγα και είδη της οικογένειας Dermestidae),
- τα *αρπακτικά* και τα *παρασιτοειδή*: σε αυτά ανήκουν κυρίως τα Hemiptera και Hymenoptera, που τρέφονται με άλλα ήδη υπάρχοντα στην αποθήκη έντομα και αποτελούν δείκτη κακής υγιεινής στην αποθήκη και στο προϊόν, ωστόσο μπορούν να χαρακτηρισθούν και ως ωφέλιμα γιατί τρέφονται με είδη εντόμων που ζημιώνουν το προϊόν,
- τα “*έντομα επισκέπτες*” (visitors): αυτά βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους αλλά δεν σχετίζονται με το προϊόν. Πρόκειται κυρίως για μεγαλόσωμα Coleoptera αλλά και για Orthoptera όπως τα είδη της οικογένειας Gryllidae, τα οποία δεν θεωρούνται όμως έντομα αποθηκών.

1.2 Τύποι απωλειών εξαιτίας των εντόμων αποθηκών

Είναι γεγονός, ότι *«ενώ σε μια καλλιέργεια είναι δυνατόν να αντισταθμιστεί, μόνη της ή με κατάλληλες επεμβάσεις του ανθρώπου η ζημιά από δεδομένη προσβολή, οι απώλειες που προκαλούνται κατά την αποθήκευση του συγκομισμένου και πολλές φορές έτοιμου για κατανάλωση προϊόντος, είναι κυριολεκτικά ανεπανάρθωτες»* (Μπουχέλος, 2005).

Αρχικά, η βρώση των προϊόντων σε μια αποθήκη από τα έντομα, επιφέρει **ποσοτικές απώλειες** που ορίζονται ως οι απώλειες από την άποψη της φυσικής ουσίας, δηλαδή η μείωση του βάρους και του όγκου του προϊόντος. Οι εκτιμήσεις της προκύπτουσας ζημίας μπορούν να μετρηθούν και να αξιολογηθούν και ποικίλλουν ανάλογα με το προϊόν, την τοποθεσία και τις πρακτικές αποθήκευσης που χρησιμοποιούνται. Για τα δημητριακά ή τα όσπρια που αποθηκεύονται υπό παραδοσιακές συνθήκες, μια απώλεια της τάξης του 10 - 30% θεωρείται αναμενόμενη κατά την αποθήκευση.

Μερικά είδη τρέφονται με το εσωτερικό του σπόρου (ενδοσπέρμιο), το οποίο είναι πλούσιο σε υδατάνθρακες, άλλα καταναλώνουν το έμβρυο του σπόρου μειώνοντας την περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες, ενώ πολλά παράσιτα

προσβάλλουν το κάλυμμα των δημητριακών, που είναι πλούσιο σε βιταμίνες, συμβάλλοντας έτσι στην υποβάθμιση της θρεπτικής αξίας των σπόρων και κατά συνέπεια της ποιότητας τους. Ποιότητα ορίζεται ως το σύνολο των χαρακτηριστικών ή συντελεστών, που έχουν σημασία για τον καθορισμό του βαθμού αποδοχής από τον καταναλωτή. Τα χαρακτηριστικά αυτά διακρίνονται σε «οργανοληπτικά», τα οποία μπορούν να εκτιμηθούν εύκολα με τις αισθήσεις και σε «μη εμφανή», τα οποία δεν μπορούν να εκτιμηθούν με τις αισθήσεις αλλά παίζουν ρόλο στην υγεία ή έχουν οικονομική σημασία (μικροβιολογική ακεραιότητα, θρεπτικό περιεχόμενο κ.α.). Για παράδειγμα, σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από τον Sudesh et al. (1996) βρέθηκε ότι η προσβολή σπόρων σιταριού, αραβόσιτου και σόργου από τα είδη *T. granarium* και *R. dominica* οδήγησε σε αξιόλογη μείωση των λιπιδίων, φωσφολιπιδίων, γαλακτολιπιδίων των σπόρων κ.α.

Εκτός από την ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος, μειώνεται και η βλαστική ικανότητα του σπόρου εξαιτίας της καταστροφής του εμβρύου και της κατανάλωσης των πρωτεϊνών, που είναι υπεύθυνα για την σωστή ανάπτυξη του φυτού. Με την δραστηριότητα των εντόμων, αυξάνεται η υγρασία στον περιβάλλοντα χώρο μέσω της αναπνοής τους και σε συνδυασμό με ανεπαρκή αερισμό δημιουργούνται ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη και εξάπλωση μυκήτων. Τέλος, τα προσβεβλημένα προϊόντα περιέχουν υπολείμματα των εντόμων (προϊόντα έκδυσσης, ακαθαρσίες, τριχίδια κ.α.), παρουσιάζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε σκόνη και είναι πολύ πιθανό να αναπτύξουν δυσάρεστες οσμές ή να αλλοιώσουν την γεύση του προϊόντος. Όλα τα ανωτέρω, ορίζονται ως **ποιοτικές απώλειες** εξαιτίας της προσβολής εντόμων σε ένα αποθηκευμένο προϊόν.

Η παρουσία τριχών, ποδιών, φτερών ή άλλων σωματικών τμημάτων εντόμων έχει παρατηρηθεί ότι προκαλεί αλλεργικά φαινόμενα στο προσωπικό επεξεργασίας φυτικών προϊόντων, με συνέπεια μια προσβολή από τα παράσιτα να επιφέρει και **προβλήματα υγειονομικής σημασίας**. Για παράδειγμα, οι τρίχες ή τα εκδύματα των ειδών της οικογένειας Dermestidae σε μεγάλες ποσότητες επιφέρουν έντονο κνησμό στον λαιμό και στους ώμους των φορτοεκφορτωτών. Τα ακάρεα *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae) και

Tyrophagus putrescentiae Schrank (Acari: Acaridae) είναι υπεύθυνα για αλλεργικές δερματίτιδες γνωστές ως κνησμός των αρτοποιιών. Προνύμφες και αποχωρήματα του μικρολεπιδοπτερού *Plodia interpunctella* (Lepidoptera, Pyralidae) προκάλεσαν δερματίτιδες, έκζεμα και έντονο κνησμό σε εργάτες στην Βουλγαρία. Τρόφιμα που προσβλήθηκαν από έντομα της οικογένειας Tenebrionidae (*Tribolium* sp., *Alphitobius* sp., *Latheticus* sp., *Gnathocerus* sp., *Palorus* sp.) μπορεί να περιέχουν κινόνες που παράγουν τα έντομα σε μεγάλες ποσότητες (περίπου 380 μg / ενήλικο) και οι οποίες είναι υπεύθυνες για δερματίτιδες, ερυθρήματα, φλύκταινες, ερεθισμούς στα μάτια, ακόμα και για καρκινογένεση. Μυκοτοξίνες μπορούν να παραχθούν από μύκητες που διαδέχονται έντονες εντομολογικές προσβολές, ενώ σπόρια μυκήτων όπως αυτά του γένους *Aspergillus* μπορεί να μεταφερθούν από pronύμφες ή ενήλικα του *Trogoderma glabrum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae), όσο και από ενήλικα του *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). Μερικά έντομα αποθήκης και κατσαρίδες είναι ικανά να γίνουν φορείς βακτηρίων (*Salmonella* και λοιπά Enterobacteriaceae), ιών (πολιομελίτιδας, κίτρινου πυρετού, του ιού Coxsackie), παθογόνων πρωτοζώων κ.α. (Σταμόπουλος, 2008).

Η εισαγωγή αλλόχθονων παράσιτων σε νέα ενδιαίτηματα λόγω της παγκόσμιας αύξησης του εμπορίου και των μεταφορών, επιφέρει εκτός των άλλων και **οικολογικές επιπτώσεις** που θεωρούνται και ως η δεύτερη μεγαλύτερη απειλή για την τοπική βιοποικιλότητα παγκοσμίως και ως εκ τούτου για την αγροτική παραγωγή. Ως ξενικά, αλλόχθονα, εξωτικά, ή είδη «εισβολείς» εννοούμε τους οργανισμούς εκείνους που μετακινούνται πέραν του φυσικού τους ορίου εξάπλωσης και εγκαθίστανται επιτυχώς σε άλλο χώρο. Τα αυτόχθονα είδη φυτών δεν έχουν την ευκαιρία να αναπτύξουν ανεκτικότητα στα έντομα “εισβολείς” μέσα από τις διαδικασίες της εξέλιξης και σε συνδυασμό με την απουσία των φυσικών εχθρών, οι οποίοι περιόριζαν τους πληθυσμούς τους στα φυσικά τους περιβάλλοντα οδηγεί, στις περισσότερες των περιπτώσεων, σε κρίσιμες επιπλοκές του οικοσυστήματος.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το είδος *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae), το οποίο κατάγεται από το Μεξικό. Σήμερα

θεωρείται ως το καταστρεπτικότερο έντομο του αποθηκευμένου αραβόσιτου στην Αφρική, προκαλώντας μεγαλύτερες ζημιές από αυτές στην Κεντρική Αμερική. Το είδος αυτό επιτίθεται στο καλαμπόκι τόσο πριν, όσο και μετά την συγκομιδή. Στην Τανζανία, μπορεί να προκαλέσει απώλειες της τάξης των 35 ποσοστιαίων μονάδων σε 5 - 6 μήνες αν ο αραβόσιτος δεν έχει αποθηκευτεί σωστά και έως 60 ποσοστιαίες μονάδες μετά από 9 μήνες αποθήκευσης, γεγονός που μπορεί να επιφέρει φαινόμενα υποσιτισμού στην χώρα.

Η κύρια λειτουργία της αποθήκευσης εποχιακών καλλιεργειών όπως τα σιτηρά και τα όσπρια στην οικονομία, είναι να εξομαλύνει τις διακυμάνσεις της προσφοράς στην αγορά από την μια εποχή στην άλλη με την αποθήκευση προϊόντων όταν αυτά βρίσκονται σε πλεόνασμα (δηλαδή την εποχή που συγκομίζονται) και με την διάθεσή τους πάλι στην αγορά με σταθερό ρυθμό για όλο τον υπόλοιπο χρόνο. Καθώς τα όσπρια και τα σιτηρά θεωρούνται από τους βασικότερους πυλώνες της διατροφής του πληθυσμού σε παγκόσμιο επίπεδο, μπορούμε εύκολα να κατανοήσουμε γιατί η ζήτηση τέτοιων προϊόντων χαρακτηρίζεται ως “ανελαστική”, δεν επηρεάζεται δηλαδή από τις διακυμάνσεις της τιμής των αγαθών αυτών. Για να είναι η αποθήκευση κερδοφόρα, οι άνθρωποι που αποθηκεύουν θα πρέπει να λάβουν ένα χρηματικό ποσό που προστίθεται στην τελική τιμή του προϊόντος και περιλαμβάνει εκτός των άλλων και τον έλεγχο των παρασίτων. Έτσι η ύπαρξη εντόμων στα αποθηκευμένα προϊόντα, αυξάνει το κόστος του ελέγχου λόγω της απεντόμωσης που θα χρειαστεί να εφαρμοστεί και άρα την τελική τιμή του προϊόντος που θα διατεθεί στην αγορά. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τόσο οι παραγωγοί όσο και οι καταναλωτές επωφελούνται από την ύπαρξη σταθερών τιμών, οι οποίες μειώνουν την αβεβαιότητα για επενδύσεις στις αγροτικές εκμεταλλεύσεις και βοηθούν για τον προγραμματισμό των δαπανών σε ένα νοικοκυριό, αντίστοιχα (FAO, 1994).

Στις περιπτώσεις όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθούν χημικά σκευάσματα για την καταπολέμηση των εντόμων αποθηκών, το κόστος για την εθνική οικονομία είναι τεράστιο, λόγω του γεγονότος ότι τα περισσότερα φυτοφάρμακα εισάγονται από το εξωτερικό. Αυτό συμβαίνει επειδή οι περισσότερες βιομηχανίες εντομοκτόνων τόσο στην Ελλάδα όσο και σε άλλες

χώρες, ασχολούνται αποκλειστικά με την ανάμειξη, τη συσκευασία και την εμπορία φυτοφαρμάκων που εισάγονται από το εξωτερικό.

Ο προσδιορισμός του επιπέδου της **οικονομικής ζημιάς** είναι κρίσιμος για τον καθορισμό του στόχου, που κάθε πρόγραμμα διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών πρέπει να θέσει και οριοθετεί το επίπεδο του πληθυσμού των παρασίτων κάτω από το οποίο μια ζημιά μπορεί να θεωρηθεί ως ανεκτή ή πάνω από το οποίο απαιτείται ειδική παρέμβαση για να αποφευχθεί η έξαρση του πληθυσμού αυτών και να αποτρέψει σημαντικές ζημιές. Ο Stern et al. (1959) ορίζει ως όριο της οικονομικής ζημιάς (Economic Injury Level, EIL) “τον ελάχιστο πληθυσμό των παρασίτων που θα προκαλέσει οικονομικές απώλειες” ενώ το όριο ανεκτικότητας ή ανεκτικής πυκνότητας (Economic Threshold Level, ET) με την μεγαλύτερη ακρίβεια ελέγχου (Control Action Threshlod) ως “ την πυκνότητα του πληθυσμού των παρασίτων κατά την οποία θα πρέπει να ξεκινήσει η εφαρμογή μεθόδων αντιμετώπισης για να αποφευχθεί η αύξηση του πληθυσμού έως το ET.

Οι μέθοδοι για τον προσδιορισμό των απωλειών που προκλήθηκαν από τα έντομα αποθηκών σύμφωνα με τους Semple et al. (1992) είναι τέσσερις :

1. Προσδιορισμός του βάρους ενός μετρήσιμου όγκου σπόρων. Στην περίπτωση αυτή η απώλεια βάρους από δείγματα που λαμβάνονται για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο αντανακλούν τις ζημιές που προκλήθηκαν από τα έντομα.
2. Διαχωρισμός των κατεστραμμένων και υγιών σπόρων και η σύγκριση του βάρους τους με το σύνολο του δείγματος.
3. Προσδιορισμός του ποσοστού των κατεστραμμένων κόκκων από τα έντομα και η μετατροπή του σε απώλεια βάρους χρησιμοποιώντας ένα συντελεστή μετατροπής.
4. Σύγκριση του βάρους χιλίων κόκκων μεταξύ διάφορων δειγματοληψιών.

1.3 Κύριοι εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων

1.3.1 Coleoptera

Πρόκειται για την πολυπληθέστερη τάξη εντόμων, με μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση καθώς μπορούν να απαντηθούν στους περισσότερους οικότοπους. Σε αυτήν την τάξη ανήκουν και κάποια από τα πιο κοινά και επιβλαβή έντομα αποθηκών, τα οποία παρουσιάζουν διαφορετικούς τύπους συμπεριφορών. Κάποια είναι πρωτεύοντα ή δευτερεύοντα έντομα τρεφόμενα απευθείας από το αποθηκευμένο προϊόν, άλλα είναι ξυλοφάγα ή θηρευτές άλλων εντόμων, ενώ μερικά μπορούν να συμβάλλουν στην ανάπτυξη μυκήτων στο προϊόν. Τα Κολεόπτερα ανήκουν στα ολομετάβολα έντομα (ωό - προνύμφη - νύμφη ή πλαγγόνα - ακμαίο).

Οικογένεια Anobiidae

Περίπου 1000 είδη από την οικογένεια είναι γνωστά, τα περισσότερα από τα οποία απαντώνται στις τροπικές περιοχές, ζουν σε ξηρά υλικά φυτικής προέλευσης ή είναι ξυλοφάγα. Χαρακτηριστικό του είδους είναι το σχήμα τους, με τον προθώρακα να καλύπτει, περισσότερο ή λιγότερο, την κυρτή προς τα κάτω κεφαλή.

Lasioderma serricorne: Σκαθάρι του ξερού καπνού (cigarette beetle)

Μορφολογία. Το ενήλικο έντομο έχει μήκος σώματος περί τα 2 - 3mm. Χαρακτηριστικό γνώρισμά του είναι το ωοειδές σε κάτοψη σχήμα του, ενώ το πρόσθιο μέρος του σώματός του (κεφαλή και πρόνωτο) είναι κυρτό και φαίνεται να σχηματίζει σχεδόν ορθή γωνία με το υπόλοιπο τμήμα. Τα έλυτρα του είναι λεία, χωρίς γραμμώσεις, καλυπτόμενα από λεπτό, ξανθό χνούδι, με χρώμα ερυθροκαστανό ή υποκαστανό. Οι κεραίες είναι πριονωτές.

Η προνύμφη έχει μήκος μέχρι και 4mm, έχει λευκό-υποκίτρινο χρωματισμό, είναι κοντόχοντρη, κυρτή με καστανή κεφαλή και τρία ζευγάρια πόδια. Επιπλέον, φέρει σε όλο της το σώμα ωχρόλευκες λεπτές τρίχες.

Γεωγραφική κατανομή. Το είδος αυτό κατάγεται από την νότια Αμερική. Απαντάται κυρίως στις τροπικές περιοχές, ωστόσο μπορεί να βρεθεί σε όλα

τα μέρη του κόσμου και ιδιαίτερα σε περιοχές όπου ξηραίνεται καπνός υπό μορφή φύλλων, πούρων, τσιγάρων κ.α. Είναι αρκετά ανθεκτικό σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, ωστόσο σε περιοχές που επικρατούν θερμοκρασίες κάτω των 5 °C για ένα μήνα ή κάτω από 10 °C για 5 συνεχόμενους μήνες μπορεί να επιβιώσει αποκλειστικά σε θερμαινόμενα κτήρια (Σταμόπουλος, 2008).

Βιολογία. Διαχειμάζει ως προνύμφη μέσα στα καπνοδέματα. Η διάρκεια του κύκλου ζωής του κυμαίνεται από 40 έως 90 ημέρες , ενώ ο αριθμός των γενεών (συνήθως 3 - 5) εξαρτάται κυρίως από τις επικρατούσες στον χώρο θερμοκρασίες καθώς και από το είδος της τροφής του (σε τεχνητή εκτροφή σε σιγάρι επιτεύχθηκε ο συντομότερος βιολογικός κύκλος διάρκειας 26 ημερών σε θερμοκρασία 30 °C και υγρασία 70%). Το θηλυκό γεννά 45 με 120 αυγά πάνω στην εκάστοτε τροφή του, με τον κύριο όγκο αυγών να εναποτίθεται τις πρώτες 10 ημέρες από την έξοδο των ενήλικων. Οι προνύμφες εκκολάπτονται σε 7 ημέρες, μπορούν να διεισδύσουν από τις πιο λεπτές σχισμές των πακέτων και να προσβάλλουν το προϊόν, παρουσιάζουν αρνητικό φωτοτροπισμό και ωριμάζουν τρώγοντας καπνό μέσα σε 6 - 10 εβδομάδες. Αφού εκδυθούν 4 - 6 φορές, σκάβουν ένα προστατευτικό κελί στον καπνό ή υφαίνουν ένα κουκούλι από κομμάτια τροφών και εκεί νυμφώνονται. Γίνονται ενήλικα μετά από 1 - 3 εβδομάδες. Η ευαισθησία των αυγών του εντόμου σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι συνάρτηση του χρόνου παραμονής σε αυτές. Το ενήλικο παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στο ψύχος, ωστόσο θανατώνεται με έκθεση του στους 50 °C για 24 ώρες ή στους 60 °C για λίγα λεπτά.

Προσβολές. Η προνύμφη και λιγότερο το ενήλικο, έχουν ένα ευρύ φάσμα τροφικών προτιμήσεων, με κυριότερη αυτή στον καπνό. Εκτός αυτού, προσβάλλει κακάο, σοκολάτα, μπαχαρικά, ζυμαρικά, αρωματικά φυτά, έντομα και φυτά σε συλλογές, ξηρές οπώρες, ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες, χαρούπια, όσπρια, αυτοφυή φυτά στην ύπαιθρο καθώς και βιβλιοδεσίες, πεπιεσμένα χαρτιά, φάρμακα και χάπια κ.α. Το ενήλικο άτομο φιλοξενεί συμβιωτικούς ζυμομύκητες, οι οποίοι μπορούν να παράξουν βιταμίνη B και οι οποίοι εναποτίθενται στα αυγά και καταναλώνονται από τις προνύμφες κατά την διάρκεια της εκκόλαψης. Αυτές οι ζύμες επιτρέπουν στο σκαθάρι να τραφεί και να επιβιώσει με πολλά τρόφιμα και άλλα είδη κακής διατροφικής ποιότητας.



Εικόνα 1: Ακμαίο *L. serricorne*

(πηγή: <https://www.degeschamerica.com/portfolio/insects/>)

Stegobium paniceum (drugstore beetle)

Μορφολογία. Υπάρχει μεγάλη ομοιότητα του *S. paniceum* με το *L. serricorne*, ωστόσο το πρώτο είναι ελαφρώς πιο φαρδύ, έχει σειρές από κοιλότητες που δίνουν την εντύπωση ραβδώσεων στα έλυτρα και το κεφάλι δεν σχηματίζει ορθή γωνία με το υπόλοιπο σώμα. Έχει μήκος σώματος 2,25 με 3,5 mm, χρώμα κοκκινωπό-καφέ έως καφέ, ενώ το σώμα του καλύπτεται από λεπτές τρίχες. Τα τρία τελευταία άρθρα των κεραιών είναι μακρόστενα σε αντίθεση με αυτά του *L. serricorne* που έχουν ομοιόμορφο πάχος. Η προνύμφη φθάνει τα 5 mm, έχει λευκό – υποκίτρινο χρωματισμό, δεν έχει πόδια, ενώ το σώμα της καλύπτεται με πιο κοντές τρίχες από αυτές του *L. serricorne*.

Γεωγραφική κατανομή. Πρόκειται για ένα κοσμοπολίτικο είδος, με τα επιτρεπόμενα όρια θερμοκρασίας για την κανονική ανάπτυξή του να κυμαίνονται μεταξύ 15 - 34 °C και την ελάχιστη απαιτούμενη σχετική υγρασία να φθάνει έως το 35%. Απαντάται σπανιότερα σε τροπικές περιοχές σε σχέση με το *L. serricorne* και θεωρείται έντομο εύκρατων περιοχών.

Βιολογικός κύκλος. Όπως και στο συγγενικό του είδος *L. serricorne*, η θερμοκρασία και η ποιότητα τροφής παίζουν καθοριστικό ρόλο στην διάρκεια ζωής του εντόμου. Στην βέλτιστη θερμοκρασία των 30 °C, σχετική υγρασία 60 - 90% και με τροφή που αποτελείται από σπόρους σιταριού, ο βιολογικός του κύκλος διαρκεί 40 περίπου ημέρες. Το ενήλικο θηλυκό εναποθέτει τα αυγά του πάνω στην τροφή του ή σε περιοχές γύρω από αυτήν. Κατά κανόνα οι προνύμφες κατασκευάζουν βομβύκιο από υπολείμματα τροφής και σάλιο και νυμφώνονται μέσα σε αυτό, ωστόσο κάτω από ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας οι προνύμφες μπορεί και να μην σχηματίσουν

βομβύκια. Η νύμφωση κρατάει περίπου 12 - 18 ημέρες, ενώ τα ενήλικα θηλυκά ζουν περίπου 13 - 65 ημέρες.

Προσβολές. Οι προνύμφες προσβάλλουν σπόρους και προϊόντα αυτών, ελαιούχους πλακούντες, ξερά φρούτα, παλιά βιβλία, μπαχαρικά, καρυδόπιχα, κόκκινο πιπέρι, δέρματα, κέρατα ή κόκαλα και κυρίως αρτοσκευάσματα ή μπαχαρικά. Αντίθετα με τα ενήλικα του *L. serricornis*, αυτά του *S. paniceum* δεν τρέφονται.



Εικόνα 2: Ακμαίο *S. paniceum*

(πηγή: <http://www.nhm.ac.uk/natureplus/community/identification/blog/2014/12/17/fact-sheet-the-biscuit-beetle--stegobium-paniceum>)

Οικογένεια Bruchidae

Οι λεγόμενοι «βρούχοι» είναι έντομα που προσβάλουν αποκλειστικά αποθηκευμένα ψυχανθή. Μάλιστα, κάθε είδος ψυχανθούς προσβάλλεται και από διαφορετικό είδος βρούχου. Είναι φυτοφάγα και τα περισσότερα από αυτά είναι σε θέση να αποφεύγουν σπόρους οι οποίοι είναι καλυμμένοι με εντομοκτόνα.

Acanthoscelides obtectus: Βρούχος των φασολιών (bean weevil)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Τα ενήλικα αυτού του είδους έχουν μήκος σώματος 3 - 4mm, με τα θηλυκά να υπερβαίνουν ελαφρώς σε μέγεθος τα αρσενικά. Έχουν ωοειδές σχήμα σώματος με κωνικό προθώρακα, ο χρωματισμός τους είναι γκρίζος-καφέ με διάφορες σκοτεινόχρωμες κηλίδες, ενώ το σώμα τους καλύπτεται από λεπτό φαιό χνούδι. Τα έλυτρα αφήνουν ακάλυπτο το τελευταίο κοιλιακό τμήμα και οι κεραίες είναι πριονωτές. Η προνύμφη έχει μήκος περίπου 3mm, είναι σαρκώδης και κυρτή με μικρή κίτρινη κεφαλή, έχει υπόλευκο χρωματισμό, ενώ ως προνύμφη 1^{ου} σταδίου φέρει τρίχες που τις αποβάλλει στην συνέχεια.

Γεωγραφική κατανομή. Προέρχεται από την κεντρική Αμερική, εξαπλώθηκε όμως σε όλο τον κόσμο με τις μεταφορές σιτηρών και οσπρίων.

Βιολογικός κύκλος. Η προσβολή ξεκινά από τον αγρό, όπου τα ήδη συζευγμένα θηλυκά εναποθέτουν τα λευκά αυγά τους (40 - 50 ωά) αποκλειστικά στους κίτρινους λοβούς των φασολιών, ανοίγοντας οπή στη μέσα ραφή του λοβού ή στο υπάρχων σχίσσιμο του λοβού λόγω υπερωρίμανσής του ή λόγω ιδιαιτερότητας της ποικιλίας. Οι νεαρές προνύμφες ορύσσουν οπή εισόδου στον σπόρο και στην συνέχεια δημιουργούν το κελί νυμφώσεως μέσα στον σπόρο. Μόλις ολοκληρωθεί η νύμφωση, τα ενήλικα εξέρχονται από τον σπόρο, τρυπούν τον λοβό και προσβάλλουν άλλες πιο όψιμες καλλιέργειες, αν οι λοβοί παραμένουν ακόμα στον αγρό, ενώ αν οι σπόροι έχουν συγκομιστεί, τότε το έντομο θα συνεχίσει την προσβολή στο αποθηκευμένο προϊόν. Ανάλογα με τις συνθήκες της αποθήκης (θερμοκρασία και υγρασία), οι γενεές του βρούχου μπορεί να είναι πολλές, μέχρις ότου τα θηλυκά μεταναστεύσουν πάλι στον αγρό για την συνέχιση του βιολογικού κύκλου. Γενικά, θεωρείται ότι έχει 3-4 γενεές τον χρόνο, με τον βιολογικό του κύκλο σε θερμοκρασία 28 °C και υγρασία 75%, που αποτελούν άριστες συνθήκες, να διαρκεί περίπου έναν μήνα, ενώ στους 20 °C να διαρκεί 2 μήνες.

Προσβολές. Προσβάλλει κυρίως τα φασόλια όλων των ποικιλιών αλλά και σόγια και σε ελάχιστες περιπτώσεις, ρεβίθια.



Εικόνα 3: Ακμαίο *A. obtectus*

(πηγή: http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Acanthoscelides_obtectus/)

Οικογένεια Bostrychidae

Τα περισσότερα από τα είδη είναι ξυλοφάγα και μπορούν να προκαλέσουν ζημιές σε ξύλινα δοκάρια ή τοίχους καταστημάτων κ.α. Παρόλα αυτά, ένα είδος, το *Rhyzopertha dominica*, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς των αποθηκευμένων δημητριακών παγκοσμίως.

Rhyzopertha dominica (lesser grain borer)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Το ενήλικο έχει μήκος σώματος 2,5 - 3 mm, το σώμα του είναι επίμηκες και κυλινδρικό, καστανοκόκκινου χρωματισμού. Η κεφαλή καλύπτεται από τον προθώρακα και δεν είναι ορατή από την πάνω πλευρά του σώματος. Ο θώρακας φέρει πυκνά χιτινώδη εξογκώματα, ενώ στα έλυτρα υπάρχουν διακριτές κατά μήκος γραμμές από μικρές κοιλότητες. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του εντόμου οι κεραίες με ρόπαλο από 3 αραιά τοποθετημένα άρθρα. Η προνύμφη έχει κυρτό, παχύ σώμα που φέρει μια διόγκωση μπροστά και είναι καλυμμένο με ακίδες, υπόλευκου χρωματισμού με κεφαλή και πόδια καστανά. Το σώμα της σε πλήρη ανάπτυξη δεν υπερβαίνει τα 6 mm. Τα ακμαία και οι προνύμφες φέρουν ισχυρά στοματικά μόρια.

Γεωγραφική κατανομή. Κατάγεται από την νότια Αμερική και θεωρείται έντομο θερμών χωρών, ωστόσο μπορεί να επιβιώσει και σε εύκρατα κλίματα σε θερμαινόμενα κτήρια. Εξαπλώθηκε παγκοσμίως κατά την περίοδο του Α΄ Παγκοσμίου πολέμου.

Βιολογικός κύκλος. Διαχειμάζει σε όλα τα στάδια του βιολογικού του κύκλου μέσα στην αποθήκη. Ολοκληρώνει 4 έως 6 επάλληλες γενεές το έτος σε θερμοκρασίες 25 - 28 °C. Η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία μπορεί να ολοκληρώσει την ανάπτυξή του είναι 20 °C. Σε αυτή τη θερμοκρασία, η ανάπτυξη από το αυγό έως το ενήλικο διαρκεί 90 ημέρες. Ο ταχύτερος ρυθμός ανάπτυξης εμφανίζεται στους 34 °C, με σχετική υγρασία 14%, όπου σε αυτές τις συνθήκες το αυγό εκκολάπτεται σε 2 ημέρες, οι προνύμφες σε 17 ημέρες και οι πούμπες σε 3 ημέρες. Πολλές προνύμφες προσβάλλουν έναν σπόρο όπου και νυμφώνονται μέσα σε αυτόν. Το ενήλικο θηλυκό εναποθέτει καθ' όλη την διάρκεια της ζωής του 200 - 500 αυγά, ενώ κάθε φορά τοποθετεί έως και 30 αυγά κατά ομάδες ή μεμονωμένα. Πολλαπλασιάζεται με σχετικά

αργό ρυθμό και η εμφάνιση μεγάλων πληθυσμών ευνοείται εάν οι σπόροι στους οποίους τρέφεται μένουν χωρίς να μετατοπιστούν για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Προσβολές. Προσβάλλει κυρίως κριθάρι, σιτάρι, σιτάλευρα, ρύζι και προϊόντα αυτού, καλαμπόκι, ελαιούχους πλακούντες κ.α. Τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες προκαλούν τόσο ποιοτικές, όσο και ποσοτικές απώλειες στα αποθηκευμένα προϊόντα. Εκτός από την προσβολή σε αποθηκευμένα προϊόντα, το είδος αυτό έχει την ικανότητα να διατρυπά με ευκολία διάφορες συσκευασίες, όπως το πολυαιθυλένιο και το πολυπροπυλένιο.



Εικόνα 4: Ακμαίο *R. dominica*

(πηγή: <http://www.coleoptera.org.uk/species/rhyzopertha-dominica>)

Οικογένεια Curculionidae

Είναι η οικογένεια που περιλαμβάνει τα πιο επιβλαβή έντομα δημητριακών στις αποθήκες. Διακρίνονται από την κεφαλή τους, που προεκτείνεται μπροστά από τους οφθαλμούς και σχηματίζεται ένα καλά διαμορφωμένο ρύγχος.

Sitophilus granarius ή *Calandra granaria*: Σκαθάρι του σιταριού (grain weevil)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Είναι πρωτεύον έντομο. Το ενήλικο έχει μήκος σώματος 3 - 5 mm και χρώμα σκούρο κάστανο έως μαύρο. Το ρύγχος του έχει μήκος ίσο με τα 2/3 του πρόνωτου και το πρόνωτο έχει μήκος περίπου όσο και τα έλυτρα. Στα έλυτρα φέρει αυλακώσεις με κοίλα στίγματα, ενώ χαρακτηριστικό του εντόμου αυτού είναι η απώλεια μεμβρανωδών πτερυγών και άρα η ανικανότητα πτήσης. Η προνύμφη έχει μήκος 3 - 4 mm, είναι κοντόχοντρη με κιτρινωπό χρωματισμό.

Γεωγραφική κατανομή. Θεωρείται κοσμοπολίτικο είδος και απαντάται τόσο στα εύκρατα όσο και στα ψυχρά κλίματα. Στα υποτροπικά κλίματα είναι σχεδόν αδύνατη η ανάπτυξή του.

Βιολογία. Έχει 4 - 5 γενεές τον χρόνο. Διαχειμάζει ως προνύμφη μέσα στους αποθηκευμένους σπόρους ή ως ενήλικο στους σωρούς σπόρων ή σε διάφορα σημεία της αποθήκης. Την άνοιξη, με βέλτιστη θερμοκρασία περίπου 25 °C αρχίζει η εναπόθεση των αυγών, όπου τα θηλυκά τοποθετούν από ένα σε βοθρίο που ανοίγουν σε κάθε σπόρο, με τον συνολικό αριθμό των αυγών να φτάνει και τα 400 ανά θηλυκό. Το εξωτερικό άνοιγμα του βοθρίου καλύπτεται με ζελατινώδες έκκριμα του εντόμου. Η προνύμφη ολοκληρώνει την ανάπτυξή της, νυμφώνεται και γίνεται ενήλικο, τρεφόμενη με το εσωτερικό του σπόρου. Το ενήλικο μπορεί να επιβιώσει έως και έναν χρόνο σε θερμοκρασία 25 °C. Ο βιολογικός κύκλος του μπορεί να ολοκληρωθεί σε 38 - 40 ημέρες στους 22 με 25 °C, ωστόσο μέσα στις αποθήκες μπορεί να διαρκέσει και 7 εβδομάδες. Η ανάπτυξη του σταματά κάτω από τους 12 °C, αλλά έχει μεγάλη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες και το ενήλικο μπορεί να αντέξει έως και 2 μήνες σε -5 °C.

Προσβολές. Το είδος αυτό θεωρείται από τα πιο κοινά και επικίνδυνα που συναντάμε στις αποθήκες σιτηρών στην χώρα μας. Τόσο το ενήλικο όσο και η προνύμφη προσβάλλουν σπόρους σιτηρών και συμπαγή αμυλούχα προϊόντα. Επίσης μπορούν να τραφούν με μπιζέλια, φασόλια, λούπινα, αραχίδες και αμύγδαλα αλλά πεθαίνουν σύντομα. Προτιμά πολύ ξηρούς σπόρους παλαιών σοδειών. Πυκνοί πληθυσμοί του εντόμου σε σημεία των σωρών των σπόρων όπου η υγρασία είναι υψηλή σε συνδυασμό με την έντονη μεταβολική δραστηριότητα που παρατηρείται εκεί, προκαλεί «άναμα» των σπόρων που ευνοεί την ανάπτυξη μυκήτων στους ήδη προσβεβλημένους σπόρους, δημιουργώντας συμπαγή συσσωματώματα του προϊόντος και ποσοτική και ποιοτική υποβάθμισή του.



Εικόνα 5: Ακμαίο *S. granarius*

(πηγή: <http://www.entomologiitaliani.net/public/forum/phpBB3/viewtopic.php?f=11&t=41429>)

Sitophilus oryzae: Σκαθάρι του ρυζιού (rice weevil)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Μορφολογικά παρόμοιο με το *S. granarius*. Έχει μήκος σώματος 2,5 - 4,5 mm και χρώμα καστανό – καστανό σκούρο. Χαρακτηριστική διαφορά με το συγγενικό του είδος είναι ότι στα έλυτρά του φέρει 4 ανοιχτόχρωμες κηλίδες (πορτοκαλί ή κίτρινες), δυο σε κάθε έλυτρο, όπως επίσης και το ότι έχει ανεπτυγμένες τις μεμβρανώδεις πτέρυγες και μπορεί να πετά. Ο προθώρακας φέρει πυκνά κοιλώματα, κυκλικού ή πολυγωνικού σχήματος. Οι διαφορές της προνύμφης του *S. oryzae* με αυτήν του *S. granarius* είναι ελάχιστες, είναι δηλαδή ευκέφαλη, άποδη με λευκό χρωματισμό και έχει μικρή κεφαλή χρώματος καστανού.

Γεωγραφική κατανομή. Το *S. oryzae* θεωρείται περισσότερο κοσμοπολίτικο από το συγγενικό του είδος *S. granarius*. Προτιμά τις υποτροπικές και τροπικές περιοχές, όπως Ινδία, Αυστραλία, Η.Π.Α, τα παράλια της Β. Αφρικής και κάποια μέρη της Κίνας.

Βιολογικός κύκλος. Αυτό το είδος επηρεάζεται σημαντικά από την θερμοκρασία, με βέλτιστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη και των ωοτοκία να κυμαίνεται στους 30 °C. Όλα τα στάδια πεθαίνουν σε περίπου μια εβδομάδα σε 0 °C. Σε θερμά κλίματα μπορεί να ξεπεράσει και τις 4 γενεές το έτος. Φτάνει στην αποθήκη πετώντας από τον αγρό, όπου το θηλυκό μπορεί να εναποθέσει πάνω από 500 αυγά κατά την διάρκεια την ζωής του, σε βοθρία που ανοίγει σε κάθε σπόρο. Η προνύμφη αναπτύσσεται στον σπόρο, το οποίο και κατατρώει, ενηλικιώνεται και πετά προσβάλλοντας και το προϊόν στον αγρό. Η διάρκεια ζωής του ενήλικου δεν ξεπερνά τους 8 μήνες. Μπορεί να επιβιώσει χωρίς τροφή για 6 - 32 ημέρες αναλόγως τη θερμοκρασία.

Προσβολές. Οι κυριότερες πηγές τροφής του είναι το ρύζι και οι σπόροι δημητριακών αλλά μπορεί να προσβάλλει και αλευρώδη προϊόντα, βαμβακόσπορο, όσπρια, ξηρούς καρπούς, ζωοτροφές κ.α. Αναφέρεται ότι στα θερμά κλίματα μπορεί να κάνει ζημιές και στους αγρούς με τα σιτηρά.



Εικόνα 6: Ακμαίο *S. oryzae*

(πηγή: <http://www.pestfree.ie/pest-images/attachment/beetle-rice-weevil-sitophilus-oryzae14/>)

Οικογένεια Dermestidae

Στα Dermestidae ανήκουν είδη τα οποία προσβάλλουν δέρματα, τάπητες, μάλλινα αλλά και πίνακες ζωγραφικής, εντομολογικές συλλογές κ.ά. Η προσβολή γίνεται αποκλειστικά από τις προνύμφες. Εκτός όμως από αυτά ανήκουν και είδη τα οποία είναι φυτοφάγα, τρέφονται δηλαδή με αποθηκευμένες ύλες φυτικής προέλευσης, όπως τα είδη του γένους *Trogoderma*.

Trogoderma granarium Everts: Τρωγόδερμα των σπόρων (khapra beetle)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Το σώμα του ενήλικου έχει σχήμα ωοειδές και το μήκος του κυμαίνεται περί τα 2 - 3 mm. Είναι ανοικτού καστανού χρώματος και φέρει κόκκινο-καφέ κηλίδες στα έλυτρα. Η προνύμφη έχει μήκος 3 - 6 mm, έχει ανοικτό καστανό χρωματισμό με τις μεσοαρθρικές μεμβράνες υποκίτρινες. Το σώμα της προνύμφης καλύπτεται από μακριές και λεπτές κιτρινωπές τρίχες, οι οποίες εκφύονται κάθετα στο σώμα της, ενώ στο πίσω μέρος του σώματος οι τρίχες σχηματίζουν αραιό θύσανο.

Γεωγραφική κατανομή. Είναι ένα από τα πλέον επιζήμια έντομα αποθηκών στις θερμές χώρες. Αντιθέτως, στις ψυχρές περιοχές οι προσβολές του περιορίζονται σημαντικά. Σε πολλές χώρες έχει ανακηρυχθεί ως έντομο-καραντίνας.

Βιολογικός κύκλος. Η δραστηριοποίηση του εντόμου είναι εφικτή σε θερμοκρασίες μεταξύ 21 - 40 °C, με άριστη εκείνη των 35 °C. Η υγρασία δεν το επηρεάζει σημαντικά, αντιθέτως μπορεί να αποβεί σοβαρός ανταγωνιστής άλλων ειδών σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής σχετικής υγρασίας. Τα ενήλικα δεν τρέφονται και την ζημιά προκαλεί εξ' ολοκλήρου η προνύμφη. Ο πολλαπλασιασμός του εντόμου γίνεται στην μάζα του σωρού του προϊόντος, με την προσβολή να μην είναι ορατή. Οι προνύμφες δεν διαχειμάζουν στο προϊόν, αλλά μεταναστεύουν σε σχισμές ή άλλες κρύπτες της αποθήκης και μπορούν να παραμείνουν χωρίς να νυμφωθούν έως και 8 έτη. Η νύμφωση πραγματοποιείται μόνο όταν οι συνθήκες γίνουν ευνοϊκές, δηλαδή ξηροθερμικές.

Προσβολές. Αντίθετα με τα υπόλοιπα Dermestidae, τρέφεται αποκλειστικά με φυτικές ύλες με ιδιαίτερη προτίμηση στους ελαιούχους πλακούντες, τους σπόρους σιτηρών και τα προϊόντα αυτών. Προσβάλλει τον σπόρο τρώγοντας τον από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του. Εκτός των ζημιών στο αποθηκευμένο προϊόν, είναι ικανό να προκαλέσει εμμέσως σοβαρά αλλεργικά φαινόμενα από την κατάποση ή την είσοδο στο αναπνευστικό σύστημα των τριχών του σωματικού περιβλήματος των προνυμφών.

Θεωρείται έντομο-καραντίνας για τους εξής λόγους:

1. είναι δραστήριο σε μεγάλες θερμοκρασίες (22 - 44 °C), την στιγμή που τα υπόλοιπα έντομα δραστηριοποιούνται έως τους 30 °C,
2. προσβάλλει προϊόντα με πολύ χαμηλή υγρασία (2%),
3. είναι πολύ ανθεκτικό στα εντομοκτόνα,
4. η προνύμφη μπορεί να διαχειμάσει έως και 8 έτη.



Εικόνα 7: Ακμαίο *T. granarium*

(πηγή: <http://www.dermestidae.com/Trogodermagranarium.html>)

Οικογένεια Silvanidae

Oryzaephilus surinamensis (saw – toothed grain beetle)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Το ενήλικο έχει λεπτό, πεπλατυσμένο και ευκίνητο σώμα, μήκους 3 mm. Στο πάνω μέρος του θώρακα υπάρχουν δυο κατά μήκος αυλακώσεις, ενώ στα πλάγια αυτού υπάρχουν από 6 οδοντοειδείς προεξοχές σε κάθε πλευρά του. Έχει ανοιχτό ή σκούρο καστανό χρωματισμό και κεραίες. Η προνύμφη είναι νηματοειδής, πεπλατυσμένη, 4mm μήκους, υποκίτρινη με κεφαλή και πόδες υπέρυθρους και φέρει από μια σκουρόχρωμη ραχιαία κηλίδα σε κάθε τμήμα του σώματος.

Γεωγραφική κατανομή. Είναι κοσμοπολίτικο είδος, αναπτύσσει μεγάλους πληθυσμούς σε θερμά κλίματα ωστόσο μπορεί να επιβιώσει και σε σχετικά ψυχρές περιοχές όπως η Αγγλία.

Βιολογικός κύκλος. Αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 20 - 37,5 °C με άριστη εκείνη των 30 - 35 °C και σχετική υγρασία 70 - 90%. Στις άριστες συνθήκες περιβάλλοντος ο βιολογικός του κύκλος διαρκεί 20 ημέρες περίπου. Τα ενήλικα θηλυκά δημιουργούν μια μικρή σπη στον σπόρο, γεννούν τα αυγά και στη συνέχεια την σφραγίζουν με τις εκκρίσεις τους. Εναποθέτουν 6 - 10 αυγά την ημέρα, διατηρώντας το ποσοστό αυτό καθ' όλη την διάρκεια του μήνα, μέχρις ότου εναποθέσουν συνολικά 200 - 375 αυγά. Η βέλτιστη θερμοκρασία για την ωτοκία είναι περίπου 25 °C και η περιεκτικότητα υγρασίας των κόκκων άνω του 10% (Brich, 1944). Τα αυγά εκκολάπτονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 17,5 - 40 °C, ωστόσο παρουσιάζουν υψηλή θνησιμότητα σε θερμοκρασίες κάτω των 20 °C και πάνω από τους 37,5 °C και όταν η σχετική υγρασία είναι σε χαμηλά επίπεδα (Howe, 1956). Οι προνύμφες μετά την εκκόλαψη ορύσσουν στοές στο εσωτερικό του σπόρου όπου και τον κατατρώνε, με αποτέλεσμα να είναι υπεύθυνες για την μεγαλύτερη καταστροφή. Η νύμφωση γίνεται στο εσωτερικό του σπόρου και το ενήλικο εξέρχεται από αυτόν τρώγοντας το εσωτερικό του. Έχει 2 - 3 επάλληλες γενεές, ενώ σε ευνοϊκές συνθήκες (θερμές αποθήκες) ο αριθμός των γενεών αυξάνεται σε 6 - 8. Τα ενήλικα είναι μακρόβια (2 με 3 έτη), τρέφονται κυρίως από ήδη προσβεβλημένους σπόρους (δευτερεύον έντομο) και είναι ικανά να ζήσουν χωρίς τροφή για 6 - 32 ημέρες ανάλογα με τη θερμοκρασία.

Προσβολές. Προσβάλλει κυρίως αμυλούχα τρόφιμα όπως σιτηρά και τα προϊόντα αυτών (ζυμαρικά, ψωμί, μπισκότα κ.α.) αλλά μπορεί να παρατηρηθεί και σε σταφίδες, ξηρά όσπρια, κακάο, καφέ, αποξηραμένα φυτά, ελαιούχους σπόρους, όπως επίσης και σε κύβους ζυμών και σοκολάτα σε σπίτια.



Εικόνα 8: Ακμαίο *O. surinamensis*

(πηγή: <https://www.gonhs.org/Oryzaephilussurinamensis.htm>)

Οικογένεια Tenebrionidae

Σε αυτήν την οικογένεια ανήκουν περισσότερα από 10.000 είδη, από τα οποία τα 100 θεωρούνται εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων. Τα είδη *T. castaneum* και *T. confusum* αποτελούν τα πιο κοινά έντομα αποθηκών της οικογένειας αυτής παγκοσμίως. Και τα δύο είδη επιτίθενται στο καλαμπόκι, το σιτάρι, το αλεύρι και άλλα τρόφιμα. Το *T. confusum* δεν φαίνεται να είναι τόσο κοινό όσο το *T. castaneum* σε τροπικά κλίματα. Αρκετά άλλα είδη *Tribolium* μπορούν περιστασιακά να προκαλέσουν αξιόλογες ζημιές και μπορούν να απαντηθούν σχεδόν σε κάθε εγκατάσταση που περιέχει προσβεβλημένα δημητριακά ή προϊόντα δημητριακών, ειδικά σε τροπικά και υποτροπικά κλίματα. Η μόλυνση από αυτά τα σκαθάρια οδηγεί σε μια απωθητική μυρωδιά, λόγω της έκκρισης βενζοκινονών από τους κοιλιακούς τους αδένες, ενώ παράλληλα είναι γνωστό ότι παράγουν και τοξικές κινόνες που μολύνουν το αλεύρι και τα παράγωγα αυτού. Αναπτύσσουν ταχύτατα σημαντικούς πληθυσμούς ενώ είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά σε πολλές κατηγορίες εντομοκτόνων με διάφορους τρόπους δράσης. Χαρακτηρίζονται ως δευτερεύοντα έντομα.

Tribolium confusum Duval: Σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων (Confused flour beetle)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Το ενήλικο έχει μακρόστενο και πεπλατυσμένο σώμα μήκους 4 - 4,5 mm με γυαλιστερό ερυθροκάστανο χρώμα. Το μορφολογικό χαρακτηριστικό του *T. confusum* που το διαφοροποιεί από το *T. castaneum* έγκειται στο ότι τα άρθρα της κεραίας του πρώτου πλαταίνουν βαθμιαία και δεν σχηματίζουν ρόπαλο. Η προνύμφη έχει μήκος 5 mm και είναι ολιγόποδη. Έχει λευκοκίτρινο χρώμα εκτός από την κεφαλή και το δίκρανο του τελευταίου κοιλιακού τμήματος που έχουν σκούρο καστανό χρώμα.

Βιολογικός κύκλος. Σε αντίθεση με το *T. castaneum*, το σκαθάρι των αλεύρων δεν μπορεί να πετάξει. Συνήθως έχει 5 γενεές το έτος, ωστόσο σημαντικό ρόλο για τον εν λόγω αριθμό παίζουν και οι επικρατούσες συνθήκες στην αποθήκη. Διαχειμάζει ως ενήλικο μέσα στα προσβεβλημένα προϊόντα ή σε προφυλαγμένα σημεία της αποθήκης. Τα ενήλικα θηλυκά, τα οποία μπορούν να ζήσουν έως και 3 έτη σε άριστες συνθήκες (25 - 30 °C), εναποθέτουν από 400 έως και 800 ωά πάνω στα προϊόντα. Τα αυγά εκκολάπτονται όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται από 15 - 40 °C, με την υγρασία να μην παίζει σπουδαίο ρόλο για την έναρξη της εκκόλαψης. Η προνύμφη θα χρειαστεί 1 - 3 μήνες για να ολοκληρώσει την ανάπτυξή της, ανάλογα με την καταλληλότητα και ποσότητα της τροφής, την υγρασία και την θερμοκρασία.

Προσβολές. Εργαστηριακές παρατηρήσεις έδειξαν ότι το έντομο αναπτύσσεται καλύτερα και ταχύτερα σε σπασμένους παρά σε ολόκληρους σπόρους, όπου η παρουσία του περισπερμίου φαίνεται να αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την είσοδό του στο εσωτερικό του σπόρου (Σταμόπουλος, 2008). Τα ενήλικα και οι προνύμφες τρέφονται με όλα τα είδη αποθηκευμένων σπόρων (σιτηρά, όσπρια), με αλεύρι σιταριού και κεχριού, σιμιγδάλι, ζωοτροφές, ξηρά λαχανικά, σοκολάτα, γλυκοπατάτα, μαύρο πιπέρι, φαρμακευτικά προϊόντα κ.α. Οι ζημιές είναι ανάλογες της σχετικής υγρασίας του προϊόντος.



Εικόνα 9: Ακμαίο *T. confusum*

(πηγή: <http://www.agrologica.es/informacion-plaga/falso-gorgojo-harina-tribolium-confusum/>)

Tribolium castaneum: Σκούρο σκαθάρι των αλεύρων (Rust – red flour beetle)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Μοιάζει πολύ στην εξωτερική μορφολογία με το *T. confusum*. Το ενήλικο έχει μήκος σώματος 3 - 4 mm και η προνύμφη είναι κιτρινωπή με ελαφρώς καστανό κεφάλι.

Βιολογικός κύκλος. Τα ενήλικα θηλυκά εναποθέτουν τα μικρά κυλινδρικά λευκά αυγά τους πάνω στον σπόρο, τα οποία σε ιδανική θερμοκρασία των 32,5 °C μπορεί να φτάσουν και τα ένδεκα την ημέρα, ενώ καθ' όλη την διάρκεια ζωής το ενήλικο εναποθέτει έως και 1000 αυγά. Οι προνύμφες μένουν στον σπόρο μέχρι την νύμφωση. Το ενήλικο μπορεί να ζήσει έως και ένα έτος ή περισσότερο. Οι θερμοκρασίες για την κανονική ανάπτυξη του εντόμου πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ 20 - 40 °C. Τα ενήλικα μπορούν να τρέφονται με μια μεγάλη ποικιλία τροφών και λόγω της μεγάλης προσαρμοστικότητας που εμφανίζουν μπορούν να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν σε διάφορες συνθήκες.



Εικόνα 10: Ακμαίο *T. castaneum*

(πηγή: <http://www.coleoptera.org.uk/species-gallery/nojs/4346>)

Tenebroides mauritanicus: Σκαθάρι των σπόρων (The Cadelle)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Το ενήλικο έχει μήκος σώματος 8 - 11 mm και χρώμα καστανόμαυρο έως μαύρο, με κεραίες και πόδια καστανέρυθρα. Η βάση του προθώρακα χωρίζεται πολύ ευκρινώς από την βάση των ελύτρων. Η ανεπτυγμένη προνύμφη έχει μήκος σώματος 15 - 20 mm, υποκίτρινο ή υπόλευκο χρώμα με κεφαλή και πόδια καστανά. Δυο σκοτεινόχρωμες κηλίδες είναι ορατές στο νώτο του πρώτου θωρακικού τμήματος και το οπίσθιο τμήμα του σώματος είναι υποκαστανό με δυο σκοτεινόχρωμες χιτινώδεις προεκτάσεις.

Γεωγραφική κατανομή. Κοσμοπολίτικο είδος του οποίου τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες μπορούν να επιβιώσουν για αρκετές εβδομάδες σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (π.χ. -9 °C).

Βιολογικός κύκλος. Μακρόβιο έντομο, με το ενήλικο να ζει για 1 - 2 έτη και η προνύμφη για 2 - 3 έτη. Η ωτοκία ξεκινά την άνοιξη και διαρκεί έως το φθινόπωρο. Τα κάθε ενήλικο θηλυκό εναποθέτει 800 - 1000 αυγά. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι προνύμφες όρυσσαν στοές σε ξύλινα βαρέλια και δοκάρια που υπήρχαν σε μύλους για να νυμφωθούν στο εσωτερικό τους.

Προσβολές. Τα ενήλικα και οι προνύμφες τρέφονται με ήδη προσβεβλημένους σπόρους από τα είδη *Sitophilus* sp. και *Sitotroga* sp., άλευρα, πίτουρα, παξιμάδια, μπαχαρικά, βαμβακόσπορο κ.α.



Εικόνα 11: Ακμαίο *T. mauritanicus*

(πηγή: <https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/eng/tenmaukm.htm>)

1.3.2 Lepidoptera

Οικογένεια Gelechiidae

Sitotroga cerealella: Σιτότρωγα (The Angoumois grain moth)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Το ενήλικο έντομο έχει άνοιγμα πτερυγών που φτάνει τα 19 mm. Οι μπροστινές πτέρυγες είναι στενόμακρες και κροσσωτές, ανοιχτού κιτρινότεφρου χρωματισμού, ενώ οι οπίσθιες είναι πιο κοντές, με μυτερά άκρα και μακρούς κροσσούς και τεφρό χρωματισμό. Το μήκος της προνύμφης σε πλήρη ανάπτυξη δεν ξεπερνά τα 9 mm και έχει υπόλευκο χρώμα.

Βιολογικός κύκλος. Συνήθως έχουν 3 - 5 γενεές το έτος και διαχειμάζει ως προνύμφη μέσα τον σπόρο. Τα ενήλικα εμφανίζονται στις αποθήκες τον Μάιο και γεννούν τα αυγά πάνω στους σπόρους ή στην επιφάνεια των σάκων όπου το προϊόν είναι αποθηκευμένο. Η προσβολή μπορεί να ξεκινήσει και από τον αγρό, όπου τα ενήλικα εναποθέτουν τα αυγά ανάμεσα στα λέπυρα από τα στάχια. Οι προνύμφες εισέρχονται στον σπόρο από τον θύσανο τριχών του σπόρου και τρέφονται με το εσωτερικό χωρίς να καταστρέψουν το περισπέρμιο, ακόμα και μετά το θέρος μέσα στην αποθήκη. Νυμφώνονται στο εσωτερικό του σπόρου. Είναι το μόνο λεπιδόπτερο αποθηκευμένων προϊόντων που το προνυμφικό και το νυμφικό στάδιο ολοκληρώνεται αποκλειστικά μέσα στον σπόρο.

Προσβολές. Το είδος αυτό είναι σοβαρός εχθρός των σπόρων όλων των καλλιεργούμενων σιτηρών και μερικών αυτοφυών αγρωστωδών. Αποφέρει απώλεια βάρους και ανικανότητα βλάστησης του σπόρου, ενώ παράλληλα οι σπόροι αποκτούν δυσάρεστη οσμή και γεύση.



Εικόνα 12: Ακμαίο *Sitotroga cerealella*

(πηγή: http://www2.nrm.se/en/svenska_fjarilar/s/sitotroga_cerealella.html)

Οικογένεια Pyralididae

Ephestia kuehniella: Μεσογειακό σκουλήκι των αλεύρων (Mediterranean meal moth)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Το ενήλικο έχει άνοιγμα πτερύγων 18 - 25 mm με τις μπροστινές πτέρυγες να έχουν τεφρό χρώμα με διάφορες σκοτεινόχρωμες κηλίδες και γραμμές ενώ οι οπίσθιες είναι υπόλευκες με την περιφέρεια και τα νεύρα να είναι καστανά. Η κεφαλή είναι μικρή και σφαιρική και οι χειλικές προσαρκτρίδες είναι ευδιάκριτες. Η προνύμφη έχει τελικό μήκος 15 - 20 mm και χρώμα συνήθως υπόλευκο ή ρόδινο με την κεφαλή και τον πρόνωτο καστανά.

Γεωγραφική κατανομή. Όπως προδίδει και το όνομά του απαντάται στις εύκρατες χώρες.

Βιολογικός κύκλος. Φτάνει και τις 5 γενεές τον χρόνο και διαχειμάζει ως νύμφη ή ως προνύμφη. Τα ενήλικα εμφανίζονται την άνοιξη. Είναι νυχτόβια και δραστηριοποιούνται στο ημίφως και την νύκτα, ενώ την ημέρα παραμένουν αδρανή στα τοιχώματα της αποθήκης και πάνω στα προϊόντα. Τα θηλυκά εναποθέτουν 200 - 300 αυγά το καθένα, σε ομάδες των 10 - 30 αυγών πάνω στις σωρούς των αλεύρων. Οι εξέχουσες προνύμφες αφού τραφούν λίγο, υφαίνουν θήκες με μετάξινα νήματα μέσα στις οποίες τρέφονται και αναπτύσσονται. Η διάρκεια του κύκλου του εντόμου ποικίλει ανάλογα με το είδος του αλεύρου. Για παράδειγμα, ο βιολογικός του κύκλος συμπληρώθηκε σε 83 ημέρες όταν οι προνύμφες τράφηκαν σε καλαμποκάλευρο, σε 123 σε άλευρο κριθαριού και σε 217 ημέρες σε ρυζάλευρο (Balachowski, 1972).

Προσβολές. Ζημιώνουν κυρίως άλευρα, δεν είναι σπάνιες ωστόσο οι φορές που προσβάλλουν και σπόρους σιτηρών, όσπρια, ξηρούς καρπούς, πίτουρα, γύρη στις κυψέλες μελισσών κ.α.. Επίσης, το σύνολο των εκδυμάτων, βομβυκίων, μετάξιων νημάτων και αποχωρημάτων του εντόμου ρυπαίνουν το προϊόν και προκαλούν ζυμώσεις και δυσάρεστες οσμές στα άλευρα.



Εικόνα 13: Ακμαίο *E. kuehniella*

(πηγή: <http://www.uniprot.org/taxonomy/40079>)

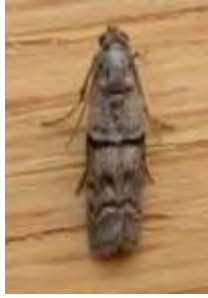
Ephestia elutella: Σκουλήκι του καπνού ή του κακάο (Cacao moth)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Έχει άνοιγμα πτερύγων 14 - 20 mm. Οι μπροστινές πτέρυγες έχουν τεφροκάστανο χρώμα με δυο εγκάρσιες γραμμές ενώ οι οπίσθιες είναι ανοιχτόχρωμες. Η προνύμφη στο τελικό της μέγεθος έχει μήκος 10 - 15 mm με υπόλευκο κιτρινωπό ή ρόδινο χρώμα με την κεφαλή και την θωρακική πλάκα καστανή. Τόσο στα νώτα όσο και στα πλάγια κάθε στοματικού δακτυλίου φέρει καστανά στίγματα από τα οποία εξέρχεται μια τρίχα.

Γεωγραφική εξάπλωση. Απαντάται σε τροπικά και εύκρατα κλίματα.

Βιολογικός κύκλος. Συμπληρώνει 3 - 4 γενεές το έτος και διαχειμάζει μέσα σε βομβύκιο ως ανεπτυγμένη προνύμφη, σε διάφορα σημεία στην αποθήκη. Τα ενήλικα που εμφανίζονται τον Απρίλιο, ωτοκοούν στην επιφάνεια των προϊόντων 100 - 250 ωά το καθένα. Η προνύμφη κατατρώνει το έλασμα των φύλλων του καπνού από τον μίσχο προς την κορυφή. Προτιμά καπνά με υψηλό ποσοστό σακχάρου και χαμηλό ποσοστό νικοτίνης. Μετακινούνται από το εσωτερικό των σάκων προς την εξωτερική τους επιφάνεια για να νυμφωθούν. Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί περίπου 50 ημέρες, σε συνθήκες καλοκαιριού.

Προσβολές. Μαζί με το *L. serricornis* θεωρείται από τους κυριότερους εχθρούς του αποθηκευμένου καπνού στην Ελλάδα. Μπορεί να προσβάλλει επίσης κακάο σε σπόρους, σοκολάτα, ξηρούς καρπούς, ξηρά γλυκίσματα, ρύζι, αφυδατωμένα λαχανικά, ζυμαρικά κ.α. Πέρα από την κυρίως ζημία που προκαλεί, λερώνει με τα αποχωρηματά του και τα μετάξινα νήματα που εκκρίνει.



Εικόνα 14: Ακμαίο *E. elutella*

(πηγή: https://fr.wikipedia.org/wiki/Ephestia_elutella)

Plodia interpunctella: Κοινό σκουλήκι αποθηκών (The Indian meal moth)

Μορφολογικά χαρακτηριστικά. Το ενήλικο έχει άνοιγμα πτερυγών 14 - 20 mm και μήκος σώματος περίπου 10 mm. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του είδους είναι ο χρωματισμός των πτερυγών, καθώς οι πρόσθιες στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι καστανέρυθρες με δυο εγκάρσιες μαύρες γραμμώσεις και το υπόλοιπο τμήμα είναι ανοιχτόχρωμο (υπόλευκο ή υποκίτρινο). Οι οπίσθιες πτέρυγες έχουν ανοιχτόχρωμο χρώμα και είναι ελαφρώς κροσσωτές, η κεφαλή και ο θώρακας έχουν καστανέρυθρο χρωματισμό και η κοιλιά υποκίτρινο χρωματισμό. Η προνύμφη πλήρως ανεπτυγμένη έχει μήκος 8 - 12 mm και χρωματισμό που εξαρτάται από το είδος της τροφής (υπόλευκο έως ρόδινο). Το κεφάλι και η θωρακική πλάκα είναι καστανά.

Γεωγραφική κατανομή. Το βρίσκουμε σε όλες τις χώρες με εύκρατο ή τροπικό κλίμα.

Βιολογικός κύκλος. Μπορεί να συμπληρώσει από 4 - 8 γενεές το έτος. Διαχειμάζει ως προνύμφη μέσα σε βομβύκιο και νυμφώνεται την άνοιξη. Τα ενήλικα θηλυκά ωτοκοούν πάνω στα προϊόντα μέχρι και 400 αυγά, συνήθως σε ομάδες. Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου εξαρτάται από την θερμοκρασία και υγρασία που επικρατεί στην αποθήκη καθώς και από την ποιότητα της τροφής που καταναλώνουν οι προνύμφες, ωστόσο σε μια γενική περίπτωση μπορούμε να πούμε ότι κρατά περίπου 40 - 80 ημέρες.

Προσβολές. Είναι πολυφάγο έντομο, μπορεί να προσβάλει σπόρους και τα προϊόντα τους, ξερά λαχανικά, κακάο, γλυκίσματα, αποξηραμένα φρούτα, όλα τα είδη ξηρών καρπών, γύρη στις κυψέλες μελισσών κ.α. Οι προνύμφες ρυπαίνουν τα προϊόντα με τους μετάξινους ιστούς που εκκρίνουν, οι οποίοι είναι γεμάτοι με τα αποχωρήματα και τα εκδύματα του εντόμου. Θα πρέπει

να αναφερθεί ότι σε σπόρους σιταριού, η προσβολή είναι χαρακτηριστική λόγω του ότι οι προνύμφες προτιμούν να τρέφονται μόνο με το έμβρυο χωρίς να προσβάλλουν το υπόλοιπο τμήμα.



Εικόνα 15: Ακμαίο *Plodia interpunctella*

(πηγή: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plodia.interpunctella.7840.jpg>)

1.3.3 Ακάρεα

Τα ακάρεα αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία ζωικών οργανισμών, με απλούστερο βιολογικό κύκλο και μορφολογία σε σχέση με τα έντομα. Ξεχωρίζουν από τα τελευταία κυρίως από την ύπαρξη 4 ζευγών ποδιών στα ενήλικα (αντί 3 ζευγών στα έντομα) και στο ότι το σώμα τους χωρίζεται σε δύο μέρη (γναθόσωμα και ιδιόσωμα) αντί 3 (κεφαλή, θώρακας και κοιλιά). Συναντώνται συχνά σε μεγάλους πληθυσμούς να κάνουν δευτερογενείς προσβολές σε σπόρους και προϊόντα αυτών που ήδη έχουν προσβληθεί από άλλα έντομα. Αποθηκευμένοι σπόροι στους οποίους υπάρχουν ακάρεα προσφέρουν ένα καλό υπόστρωμα για μύκητες.

Οικογένεια Acaridae

Acarus siro: Ακάρι των αλεύρων (grain or flour or cheese mite)

Το μήκος του ιδιόσωματος είναι 320 - 460 μm, το γναθόσωμα και τα πόδια φέρουν διάφορους χρωματισμούς ανάλογα με την τροφή που καταναλώνουν. Θεωρείται από τα πιο κοινά ακάρεα που απαντώνται σε αποθηκευμένα προϊόντα, ειδικά στα άλευρα δημητριακών, όπως επίσης σε τυριά,

εγκαταλελειμμένες κυψέλες κ.α. Όπως και όλα τα ακάρεα της οικογένειας αυτής, μπορεί να αναπτύξει εύκολα μεγάλους πληθυσμούς, είναι πολύ ανθεκτικό σε υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ και χαμηλές O₂, όπου τα έντομα δεν μπορούν να επιβιώσουν, ενώ όταν οι συνθήκες είναι αντίξοες για την ανάπτυξή του, μεταμορφώνονται σε υπόποδες, μια μορφή η οποία είναι ιδιαίτερα ανθεκτική.



Εικόνα 16: *Acarus ciro*

(πηγή: <http://biodiversitycyprus.blogspot.gr/2016/04/acarus-siro-linnaeus-1758-grain-or.html>)

Tyrophagus putrescentiae (mould mite)

Έχει μήκος ιδιοσώματος 280 - 350 μm με χρώμα ανάλογο της τροφής του. Μπορεί να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες από 7 έως 37 °C, ενώ το χαμηλότερο όριο υγρασίας για την ανάπτυξη του κυμαίνεται στο 70%. Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση του βιολογικού του κύκλου εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και την ποιότητα της τροφής που καταναλώνει. Ενδεικτικά, σε θερμοκρασία 32,2 °C, σχετική υγρασία 98% και τρεφόμενο με μαγιά μπύρας συμπληρώνει τον βιολογικό του κύκλο σε 21 ημέρες. Στα εύκρατα κλίματα το συναντήσουμε σε αποθηκευμένες τροφές με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος όπως λαρδί, αυγά σκόνη, τυρί, καρυδόψυχα, ιχθυοτροφές κ.α.



Εικόνα 17: Ακμαία *T. putrescentiae*

(πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Tyrophagus_putrescentiae)

1.3.4 Ψωκόπτερα

Τα έντομα αυτής της οικογένειας σπανίως υπερβαίνουν σε μέγεθος το κεφάλι μιας καρφίτσας και απαντώνται σε πολύ μεγάλους αριθμούς σε άλευρα, σε συσσωματώματα σπόρων σε αποθήκες που παρουσιάζουν υπερβολική υγρασία στα τοιχώματα ή έχουν αναπτυχθεί θερμές κηλίδες από άλλα έντομα και ιδιαίτερα σε φυτικά υπολείμματα που βρίσκονται μέσα στις αποθήκες. Προσβάλλουν επίσης τις ράχες παλαιών βιβλίων λόγω ύπαρξης της αμυλόκολλας σε αυτές, συλλογές μουσείων, καρποφορίες μυκήτων ή ακόμα και αυγά άλλων εντόμων (π.χ. *S. cerealella*). Τα είδη που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα ανήκουν κυρίως στο γένος *Liposcelis* που περιλαμβάνει άτομα άπτερα με 5 - 6 σωματίδια και 2 μεγάλα προσωματίδια σύνθετα. Ο χρωματισμός τους ποικίλει από κιτρινωπό έως καστανό σκούρο και το μέγεθός τους γενικά είναι περί το 1,5 mm. Είναι δύσκολος ο εντοπισμός τους λόγω της προτίμησής τους να εγκαθίστανται σε σκοτεινά μέρη και να τρέπονται ταχύτατα σε φυγή μόλις αντιληφθούν φως.



Εικόνα 18: Ακμαίο *Liposcelis decolor*

(πηγή: <http://bugguide.net/node/view/925011>)

1.3.5 Τρωκτικά

Τα τρωκτικά (Rodentia) αποτελούν τάξη των πλακουντοφόρων, αναγαλίδων θηλαστικών, η οποία περιλαμβάνει πάρα πολλά είδη. Από αυτά, τα είδη που παρουσιάζουν υγειονομικό ενδιαφέρον είναι τα λεγόμενα συμβιωτικά τρωκτικά, στα οποία υπάγονται τα ποντίκια. Τα ποντίκια ανήκουν στην οικογένεια Muridae, όπου κατατάσσεται το γένος *Mus*. Κυριότερα είδη

ποντικιών είναι οι επίμυες *Rattus norvegicus* (Νορβηγικός Αρουραίος ή Μεγαλοεπίμυς), ο *Rattus rattus* (Καστανός Αρουραίος ή Μικροεπίμυς) και το οικιακό ποντίκι *Mus musculus*. Και τα τρία είδη είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα στην Ελλάδα.



Εικόνα 19: Ακμαίο *R. norvegicus*

(πηγή: <http://www.first-nature.com/mammals/rattus-norvegicus.php>)



Εικόνα 20: Ακμαίο *R. rattus*

(πηγή: http://zipcodezoo.com/index.php/Rattus_rattus)



Εικόνα 21: Ακμαίο *M. musculus*

(πηγή: <http://carnivoraforum.com/topic/9635312/1/>)

1.4 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών, ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να φτάσει τα 9,15 δισεκατομμύρια έως το 2050, που σημαίνει ότι οι προμήθειες των τροφίμων θα πρέπει να αυξηθούν κατά 60% για την επαρκή σίτιση αυτού (Alexandratos and Bruinsma, 2012). Για την κάλυψη των αναγκών αυτών, εκτός των άλλων, θα πρέπει και να μειωθούν οι απώλειες των τροφίμων σε όλα τα στάδια από την παραγωγή έως και την κατανάλωση. Έτσι, η μείωση των απωλειών μετά την συγκομιδή παίζει καθοριστικό ρόλο για την διασφάλιση της μελλοντικής παγκόσμιας επισιτιστικής ασφάλειας, με την αποθήκευση των προϊόντων να είναι η πιο σημαντική και κρίσιμη ενέργεια, γιατί μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση του προϊόντος αλλά και να τα καταστήσει επικίνδυνα για την δημόσια υγεία, αν κατά την διάρκεια της αποθήκευσης επικρατήσουν συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη επιβλαβών εντόμων ή άλλων μικροοργανισμών στα αποθηκευμένα προϊόντα. Για να διασφαλισθεί η κατάλληλη αποθήκευση υπάρχουν 3 μέθοδοι διαχείρισης, όπως σχολιάζονται παρακάτω.

Πρόληψη: με τον όρο πρόληψη εννοούμε τα μέτρα τα οποία πρέπει να ληφθούν ώστε να εμποδιστεί η είσοδος των εντόμων στον χώρο και στο προϊόν.

Σημαντικές παρεμβάσεις μπορούν να γίνουν σε αυτό το πεδίο όπως ο κατάλληλος σχεδιασμός των αποθηκών ή των βιομηχανιών παραγωγής τροφίμων και η σωστή χωροταξική μελέτη, ώστε να πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις για σωστή και υγιεινή παραγωγή και αποθήκευση τροφίμων. Πιο συγκεκριμένα, οι αποθηκευτικοί χώροι δεν πρέπει να γειτνιάζουν με εστίες μόλυνσης όπως εργοστάσια επεξεργασίας διαφόρων προϊόντων, σκουπιδοτόπους, αποθήκες ή καλλιέργειες. Τα υλικά και ο τρόπος κατασκευής πρέπει να είναι κατάλληλα ώστε να εξασφαλίζονται ευνοϊκές συνθήκες αποθήκευσης όσον αφορά την υγρασία, θερμοκρασία και τον αερισμό. Η οροφή, οι τοίχοι και το δάπεδο πρέπει να είναι καλά μονωμένα και στεγανοποιημένα, ώστε να αποφεύγεται η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών και να διατηρείται η υγρασία σε χαμηλά επίπεδα βοηθώντας στην πρόληψη

ανάπτυξης μυκήτων, βακτηρίων, ακάρεων και εντόμων. Τα ανοίγματα (παράθυρα, συστήματα αερισμού κ.α) πρέπει να σκεπάζονται τελείως με πυκνό πλέγμα (σήτα) με τέτοιο τρόπο, ώστε να εμποδίζεται η εισβολή εντόμων από το εξωτερικό περιβάλλον, να μην συσσωρεύεται σκόνη και ακαθαρσίες και να μην δημιουργούνται κρύπτες για τα έντομα.

Δεν είναι υπερβολή η έκφραση ότι *“το καλύτερο εντομοκτόνο στις αποθήκες είναι η καθαριότητα”* και *“το δραστικότερο όπλο κατά των προσβολών είναι η σκούπα”*. Η σχολαστική καθαριότητα των χώρων, όπου παράγονται, επεξεργάζονται ή αποθηκεύονται τα προϊόντα και η απομάκρυνση άχρηστων υπολειμμάτων συμβάλλει σημαντικά στη μη εγκατάσταση και πολλαπλασιασμό των εντόμων. Για τον λόγο αυτό, όλες οι επιφάνειες της αποθήκης πρέπει να είναι λείες και οι γωνίες τους να είναι στρογγυλεμένες, ώστε να καθαρίζονται εύκολα και να μην αποτελούν καταφύγια για έντομα και άλλους εχθρούς. Κάθε αναγκαίος εξοπλισμός των αποθηκών πρέπει να σχεδιάζεται και να τοποθετείται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να διευκολύνει την απομάκρυνση υπολειμμάτων των προϊόντων που επεξεργάζονται. Επίσης, πρέπει να καθαρίζονται σχολαστικά οι χώροι και να γίνεται, αν απαιτείται, ζιζανιοκτονία γύρω από τις αποθήκες.

Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή λεπτομερούς προγράμματος ελέγχου για έγκαιρη επισήμανση τυχόν προσβολής και ο εντοπισμός των εστιών μόλυνσης και της προέλευσης των εντόμων, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα δυνατό χαρτί για την πρόληψη μιας επικείμενης προσβολής στην αποθήκη. Αυτό επιτυγχάνεται με καταγραφή των κρίσιμων περιοχών – σημείων του χώρου που πιθανολογείται ότι μπορούν να αποτελέσουν εστίες εντόμων και με τη παρακολούθηση του πληθυσμού των εντόμων μέσω δειγματοληψιών.

Είναι γνωστό ότι καμία μέθοδος απεντόμωσης δεν εγγυάται 100% αποτελεσματικότητα. Για τον λόγο αυτό, πρέπει να αποφεύγεται η αποθήκευση ή επεξεργασία προϊόντων που έχουν ήδη προσβληθεί, αφού είναι πολύ πιθανόν να έχουμε, μετά από την απεντόμωση, εμφάνιση της προσβολής από έντομα που διέφυγαν τον θάνατο. Ο έλεγχος δεν θα πρέπει να αφορά μόνο τα προϊόντα, αλλά και τα υλικά συσκευασίας τους.

Θα πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι οι προσβολές σε μια αποθήκη εξαρτώνται και από τον τύπο και την κατάσταση του προς αποθήκευση προϊόντος. Υπάρχουν ποικιλίες που παρουσιάζουν “βιολογική αντίσταση” και άλλες που είναι επιδεκτικές προσβολής και μάλιστα από συγκεκριμένα είδη εντόμων. Για παράδειγμα, η σκληρότητα των σπόρων σιταριού φαίνεται να επηρεάζει την ανθεκτικότητά του, το ακατέργαστο ρύζι είναι πολύ πιο ανθεκτικό σε προσβολές εντόμων από το λευκό ή “γυαλισμένο”, η καλή κάλυψη του σπάδικα του αραβόσιτου από τα βράκτια φύλλα του μπορεί να μειώσει τον ρυθμό της προσβολής κ.ά. Ταυτόχρονα, η καθαρότητα και η ακεραιότητα των σπόρων και των ξηρών καρπών εξασφαλίζει την “μηχανική αντίσταση” κατά των εντόμων, ενώ η προέλευση, ο χρόνος και ο τρόπος της συγκομιδής του προϊόντος, σε συνδυασμό με τις επικρατούσες κατά την συγκομιδή του συνθήκες δίνουν αρκετά στοιχεία για την πρόβλεψη και την εξέλιξη μιας πιθανής προσβολής (Μπουχέλος, 2005).

Παρακολούθηση: ορίζεται ως ο οπτικός έλεγχος του αποθηκευμένου προϊόντος και των εγκαταστάσεων, ο έλεγχος συνθηκών της αποθήκευσης, η δειγματοληψία και η χρήση παγίδων έτσι ώστε να επιτύχουμε την έγκαιρη διαπίστωση ύπαρξης προβλήματος σε χώρους επεξεργασίας και αποθήκευσης των προϊόντων.

Ειδικότερα, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στον πρώτο έλεγχο μετά την αποθήκευση οπότε, αν τυχόν βρεθεί εντομολογική προσβολή, υπάρχει κίνδυνος για την συντήρηση του προϊόντος. Κατά τις περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες ή υψηλή σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, οι έλεγχοι θα πρέπει να είναι συχνότεροι και λεπτομερέστεροι. Κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, για τυχόν υποψία διαταραχής της κανονικής υγρασίας του συντηρούμενου προϊόντος (κυρίως στα σιτηρά), θα πρέπει να γίνεται προσδιορισμός της γενικής και κατά τόπους υγρασίας, ενώ απαραίτητος είναι και ο έλεγχος της θερμοκρασίας των συντηρουμένων προϊόντων, συνάρτηση με τυχόν εντομολογική ή μυκητολογική προσβολή, που πραγματοποιείται με ειδικά θερμόμετρα σε διάφορα σημεία της επιφάνειας ή βάθη αυτών. Εκτός από αυτές τις δειγματοληπτικές μεθόδους, διαπίστωση και μέτρηση της προσβολής μπορεί να γίνει και με τον προσδιορισμό του CO₂ ή του ουρικού

οξέως, την εμβάπτιση του σπόρου σε διάφορα διαλύματα, την χρήση εντομοπαγίδας - σόντας, με ακτίνες χ, με ηλεκτροακουστική συσκευή ή με την συσκευή των Ashman-Simon (Μπουχέλος, 2005).

Έτσι θα είμαστε σε θέση να καταπολεμήσουμε τον εισβολέα από την αρχή, πριν προλάβει να εγκατασταθεί και να αναπτύξει μεγάλους πληθυσμούς, κάτι που θα δυσχέραινε την μετέπειτα αντιμετώπισή του.

Καταπολέμηση (Pest control): είναι ο με την παρέμβαση του ανθρώπου περιορισμός του πληθυσμού των βλαβερών εντόμων και σπανιότερα η εξόντωση του πληθυσμού ενός εντόμου, ή ο περιορισμός των ζημιών που προκαλεί (Τζανακάκης, 1980). Διαφέρει από τον φυσικό περιορισμό του πληθυσμού ως προς την παρέμβαση του ανθρώπου. Συνεπώς για την καταπολέμηση των πληθυσμών αυτών θα πρέπει να ληφθούν συγκεκριμένα μέτρα.

Για την αποτελεσματική εφαρμογή των μέτρων αυτών, θα πρέπει πρώτα να προσδιορίσουμε το μέγεθος της προσβολής (είδος εντόμου, μέγεθος πληθυσμού, εστίες προσβολής) καθώς και τις συνθήκες που επικρατούν εντός και εκτός της αποθήκης και έπειτα, με βάση τις παραπάνω πληροφορίες, να επιλέξουμε τις μεθόδους και τα μέσα καταπολέμησης που θα εξαρτηθούν εκτός των άλλων, από το είδος του προϊόντος που προσεβλήθη, την πιθανότητα μόλυνσης του προϊόντος από τα εντομοκτόνα, τις τυχόν υπάρχουσες εγκαταστάσεις απεντόμωσης, τον κίνδυνο έκθεσης των εργαζομένων στα εντομοκτόνα και το κόστος που θα επιφέρει η μέθοδος, η πιθανή απώλεια της παραγωγής κ.ά.

1.4.1 Κύριες μέθοδοι αντιμετώπισης

Γενικές συστάσεις για την χρήση των μεθόδων καταπολέμησης των εντόμων αποθηκών θα ήταν ανεπαρκείς, διότι υπάρχει ένα ευρύ φάσμα στις συνθήκες της αποθήκης, στο είδος των παρασίτων, στην δομή των αποθηκών, στα αποθηκευμένα προϊόντα και στις περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. γεωγραφική τοποθεσία). Επίσης, κάθε περιοχή του κόσμου έχει συγκεκριμένα έντομα που

αντιδρούν διαφορετικά στα χημικά εντομοκτόνα, για τα οποία όμως ισχύουν και διαφορετικοί περιορισμοί για την χρήση τους ανά χώρα ή ήπειρο. Έτσι, για την ανάπτυξη μιας σωστής διαχείρισης των εντόμων και άλλων επιβλαβών οργανισμών που υπάρχουν σε μια αποθήκη θα πρέπει να απαντηθούν τα τρία ακόλουθα βασικά ερωτήματα:

- Τι είδους παράσιτα βρίσκονται στην αποθήκη;
- Ποια προβλήματα προκαλούν;
- Ποιες ήταν οι προϋποθέσεις που οδήγησαν στην προσβολή από επιβλαβή παράσιτα; (FPLM, 1994)

Έχοντας απαντήσει σε αυτά τα ερωτήματα, μπορούμε να σχεδιάσουμε μια ολοκληρωμένη προστασία και καταπολέμηση των εντόμων που δημιουργούν ζημιές στα αποθηκευμένα προϊόντα. Παρακάτω παρατίθενται οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα.

1.4.1.1 Μηχανικές μέθοδοι

Η μηχανική καταπολέμηση των εντόμων αποθηκών περιλαμβάνει διάφορα φυσικά μέσα άμεσης νέκρωσης και μείωσης του πληθυσμού, μερικά από τα οποία ανήκουν στα πιο παλαιά και πρωτόγονα που έχει χρησιμοποιήσει ο άνθρωπος. Ορισμένα από αυτά εφαρμόζονται και σήμερα, κυρίως από παραγωγούς και εμπόρους, ωστόσο μόνο σε σχετικά λίγες περιπτώσεις προκαλούν μεγάλη θνησιμότητα των εντόμων και είναι συνήθως δαπανηρά. Τα κυριότερα από αυτά αναφέρονται παρακάτω.

Μηχανική απομάκρυνση

Για μερικά είδη εντόμων που είναι ευπαθή, που αποσπώνται εύκολα από τον ξενιστή τους και που δεν τον ξαναβρίσκουν εύκολα, συνίσταται να τα διώχνουμε από τα προϊόντα εκτοξεύοντας νερό με πίεση. Συχνό κατάβρεγμα με πίεση, περιορίζει και ορισμένα ακάρεα, δημιουργώντας δυσμενές για αυτά περιβάλλον και απομακρύνοντας ένα ποσοστό του πληθυσμού τους

(Τζανακάκης, 1980). Συνήθως, συνδυάζεται με τον καθαρισμό των προϊόντων κατά την επεξεργασία τους π.χ. σύκα, σταφίδες κ.ά.

Μηχανικά φράγματα

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα πλέγματα (σήτες) από μέταλλο ή συνθετική ύλη, που τοποθετούνται σε διάφορα ανοίγματα της αποθήκης όπως πόρτες, παράθυρα κ.α. και εμποδίζουν την είσοδο των εντόμων στον χώρο, καθώς και οι κολλητικές ταινίες που στόχο έχουν την παρεμπόδιση των εντόμων να μεταβούν στην περιοχή που θα είναι ικανά να προκαλέσουν ζημιά. (Τζανακάκης, 1980).

Ξήρανση

Η καλή αποξήρανση των σπόρων πριν την αποθήκευση τους και η ελάττωση της υγρασίας που τυχόν αναπτύσσεται μεταξύ των σπόρων ή των δεμάτων, συντελούν στη καλύτερη διατήρηση των προϊόντων και με λιγότερες εντομολογικές προσβολές. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή παρουσιάζει μικρό ενδιαφέρον.

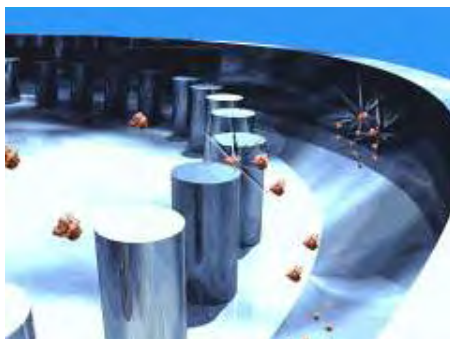
Κενό

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 ταυτόχρονη αύξηση του CO₂ που προέρχεται από την αναπνοή των σπόρων και των εντόμων, το περιβάλλον καθίσταται ασφυκτικό για τα έντομα. Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά δαπανηρή και παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα (ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών, καταστρεπτικές ζυμώσεις κ.ά.) αλλά χρησιμοποιείται στην πράξη σε πολλές περιπτώσεις.

Entoleter

Πρόκειται για μια εντομοκτόνο συσκευή που χρησιμοποιείται για την απεντόμωση κυρίως των αλεύρων. Αποτελείται από ζεύγη επίπεδων μεταλλικών δίσκων, οι οποίοι περιστρέφονται γύρω από έναν κεντρικό άξονα.

Με αυτή, τα τρόφιμα υποβάλλονται σε γρήγορη φυγοκεντρική περιστροφή, όπου τα έντομα, οι προνύμφες και τα αυγά καταστρέφονται κατά την πρόσκρουση στα τοιχώματα της συσκευής.



Εικόνα 22: Εσωτερικό συσκευής Entoleter

(πηγή: <http://www.entoleter.com/process.htm>)

1.4.1.2 Φυσικές μέθοδοι

Χρήση υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών

Τα περισσότερα έντομα αποθηκών και ακάρεα απαιτούν ένα ορισμένο εύρος θερμοκρασιών για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή τους, οι τιμές της οποίας ποικίλουν ανάλογα το είδος και το προϊόν το οποίο προσβάλλουν. Έχει διαπιστωθεί ότι στα σιτηρά θερμοκρασίες περίπου 21 °C ή υψηλότερες θεωρούνται καταλληλότερες για μια μεγάλη προσβολή, με τους πληθυσμούς των εντόμων να αυξάνονται σημαντικά σε μικρό χρονικό διάστημα, προκαλώντας αξιόλογες ζημιές. Όταν η θερμοκρασία φτάνει στους 35 °C, η επιβίωση και η αναπαραγωγή των περισσότερων τέλειων εντόμων είναι προβληματική και η διάρκεια της ζωής τους μικρή (Μπουχέλος, 2005). Σε μεγαλύτερη αύξηση των τιμών της θερμοκρασίας, το έντομο παύει να τρέφεται, πέφτει σε λήθαργο και τέλος επέρχεται ο θάνατός του εξαιτίας του ότι οι κυτταρικές του μεμβράνες λιώνουν, καταστρέφονται ορισμένα ένζυμα, αλλάζει η ισορροπία άλατος στο σώμα του και μετουσιώνονται οι πρωτεΐνες.

Κατά κανόνα θερμοκρασίες πάνω από 38 °C επιφέρουν την θανάτωση του εντόμου, ωστόσο στην πράξη χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες της τάξης των 60 °C όπου θανατώνουν το έντομο σε λίγα λεπτά, ενώ στους 50 - 55 °C το έντομο θανατώνεται σε 3 - 4 ώρες. Η επιλογή εξαρτάται και από την ευαισθησία των προϊόντων σε υψηλές θερμοκρασίες. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται με την χρήση ειδικών γεννητριών θερμότητας, συσκευές υπεριώδους ακτινοβολίας, συσκευές μικροκυμάτων ή ραδιοκυμάτων. Για την αποφυγή δημιουργίας τοπικώς πολύ υψηλών θερμοκρασιών στα προϊόντα, προτιμάται το θερμό ρεύμα αέρος.

Σε αντίθεση με την χρήση υψηλών θερμοκρασιών, η απεντόμωση με χαμηλές θερμοκρασίες είναι σε πολλές περιπτώσεις αποτελεσματική χωρίς να προκαλεί αλλοιώσεις στα προϊόντα ή να καταστρέφει ορισμένα συστατικά τους. Επειδή υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές της θερμοκρασίας που πρέπει να εφαρμόσουμε ώστε να επιτευχθεί η θανάτωση του εντόμου από είδος σε είδος και ανάλογα το στάδιο του βιολογικού κύκλου που βρίσκεται κατά την ψύξη, πρακτικά εφαρμόζουμε μια θερμοκρασία της τάξης των 14 - 16 °C στην μάζα των προϊόντων, που περιορίζει κάθε δραστηριότητα ή ανάπτυξη στα έντομα. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με ρεύματα ψυχρού αέρα που διαπερνούν την μάζα των προϊόντων και προκαλούν αδρανοποίηση των εντόμων χωρίς να προκληθεί ο θάνατός τους. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την καταπολέμηση ατελών μορφών δίπτερων.

Ελεγχόμενες ατμόσφαιρες

Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στην δημιουργία δυσμενών συνθηκών επιβίωσης των εντόμων, μυκήτων, βακτηρίων και ζυμών, είτε προσθέτοντας CO₂ ή N₂ ή αφαιρώντας O₂, όταν το προϊόν βρίσκεται σε κλειστούς και καλά μονωμένους χώρους όπως σιλό, αποθήκες κ.ά. Ο μηχανισμός δράσης του CO₂ αφορά στην αναστολή δράσης διαφόρων ενζυμικών συστημάτων ή στην καταστροφή των κυτταρικών μεμβρανών των εντόμων, ενώ το N₂ εκτοπίζει το O₂ στην ατμόσφαιρα καθιστώντας το περιβάλλον εχθρικό για τους οργανισμούς.

Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα της μεθόδου μπορούμε να συνδυάσουμε την παραπάνω μέθοδο με επέμβαση και στην σχετική υγρασία ή την

ατμοσφαιρική πίεση του χώρου. Παρά το μεγάλο κόστος που παρουσιάζει λόγω της ανάγκης ύπαρξης ειδικών εγκαταστάσεων για την εφαρμογή της, θεωρείται επιτυχημένη μέθοδος απεντόμωσης που εκτός της μεγάλης θνησιμότητας των εντόμων και των μυκήτων, δεν αφήνει ανεπιθύμητα υπολείμματα και δεν επηρεάζει δυσμενώς το προϊόν.

Ηλεκτροστατικό πεδίο

Το ηλεκτροστατικό πεδίο δημιουργείται με ειδικά μηχανήματα που παράγουν υψηλής συχνότητας και έντασης ρεύμα, το οποίο διοχετεύεται στο προς απεντόμωση προϊόν και ανεβάζει τη θερμοκρασία του σώματος των εντόμων σε θανατηφόρα επίπεδα. Η θερμοκρασία του προϊόντος (κυρίως σπόροι και καπνός) δεν επηρεάζεται αισθητά. 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.

Ακτινοβόληση

Διάφορες μορφές ακτινοβόλου ενέργειας όπως τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, υπέρυθρες, ορατές και υπεριώδεις ακτίνες, ιονίζουσες ακτινοβολίες και άλλα, χρησιμοποιήθηκαν πειραματικά για την απεντόμωση των προϊόντων ωστόσο είτε λόγω υψηλού κόστους είτε μικρής αποτελεσματικότητας οι περισσότερες από αυτές εγκαταλείφθηκαν.

Αφυδάτωση (γη διατόμων)

Η γη διατόμων είναι κοιτάσματα απολιθωμένων διατόμων που αποτελούνται κυρίως από SiO₂. Πρόκειται για κόκκους μεγέθους 5 - 20 μ με ακανόνιστο σχήμα, οι οποίοι 'ξύνουν' και καταστρέφουν το προστατευτικό κηρώδες επίστρωμα της εξωτερικής επιφάνειας του εξωσκελετού του εντόμου που κινείται πάνω σε αυτούς, με αποτέλεσμα το έντομο να πεθάνει από αφυδάτωση.

Ανάλογα με το προϊόν και το είδος του εντόμου απαιτούνται διαφορετικές δόσεις εφαρμογής για ικανοποιητικά αποτελέσματα και μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες μεθόδους απεντόμωσης, όπως υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες,

φωσφίνη κ.ά. Πλεονεκτεί σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους λόγω της μη τοξικότητας που παρουσιάζει στα θηλαστικά και της σταθερότητάς της.

Εφαρμογή των τροπισμών

“Τροπισμός” είναι ο προσανατολισμός και στη συνέχεια η αντανακλαστική μετατόπιση (θετική ή αρνητική) των εντόμων υπό την επίδραση δεδομένου ερεθίσματος (Μπουχέλος, 2005). Με βάση τον τροπισμό χρησιμοποιούνται παγίδες που στοχεύουν περισσότερο στην ανάδειξη της παρουσίας εντόμων στον χώρο και την εκτίμηση της διακύμανσης του πληθυσμού τους και σπανιότερα προορίζονται για καταπολέμηση.

A. Φωτοτροπισμός

Εφαρμόζεται με χρήση φωτεινών παγίδων και βασίζεται στον θετικό φωτοτροπισμό ιπτάμενων κυρίως εντόμων. Η αποτελεσματικότητά τους για καταπολέμηση σε μεγάλη κλίμακα εντόμων αποθηκών δεν είναι αξιόλογη, ωστόσο παίζουν σπουδαίο ρόλο για την πρόληψη εισόδου ή εγκατάστασης εντόμων σε μια μονάδα.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν αναπτυχθεί οι ηλεκτρικές παγίδες, όπου τα έντομα προσελκύονται από το φως, θανατώνονται στα ηλεκτροφόρα πλέγματα από ρεύμα υψηλής τάσης και πέφτουν σε ειδικό δίσκο συλλογής. Οι εν λόγω παγίδες έχουν αναγνωρισθεί ως ένα σημαντικό μέσο καταπολέμησης σε βιομηχανίες τροφίμων ή φαρμακευτικών προϊόντων, καταστημάτων τροφίμων (κρεοπωλεία, ζαχαροπλαστεία), εστιατορίων, ξενοδοχείων και νοσοκομείων.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι ορισμένα είδη εντόμων, όπως τα *Oryzaephilus surinamensis* και *O. mercator*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum* κ.α., παρουσιάζουν αρνητικό φωτοτροπισμό και άρα δεν μπορούν να ελεγχθούν με τέτοιου είδους παγίδες.



Εικόνα 23: Τύπος ηλεκτρικής φωτεινής παγίδας

(πηγή: http://el.nsns.biz/sredstva-ot-nasekomyx_elektricheskie-unichtozhiteli-nasekomyx.html)

Β. Στερεοτροπισμός

Αναφέρεται στην τάση που έχουν πολλά είδη εντόμων να τοποθετούν το σώμα τους σε επαφή με συμπαγείς επιφάνειες (θετικός στερεοτροπισμός). Σε αυτόν βασίζεται η κατασκευή τεχνικών καταφυγίων (παγίδες) που τοποθετούνται σε ορισμένα σημεία των αποθηκών, συλλέγονται κατά διαστήματα και καταστρέφονται μαζί με τα έντομα που έχουν στο μεταξύ καταφύγει σε αυτές.

Γ. Χημειοτροπισμός

Η ιδιότητα που έχουν τα έντομα να αντιλαμβάνονται από μεγάλες αποστάσεις χαρακτηριστικές οσμές από τις οποίες ελκύονται ή απωθούνται. Απωθητικές ουσίες διαθέτουν και ορισμένα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται για επίταση ή ανάμιξη με προϊόντα. Οι περισσότερο χρησιμοποιημένες ουσίες για την προσέλκυση των εντόμων είναι οι φερομόνες, οι οποίες αποτελούν ουσίες που ελευθερώνονται από έντομα ή άλλα ζώα στην επιφάνεια του σώματός τους ή στο περιβάλλον, επιδρώντας στην συμπεριφορά ή την φυσιολογία σε άτομα του ίδιου συνήθως είδους. Αρκετές από αυτές έχουν βρεθεί, αναπαραχθεί συνθετικά και έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την καταπολέμηση εντόμων αποθηκών. Στην Ελλάδα, δοκιμάστηκαν φερομόνες για είδη της οικογένειας Pyralidae, το *S. cereallela* και το *L. serricorne*, όπου εκτός από την επισήμανση της παρουσίας τους και τον προσδιορισμό και την παρακολούθηση της πυκνότητας του πληθυσμού των παραπάνω εντόμων,

επιτεύχθηκε μια σημαντική μείωση του πληθυσμού αρρένων ατόμων με μαζική παγίδευση (έως και 93%), οπότε και μειώθηκε η αναγκαιότητα εφαρμογής πολλών επεμβάσεων με εντομοκτόνα (Μπουχέλος, 2005).

Οι τύποι των παγίδων με φερομόνη κατηγοριοποιούνται κυρίως με βάση το εάν ο προορισμός τους αφορά την παρακολούθηση ή την καταπολέμηση των εντόμων αποθηκών καθώς και το εάν τα έντομα αυτά βαδίζουν ή πετούν. Έτσι για τα ιπτάμενα έντομα, λαμβάνοντας υπόψη την οπτική προτίμηση που δείχνουν για συγκεκριμένα σχήματα (π.χ. το είδος *P. interpunctella* προτιμά στενές κάθετες ορθογώνιες επιφάνειες), χρησιμοποιούνται παγίδες όπως η “Lasiotrap” από χαρτόνι ή οι παγίδες Στουτγάρδης (σχήματος δέλτα, τύπου τέντας, πτερυγοειδείς). Για τα βαδίζοντα έντομα (κολεόπτερα, προνύμφες), αναγνωρίζοντας την ιδιότητα που έχουν να κρύβονται σε ρωγμές ή σχισμές τοίχων και κατασκευών στις αποθήκες, χρησιμοποιούνται παγίδες όπως το κυματοειδές χαρτόνι, εμποτισμένο με φερομόνη για την προσέλκυση των εντόμων και είτε εντομοκτόνο για την θανάτωση αυτών είτε κολλητική ταινία για την ακινητοποίησή τους. Στην ίδια κατηγορία υπάγεται και η απομίμηση της δειγματοληπτικής σόντας, που χρησιμοποιείται σε σιλό ή σωρούς σιτηρών για παγίδευση κολεοπτέρων. Η σόντα βυθίζεται σε διάφορα μέρη μέσα στην μάζα του προϊόντος, τα έντομα περνούν από τις οπές στο εσωτερικό της παγίδας και πέφτουν στο κατώτερο τμήμα της μέσα από ένα πλαστικό χωνάκι.



Εικόνα 24: Παγίδα Lasiotrap

(πηγή: <http://borgwaldt.hauni.com/en/flavors/monitoring-system/lasiotrap.html>)



Εικόνα 25: Παγίδα τύπου ‘σόντας’ και βύθισή της σε σωρό σπόρων

(πηγή εικ. αριστερά: <https://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/insects/prevention-and-management-of-insects-and-mites-in-farm-stored-grain.html>)

(πηγή εικ. δεξιά: <http://storedgrain.com.au/monitoring-protects-grain/>)

1.4.1.3 Βιολογικές μέθοδοι

Στις βιολογικές μεθόδους η καταπολέμηση των εντόμων αποθηκών γίνεται με την χρήση ζωντανών οργανισμών όπως εντομοφάγα έντομα, εντομοπαθογόνα βακτήρια, ιούς και στείρωμένα ή γενετικά ελαττωματικά άτομα του επιζήμιου είδους.

Εντομοφάγα έντομα

Διακρίνονται σε αρπακτικά και παράσιτα. Τα παράσιτα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα παρασιτοειδή, τα οποία κατά την ανάπτυξή τους καταστρέφουν ζωτικά όργανα του ξενιστή μέχρις ότου ο τελευταίος να πεθάνει, και τα παράσιτα, τα οποία τρέφονται από τον ξενιστή χωρίς να τον σκοτώσουν. Η διαφορά των παράσιτων από τα αρπακτικά έγκειται στο ότι τα πρώτα προσβάλλουν ένα άτομο του ξενιστή καθ’ όλη την διάρκεια της ζωής τους σε αντίθεση με τα αρπακτικά που προσβάλλουν και τρώνε συνήθως περισσότερα από ένα άτομα του ξενιστή.

Η μέθοδος αυτή ενώ έχει περιορισμένες δυνατότητες, δεν μπορεί να καταπολεμήσει πολύ επιζήμια είδη εντόμων και δεν αποτελεί αποτελεσματικότερη μέθοδο καταπολέμησης από την χημική, πλεονεκτεί

όμως στο ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η μείωση του πληθυσμού που επιφέρει έχει μεγάλη διάρκεια λόγω της εγκατάστασης των εντομοφάγων εντόμων στην περιοχή, έχει ελάχιστη δαπάνη από τον καλλιεργητή και είναι ακίνδυνη για το περιβάλλον.

Γενικά, τα παρασιτοειδή ή τα αρπακτικά έντομα πρέπει να απελευθερωθούν πριν το παράσιτο φτάσει σε μεγάλους πληθυσμούς. Οι μαζικές εξαπολύσεις είναι πιο αποτελεσματικές όταν ισχύει η αναλογία 2:1 παρασιτοειδούς προς ξενιστή (Subramanyam and Hagstrum, 2000).

Παράδειγμα χρήσης αρπακτικών εντόμων είναι το *Xylocoris flavipes* της οικογένειας Anthocoridae (Hemiptera), το ποίο χρησιμοποιήθηκε για την καταπολέμηση λεπιδοπτέρων και κολεοπτέρων. Το *X. flavipes* μείωσε ικανοποιητικά τους πληθυσμούς των επιζήμιων εντόμων στις αποθήκες ωστόσο αυτό έγινε μόνο σε έντομα που ήταν ελεύθερα και όχι σε αυτά που βρίσκονταν μέσα σε μάζα χύμα σπόρων ή σε συσκευασμένα προϊόντα. Επίσης, παρασιτοειδή έντομα αποτελούν αυτά των οικογενειών Braconidae, Ichneumonidae και Pteromalidae, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την καταπολέμηση εντόμων του γένους *Cadra* (Lepidoptera) και των γενών *Anthrenus* και *Oryzaephilus* (Coleoptera), χωρίς όμως να είναι ικανά για χρήση σε ευρείας κλίμακας εφαρμογή λόγω της ανικανότητάς τους να εισέρχονται στη μάζα των προϊόντων ή στο εσωτερικό των συσκευασιών.

Μικροβιακή καταπολέμηση

Στόχος της μεθόδου αυτής είναι η μετάδοση ασθενειών στον πληθυσμό του εντόμου με την χρήση μικροοργανισμών. Είναι αποτελεσματικότερη όταν υπάρχουν πυκνοί πληθυσμοί του εντόμου. Τα μικρόβια τυποποιούνται, κυκλοφορούν στην αγορά και χρησιμοποιούνται όπως και τα εντομοκτόνα, με ψεκασμό ή επίπασση.

Το βακτήριο *Bacillus thuringiensis* Berliner θεωρείται ως το γνωστότερο εντομοπαθογόνο βακτήριο που χρησιμοποιείται κυρίως εναντίων των λεπιδοπτέρων.

Ιοί

Τα ιολογικά σκευάσματα χρησιμοποιούνται εναντίον φυλλοφάγων Λεπιδοπτέρων και Υμενοπτέρων και παρουσιάζουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιτυχίας από τα μικροβιακά σκευάσματα, λόγω της μεγαλύτερης εκλεκτικότητας και παθογόνου δύναμης καθώς και της ικανότητας να ζήσουν για χρόνια, μολύνοντας διαδοχικές γενεές του βλαβερού εντόμου.

Καταπολέμηση με στείρωση ή γενετικά

Αφορά την πρόκληση ελαττωμάτων σε άτομα του βλαβερού είδους και στην συνέχεια την χρησιμοποίηση αυτών για την μείωση ή την τέλεια εξάλειψη φυσικών πληθυσμών του ίδιου είδους. Το κύριο ελάττωμα που επιδιώκουμε είναι η ανικανότητα του εντόμου να δώσει βιώσιμους απογόνους (στείρωση), την οποία μπορούμε να προκαλέσουμε με κάποια είδη ακτινοβολίας ή με χημικές ουσίες. Οι γνωστοί τρόποι καταπολέμησης με στείρωση είναι η εξαπόλυση στείρωμένων εντόμων στη φύση και η στείρωση του ίδιου του φυσικού πληθυσμού.

Στις βιολογικές μεθόδους συγκαταλέγονται ωστόσο και η μέθοδος της παρεμπόδισης συνάντησης των δύο φύλων με την χρήση φερομονών, ο συνδυασμός φερομονών για την προσέλκυση των εντόμων σε παγίδες που περιέχουν εντομοπαθογόνα για την ανάπτυξη επιζωοτιών καθώς και η χρήση αιθέριων ελαίων ως αποτρεπτικά βρώσης ή ωτοκίας πάνω στους σπόρους.

1.4.1.4 Ανθεκτικότητα των φυτών ξενιστών

Ο χειρισμός της γενετικής σύνθεσης του ξενιστή έτσι ώστε να είναι ανθεκτικός στην επίθεση παρασίτων ονομάζεται αντίσταση του φυτού - ξενιστή. Εδώ και χρόνια έχουν υπάρξει πολλές επιτυχίες στην αναπαραγωγή ποικιλιών φυτών με αντίσταση σε κάποια παράσιτα και πολλές καλλιέργειες έχουν επιλεγεί για τον σκοπό αυτό. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση δεν έχει επιχειρηθεί σε μεγάλο βαθμό για τα συστήματα προστασίας των αποθηκευμένων προϊόντων, αν και η έρευνα (κυρίως για το ρύζι, καλαμπόκι, σιτάρι) παρείχε στοιχεία για την

χρησιμότητα ανθεκτικών στην αποθήκευση ποικιλιών σιτηρών. Εκτός και αν η έρευνα σχετικά με την ανθεκτικότητα των ποικιλιών στα έντομα αποθηκών ενσωματωθεί στην αναπαραγωγή των φυτών που είναι ανθεκτικά στον τομέα των επιβλαβών εντόμων και ασθενειών, οι δυνατότητες αυτής της τακτικής στην προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων είναι περιορισμένη (NAPHIRE, 1988).

1.4.1.5 Χημικές μέθοδοι

Ως χημική εννοούμε την καταπολέμηση που επιτυγχάνεται με χημικά μέσα, τα οποία αφορούν διάφορες εντομοκτόνες ουσίες που παρουσιάζουν σαφή και μεγάλη εντομοκτόνο ικανότητα εναντίον των εντόμων. Ωστόσο, οι ουσίες αυτές χρησιμοποιούνται και σε συνδυασμό με άλλες (στερωτικές, ανασχετικές της αναπτύξεως ή άλλες ορμονικής δράσεως ουσίες, απωθητικές, αντιβρωτικές, ελκυστικές των εντόμων κ.ά.), οι οποίες δεν σκοτώνουν τα έντομα στις χρησιμοποιούμενες δόσεις, αλλά προκαλούν σε αυτά αντιδράσεις ή ζημιές που καταλήγουν άμεσα ή έμμεσα στην καταπολέμηση.

Κατά κανόνα, τα εντομοκτόνα παράγονται σε τεχνικώς καθαρή μορφή και περιέχουν σε μεγάλο συνήθως ποσοστό την δραστική ουσία (active ingredient), δηλαδή το ενεργό συστατικό του σκευάσματος και σε μικρότερο ποσοστό μια ή περισσότερες άλλες ουσίες. Οι τελευταίες ονομάζονται βοηθητικές ουσίες (adjuncts) και εμπεριέχονται στο σκεύασμα για την βελτίωση ή την πρόσθεση ιδιοτήτων όπως η βρεξιμότητα, η εξαπλωτική ικανότητα σε φυτικές ή άλλες επιφάνειες, η προσκολλητική ικανότητα, η σταθερότητα, η ελκυστικότητα της δραστικής ουσίας, καθώς και η αποφυγή διαβρώσεως των δοχείων συσκευασίας ή των μηχανών εφαρμογής, την άνετη διασπορά με τις ψεκαστικές μηχανές, την μείωση του κινδύνου για τα καλλιεργούμενα φυτά, τα ζώα και τον άνθρωπο κ.α.

Ανάλογα με τον τρόπο που δρα η δραστική ουσία, τα εντομοκτόνα διακρίνονται σε επαφής, στομάχου, διασυστηματικά και αέρια.

Είδη (τύποι) σκευασμάτων:

Σκόνες • Κοκκώδη σκευάσματα • Ξηρά δολώματα • Οργανικά διαλύματα • Γαλακτωματοποιήσιμα σκευάσματα • Βρέξιμες σκόνες • Σκευάσματα υπέρμικρου όγκου • Αέρια σκευάσματα • Σκευάσματα υπό πίεση • Μικροκάψουλες

Για την καταπολέμηση εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων χρησιμοποιούνται εντομοκτόνα με οργανικές ουσίες, τα κυριότερα από τα οποία είναι τα πυρεθροειδή, τα οργανοφωσφορικά και τα νεονικοτινοειδή. Εντομοκτόνα με ανόργανες ουσίες όπως μεταλλικές ενώσεις αρσενικού, μολύβδου κ.α. και μη μεταλλικές ενώσεις θείου, φθορίου κ.α., έχουν απαγορευτεί λόγω της υψηλής τοξικότητάς τους. Εξαίρεση στα ανόργανα εντομοκτόνα αποτελεί η χρήση της γης των διατόμων σε προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης στα αποθηκευμένα προϊόντα και της φωσφίνης.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι κανένα εντομοκτόνο μέχρι σήμερα δεν έχει αναπτυχθεί ειδικά για την προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων λόγω του σχετικά χαμηλού όγκου των πωλήσεων που προβλέπεται για μετασυλλεκτική εφαρμογή, η οποία είναι ανεπαρκής για να δικαιολογήσει το υψηλό κόστος απόκτησης της αρχικής εγγραφής. Όλα όσα θα αναφερθούν, χρησιμοποιούνταν έως γενικής χρήσης εντομοκτόνα μέχρις ότου να διαπιστωθεί η καταλληλότητά τους για εφαρμογή στα αποθηκευμένα αγροτικά προϊόντα.

A. Συνθετικές οργανικές ενώσεις με δράση στο νευρικό σύστημα

Στο νευρικό σύστημα δρουν πέντε σημαντικές ομάδες συνθετικών οργανικών εντομοκτόνων, δηλαδή τα οργανοχλωριωμένα, τα οργανοφωσφορικά, τα καρβαμιδικά, τα πυρεθροειδή και τα νεονικοτινοειδή.

ΟΡΓΑΝΟΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ

Ιστορική αναδρομή

Ο πρώτος οργανοφωσφορικός εστέρας που αναγνωρίστηκε ως ισχυρό διασυστηματικό εντομοκτόνο ήταν το schradan (οκταμεθυλοπυροφωσφοραμιδικός εστέρας), το οποίο συντέθηκε από τον Schrader (Γερμανία) το 1941. Λόγω της μεγάλης όμως τοξικότητας που παρουσίαζε στα θηλαστικά πολύ σύντομα αντικαταστάθηκε από τα εντομοκτόνα της σειράς του dementon. Ο ίδιος ανακάλυψε και τις εντομοκτόνες ιδιότητες του τετρααίθυλο πυροφωσφορικού εστέρα (TEPP), ο οποίος θεωρείται ως το πρώτο οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο με πραγματική εφαρμογή στην προστασία της γεωργικής παραγωγής.

Σήμερα, τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα αποτελούν μία από τις μεγαλύτερες ομάδες εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται. Αξίζει να σημειωθεί ότι έως το 2003, από τα 200 περίπου δραστικά συστατικά των εντομοκτόνων που κυκλοφορούσαν στην Ελλάδα τα 90 περίπου ήταν οργανοφωσφορικοί εστέρες, ενώ παγκοσμίως υπήρχαν εγγεγραμμένα 311 οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα.

Χημική δομή και φυσικοχημικές ιδιότητες

Είναι ουδέτεροι εστέρες του φωσφορικού, φωσφοροθειονικού, πυροφωσφορικού και φωσφοραμιδικού οξέος με άριστη υδατοδιαλυτότητα και λιποφιλικότητα, ώστε να απορροφούνται από τον εξωσκελετό και τις πλασματικές μεμβράνες των εντόμων, ακάρεων και άλλων εχθρών.

Λόγω του ηλεκτρονιόφιλου χαρακτήρα του φωσφόρου στο μόριό τους, δίνουν χαρακτηριστικές αντιδράσεις όπως :

1. Υδρόλυση: όλοι οι οργανοφωσφορικοί εστέρες είναι ευαίσθητοι σε υδρολυτικές συνθήκες. Η ταχύτητα υδρόλυσης των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων έχει μεγάλη σημασία επειδή η υδρόλυση είναι αντίδραση που οδηγεί στην κατάργηση της βιολογικής

τους δράσης και την ταχεία απέκκριση τους από τους ζωικούς οργανισμούς.

2. Φωσφορυλίωση και αλκυλίωση: είναι δυο αντιδράσεις υποκατάστασης των εστέρων του πεντασθενούς φωσφόρου με πυρηνόφιλα αντιδραστήρια. Οι αντιδράσεις φωσφορυλίωσης έχουν μεγάλη σημασία στις βιολογικές δράσεις των οργανοφωσφορικών (αναστολή ακετυλοχολινεστεράσης και άλλων εστερασών).
3. Ισομερισμός θείου σε θείοιο ενώσεις: η παρουσία προϊόντων ισομερισμού στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα που κυκλοφορούν στην αγορά έχει ιδιαίτερο τοξικολογικό ενδιαφέρον, διότι οι ουσίες αυτές είναι συνήθως τοξικότερες και μερικές από αυτές θεωρούνται υπεύθυνες για την εμφάνιση συμπτωμάτων εκφυλισμού της μυελίνης του νευρικού συστήματος.
4. Οξειδωση: η οξειδωτική αποθείωση αποτελεί την σημαντικότερη οξειδωτική αντίδραση των οργανοφωσφορικών και είναι η μετατροπή φωσφοροθειονικών εστέρων προς τους αντίστοιχους φωσφορικούς εστέρες.
5. Φωτοχημικές αντιδράσεις: τα οργανοφωσφορικά παρουσιάζουν ευαισθησία στην επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας δίνοντας μια σειρά αντιδράσεων από τις οποίες ορισμένες είναι αντιδράσεις ενεργοποίησης και άλλες αντιδράσεις οξειδωτικής αποδόμησης. Οι αντιδράσεις αυτές έχουν φυτοπροστατευτικό και τοξικολογικό ενδιαφέρον.

Μηχανισμός δράσης

Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα είναι δηλητήρια του νευρικού συστήματος και δρουν στις χολινεργικές συνάψεις που βρίσκονται στο κεντρικό νευρικό σύστημα των εντόμων (αναστέλλουν την δράση της ακετυλοχολινεστεράσης AchE), με αποτέλεσμα να προκληθεί ο ακαριαίος θάνατος του εντόμου. Υπάρχει η άποψη, όσον αφορά την αλληλουχία των αντιδράσεων που οδηγούν στον θάνατο των εντόμων ότι λόγω της αναστολής του συστήματος AchE-Ach στο κεντρικό νευρικό σύστημα των εντόμων προκαλείται παράλυση

και απώλεια υγρών από το πεπτικό σύστημα και το έντομο πεθαίνει τελικά λόγω αφυδάτωσης.

Κυριότερες οργανοφωσφορικές εντομοκτόνες ουσίες

- Pirimiphos methyl

Είναι εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο επαφής και αναπνοής, αποτελεσματικό σε ευρύ φάσμα εντόμων και ακάρεων πολλών καλλιεργειών και αποθηκών καθώς και εναντίον διπτέρων και ορθοπτέρων σε σταύλους. Χρησιμοποιείται επίσης και για την καταπολέμηση εντόμων που έχουν αποκτήσει ανθεκτικότητα στα οργανοχλωριωμένα και στο malathion. Πρόκειται για εστέρα πυριμιδίνης με μικρή τοξικότητα στα θηλαστικά ($LD_{50} = 1414 \text{ mg/Kg}$). Στην αγορά κυκλοφορεί με το εμπορικό όνομα Actellic με πεδίο εφαρμογής σε αποθηκευμένα προϊόντα (σπόροι σιτηρών και προϊόντα άλεσης τους) για την καταπολέμηση των *Ephestia* sp., *Lasioderma* sp., *Oryzaephilus* sp., *Plodia* sp., *Sitophilus* sp., *Tribolium* sp., *Bruchus* sp., *Callandra* sp. κ.α.

- Fenitrothion

Είναι μη διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου, συγγενές με το methyl parathion και εμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '60.

Προέκυψε από την αντικατάσταση του ατόμου χλωρίου στο chlothion από μια μέθυλο ομάδα που μείωσε την οξεία τοξικότητα στα θηλαστικά ($LD_{50} = 330 \text{ mg/Kg}$) χωρίς αντίστοιχη μείωση της εντομοκτόνου δράσης του.

Πρόκειται για εντομοκτόνο μεγάλης διάρκειας και ευρέως φάσματος δράσης, αποτελεσματικό εναντίον μασητικών και μυζητικών εντόμων, διπτέρων, κολεοπτέρων και ημιπτέρων σε πολλές καλλιέργειες. Χρησιμοποιείται επίσης για τον έλεγχο εντόμων αποθηκών, ακρίδων, εντόμων υγειονομικής σημασίας και εκτοπαρασίτων των παραγωγικών ζώων. Στην αγορά κυκλοφόρησε με τα εμπορικά ονόματα FENTPON (50 EC) και IPM (40 CS).

- Malathion

Ιστορικά, βγήκε στο εμπόριο το 1950, αποτελεί ένα σημαντικό και ευρέως χρησιμοποιημένο εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο επαφής, στομάχου και αναπνοής και είναι το πρώτο οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο που συνδυάζει ευρύ φάσμα εντομοκτόνου δράσης και σχετικά χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά ($LD_{50} = 1178 \text{ mg/Kg}$). Η εκλεκτικότητα οφείλεται στην ταχεία μεταβολική οξειδωση από τα έντομα σε μια πιο τοξική ουσία, το malaoxon, ενώ στα θηλαστικά, λόγω της παρουσίας πιο δραστικών καρβοξυεστερασών, αποτοξινώνεται γρήγορα με υδρόλυση των καρβοξυλικών του εστέρων και τα προϊόντα υδρόλυσης απεκκρίνονται γρήγορα με τα ούρα.

Χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση ημιπτέρων, λεπιδοπτέρων, υμενόπττερων, κολεόπττερων, διπτέρων και θριπών σε πολλές καλλιέργειες και σε αποθηκευμένα προϊόντα, σε απολυμάνσεις σταύλων, στον έλεγχο αρθρόποδων φορέων ασθενειών στη δημόσια υγεία και εκτοπαρασίτων των ζώων και του ανθρώπου. Κυκλοφόρησε με πολλά εμπορικά ονόματα (MALATOX, ENTOMOZAL, CARBAMAL κ.α.).

- Dichlorvos

Εμφανίστηκε το 1959, ως εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο επαφής, στομάχου και ασφυκτικό με πολύ γρήγορη εντομοκτόνο δράση (knockdown effect). Εμφανίζει μεγάλη υδατοδιαλυτότητα και μικρή υπολειμματική δράση. Είναι αποτελεσματικό εναντίον μυζητικών και μασητικών εντόμων και ακάρεων σε πολλές καλλιέργειες και στην αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών και οικοδίαιτων δίπτερων εντόμων. Βγήκε στην αγορά με ονόματα όπως τα Dedevar, Didipan, Agat κ.α.

- Chlorpyrifos methyl

Εισήχθη στα μέσα της δεκαετίας του '80 και πρόκειται για μη διασυστηματικό εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο επαφής στομάχου και ασφυκτικό με δράση κατά κολεοπτέρων, διπτέρων, ομόπττερων και λεπιδοπτέρων στα σιτηρά και σε πολλές άλλες καλλιέργειες. Είναι επίσης

αποτελεσματικό εναντίον εντόμων αποθηκών και για τον έλεγχο κουνουπιών ιδιαίτερα του γένους *Anopheles*. Σήμερα, κυκλοφορεί με τα εμπορικά ονόματα Reldan, Daskor και Neorel.

ΚΑΡΒΑΜΙΔΙΚΑ ENTOMOKTONA

Ιστορική αναδρομή: Η ανάπτυξη αυτής της ομάδας εντομοκτόνων βασίστηκε στην φυσοστιγμίνη (physostigmine) ή εσερίνη, ένα αλκαλοειδές με ισχυρή ανιχολινεστερασική δράση που βρίσκεται στους σπόρους του φυτού *Physostigma venenosum*. Ανακαλύφθηκαν το 1947 από τον Gysin και τους συνεργάτες του σε μια προσπάθεια ανακάλυψης εντομοαπωθητικών ουσιών μεταξύ N,N-διμεθυλοκαρβαμιδικών εστέρων. Το πρώτο καρβαμιδικό ήταν το dimetilan, το οποίο ακολούθησαν και άλλα N,N-διμεθυλοκαρβαμιδικά, ωστόσο επειδή τα περισσότερα ήταν πολύ τοξικά για τα θηλαστικά δεν χρησιμοποιήθηκαν.

Χημική δομή και φυσικοχημικές ιδιότητες: Σήμερα, τα καρβαμιδικά διακρίνονται στους αρωματικούς και ετεροκυκλικούς καρβαμιδικούς εστέρες και στις αλειφατικές οξίμες. Εκτός εξαιρέσεων, είναι κρυσταλλικά και δεν έχουν ισχυρή οσμή όπως τα οργανοφωσφορικά, ωστόσο υφίστανται οξειδώσεις με την έκθεση στον αέρα και την ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα σε υψηλές θερμοκρασίες να διασπώνται δίνοντας χαρακτηριστική οσμή μέθυλο-ισοκυανίου. Έχουν σχετικά υψηλό σημείο ζέσεως και μέτρια σταθερότητα κατά την αποθήκευση, διασπώνται αργά στα υδατικά διαλύματα με την ταχύτητα να αυξάνει με τη θερμοκρασία και την αλκαλικότητα του νερού. Τα περισσότερα είναι πολύ τοξικά για τα θηλαστικά και δεν έχουν μεγάλη υπολειμματική δράση.

Μηχανισμός δράσης: Τα καρβαμιδικά είναι αναστολείς της ακετυλοχολινεστεράσης και δρουν όπως και τα οργανοφωσφορικά. Απορροφούνται εύκολα από το εντερικό σύστημα και διακινούνται στους ιστούς και τα όργανα δια του κυκλοφοριακού συστήματος, παράλληλα όμως διερχόμενα από το ήπαρ και άλλα όργανα των ανωτέρων ζώων

μεταβολίζονται σε προϊόντα με μικρότερη ή μεγαλύτερη τοξικότητα. Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται μετά 15 - 30 λεπτά μετά την λήψη του φαρμάκου και ο θάνατος προέρχεται από ασφυξία συνδεδεμένη με σύμπτυξη βρογχιόλων και παράλυση του αναπνευστικού κέντρου του εγκεφάλου ή αναπνευστικών μυών.

Κυριότερα καρβαμιδικά εντομοκτόνα

- Bendiocarb

Είναι διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου που χαρακτηρίζεται από ταχεία (knockdown) δράση, καλή υπολειμματική διάρκεια και $LD_{50}=40 - 150\text{mg/Kg}$. Είναι αποτελεσματικό εναντίον πολλών εντόμων υγειονομικής σημασίας και εντόμων αποθηκών. Κυκλοφορεί με τα εμπορικά ονόματα Ficam, Garvox, Seedox κ.α.

ΠΥΡΕΘΡΟΕΙΔΗ ENTOMOKTONA

Ιστορική αναδρομή: Ήδη από τον περασμένο αιώνα είχε διαπιστωθεί ότι τα ξερά άνθη ορισμένων ειδών της οικογένειας Compositae του γένους *Chrysanthemum* και κυρίως στα είδη *Chrysanthemum cinerariaefolium* είχαν εντομοκτόνες ιδιότητες. Το *C. cinerariaefolium* καλλιεργήθηκε για παραγωγή εντομοκτόνου πρώτα στην Γιουγκοσλαβία, μετά στην Ιαπωνία και τελευταία σε κάποιες χώρες της Αφρικής. Παλιότερα κυκλοφορούσαν στο εμπόριο τα αλεσμένα ξερά άνθη του φυτού που ήταν γνωστά ως “δαλματική εντομοκτόνος σκόνη” ή “σκόνη πυρέθρου”, ωστόσο πλέον στο εμπόριο κυκλοφορεί ως τεχνικό καθαρό προϊόν, πυκνό εκχύλισμα των ανθέων του πύρεθρου σε κατάλληλο οργανικό διαλύτη που περιέχει συνήθως 25% πυρεθρίνες.

Με βάση τις φυσικές πυρεθρίνες, έγινε η σύνθεση των συνθετικών πυρεθροειδών, τα οποία ενώ έχουν τις ιδιότητες των πυρεθρινών, χαρακτηρίζονται από πιο μεγάλη εντομοτοξικότητα σε σχέση με τις φυσικές πυρεθρίνες αλλά και με πολλά άλλα οργανικά συνθετικά εντομοκτόνα ευρείας

χρήσεως. Η ανάπτυξη των πυρεθροειδών συνεχίζεται μέχρι και σήμερα και η επιτυχία της βελτίωσής τους στηρίχθηκε σε συστηματικές μελέτες της σχέσης μεταξύ δομής και δράσης των μορίων, έχοντας ως πρότυπο την δομή κυρίως της πυρεθρίνης I.

Χημική δομή και φυσικοχημικές ιδιότητες: Το πύρεθρο βρίσκεται στην φυσική του μορφή στα ξερά άνθη του *C. cinerariaefolium* και είναι μίγμα πολλών ουσιών, εκ των οποίων όμως εντομοκτόνο δράση παρουσιάζουν μόνο οι πυρεθρίνες (πυρεθρίνη, κινερίνη, γιασμολίνη). Το ποσοστό των πυρεθρινών που περιέχονται στις ξερές ανθικές κεφαλές κυμαίνεται από 0,7-3% και ενώ οι πυρεθρίνες διακρίνονται σε εκείνες της σειράς I, που είναι εστέρες του χρυσανθεμικού οξέος και της σειράς II, που είναι εστέρες του πυρεθρικού οξέος.

Τα πρώτα πυρεθροειδή που είχαν κυκλοφορήσει (allethrin, bioallethrin, resmethrin, bioresmethrin, cismethrin, phenothrin) προέρχονταν από την εστεροποίηση του χρυσανθεμικού οξέος με διάφορες αλκοόλες. Τα πυρεθροειδή της σειράς του permethrin (cypermethrin, decamethrin, bifenthrin, cyhalothrin κ.α) είναι εστέρες διαλογονωμένων παραγώγων του χρυσανθεμικού οξέος με διάφορες αλκοόλες. Τα πυρεθροειδή της σειράς του fenvalerate (fluvalinate, flucythrinate, cycloprothrin) είναι εστέρες υποκατεστημένων αλειφατικών οξέων ή αμινοξέων εστεροποιημένων με αλκοόλες της προηγούμενης ομάδας ή άλλες αλκοόλες.

Τα πυρεθροειδή είναι λιπόφιλες ενώσεις με μικρή ή πρακτικώς καμία διαλυτότητα στο νερό. Λόγω της εστερικής τους φύσης είναι ευαίσθητα σε ισχυρά όξινο και αλκαλικό περιβάλλον και οξειδώνονται εκτεθιμένα στο φως και στον αέρα. Έχουν μικρή ανθεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες και η πτητικότητα τους κυμαίνεται από μέτρια έως ελάχιστη. Σε καθαρή μορφή είναι λευκές, κρυσταλλικές ουσίες, ενώ σε τεχνικώς καθαρή μορφή είναι παχύρρευστα, κιτρινωπά ή καστανόχρωμα υγρά. Αρκετά από τα πυρεθροειδή που δεν περιέχουν αλογόνα στο μόριό τους έχουν σχετικά υψηλή τάση ατμών, ιδιότητα πολύ σημαντική για την καταπολέμηση κυρίως σε κλειστούς χώρους, επειδή εισχωρούν σε σχισμές και σε θέσεις όπου βρίσκονται τα έντομα-στόχοι.

Μηχανισμός δράσης: Τα πυρεθροειδή είναι μη διασυστηματικά εντομοκτόνα επαφής, στομάχου ή αναπνευστικού συστήματος που δρουν ως δηλητήρια του νευρικού συστήματος. Παρεμποδίζουν τη μετάδοση των νευρικών σημάτων προσυναπτικά. Συγκεκριμένα, προσκολλώνται στις πρωτεϊνικές υπομονάδες των διαύλων ιόντων νατρίου, στις μεμβράνες των τελικών κλωνίων του νευράξονα και προκαλούν παρατεταμένο άνοιγμα των διαύλων, που έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ιόντων και τη διατάραξη της ευαίσθητης ισορροπίας μεταξύ ιόντων νατρίου και καλίου στο περιβάλλον των νευρικών κυττάρων.

Με βάση τον τρόπο δράσης, τα πυρεθροειδή διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

1. στα πυρεθροειδή τύπου I τα οποία πριν θανατώσουν τα έντομα, τα ζαλίζουν (Knockdown Effect). Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα allethrin, bioallethrin, cismethrin, resmethrin, tetramethrin, kadethrin, phenothrin, που είναι αυτά που δεν περιέχουν στον μόριό τους α-κυανο-μ-φαινοξυ-βενζυλική αλκοόλη και
2. στα πυρεθροειδή τύπου II τα οποία θανατώνουν αμέσως το έντομο και που σε αυτά ανήκουν όλα τα υπόλοιπα, που είναι εστέρες της α-κυανο-μ-φαινοξυ-βενζυλικής αλκοόλης και παρεμφερείς αλκοόλες.

Ενώ παρουσιάζουν μεγάλη τοξικότητα στα έντομα και σε άλλα αρθρόποδα με γρήγορη δράση και ικανότητα κατάρριψης (knock down), όταν δοθούν σε θηλαστικά με κατάποση ή στο δέρμα αποβάλλονται ανέπαφα από αυτά. Δεν συμβαίνει το ίδιο όμως αν δοθούν με ένεση, όπου η τοξικότητά τους σε αυτή την περίπτωση είναι μεγάλη. Ένα άλλο πλεονέκτημά τους είναι η μικρή τους επίδραση στην εδαφική μικροχλωρίδα, λόγω της αποικοδόμησής τους από τους μικροοργανισμούς του εδάφους (Τζανακάκης, 1980).

Κυριότερα πυρεθροειδή εντομοκτόνα:

- Deltamethrin

Μη διασυστηματικό ισχυρό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου γνωστό με το εμπορικό όνομα Decis. Είναι αποτελεσματικό σε ευρύ φάσμα εντόμων

κολεοπτέρων, λεπιδοπτέρων, ημιπτέρων, θυσανοπτέρων σε πολλές καλλιέργειες, καθώς και ακρίδων και άλλων εντόμων εδάφους, εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων και ξυλείας και εκτοπαρασίτων των αγροτικών ζώων.

- Phenothrin

Μη διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου που πρωτοεμφανίστηκε το 1976, στην Ιαπωνία με το όνομα Sumithrin. Χαρακτηρίζεται από ταχεία (knockdown) δράση εναντίον επιβλαβών εντόμων αλλά και ακαρέων υγειονομικής σημασίας. Χρησιμοποιείται επίσης στην προστασία αποθηκευμένων προϊόντων.

- Tralomethrin (saga, scout, tralate)

Μη διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου, αποτελεσματικό εναντίον κολεοπτέρων, λεπιδοπτέρων, ομοπτέρων και ορθοπτέρων σε πολλές καλλιέργειες, κατά εντόμων εδάφους, ξυλείας και αποθηκευμένων προϊόντων.

- Permethrin (ambush)

Μη διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου αποτελεσματικό κατά πολλών φυλλοφάγων και καρποφάγων λεπιδοπτέρων και κολεοπτέρων σε πολλές καλλιέργειες, εναντίον εκτοπαρασίτων ζώων και εντόμων υγειονομικής σημασίας.

- Cypermethrin

Μη διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου, μίγμα τεσσάρων ισομερών (alpha, beta, theta zeta), που παρουσιάζει και αντιτροφικές ιδιότητες. Χαρακτηρίζεται από καλή υπολειμματική διάρκεια και είναι αποτελεσματικό κυρίως εναντίον λεπιδοπτέρων αλλά και κολεοπτέρων, διπτέρων, ημιπτέρων κ.α. σε πολλές καλλιέργειες. Είναι αποτελεσματικό και εναντίον εκτοπαρασίτων ζώων και εντόμων υγειονομικής σημασίας.

- Cyfluthrin

Μη διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου που εισήχθη στην γεωργική πράξη το 1983 (Baythroid) και στη δημόσια υγεία (Baygon aerosol, Solfac). Χαρακτηρίζεται από γρήγορη (knockdown) δράση και μεγάλη υπολειμματική διάρκεια. Είναι αποτελεσματικό εναντίον πολλών λεπιδοπτέρων, κολεοπτέρων και ομοπτέρων στα σιτηρά, το βαμβάκι, τα οπωροφόρα και τα κηπευτικά. Είναι αποτελεσματικό και εναντίον ακρίδων, εντόμων αποθηκεύμενων προϊόντων και εκτοπαρασίτων ζώων.

- Lambda-cyhalothrin

Η δραστική αυτή ουσία ανήκει στον δεύτερο τύπο πυρεθροειδών και αποτελείται από το πιο δραστήριο ζεύγος εναντιομερών της cyhalothrin, με το ίδιο φάσμα εντομοκτόνου δράσης αλλά μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και δραστικότητα. Εφαρμόζεται εναντίον κολεοπτέρων, λεπιδοπτέρων, ημίπττερων, δίπττερων καθώς και εναντίον εντόμων υγειονομικής σημασίας όπως τσιμπούρια, κατσαρίδες, κουνούπια κ.α. Παρουσιάζει εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο δράση και εκτός των ενηλίκων χρησιμοποιείται και ως προνυμφοκτόνο και ωοκτόνο (WHO, 1990).

ΟΡΓΑΝΟΧΛΩΡΙΩΜΕΝΑ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ

Ιστορική αναδρομή: Το πιο σημαντικό μέλος της ομάδας είναι το DDT, όπου συντέθηκε πρώτη φορά από τον Zeidler το 1824. Ο Muller το 1939 ήταν ουσιαστικά ο πρώτος που το συνέθεσε ως εντομοκτόνο. Κυκλοφόρησε στο εμπόριο το 1942 και άρχισε να παρασκευάζεται σε εμπορική κλίμακα κατά τον II Παγκόσμιο Πόλεμο. Στην Ευρώπη μόνο σε ένα μήνα, 1 εκατομμύριο άνθρωποι κυριολεκτικά ψεκάστηκαν με DDT. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε σε όλο το κόσμο, όπου έσωσε εκατομμύρια ζωές από την ελονοσία.

Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται οργανικά χλωριούχα εντομοκτόνα, τα περισσότερα των οποίων είναι πολυχλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, που ως τεχνικώς καθαρές είναι στερεά ή υγρά με μικρή πτητικότητα. Η μεγάλη

υπολειμματική διάρκεια, η μεγάλη εξ' επαφής εντομοτοξικότητα, το ευρύ φάσμα εντομοτοξικότητας και η σχετικά χαμηλή τιμή ορισμένων (DDT, HCH), οδήγησαν στη σύνθεση και προσφορά στην αγορά πολλών άλλων οργανικών συνθετικών εντομοκτόνων της ίδιας ομάδας.

Με περαιτέρω μελέτες όμως αναδείχθηκε η αθροιστική τους ιδιότητα, δηλαδή η ικανότητά τους να εναποτίθενται και να συσσωρεύονται στον λιπώδη ιστό και σε διάφορα όργανα των οργανισμών, όπου μένουν σχεδόν αναλλοίωτα για πολύ καιρό, η ικανότητα να μετακινούνται μέσω των τροφικών αλυσίδων με αποτέλεσμα την οικολογική μεγέθυνση της συγκεντρώσεώς τους σε έμβια όντα και κυρίως ανώτερα ζώα, η καρκινογόνος δράση τους όταν βρεθούν σε μεγάλες συγκεντρώσεις στους οργανισμούς, η ανάπτυξη εθισμού των εντόμων σε αυτά, η σχετικά εύκολη είσοδός του από το δέρμα και η χημική τους σταθερότητα που βοηθά στην μη αλλοίωσή τους στο έδαφος και στο νερό για πολλά χρόνια και δημιουργούν κινδύνους για τον άνθρωπο και το ωφέλιμο περιβάλλον, κινδύνους που κατέληξαν σε περιορισμό και απαγόρευσή τους σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο (Τζανακάκης, 1980).

ΝΕΟΝΙΚΟΤΙΝΟΕΙΔΗ

Ιστορική αναδρομή: Εκχυλίσματα καπνού χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν για την προστασία φυτών στα θερμοκήπια, ωστόσο δεν χρησιμοποιήθηκαν στον αγρό λόγω του ότι είναι πολύ επικίνδυνα στη χρήση τους λόγω υψηλής οξείας τοξικότητας αλλά και επειδή φωτοδιασπώνται και μεταβολίζονται γρήγορα και συνεπώς η αποτελεσματικότητά τους στον αγρό είναι μειωμένη. Έτσι, πρότυπο για την ανάπτυξη των νεονικοτινοειδών αποτέλεσε η δομή της νικοτίνης και γι' αυτό το πρώτο μέλος της ομάδας η nithiazine (πρώτη γενιά νεονικοτινοειδών) παρουσίασε παρόμοια δράση με την νικοτίνη, ωστόσο το φάρμακο δεν κυκλοφόρησε στο εμπόριο ως γεωργικό εντομοκτόνο λόγω της υψηλής φωτοευαισθησίας και της ταχείας αποδόμησης της από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ανακάλυψη των εντομοτοξικών ιδιοτήτων του nithiazine έγινε από τους ερευνητές της εταιρίας Shell. Έπειτα, ερευνητές της Nihon Bayer στηριζόμενοι στην πληροφορία αυτή, δημιούργησαν μια σειρά

συνθετικών αναλόγων της νικοτίνης. Το imidacloprid (1990) ήταν το πρώτο νεονικοτινοειδές που εμφανίστηκε στην γεωργική πράξη και ήταν η αρχή για την δεύτερη γενιά των νεονικοτινοειδών, ενώ το dinotefuram ήταν η αρχή για την τρίτη γενιά αυτών.

Μηχανισμός δράσης: Η δράση τους οφείλεται στην δέσμευση των μετασυναπτικών (νικοτινικών) υποδοχέων της ακετυλοχολίνης στο περιφερειακό σύστημα των εντόμων. Σε αντίθεση με τα οργανοφωσφορικά και τα καρβαμιδικά εντομοκτόνα τα νεονικοτινοειδή δεν παρεμποδίζουν την ακετυλοχολινεστεράση, η οποία ελέγχει τη συγκέντρωση της ακετυλοχολίνης στο συναπτικό διάκενο. Αποτέλεσμα της δέσμευσης των υποδοχέων της ακετυλοχολίνης είναι η παρεμπόδιση της φυσιολογικής μετάδοσης των νευρικών σημάτων μεταξύ των νευρικών κυττάρων, η διαρκής υποδιέγερση, η πρόκληση νευρικών σπασμών, η παράλυση και τελικά ο θάνατος του εντόμου. Τα νεονικοτινοειδή ως ομάδα είναι αποτελεσματικά εναντίον εντόμων με μυζητικά στοματικά μόρια (αφίδες, θρίπες, αλευρώδεις κ.α.) και τούτο διότι λόγω των ιδανικών φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων έχουν ικανοποιητική διασυστηματική δράση. Για τον ίδιο λόγο όμως παρουσιάζουν μειωμένη αποτελεσματικότητα ως εντομοκτόνα επαφής διότι απορροφούνται γρήγορα και μετακινούνται εντός της φυτικής μάζας. Επίσης, έχουν μειωμένη αποτελεσματικότητα εναντίον των προνυμφών Λεπιδοπτέρων. Έχουν σημαντική φωτοευαισθησία, μικρότερη ωστόσο από αυτή της νικοτίνης, λόγω όμως της ταχείας πρόσληψης από τα φυτά δεν επηρεάζεται η αποτελεσματικότητά και η υπολειμματική τους δράση.

Κυριότερο νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα

- Thiamethoxam

Πρόκειται για διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου που εισήχθηκε στη γεωργική πράξη το 1998 και είναι αποτελεσματικό εναντίον αφίδων, αλευρωδών, θριπών και άλλων μυζητικών εντόμων καθώς και Κολεοπτέρων και μερικών Λεπιδοπτέρων σε πολλές καλλιέργειες. Χρησιμοποιείται επίσης για τον έλεγχο Διπτέρων υγειονομικής και κτηνιατρικής σημασίας.

B. Οργανικές ενώσεις φυτικής προέλευσης με δράση στο νευρικό σύστημα

ΣΠΙΝΟΣΙΝΕΣ

Οι σπινουσίνες είναι δευτερογενείς μεταβολίτες του ακτινομύκητα εδάφους *Saccharopolyspora spinosa* και πρωτοανακαλύφθηκαν το 1982, από την εταιρία Elli Lilly & Co. Παράγονται κατά την αερόβια ζύμωση καλλιέργειας του ακτινομύκητα σε θρεπτικό υπόστρωμα. Οι πιο δραστικές και γνωστές μέχρι σήμερα σπινουσίνες είναι οι σπινουσίνες A και D που παράγονται σε μίγμα A (50 - 95%) και D (5 - 50%), το οποίο και κυκλοφορεί παγκοσμίως με την ονομασία Spinosad. Οι σπινουσίνες είναι μακροκυκλικές λακτόνες, περιέχουν δηλαδή στο μόριό τους ένα χαρακτηριστικό τετρακυκλικό σκελετό, αποτελούμενο από δύο πενταμελείς, έναν εξαμελή και έναν δεκατριαμελή δακτύλιο και δύο μόρια σακχάρου. Είναι ασθενείς βάσεις και η υδατοδιαλυτότητά του εξαρτάται από το pH του μέσου. Ως προς το βιοχημικό μηχανισμό δράσης έχει βρεθεί ότι οι σπινουσίνες προσκολλώνται σε πρωτεϊνικές υπομονάδες των υποδοχέων της ακετυλοχολίνης αλλά με διαφορετικό τρόπο από την νικοτίνη και τα νεονικοτινοειδή και δευτερευόντως στους υποδοχείς του γ-αμινοβουτυρικού οξέος (GABA). Αποτέλεσμα της δράσης αυτής είναι η διατάραξη της κανονικής μετάδοσης των νευρικών σημάτων. Έχουν εξαιρετική και ταχεία εντομοκτόνο δράση εναντίον αφίδων, δίπτερων, κατσαριδών, τερμιτών και ακάρεων, όμως παρουσιάζουν ισχυρότατη δράση εναντίον ατελών μορφών λεπιδοπτέρων.

Το Spinosad εισήχθη στην γεωργική πράξη το 1997 και είναι κρυσταλλική σκόνη ανοιχτού γκριζου - λευκού χρώματος με ελαφριά οσμή. Έχει μικρή τάση ατμών και θεωρείται μη πτητικό. Δρα σε δυο σημεία του νευρικού συστήματος, στους νικοτινικούς υποδοχείς της ακετυλοχολίνης με μηχανισμό που, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, είναι διαφορετικός από εκείνον των νεονικοτινοειδών και νικοτινοειδών και στους υποδοχείς της GABA, όπως και οι αβερμεκτίνες, χωρίς όμως να έχει τον ίδιο μηχανισμό δράσης με αυτές. Προκαλεί ταχεία υπερδιέγερση του νευρικού συστήματος που οδηγεί στην παράλυση εντός μερικών λεπτών και τον θάνατο, ο οποίος όμως επέρχεται αργότερα μετά την πάροδο ακόμα και δυο ημερών. Έτσι συνίσταται η

αναμονή μέχρι και 3 ημέρες μετά τον ψεκασμό για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του εντομοκτόνου.

Γ. Συνθετικές οργανικές ενώσεις με δράση στα συστήματα παραγωγής ενέργειας

Μηχανισμός δράσης: Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί απαιτούν μια συνεχή ροή ελεύθερης ενέργειας για την πραγματοποίηση των διαφόρων μεταβολικών διεργασιών. Προσλαμβάνουν την ενέργεια για τις κυτταρικές λειτουργίες και την ανάπτυξή τους από την οξειδωση των τροφών κυρίως μέσω του κύκλου Krebs, του κυτοχρωμικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρονίων (αναπνευστική αλυσίδα) προς το οξυγόνο και του συστήματος οξειδωτικής φωσφορυλίωσης, διεργασίες που πραγματοποιούνται στα μιτοχόνδρια. Η ροή των ηλεκτρονίων μέσω της κυτοχρωμικής αλυσίδας είναι στενά συνδεδεμένη με το σύστημα της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης, που είναι υπεύθυνο για την βιοσύνθεση του ATP. Παρεμπόδιση της βιοσύνθεσης του ATP μπορεί να προκληθεί είτε από ενώσεις που παρεμποδίζουν την σύνθεση του ATP, είτε από ενώσεις που προκαλούν απόζευξη (uncoupling) του συστήματος της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης από το κυτοχρωμικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων προς το οξυγόνο, με αποτέλεσμα της εξάντληση (οξειδωση) των αναπνευστικών υποστρωμάτων χωρίς την αντίστοιχη παραγωγή ενέργειας.

Στην κατηγορία των ενώσεων της ομάδας των δινιτροφαινολών, που προκαλούν απόζευξη της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης από το κυτοχρωμικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων ανήκει η δραστική ουσία chlorfenvapyr. Λόγω του νέου τρόπου δράσης, σε σχέση με τα μέχρι τώρα γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα οργανοφωσφορικά, καρβαμιδικά και πυρεθροειδή εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα, το chlorfenvapyr παρουσιάζει εξαιρετική αποτελεσματικότητα εναντίον εντόμων και ακάρεων ανθεκτικών στις ανωτέρω ομάδες. Δεν έχει συγκεκριμένο στόχο και σημείο δράσης και συνεπώς δεν υπάρχουν ανησυχίες για ανάπτυξη ανθεκτικότητας από τα έντομα ή ακάρεα. Όμως λόγω του τρόπου δράσης είναι πολύ τοξικό στους υπόλοιπους οργανισμούς μη στόχους. Έχει μέτρια τοξικότητα στα ανώτερα ζώα ($LD_{50}=441$

mg/kg), είναι όμως πολύ τοξικό στους υδρόβιους οργανισμούς. Έχει και πολύ μεγάλη σταθερότητα στο περιβάλλον με ημιπερίοδο ζωής πάνω από ένα έτος. Ανθεκτικότητα στο εντομοκτόνο αυτό βρέθηκε σε φυλές του *Tetranychus urticae* σε Αυστραλία και Ιαπωνία (Παπαδοπούλου – Μουρκίδου, 2008).

Δ. Παρεμπόδιση της ανάπτυξης και εξέλιξης (ρυθμιστές ανάπτυξης)

Οι ρυθμιστές ανάπτυξης (Insect Growth Regulators, IGRs) αντιπροσωπεύουν μια νέα γενιά εντομοκτόνων ουσιών που παρεμποδίζουν τη φυσιολογική ανάπτυξη και εξέλιξη των εντόμων. Πρόκειται για εντομοκτόνα που δεν είναι τοξικά στον άνθρωπο και τα θηλαστικά, δεν βλάπτουν τα ωφέλιμα παράσιτα και αρπακτικά, είναι φιλικά προς το περιβάλλον και μπορούν να ενταχθούν σε προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης.

Εντομοκτόνα που μιμούνται τη δράση των ορμονών νεότητας

Μέχρι σήμερα, είναι γνωστές πέντε ορμόνες νεότητας στα έντομα και αυτές ελέγχουν και ρυθμίζουν τις φυσιολογικές διεργασίες της ανάπτυξης των ατελών μορφών. Ακόμη σε ορισμένα είδη εντόμων αναφέρεται ότι ελέγχουν την ανάπτυξη των ωοθηκών, την διάπαυση προνυμφών και ενηλίκων και την διαφοροποίηση των φάσεων επηρεάζοντας έτσι την μορφογένεση, την αναπαραγωγή, την εμβρυογένεση και την διάπαυση. Συνεπώς ουσίες που μιμούνται της δράση των ορμονών νεότητας (JHs) καταπολεμούν τα έντομα παρεμβαίνοντας στην μορφογένεση, την αναπαραγωγή και την εμβρυογένεση.

Ο σοβαρότερος περιοριστικός παράγοντας σε αυτή τη στρατηγική καταπολέμησης των εντόμων είναι το γεγονός ότι τα επίπεδα των ορμονών νεότητας είναι υψηλά για τα περισσότερα από τα στάδια ανάπτυξης των εντόμων και τα συνθετικά ομόλογα αυτών δύναται να διαταράξουν την ανάπτυξη σε περιορισμένα στάδια μόνο του βιολογικού κύκλου των εντόμων. Συνεπώς, το φάσμα δράσης των εντομοκτόνων αυτών είναι περιορισμένο και για αυτό θεωρούνται από τα πλέον εκλεκτικά εντομοκτόνα. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι η εφαρμογή τους πρέπει να γίνεται εναντίον εντόμων που μόνο τα

τέλεια τους είναι επιβλαβή, καθόσον η εφαρμογή επί των ατελών δεν διαταράσσει τις φυσιολογικές τους δραστηριότητες.

Αναστολείς της βιοσύνθεσης της χιτίνης: Τα εν λόγω εντομοκτόνα ανακαλύφθηκαν τυχαία από ερευνητές της Philips-Duphar (Ολλανδία) το 1970 κατά την έρευνα των ιδιοτήτων των παραγώγων των ζιζανιοκτόνων dichlobenil και fenuron.

Η χιτίνη είναι βασικό δομικό συστατικό του εξωσκελετού των εντόμων, των ακάρεων και άλλων ασπόνδυλων. Έτσι, η παρεμπόδιση της βιοσύνθεσης της χιτίνης έχει ως συνέπεια την παρεμπόδιση σχηματισμού νέου εξωσκελετού κατά την έκδυση και μετάβαση του εντόμου από το ένα στάδιο στο άλλο, κάτι που οδηγεί στον θάνατο του εντόμου. Μια άλλη δράση αυτών των εντομοκτόνων είναι ότι επιδεικνύουν και ωοκτόνο δράση αναστέλλοντας την εμβρυογένεση. Ενήλικα που έχουν υποστεί την επίδραση των φαρμάκων γεννούν στείρα αυγά (Ζιώγας, 2010).

E. Βιο - εντομοκτόνα

Όλοι οι οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων και των αρθρόποδων, προσβάλλονται από ασθένειες που οφείλονται σε παθογόνα. Σε συνδυασμό με την πίεση για ασφαλέστερη και πιο περιβαλλοντική φυτοπροστασία και καταπολέμηση των εχθρών των γεωργικών προϊόντων, ξεκίνησαν προσπάθειες αντιμετώπισης με χρήση παθογόνων, προσπάθειες που εντατικοποιήθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο, παρά τις πολυετείς έρευνες σε διεθνές επίπεδο, η χρήση τους σπάνια έδωσε αποτελεσματική αντιμετώπιση σε εμπορική κλίμακα, και αυτό λόγω πολλών παραγόντων, όπως οι δυσκολίες στην μαζική παραγωγή, την τυποποίηση, την σταθερή αποτελεσματικότητα, την αδυναμία παραγωγής οικονομικών σκευασμάτων κ.ά.

Τα παθογόνα που προκαλούν ασθένειες στα έντομα διακρίνονται σε:

1. εντομοπαθογόνους μύκητες,
2. εντομοπαθογόνα βακτήρια,
3. εντομοπαθογόνοι ιοί,
4. εντομοπαθογόνα πρωτόζωα.

Εντομοπαθογόνοι ιοί: Οι ιοί είναι υποχρεωτικά παράσιτα και για τον πολλαπλασιασμό και τη μετάδοσή τους απαιτούν την ύπαρξη κατάλληλου ξενιστή. Έτσι, δεν υπάρχουν δυνατότητες ανάπτυξης των ιών των εντόμων σε τεχνητά θρεπτικά υλικά αλλά μόνο στα ίδια τα έντομα-ξενιστές ή στα κύτταρα αυτών. Οι κύριες ομάδες ιών που έχουν αναπτυχθεί ή εξετάζεται η χρήση τους ως βιολογικών παραγόντων για τον έλεγχο φυτοφάγων εντόμων είναι οι Baculoviruses - Nuclear Polyhedrosis Viruses (NPVs) που στοχεύουν σε Λεπιδόπτερα και προνύμφες Υμενόπτερων, οι Granulosis Viruses (Gvs) (κοκκιώσεις) και οι Cytoplasmic Polyhedrosis Viruses (CPVs) (Πρωτοπλασματικές Πολυεδρώσεις), που στοχεύουν σε Λεπιδόπτερα, οι Entomoviruses που στοχεύουν σε Ορθόπτερα και προνύμφες Κολεοπτέρων και οι Iridoviruses που στοχεύουν σε Δίπτερα και κυρίως σε κουνούπια.

Εντομοπαθογόνα βακτήρια: Η εντομοκτόνος δράση του βακτηρίου *Bacillus thuringiensis* (Bt) και γενικά βακτηρίων του γένους *Bacillus* είναι γνωστή εδώ και έναν αιώνα. Το γεγονός ότι μπορούν να αναπτυχθούν σε φθηνά θρεπτικά υλικά, όπως και όλα τα βακτήρια, βοηθά στην μαζική τους παραγωγή. Έτσι, σκευάσματα αυτών των βακτηρίων κυκλοφορούν στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα. Επιπρόσθετα, υπάρχουν τα βακτήρια που προκαλούν θανατηφόρες ασθένειες, όπως το *Bacillus popilliae*, που προσβάλλει και θανατώνει τις προνύμφες Κολεοπτέρων, και τα βακτήρια που ασκούν την εντομοκτόνο δράση τους με την παραγωγή εντομοκτόνων τοξινών, όπως το *B. thuringiensis*, που παράγει πρωτεϊνικές ενδοτοξίνες και νουκλεϊνικές εξωτοξίνες, οι οποίες θανατώνουν το έντομο και χωρίς την παρουσία του βακτηρίου. Άλλα είδη βακτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν ως βιοεντομοκτόνα είναι το *B. sphaericus* και το *Serratia entomophila*.

Εντομοπαθογόνοι μύκητες: Σε αντίθεση με τα άλλα παθογόνα, οι μύκητες προσβάλλουν τα έντομα με επαφή και απευθείας διάτρηση του εξωσκελετού, γεγονός που τους καθιστά κατάλληλους και για καταπολέμηση εντόμων με στοματικά μόρια μυζητικού τύπου. Ο βιολογικός τους κύκλος ξεκινά με την επαφή ενός σπορίου του μύκητα με το σώμα του εντόμου. Κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες (σχετική υγρασία, θερμοκρασία) το σπόριο βλαστάνει σχηματίζοντας ένα βλαστικό σωλήνα που διατρύπα το χιτίνικο εξωσκελετό και εισέρχεται στην αιμολέφο. Στη συνέχεια, ο μύκητας αποικίζει το σώμα του εντόμου και πολλαπλασιάζεται μέχρι αυτό να πεθάνει (7 - 10 ημέρες).

Εντομοπαθογόνα πρωτόζωα: Μελέτες για την χρήση εντομοπαθογόνων πρωτόζωων δείχνουν ότι υπάρχει μικρή πιθανότητα χρήσης αυτών για γρήγορη δράση, λόγω της χρόνιας φύσης των ασθενειών που προκαλούν και της αδυναμίας ανάπτυξης μεθόδου για μαζική παραγωγή.

ΣΤ. Καπνιστικά εντομοκτόνα

Ως καπνογόνα νοούνται οι χημικές ουσίες που επενεργούν τοξικά με ατμούς στα παράσιτα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, διάφορα υλικά ή τις καλλιέργειες.

Για επιτυχή υποκαπνισμό απαιτείται γρήγορη ανάμειξη του απολυμαντικού με τον αέρα του χώρου επέμβασης. Στην περίπτωση αυτή ελαφρώς μειωμένη ατμοσφαιρική πίεση βοηθά στην είσοδο του υποκαπνιστικού στο εσωτερικό του αποθηκευμένου προϊόντος. Για τα δημητριακά, η υγρασία των κόκκων είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητα του υποκαπνισμού και για την επιτυχή διατήρησή του. Η υψηλή υγρασία του προϊόντος μειώνει την αποτελεσματικότητα του υποκαπνισμού αλλά και αυξάνει τον κίνδυνο μείωσης της βλάστησης των σπόρων. Για τους λόγους αυτούς η υγρασία των σπόρων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 16% κατά την διάρκεια της αποθήκευσης και της διαδικασίας του υποκαπνισμού.

Φωσφίνη (phosphine, PH_3): Πρόκειται για ανόργανη φωσφορούχο ένωση με πολλαπλή δράση στις κυτταρικές και φυσιολογικές λειτουργίες του

οργανισμού-στόχου. Είναι ισχυρότατο δηλητήριο, μη εκλεκτικό εντομοκτόνο και τρωκτικοκτόνο, αποτελεσματικό για απεντομώσεις σπόρων σιτηρών, οσπρίων, σταφίδας, καπνού, ξηρών σύκων, και άλλων αποθηκευμένων προϊόντων, καθώς και για μυοκτονίες. Δρα σε όλα τα έντομα αποθηκών, σε όλα τα στάδια ανάπτυξης τους, ακόμα και στα αυγά. Πρόκειται για ένα αέριο υψηλής τοξικότητας ($LD_{50} = 50 \text{ mg/kg}$) στα ανώτερα ζώα, πουλιά, ψάρια και μέλισσες, με χαρακτηριστική οσμή και μεγάλη αναφλεξιμότητα. Ο κίνδυνος ανάφλεξης εξαλείφθηκε πλήρως με την παρασκευή εμπορικών σκευασμάτων που περιέχουν μίγμα φωσφορούχου αργιλίου (aluminium phosphide, AlP), φωσφορούχου μαγνησίου (magnesium phosphide, Mg_3P_2) ή φωσφορούχου ψευδαργύρου (zinc phosphide, Zn_3P_2) με καρβαμιδική αμμωνία, τα οποία με την επίδραση της υγρασίας της ατμόσφαιρας διασπώνται προς φωσφίνη, ενώ η καρβαμιδική αμμωνία προς διοξείδιο του άνθρακα και αμμωνία που παρεμποδίζουν της ανάφλεξη της φωσφίνης. Εφαρμόζεται σε κενούς κλειστούς χώρους, αποθήκες, σιλό, μέσα μεταφοράς, υλικά συσκευασίας κα. Η απεντόμωση γίνεται με την τοποθέτηση των σκευασμάτων που παράγουν φωσφίνη εντός της μάζας των γεωργικών προϊόντων από εξειδικευμένο προσωπικό με ειδικές συσκευές. Η έκλυση φωσφίνης αρχίζει μια περίπου ώρα μετά την εφαρμογή του σκευάσματος και ολοκληρώνεται σε 1 - 3 ημέρες αναλόγως της θερμοκρασίας και υγρασίας. Έτσι, δεν υπάρχει άμεσος κίνδυνος για το προσωπικό, εκτός αν εισέλθουν στον χώρο απεντόμωσης χωρίς να έχει αεριστεί καλά ο χώρος πριν την πάροδο του προβλεπόμενου χρόνου (2 - 3 ημέρες). Ως προς τον μηχανισμό δράσης φαίνεται ότι εκτός της γενικής ασφυξιογόνου δράσης παρουσιάζει και εξειδικευμένη δράση στο σύμπλοκο της κυτοχρωμικής οξειδάσης του κυτοχρωμικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρονίων στα μιτοχόνδρια.

Βρωμιούχο μεθύλιο (CH_3Br): Το βρωμιούχο μεθύλιο έως και την τελευταία δεκαετία χρησιμοποιούταν ευρέως για την καταπολέμηση των εντόμων αποθηκών σε μύλους, αποθήκες και άλλες εγκαταστάσεις. Πρόκειται για οργανική ένωση πολλαπλής δράσης και πολύ αποτελεσματικό καπνογόνο, ακαρεοκτόνο και τρωκτικοκτόνο που όπως και όλα τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται για υποκαπνισμό, διεισδύει σε χύδην σπόρους και ενσασκισμένα προϊόντα και μπορεί να διασκορπιστεί σε ολόκληρη την περιοχή

για να σκοτώσει κρυμμένα έντομα σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής τους. Δεν αφήνει υπολείμματα στα αποθηκευμένα προϊόντα μετά την χρήση του όμως, είναι σταθερό στην ατμόσφαιρα και μπορεί να προκαλέσει προβλήματα τοξικότητας στους χρήστες. Επίσης, προτιμάται από την φωσφίνη όταν πρόκειται να γίνει απεντόμωση εντόμων καραντίνας, γιατί θανατώνει τα έντομα γρηγορότερα. Ο κυριότερος λόγος που απαγορεύτηκε η χρήση του στην παγκόσμια αγορά (εκτός από κάποιες περιπτώσεις απεντόμωσης εντόμων καραντίνας), ήταν ότι η διαφυγή του στην στρατόσφαιρα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του όζοντος, όπου η παρουσία του εκεί είναι απαραίτητη για την προστασία του πλανήτη μας από την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου. Σήμερα, γίνεται μια εκτεταμένη έρευνα σε όλο τον κόσμο για την εύρεση προϊόντων που θα χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτική λύση του βρωμιούχου μεθυλίου.

Sulfuryl fluoride (F_2SO_2): Το sulfuryl fluoride εισήχθηκε στην γεωργική πράξη την δεκαετία του 1960 και πρόκειται για ανόργανη ένωση του φθορίου. Είναι αποτελεσματικό εναντίον Ισοπτέρων, Κολεοπτέρων, Λεπιδοπτέρων και Ορθοπτέρων, αλλά και τρωκτικών. Είναι φυτοτοξικό αλλά παρουσιάζει μικρή επίδραση στην βλάστηση του σπόρου. Ο μηχανισμός δράσης έγκειται στο γεγονός ότι οι ανόργανες ενώσεις του φθορίου σχηματίζουν σύμπλοκα με ένζυμα που περιέχουν μέταλλα, όπως σίδηρο, ασβέστιο και μαγνήσιο, εμποδίζοντας πολλές σημαντικές μεταβολικές διεργασίες. Τα υπολείμματα του φθορίου παραμένουν στον αραβόσιτο και στο σιμιγδάλι αυτού, στο σιτάρι, την σταφίδα και τα καρυδιά όταν αποθηκεύονται σε θερμοκρασία δωματίου για τουλάχιστον 35 ημέρες και στους περίπου $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ για τουλάχιστον 138 ημέρες. Εξαιρέση αποτελεί το αλεύρι σίτου, στο οποίο τα υπολείμματα θεωρούνται σταθερά για τουλάχιστον 104 ημέρες (FAO, 2005).

1.4.2 Διαφορές αγρού - αποθήκης στην αντιμετώπιση των εντόμων

Το οικοσύστημα της αποθήκης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο και αποτελεί ένα μοναδικό «κλειστό» οικοσύστημα που έχει δημιουργηθεί αποκλειστικά από τον άνθρωπο (man - made) και δεν επηρεάζεται τόσο από το εξωτερικό

περιβάλλον (ηλιοφάνεια, θερμοκρασία, υγρασία κλπ), όπως συμβαίνει με τον αγρό. Έτσι, υπάρχουν διαφορές όσον αφορά στην καταπολέμηση των εντόμων στα αποθηκευμένα προϊόντα σε σύγκριση από αυτήν κατά την καλλιεργητική περίοδο. Δεδομένου ότι η ποικιλία από τακτικές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση των παρασίτων κατά την αποθήκευση είναι πολύ μεγαλύτερη, και στις δύο περιπτώσεις, μια συστηματική προσέγγιση χρησιμοποιείται προκειμένου να διευκολύνει την παρακολούθηση και την υλοποίηση αυτών.

Όταν το προϊόν βρίσκεται ακόμα στο χωράφι, η "οικολογική κατάσταση" που αναφέρεται στην κατάσταση των οικολογικών συστημάτων του σπόρου και περιλαμβάνει τη σωματική και χημική και τα βιολογικά χαρακτηριστικά των διεργασιών και των αλληλεπιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στον σπόρο κατά την διάρκεια της ανάπτυξής του, είναι περισσότερο σύνθετη και δυναμική. Διεργασίες υγιεινής είναι δύσκολο να εφαρμοστούν στο χωράφι, ενώ το οικονομικό κατώτατο όριο εφαρμόζεται επεικώς, ιδίως όταν είναι να εφαρμοστεί χημική καταπολέμηση. Ωστόσο, η τελευταία παρά το πολύ μεγάλο ποσοστό επιτυχίας που παρουσιάζει, προκαλεί αξιόλογες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Όσον αφορά τις φυσικές και μηχανικές μεθόδους καταπολέμησης όπως χρήση ακτινοβολήσης, γης διατόμων κ.α. και μηχανικών φραγμάτων αντίστοιχα είναι συχνά ανέφικτες και ακριβές. Η παρεμπόδιση της εισόδου και εγκατάστασης αλλόχθονων επιβλαβών εντόμων (έντομα καραντίνας) σε μια περιοχή, ο περιορισμός ή και η καταστολή των ήδη εγκατεστημένων παρασίτων είναι πολύπλοκα και απαιτούν εντατική υλικοτεχνική υποστήριξη. Τέλος, η χρησιμοποίηση ανθεκτικών στα έντομα ποικιλιών φυτών είναι σχετικά ευκολότερη.

Κατά την αποθήκευση των προϊόντων, η οικολογική κατάσταση του σπόρου είναι τώρα σχετικά απλή και διαχειρίσιμη, οι διεργασίες για την υγιεινή κατάστασή του είναι ευκολότερες και σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να είναι και το μοναδικό μέτρο που χρειάζεται για τον έλεγχο των παρασίτων. Το οικονομικό κατώτατο όριο συνήθως δεν εφαρμόζεται, ειδικά όταν το αποθηκευμένο προϊόν προορίζεται για βιομηχανίες, καθώς οι τελευταίες απαιτούν προϊόντα πλήρως απαλλαγμένα από εντομολογικές προβολές. Η

χρήση χημικών σκευασμάτων μετά την συλλογή και αποθήκευση των γεωργικών προϊόντων είναι περιορισμένη και μόνο λίγα εντομοκτόνα έχουν έγκριση. Αρκεί να αναφέρουμε ότι σήμερα, μόνο η δραστική ουσία deltamethrin (πυρεθροειδές), έχει έγκριση στην Ελλάδα για χρήση στα αποθηκευμένα προϊόντα. Αντιθέτως, δραστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για υποκαπνισμό όπως η φωσφίνη και το βρωμιούχο μεθύλιο, βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή, επειδή δρουν υπό μορφή αερίου και άρα για να είναι αποτελεσματικές θα πρέπει να εφαρμόζονται σε κλειστούς χώρους, όπως θερμοκήπια, αποθήκες, συσκευαστήρια κα. Κατά την εφαρμογή τους στο χωράφι, το μεγαλύτερο μέρος της δραστικής ουσίας θα διαφύγει στην ατμόσφαιρα. Επιπρόσθετα, παρουσιάζουν μεγάλη αποτελεσματικότητα εναντίον όλων των σταδίων ανάπτυξης του εντόμου ενώ αφήνουν στα τρόφιμα ελάχιστη συνήθως ποσότητα υπολειμμάτων.

Όλες οι φυσικές μέθοδοι απεντόμωσης είναι ικανές να χρησιμοποιηθούν με μεγάλα ποσοστά επιτυχίας όταν το προϊόν βρίσκεται αποθηκευμένο σε έναν καλά σφραγισμένο χώρο όπως τα σιλό ή άλλες εγκαταστάσεις. Για παράδειγμα, προσθήκη αζώτου σε καλά αεροστεγείς θαλάμους μέχρι το ποσοστό οξυγόνου να πέσει κάτω από το 1% και ρύθμιση του ορίου της θερμοκρασίας μεταξύ 25 - 40% (ελεγχόμενη ατμόσφαιρα αζώτου), επιτυγχάνει θανάτωση όλων των σταδίων ανάπτυξης των εντόμων μέσα σε 4 - 10 ημέρες. Αντίστοιχα, σε θαλάμους που αντέχουν υψηλές πιέσεις μπορεί να γίνει απεντόμωση με χρήση 100% CO₂ και πίεσης 20 bar, καθώς 3 ώρες έκθεση των εντόμων σε αυτές τις συνθήκες είναι αρκετές για την πλήρη απεντόμωση του προϊόντος. Τέλος, χρήση υψηλών και χαμηλών θερμοκρασιών όπως έχει αναφερθεί, αποτελεί την απόλυτα ενδεδειγμένη μέθοδο για βιομηχανίες όπως αλευρόμυλοι, βιομηχανίες ξηρών καρπών, ζυμαρικών, παιδικών τροφών, καπνού και άλλων εγκαταστάσεων στις οποίες αναπτύσσονται έντομα αποθηκών (Αθανασίου και συνεργάτες, 2015).

Το ίδιο ισχύει και για τις μηχανικές μεθόδους απεντόμωσης, όπως το πλύσιμο των αγροτικών προϊόντων με νερό υπό πίεση (μηχανική απομάκρυνση), η ξήρανση αυτών πριν την αποθήκευση ώστε να ελαττωθεί η υγρασία που αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για την έναρξη της προσβολής από έντομα

και μύκητες, η αφαίρεση του ατμοσφαιρικού αέρα (κενό) από τα γεωργικά προϊόντα κατά την αποθήκευσή τους σε ειδικούς κλειστούς χώρους καθώς η ταυτόχρονη αύξηση του CO₂ που προέρχεται από την αναπνοή των σπόρων και των εντόμων καθιστά το περιβάλλον ασφυκτικό για τα έντομα.

Η βιολογική μέθοδος απεντόμωσης δεν δύναται να εφαρμοστεί λόγω του ότι θα προκαλέσει επιπρόσθετη μόλυνση του προϊόντος με έντομα ή άλλους οργανισμούς (πχ. εντομοφάγα έντομα, μικρόβια ή ιούς), τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την καταπολέμηση των ήδη υπαρχόντων επιβλαβών εντόμων. Τα έντομα καραντίνας μπορούν να ανιχνευθούν και να αποτραπεί η περαιτέρω εξάπλωσή τους στους αποθηκευτικούς χώρους αν όχι στο γύρω περιβάλλον. Η χρησιμοποίηση ποικιλιών που μετασυλλεκτικά παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στις προσβολές από τα έντομα αποθηκών όπως αναφέρθηκε σε άλλο κεφάλαιο είναι περίπλοκη και δεν έχει εφαρμοστεί (NAPHIRE, 1988).

1.4.3 Προβλήματα των μεθόδων αντιμετώπισης

Η Rachel Carson στο βιβλίο της με τίτλο “Silent Spring” (1962) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι *“Μπορεί κανείς να πιστεύει ότι είναι δυνατόν να εναποτίθενται μια τόσο μεγάλη ποσότητα δηλητηρίων στην επιφάνεια της γης, χωρίς να την καθιστά ακατάλληλη για όλη την ζωή; Δεν πρέπει να ονομάζονται «εντομοκτόνα», αλλά «βιοκτόνα»*”. Από την δεκαετία του ‘50 και μετά, διάσπαρτες αναφορές των προβλημάτων των εντομοκτόνων είχαν εμφανιστεί στην επιστημονική βιβλιογραφία, ωστόσο μόνο το 1962, η R. Carson παρουσίασε μια εκτεταμένη κριτική των φυτοφαρμάκων, που δόθηκε στη δημοσιότητα για το ευρύ κοινό, χαρτογραφώντας την τεράστια αύξηση της παραγωγής και χρήσης των συνθετικών εντομοκτόνων που ξεκίνησε κατά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο και τεκμηριώνοντας τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον και τον άνθρωπο. Το βιβλίο αυτό, ήταν ουσιαστικά η αρχή της ανάδειξης των μειονεκτημάτων των συνθετικών εντομοκτόνων και της ευαισθητοποίησης του κοινού για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αυτά προκαλούν.

Σήμερα, η δημόσια ανησυχία τόσο για την περιβαλλοντική μόλυνση που προκαλείται από τα χημικά εντομοκτόνα όσο και για τους ενδεχόμενους κινδύνους κατανάλωσης προϊόντων που φέρουν υπολείμματα αυτών επιβεβαιώνει μια παγκόσμια τάση προς τις περιβαλλοντικές αξίες και την βιολογική γεωργία. Σημαντικό ρόλο σε αυτή την στροφή έπαιξαν και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, δίνοντας έμφαση στα ζητήματα και τα προβλήματα που προκαλούνται από τα φυτοφάρμακα, συμβάλλοντας έτσι στην αυξημένη ευαισθητοποίηση του κοινού. Ωστόσο, η εκτίμηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και των προβλημάτων υγείας που συνδέονται με τα εντομοκτόνα είναι δύσκολη, λόγω της πολυπλοκότητας του θέματος και των ελλιπών δεδομένων που έως τώρα διαθέτουμε.

1.4.3.1 Υπολείμματα εντομοκτόνων

Ως *υπολείμματα εντομοκτόνων* (pesticide residues) θεωρούνται εκείνες οι ποσότητες των εντομοκτόνων ή των κύριων μεταβολιτών τους, με τοξική δράση στα θερμόαιμα, που είναι παρούσες στα γεωργικά προϊόντα ή στο περιβάλλον (έδαφος, νερό, ατμόσφαιρα) (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2010). Η πιο πιθανή πηγή σημαντικών επιπέδων των υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων στους σπόρους και σε άλλα τρόφιμα είναι η εφαρμογή μετά τη συγκομιδή των εντομοκτόνων επαφής.

Το επίπεδο των υπολειμμάτων των εντομοκτόνων επηρεάζεται από την πλύση, την μεταποίηση, την θέρμανση ή το μαγείρεμα, την επεξεργασία κατά την κατασκευή του προϊόντος και το χειρισμό του από την συγκομιδή έως και την αποθήκευση, παράλληλα όμως, το ποσοστό μείωσης των υπολειμμάτων που πιθανών να επιφέρουν οι παραπάνω μεταχειρίσεις διαφέρει ανάλογα με την φύση του μορίου του εκάστοτε εντομοκτόνου, το σημείο που βρίσκονται τα υπολείμματα πάνω στο προϊόν, το είδος του εμπορεύματος και τα στάδια της επεξεργασίας που θα υποστεί (Bajwa and Sandhu, 2014). Ενδεικτικά, για την περίπτωση των σιτηρών, τα υπολείμματα των πιο λιπόφιλων φυτοφαρμάκων έχουν την τάση να παραμένουν στο περίβλημα του σπόρου, αν και μια ποσότητα μπορεί να κινηθεί προς τα μέρη που περιέχουν υψηλά

επίπεδα τριγλυκεριδίων, δηλαδή στο πύτουρο και στο φύτρο. Σε άλλες καλλιέργειες όπως τα όσπρια, τα υπολείμματα των cypermethrin και deltamethrin δεν ήταν δυνατόν να απομακρυνθούν με το πλύσιμο και το μαγείρεμα, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα υπολείμματα είχαν διεισδύσει στο εσωτερικό των κόκκων (Hazarika και Dikshit 1992, Lal και Dikshit, 2000). Στα όσπρια, η μέγιστη συγκέντρωση της cypermethrin βρέθηκε σε επιστρώσεις σπόρων (Dikshit, 2001).

Ο απλούστερος τρόπος για να μειωθούν τα υπολείμματα των φυτοφαρμάκων στο τελικό προϊόν είναι το πλύσιμο των πρώτων υλών με χλωριωμένο νερό ή με αραιά διαλύματα άλλων χημικών ουσιών, ωστόσο στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να ληφθούν ειδικές προφυλάξεις για την αποφυγή αλλοίωσης του προϊόντος.

Σύμφωνα με την EFSA (European Food Safety Authority) σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2015, σε 80.967 δείγματα από μια ευρεία ποικιλία επεξεργασμένων και μη τροφίμων που ελέγχθηκαν για την παρουσία 685 φυτοφαρμάκων, βρέθηκε ότι το 97,4% των δειγμάτων είχαν υπολείμματα εντός των νόμιμων ορίων, το 54,6% δεν είχε ανιχνεύσιμα υπολείμματα και το 1,5% υπερέβη κατά πολύ τα νόμιμα όρια και υπολείμματα από περισσότερα από ένα φυτοφάρμακα (πολλαπλά κατάλοιπα). Συνεπώς, είναι επιτακτική ανάγκη να ακολουθηθεί μια συνετή και συστηματική προσέγγιση για την υιοθέτηση πρακτικών πριν και μετά την συγκομιδή για την ελαχιστοποίηση των υπολειμμάτων στα τελικά προϊόντα.

1.4.3.2 Ανθεκτικότητα

Έχει επικρατήσει η άποψη ότι για την καλύτερη καταπολέμηση ενός παρασίτου είναι ο ψεκασμός αυτού με χημικά σκευάσματα ευρέος φάσματος σε τακτά χρονικά διαστήματα καθ' όλη την περίοδο της αποθήκευσης. Μακροπρόθεσμα όμως, αυτή η εξ' ολοκλήρου χημική καταπολέμηση δημιουργεί μόνο προβλήματα που μπορεί να αποδειχτούν επιζήμια για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Επιπλέον, ένα 100% χημικό διάλυμα δεν

αντιμετωπίζει την αιτία της ύπαρξης των επιβλαβών οργανισμών και ως εκ τούτου δεν οδηγεί σε μια προληπτική λύση. Οι πρώτες αναφορές για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας από τα έντομα εμφανίστηκαν περίπου το 1949, ωστόσο σήμερα, ως αποτέλεσμα της χημικής αυτής κατάχρησης 595 είδη από τα πιο σημαντικά έντομα που προκαλούν τις μεγαλύτερες ζημιές έχουν παρουσιάσει ανθεκτικότητα σε έναν ή περισσότερους τύπους χημικών, ένα μεγάλο ποσοστό των οποίων χρησιμοποιούνται σε αναπτυσσόμενες χώρες. Η ανοχή των τρωκτικών σε τρωκτικοκτόνα είναι επίσης πολύ υψηλή (FPLM, 1994).

Ως ανθεκτικότητα (resistance), ορίστηκε από τον WHO (World Health Organization) η ανάπτυξη της ικανότητας μιας φυλής οργανισμού να αντέχει σε δόσεις ενός δηλητηρίου, οι οποίες είναι θανατηφόρες για την πλειονότητα των ατόμων ενός φυσικού πληθυσμού του ίδιου είδους. Η φυλή αυτή αναπτύχθηκε όταν εκτέθηκε επί μεγάλο χρονικό διάστημα σε έναν συγκεκριμένο τύπο εντομοκτόνου αφήνοντας μόνο τα ανθεκτικά άτομα του πληθυσμού αυτού να αναπαραχθούν. Οι κυριότεροι μηχανισμοί ανάπτυξης της, οφείλονται στην αυξημένη ταχύτητα μεταβολισμού, αποτοξίνωσης και απέκκρισης και στην μειωμένη ή μη ευαισθησία του στόχου, λόγω αλλαγών του στόχου, ήτοι του σημείου δράσης των εντομοκτόνων (Μουρκίδου, 2008). Η πιθανότητα ότι τα έντομα μπορούν να αναπτύξουν ανθεκτικότητα και σε άλλα μεθόδους καταπολέμησης τους έχει ήδη σημειωθεί, καθώς υπάρχουν αναφορές για αυξημένη ανοχή εντόμων σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (Proctor, 1994).

Η αξιολόγηση του κινδύνου απώλειας της αποτελεσματικότητας ενός εντομοκτόνου λόγω εμφάνισης ανθεκτικότητας είναι πλέον μια από τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Έτσι για κάθε εντομοκτόνο θα πρέπει να υποβάλλονται αποτελέσματα από γενετικές και βιοχημικές μελέτες, από προγράμματα παρακολούθησης της ευαισθησίας του πληθυσμού (monitoring), από πληροφορίες για την ευαισθησία του πληθυσμού πριν την εφαρμογή του νέου εντομοκτόνου (base line sensitivity), καθώς και στρατηγικές διαχείρισης της ανθεκτικότητας (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2010). Σημαντικές προσπάθειες για την διαχείριση της ανθεκτικότητας έχουν γίνει και

από τον WHO, ο οποίος την θεωρεί ως το μεγαλύτερο τεχνικό εμπόδιο για την καταπολέμηση των παρασίτων, όπως επίσης και από τον FAO, ο οποίος εντάσσει τα προβλήματα που προκύπτουν και τις στρατηγικές διαχείρισής της ως αναπόσπαστο κομμάτι της IPM.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε ότι εκτός των οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων, η ανθεκτικότητα είναι μια από τις πιο ενδιαφέρουσες περιπτώσεις εξελικτικής προσαρμογής στις περιβαλλοντικές αλλαγές, ειδικά αν λάβουμε υπόψη ότι έχει συμβεί σχετικά γρήγορα από την άποψη του εξελικτικού χρόνου (Roush and Tabashnik, 1990).

1.5 Σκοπός της παρούσας μελέτης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, γίνεται κατανοητό το μέγεθος της καταστροφής που μπορούν να επιφέρουν τα έντομα αποθηκών στα προϊόντα που αποθηκεύονται συστηματικά σε διάφορους χώρους όπως οι αποθήκες, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα όσο και στην Ελλάδα.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια προσέγγιση σχετικά με την εξέταση της αποτελεσματικότητας των chlorfenapyr, lambda-cyhalothrin και thiamethoxam κατά των εντόμων αποθηκών καθώς και την αξιολόγηση της ανάνηψης των κυριότερων εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων μετά από έκθεσή τους στα εν λόγω εντομοκτόνα που εφαρμόζονται επιφανειακά σε σκυρόδεμα. Συγκεκριμένα, οι σκοποί της παρούσας μελέτης είναι :

1. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των chlorfenapyr, lambda-cyhalothrin και thiamethoxam κατά τριών εκ των σημαντικότερων εντόμων αποθηκών παγκοσμίως, των *S. oryzae*, *O. surinamensis* και *T. confusum*.
2. Η επίδραση των chlorfenapyr, lambda-cyhalothrin και thiamethoxam στην άμεση και καθυστερημένη θνησιμότητα των τριών εντόμων σε επιφάνεια τσιμέντου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Εντομοκτόνες ουσίες

Κατά τη διάρκεια των βιοδοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία, αξιολογήθηκε η εντομοστατική και εντομοκτόνος δράση των παρακάτω τριών δραστικών ουσιών: chlorfenapyr (Mythic 10 SC, BASF Hellas), lambda-cyhalothrin (Karate Zeon 10CS, SYNGENTAHellas) και thiamethoxam (Actara 25 WG, SYNGENTAHellas) (Εικόνα 26). Τα εντομοκτόνα που επιλέχθηκαν, έχουν διαφορετικό τρόπο δράσης εναντίον των εντόμων. Ειδικότερα, το chlorfenapyr παρεμποδίζει την παραγωγή ενέργειας από τα κύτταρα των εντόμων-στόχων, προκαλώντας τελικά παράλυση (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2010) και χρησιμοποιείται κυρίως για την καταπολέμηση βαδιστικών εντόμων σε κατοικίες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, δημόσιους χώρους και χώρους επεξεργασίας τροφίμων. Το lambda-cyhalothrin είναι ένα ευρέως φάσματος πυρεθρινοειδές εντομοκτόνο, το οποίο δρα, δι' επαφής και διά στομάχου, στο νευρικό σύστημα των εντόμων, παρεμποδίζοντας το κλείσιμο των διαύλων Na^+ στους νευράξονες των νευρικών κυττάρων (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2010). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μία συνεχή νευρομυϊκή μεταφορά μηνυμάτων, που οδηγεί σε υπερδιέγερση, παράλυση και τελικά στο θάνατο των εντόμων. Εφαρμόζεται τόσο προληπτικά όσο και κατασταλτικά για την αντιμετώπιση μυζητικών καθώς και μασητικών εντόμων σε διάφορες καλλιέργειες. Τέλος, το thiamethoxam είναι διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου που ανήκει στην ομάδα των νεονικοτινοειδών. Η εντομοκτόνος δράση του οφείλεται στη δέσμευση των υποδοχέων της ακετυλοχολίνης στις συνάψεις του περιφερειακού νευρικού συστήματος, ενώ χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση τόσο μυζητικών όσο και μασητικών εντόμων. (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2010) Και στα τρία εντομοκτόνα που αξιολογήθηκαν, εφαρμόστηκε η μέγιστη συνιστώμενη δόση που αναγραφόταν στην ετικέτα (label dose) του εκάστοτε σκευάσματος. Συγκεκριμένα, για το chlorfenapyr, η συνιστώμενη δόση ήταν $0,016\text{mg a.i.} / \text{cm}^2$, για το lambda-cyhalothrin ήταν $0,002\text{mg a.i} / \text{cm}^2$ και τέλος για το thiamethoxam ήταν $0,1\text{mg a.i.} / \text{cm}^2$.

2.2 Είδη εντόμων

Τα είδη εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν για τις βιοδοκιμές ήταν τα: *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) και *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera, Silvanidae) (Εικόνα 27). Όλα τα έντομα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονταν από τις εκτροφές του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η εκτροφή των εντόμων γινόταν σε θερμοκρασία 25 °C, σχετική υγρασία (ΣΥ) 55 – 65% και συνεχές σκοτάδι. Σαν υπόστρωμα εκτροφής χρησιμοποιήθηκαν σκληρό σιτάρι, νιφάδες βρώμης (Quaker) και λευκό αλεύρι σίτου για τα *S. oryzae*, *O. surinamensis* και *T. confusum*, αντίστοιχα. Η συλλογή των ακμαίων και ο διαχωρισμός τους από τα υποστρώματα εκτροφής έγινε με κοσκίνισμα. Για τα *S. oryzae* και *O. surinamensis* χρησιμοποιήθηκε κόσκινο με μάτι διαμετρήματος 1 mm, ενώ για το *T. confusum* χρησιμοποιήθηκε κόσκινο με μάτι 0,5 mm.



Εικόνα 26: Εντομοκτόνα σκευάσματα που αξιολογήθηκαν στις βιοδοκιμές. Από αριστερά προς τα δεξιά: MYTHIC 10 SC (chlorfenapyr), KARATE Zeon 10CS (lambda-cyhalothrin) και ACTARA 25 WG (thiamethoxam)

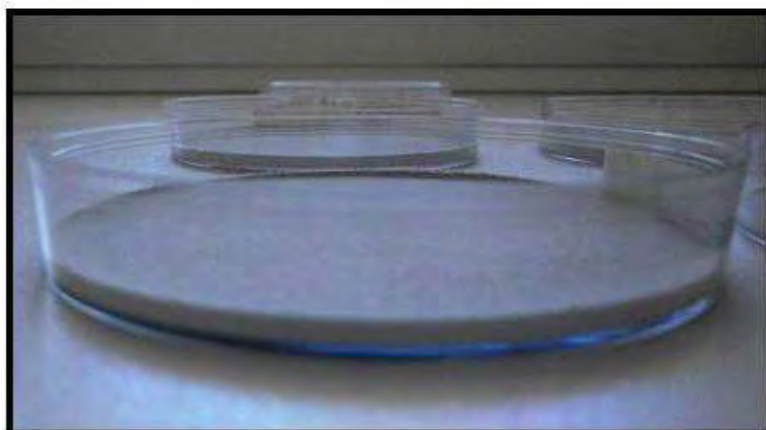


Εικόνα 27: Είδη εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές, από αριστερά προς τα δεξιά:

Tribolium confusum (πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Confused_flour_beetle),
Oryzaephilus surinamensis (πηγή: <http://www.giemmedisinfestazioni.it/servizi/insetti-derrate-alimentari>) και *Sitophilus oryzae*
(πηγή: <http://www.fugleognatur.dk/gallery.asp?mode=ShowLarge&ID=342895>).

2.3 Βιοδοκιμές

Το πείραμα διεξάχθηκε σε πλαστικά τρυβλία (petri dishes) διαμέτρου 9 cm, ύψους 15 mm και συνολικής επιφάνειας 63,61 cm², η βάση των οποίων ήταν καλυμμένη με τσιμέντο. Για την παρασκευή του τσιμέντου (Rockite, HartlineProductsCo. Inc., Cleveland, OH, USA), αναμειγνύονταν η σκόνη του τσιμέντου με νερό βρύσης σε αναλογία 1:3 και ανακατεύονταν καλά προκειμένου να δημιουργηθεί μια ομοιόμορφη μάζα. Περίπου 15 ml του μείγματος τοποθετούταν σε κάθε τρυβλίο ώστε να δημιουργηθεί η επιθυμητή τσιμεντένια επίπεδη επιφάνεια στη βάση του. Το ύψος αυτής της επιφάνειας μέσα στο τρυβλίο ήταν περίπου 2 mm. Στη συνέχεια, τα τρυβλία παρέμειναν για κάποιες ώρες σε θερμοκρασία δωματίου, προκειμένου να στεγνώσει το τσιμέντο (Εικόνα 28).



Εικόνα 28: Τρυβλίο με επιφάνεια τσιμέντου έτοιμο για ψέκασμα.

Στη συνέχεια, προετοιμάστηκαν τα ψεκαστικά διαλύματα κάθε εντομοκτόνου με την αραίωση του εντομοκτόνου σκευάσματος σε απιονισμένο νερό (Εικόνα 29 Α). Και για τα τρία εντομοκτόνα, σε κάθε τρυβλίο εφαρμόστηκε όγκος ψεκαστικού διαλύματος ίσου με 1 ml. Αντίστοιχα, τρυβλία που ψεκάστηκαν με 1 ml απιονισμένο νερό ανά τρυβλίο αποτέλεσαν τους μάρτυρες του πειράματος. Η εφαρμογή των εντομοκτόνων στα τρυβλία με το τσιμέντο έγινε με τη χρήση του αερογράφου Kyoto BD – 183 K (Grapho-tech, Ιαπωνία) (Εικόνα 29 Β). Τα ψεκαστικά διαλύματα ανακινούνταν καλά ανά τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια του ψεκασμού. Στη συνέχεια, 1ml ψεκαστικού διαλύματος εισάγονταν με τη βοήθεια πιπέτας στον αερογράφο (Εικόνα 29 Γ) και πραγματοποιούνταν ο ψεκασμός, λαμβάνοντας όλα τα μέτρα ατομικής προστασίας (Εικόνες 29 Ε και 29 ΣΤ). Μετά τον ψεκασμό τα τρυβλία παρέμεναν σε συνθήκες δωματίου για 24 ώρες μέχρι να στεγνώσουν, οπότε και εφαρμόζονταν με μπατονέτα στα τοιχώματα τους fluon (polytetrafluoroethylene, Northern Products, Rhode Island, USA), προκειμένου να αποτραπεί η έξοδος των εντόμων από τα τρυβλία.



Εικόνα 29: Περιγραφή της διαδικασίας ψεκασμού. Α: Προετοιμασία ψεκαστικών διαλυμάτων. Β: Αερογράφος που χρησιμοποιήθηκε για τους ψεκασμούς. Γ: Έγχυση 1 ml ψεκαστικού διαλύματος στον αερογράφο. Δ: Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά τους ψεκασμούς. Ε και ΣΤ: Ψεκασμός τρυβλίων.

Τέλος, ακολουθούσε η εισαγωγή 20 ακμαίων εντόμων σε κάθε τρυβλίο, με διαφορετικά τρυβλία για κάθε είδος, και 4-5 σπασμένων σπόρων σιταριού ως τροφή (Εικόνα 30).



Εικόνα 30: Εισαγωγή εντόμων στα τρυβλία (αριστερά) και τρυβλίο με 20 ακμαία έντομα και 4 - 5 σπασμένους σπόρους (δεξιά).

Τα έντομα παρέμειναν για 7 ημέρες στην ψεκασμένη επιφάνεια του τρυβλίου και οι μετρήσεις θνησιμότητας και knock down λαμβάνονταν 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την εφαρμογή. Για την αξιολόγηση της επίδρασης του εντομοκτόνου στα έντομα χρησιμοποιήθηκε στερεοσκόπιο Leica MZ12 (Meyer instruments, Huston). Η θνησιμότητα και το knock down αξιολογήθηκαν με βάση την κλίμακα των Agrafioti et al. (2015), βαθμολογώντας δηλαδή την κατάσταση του εντόμου από 0 έως 4 με βάση τις παρακάτω παρατηρήσεις: 0 όταν το έντομο κινούταν κανονικά, 1 όταν το έντομο ήταν ικανό να κάνει 1 με 2 βήματα αλλά στη συνέχεια ακινητοποιούνταν, 2 όταν το σώμα του εντόμου ήταν ακινητοποιημένο, υπήρχε όμως εμφανής κίνηση των κεραίων και των ποδιών του, 3 όταν το σώμα του εντόμου ήταν ακινητοποιημένο, υπήρχε όμως μια μικρή κίνηση των κεραίων ή των ποδιών του και 4 όταν το έντομο δεν κινούταν καθόλου, ήταν δηλαδή νεκρό.

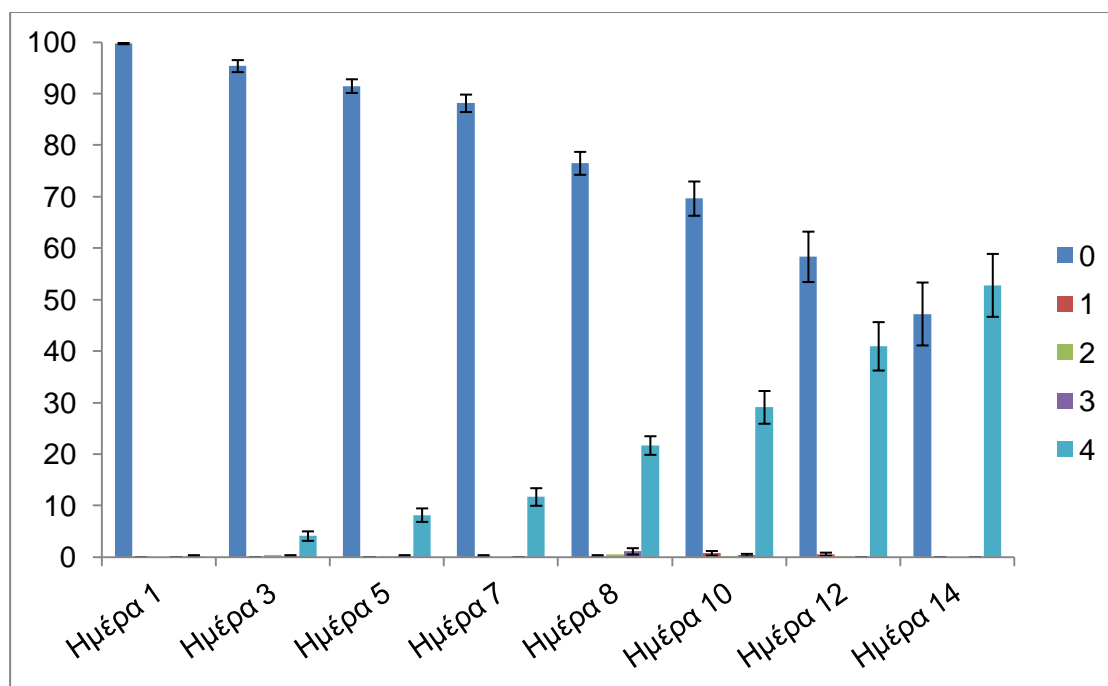
Η εκτίμηση του δείκτη θνησιμότητας έγινε μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης αφότου τα έντομα εισάχθηκαν στα ψεκασμένα τρυβλία καθώς και μετά από 1, 3, 5, 7 ημέρες από την μεταφορά τους από τα ψεκασμένα στα αψέκαστα τρυβλία. Η ίδια διαδικασία ισχύει και για τους μάρτυρες. Σε κάθε αξιολόγηση τα νεκρά έντομα απομακρύνονταν από το τρυβλίο. Μετά από αυτά τα διαστήματα έκθεσης, τα εναπομείναντα ζωντανά έντομα στα

ψεκασμένα τρυβλία μεταφέρονταν σε αψέκαστα τρυβλία με τσιμέντο, προσθέτοντας 5 καινούριους σπασμένους σπόρους μαλακού σιταριού σε κάθε τρυβλίο. Ακολούθως, λαμβάνονταν νέες μετρήσεις 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την μεταφορά των εντόμων στα αψέκαστα τρυβλία. Υπήρξαν 9 επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση ενώ η βιοδοκιμή επαναλήφθηκε συνολικά τρεις φορές για κάθε εντομοκτόνο σκεύασμα. Σε κάθε επανάληψη, παρασκευάζονταν νέα ψεκαστικά διαλύματα ενώ χρησιμοποιούνταν νέοι μάρτυρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 *Sitophilus oryzae*

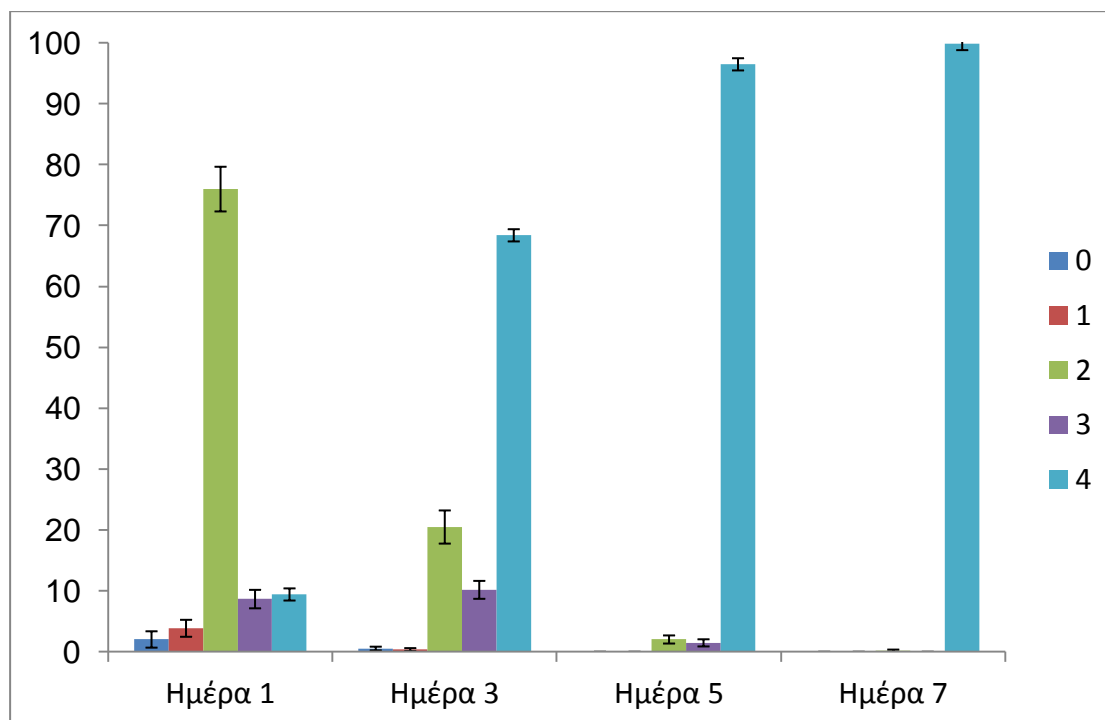
Τα ποσοστά των ενηλίκων ατόμων *S. oryzae* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12 και 14 ημέρες έκθεση σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με νερό (μάρτυρας) παρουσιάζονται στο Γράφημα 1. Γενικά, η θνησιμότητα στο μάρτυρα ήταν χαμηλή στην πρώτη φάση της βιοδοκιμής (0 έως 7 ημέρες) και έφτασε το 11,7% μετά από 7 ημέρες έκθεση (Γράφημα 1), ενώ στη δεύτερη φάση της βιοδοκιμής (8 έως 14 ημέρες) αυξήθηκε και έφθασε το 52,8% 14 ημέρες μετά την έναρξη της βιοδοκιμής (Γράφημα 1).



Γράφημα 1. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Sitophilus oryzae* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12 και 14 ημέρες σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με νερό (μάρτυρας).

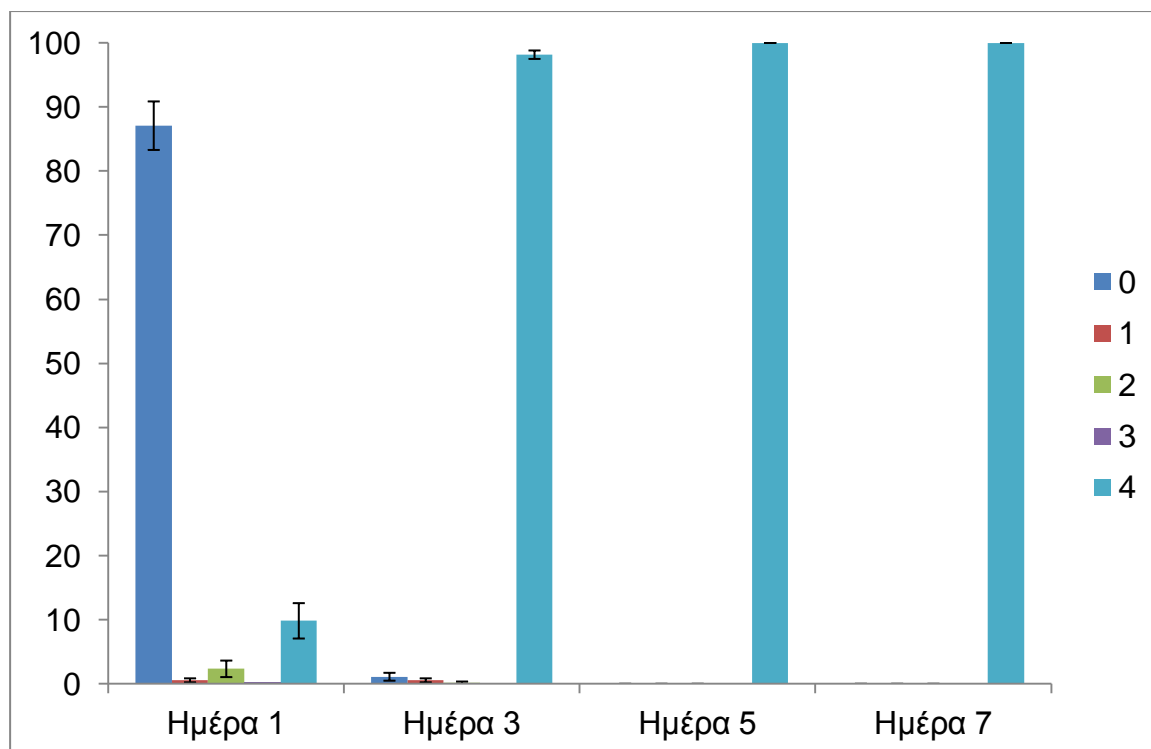
Η έκθεση των ενηλίκων *S. oryzae* στην ψεκασμένη με thiamethoxam επιφάνεια τσιμέντου είχε σαν αποτέλεσμα υψηλό ποσοστό ημιθανών (knocked down) ατόμων μετά από 1 μέρα έκθεση, αφού το 76% των ατόμων αξιολογήθηκε ότι βρισκόταν στην κατάσταση 2 (ακινητοποιημένο σώμα

εντόμου, με εμφανή όμως κίνηση των κεραιών και ποδιών) (Γράφημα 2). Μετά από 3 ημέρες, το ποσοστό knock down μειώθηκε καθώς ένα μεγάλο μέρος της επίδρασης του thiamethoxam μεταφράστηκε σε θνησιμότητα (68,4%). Τέλος, μετά από 5 και 7 ημέρες έκθεσης, σχεδόν όλα τα άτομα ήταν νεκρά (96,5 και 99,8% θνησιμότητα, αντίστοιχα) (Γράφημα 2).



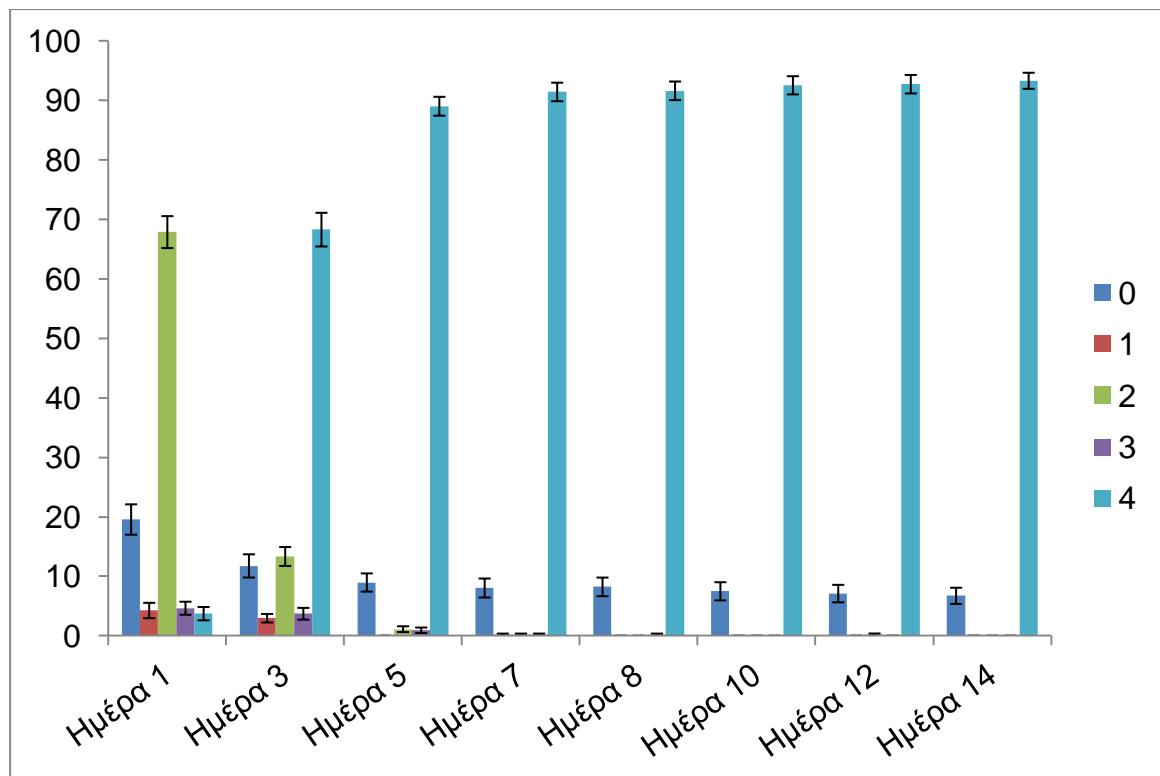
Γράφημα 2. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Sitophilus oryzae* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με thiamethoxam (0,1 mg/cm²).

Σε αντίθεση με το thiamethoxam, η έκθεση στο chlorfenapyr δεν μεταφράστηκε σε υψηλά ποσοστά knock down των ενηλίκων *S. oryzae* (Γράφημα 3). Έτσι, 1 ημέρα μετά την έκθεση στο chlorfenapyr το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων (87,1%) ήταν ζωντανά και μόνο ένα μικρό ποσοστό ατόμων ήταν ημιθανή (3,1% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 3 στην κλίμακα) (Γράφημα 3). Μετά από 3 ημέρες έκθεση στο chlorfenapyr, το 98,1% των ατόμων ήταν νεκρά, ενώ πλήρης έλεγχος των εντόμων (100% θνησιμότητα) επιτεύχθηκε μετά από 5 ημέρες έκθεση στο εντομοκτόνο (Γράφημα 3).



Γράφημα 3. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Sitophilus oryzae* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με chlorfenapyr ($0,1 \text{ mg/cm}^2$).

Τα αποτελέσματα της έκθεσης των ενηλίκων *S. oryzae* σε ψεκασμένη με lambda-cyhalothrin επιφάνεια τσιμέντου παρουσιάζονται στο Γράφημα 4. Η θνησιμότητα μετά από 1 ημέρα έκθεση ήταν χαμηλή (3,7%), αντίθετα υψηλό ήταν το ποσοστό knock down που καταγράφηκε (76,8% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 3 στην κλίμακα) (Γράφημα 4). Το μεγαλύτερο ποσοστό των ημιθανών ατόμων ήταν νεκρά μετά από 3 και 5 ημέρες έκθεση στο lambda-cyhalothrin, οπότε και η θνησιμότητα ανήλθε σε 68,3 και 89% αντίστοιχα (Γράφημα 4). Πλήρης έλεγχος των εντόμων δεν επιτεύχθηκε στην περίπτωση του lambda-cyhalothrin, καθώς τα ποσοστά θνησιμότητας σε καμία περίπτωση δεν ξεπέρασαν το 93,3%, ακόμα και 14 ημέρες μετά την έναρξη της βιοδοκιμής (Γράφημα 4).



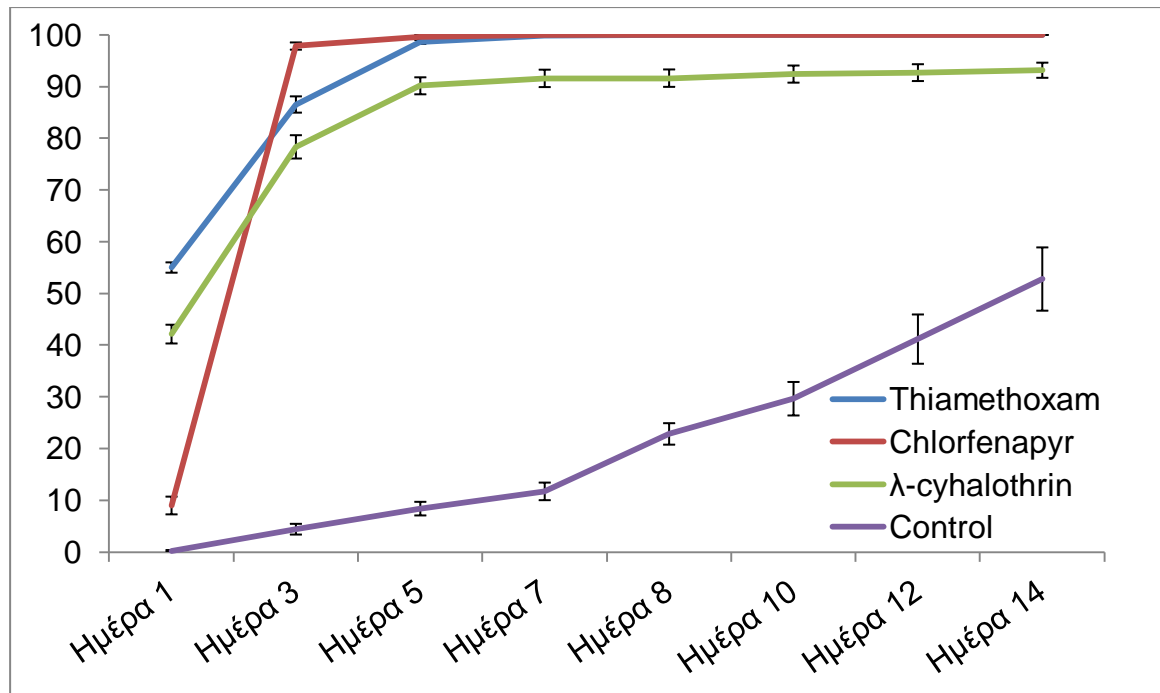
Γράφημα 4. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Sitophilus oryzae* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με lambda-cyhalothrin ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο.

Όσον αφορά στον δείκτη θνησιμότητα, μετά από 1 ημέρα έκθεση η χαμηλότερη και μεγαλύτερη τιμή του δείκτη καταγράφηκε για το chlorfenapyr (9) και το thiamethoxam (55) αντίστοιχα, ενώ για το lambda-cyhalothrin, ο δείκτης θνησιμότητας μετά από 1 ημέρα έκθεση πήρε τιμή 42,1 (Πίνακας 1, Γράφημα 5). Μετά από 3 ημέρες έκθεση, η σειρά αντιστράφηκε αφού ο δείκτης θνησιμότητας πήρε την μεγαλύτερη τιμή στην περίπτωση του chlorfenapyr (97,8), ενώ υψηλές ήταν και οι τιμές για το lambda-cyhalothrin (78,3) και το thiamethoxam (86,5) (Πίνακας 1, Γράφημα 5). Μετά από 5 ημέρες έκθεση, ο δείκτης θνησιμότητας ήταν σχεδόν 100 τόσο για το chlorfenapyr όσο και για το thiamethoxam και 90,1 για το lambda-cyhalothrin, για το οποίο παρέμεινε σε αυτά τα επίπεδα μέχρι το τέλος της βιοδοκιμής (93,1) (Πίνακας 1, Γράφημα 5).

Πίνακας 1: Δείκτης θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με lambda-cyhalothrin ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο [σε όλες τις περιπτώσεις συνολικοί βαθμοί ελευθερίας (total df) = 215].

Διάστημα Έκθεσης	Δείκτης Θνησιμότητας			
	Μάρτυρας	Thiamethoxam	Chlorfenapyr	lambda-cyhalothrin
Ημέρα 1	0,2 \pm 0,2 E	55,0 \pm 1,0 C	9,0 \pm 1,7 B	42,1 \pm 1,8 C
Ημέρα 3	4,4 \pm 1,0 E	86,5 \pm 1,6 B	97,8 \pm 0,7 A	78,3 \pm 2,3 B
Ημέρα 5	8,4 \pm 1,3 E	98,6 \pm 0,4 A	99,6 \pm 0,4 A	90,1 \pm 1,6 A
Ημέρα 7	11,7 \pm 1,7 DE	99,9 \pm 0,1 A	100,0 \pm 0,0 A	91,6 \pm 1,7 A
Ημέρα 8	22,8 \pm 2,1 CD	100,0 \pm 0,0 A	100,0 \pm 0,0 A	91,6 \pm 1,7 A
Ημέρα 10	29,6 \pm 3,2 BC	100,0 \pm 0,0 A	100,0 \pm 0,0 A	92,4 \pm 1,7 A
Ημέρα 12	41,2 \pm 4,8 AB	100,0 \pm 0,0 A	100,0 \pm 0,0 A	92,7 \pm 1,6 A
Ημέρα 14	52,8 \pm 6,1 A	100,0 \pm 0,0 A	100,0 \pm 0,0 A	93,1 \pm 1,5 A

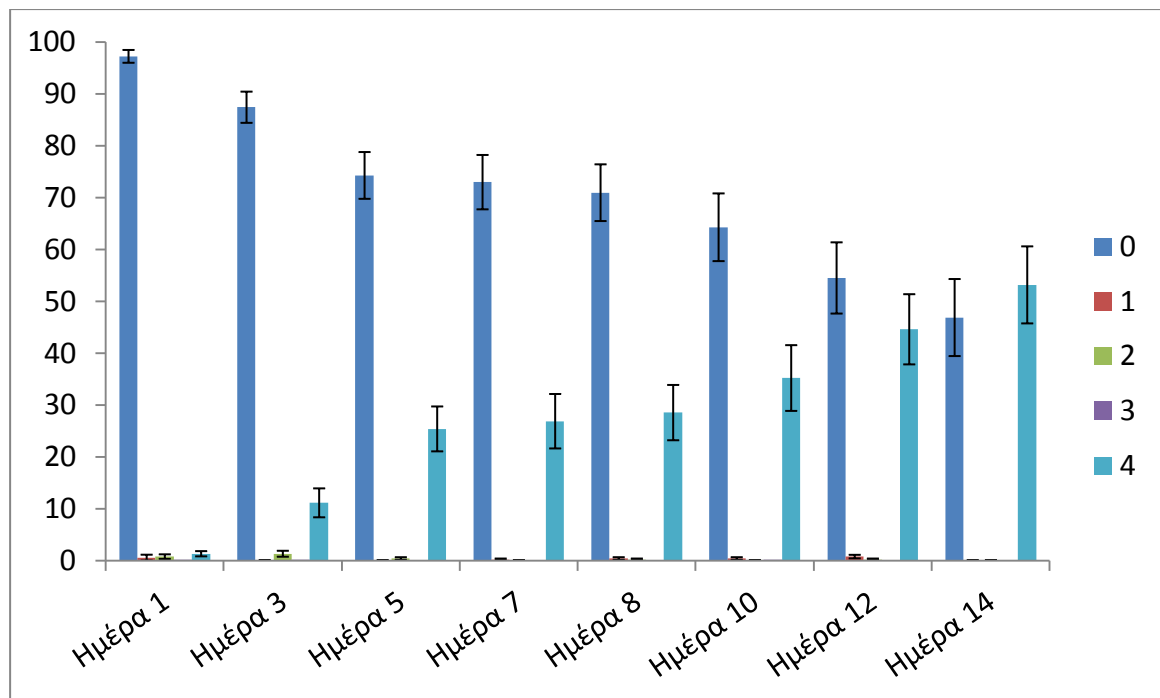
Για κάθε μεταχείριση (μάρτυρας, thiamethoxam, chlorfenapyr, lambda-cyhalothrin), μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο λατινικό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0.05$.



Γράφημα 5. Δείκτης θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με thiamethoxam ($0,1 \text{ mg/cm}^2$), chlorfenapyr ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) ή lambda-cyhalothrin ($0,1 \text{ mg/cm}^2$), και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο.

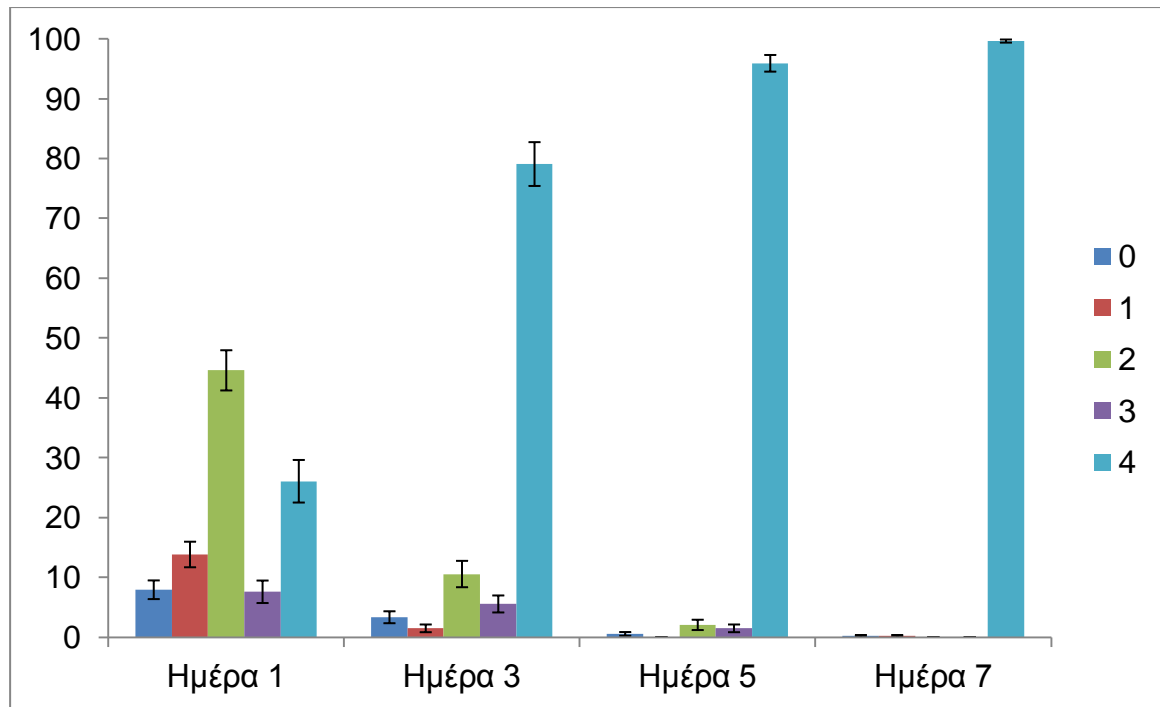
3.2. *Oryzaephilus surinamensis*

Τα ποσοστά των ενηλίκων ατόμων *O. surinamensis* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12 και 14 ημέρες σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με νερό (μάρτυρας) παρουσιάζονται στο Γράφημα 6. Γενικά, η θνησιμότητα στο μάρτυρα ήταν χαμηλή στην πρώτη φάση της βιοδοκιμής (0 έως 7 ημέρες) και έφτασε το 26,8% μετά από 7 ημέρες έκθεση (Γράφημα 6), ενώ στη δεύτερη φάση της βιοδοκιμής (8 έως 14 ημέρες) αυξήθηκε και έφθασε το 53,1% 14 ημέρες μετά την έναρξη της βιοδοκιμής (Γράφημα 6).



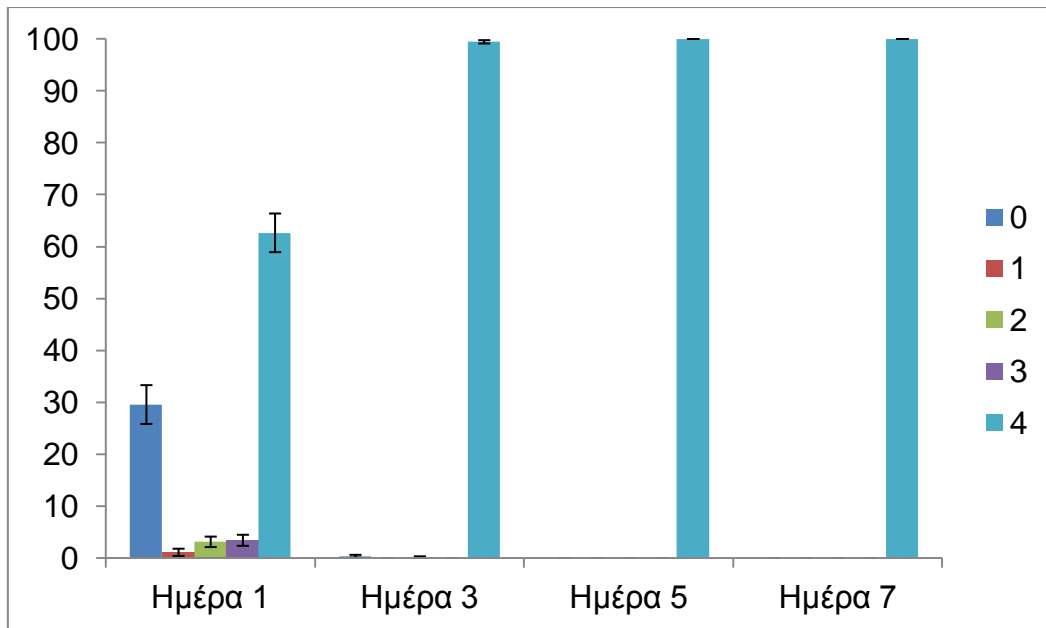
Γράφημα 6. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Oryzaephilus surinamensis* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12 και 14 ημέρες σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με νερό (μάρτυρας).

Η έκθεση των ενηλίκων *O. surinamensis* στην ψεκασμένη με thiamethoxam επιφάνεια τσιμέντου είχε σαν αποτέλεσμα ένα αρκετά υψηλό ποσοστό ημιθανών (knocked down) ατόμων μετά από 1 μέρα έκθεση (66% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 3 στην κλίμακα) (Γράφημα 7). Μετά από 3 ημέρες, το ποσοστό knockdown μειώθηκε (17,6% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 3 στην κλίμακα), καθώς ένα μεγάλο μέρος της επίδρασης του thiamethoxam μεταφράστηκε σε θνησιμότητα (79,1%). Τέλος, μετά από 5 και 7 ημέρες έκθεση, σχεδόν όλα τα άτομα ήταν νεκρά (95,9 και 99,6% θνησιμότητα μετά από 5 και 7 ημέρες έκθεσης στο thiamethoxam, αντίστοιχα) (Γράφημα 7).



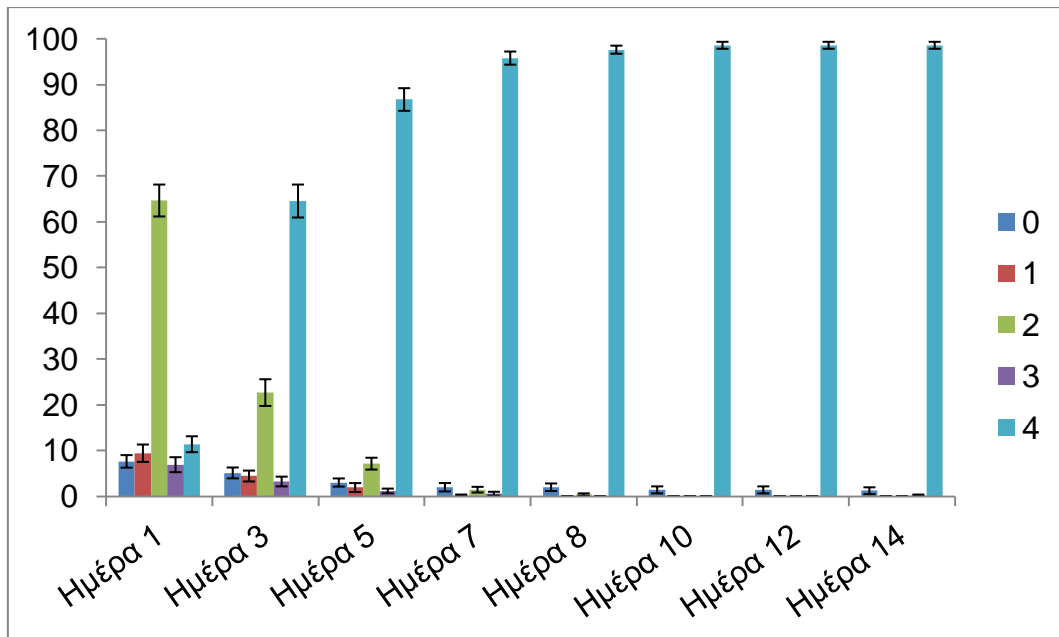
Γράφημα 7. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Oryzaephilus surinamensis* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με thiamethoxam ($0,1 \text{ mg/cm}^2$).

Σε αντίθεση με το thiamethoxam, η έκθεση στο chlorfenapyr είχε σαν αποτέλεσμα υψηλή θνησιμότητα των ενηλίκων *O. surinamensis* ακόμα μετά από 1 ημέρα έκθεσης στο εντομοκτόνο (62,7%), ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό των εντόμων ήταν ημιθανή (7,8% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 3 στην κλίμακα) (Γράφημα 8). Η θνησιμότητα αυξήθηκε περαιτέρω μετά από 3 ημέρες έκθεσης στο chlorfenapyr (99,4%), ενώ ήταν σχεδόν πλήρης μετά από 5 ημέρες έκθεσης στην ψεκασμένη με chlorfenapyr επιφάνεια τσιμέντου (Γράφημα 8).



Γράφημα 8. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Oryzaephilus surinamensis* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με chlorfenapyr ($0,1 \text{ mg/cm}^2$).

Τα αποτελέσματα της έκθεσης των ενηλίκων *O. surinamensis* σε ψεκασμένη με lambda-cyhalothrin επιφάνεια τσιμέντου παρουσιάζονται στο Γράφημα 9. Η θνησιμότητα μετά από 1 ημέρα έκθεση ήταν χαμηλή (11,4%), αντίθετα υψηλό ήταν το ποσοστό knockdown που καταγράφηκε (81% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 3 στην κλίμακα) (Γράφημα 9). Το μεγαλύτερο ποσοστό των ημιθανών ατόμων ήταν νεκρά μετά από 3 και 5 ημέρες έκθεση στο lambda-cyhalothrin, οπότε και η θνησιμότητα ανήλθε σε 64,5 και 86,7% αντίστοιχα (Γράφημα 9). Τέλος, 7 ημέρες μετά την έκθεση η θνησιμότητα έφτασε το 95,8% και παρέμεινε σε αυτά τα επίπεδα μέχρι το τέλος της βιοδοκιμής (Γράφημα 9), δεν επιτεύχθηκε δηλαδή πλήρης έλεγχος των εντόμων στην περίπτωση του lambda-cyhalothrin.



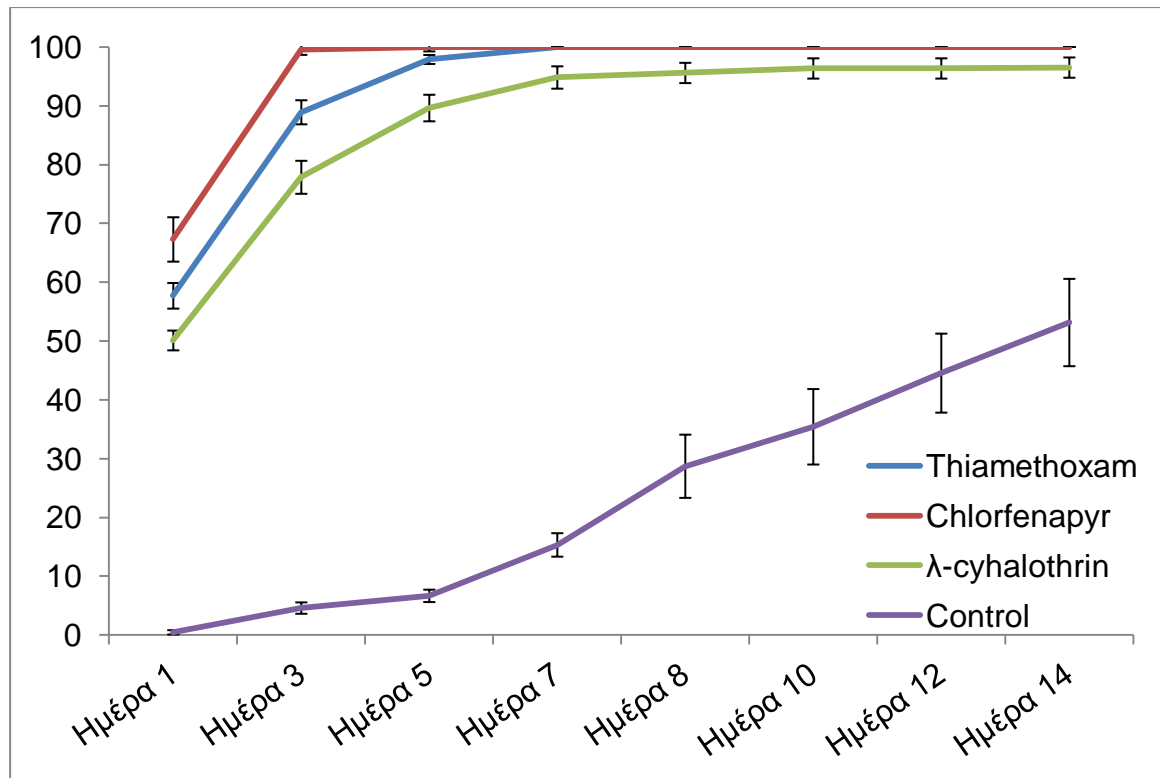
Γράφημα 9. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Oryzaephilus surinamensis* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με lambda-cyhalothrin ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο.

Όσον αφορά στον δείκτη θνησιμότητα, μετά από 1 ημέρα έκθεση η χαμηλότερη και μεγαλύτερη τιμή του δείκτη καταγράφηκε για το lambda-cyhalothrin (50,1) και το chlorfenapyr (67,3), ενώ για το thiamethoxam ο δείκτης θνησιμότητας μετά από 1 ημέρα έκθεση πήρε τιμή 57,7 (Πίνακας 2, Γράφημα 10). Μετά από 3 ημέρες έκθεση, ο δείκτης θνησιμότητας αυξήθηκε σε 77,8%, 88,9% και 99,5% για το lambda-cyhalothrin, το thiamethoxam και το chlorfenapyr αντίστοιχα (Πίνακας 2, Γράφημα 10). Ο δείκτης πήρε τη μέγιστη τιμή (100) μετά από 5 και 7 ημέρες για το chlorfenapyr και το thiamethoxam, αντίστοιχα, ενώ για το lambda-cyhalothrin η μέγιστη τιμή του δείκτη ήταν 96,5% στο τέλος της βιοδοκιμής (Πίνακας 2, Γράφημα 10).

Πίνακας 2: Δείκτης θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Oryzaephilus surinamensis* μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με lambda-cyhalothrin ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο [σε όλες τις περιπτώσεις συνολικοί βαθμοί ελευθερίας (total df) = 215].

Διάστημα Έκθεσης	Δείκτης Θνησιμότητας			
	Μάρτυρας	Thiamethoxam	Chlorfenapyr	lambda-cyhalothrin
Ημέρα 1	0,5 \pm 0,4 D	57,7 \pm 2,2 C	67,3 \pm 3,8	50,1 \pm 1,7 C
Ημέρα 3	4,6 \pm 1,0 D	88,9 \pm 2,0 B	99,5 \pm 0,9	77,8 \pm 2,8 B
Ημέρα 5	6,7 \pm 1,1 D	97,9 \pm 0,8 A	100,0 \pm 0,0 A	89,6 \pm 2,3 A
Ημέρα 7	15,3 \pm 2,0 CD	99,5 \pm 0,3 A	100,0 \pm 0,0 A	94,8 \pm 1,9 A
Ημέρα 8	28,7 \pm 5,4 BC	100,0 \pm 0,0 A	100,0 \pm 0,0 A	95,6 \pm 1,7 A
Ημέρα 10	35,4 \pm 6,4 ABC	100,0 \pm 0,0 A	100,0 \pm 0,0 A	96,3 \pm 1,7 A
Ημέρα 12	44,5 \pm 6,7 AB	100,0 \pm 0,0 A	100,0 \pm 0,0 A	96,3 \pm 1,7 A
Ημέρα 14	53,1 \pm 7,4 A	100,0 \pm 0,0 A	100,0 \pm 0,0 A	96,5 \pm 1,7 A

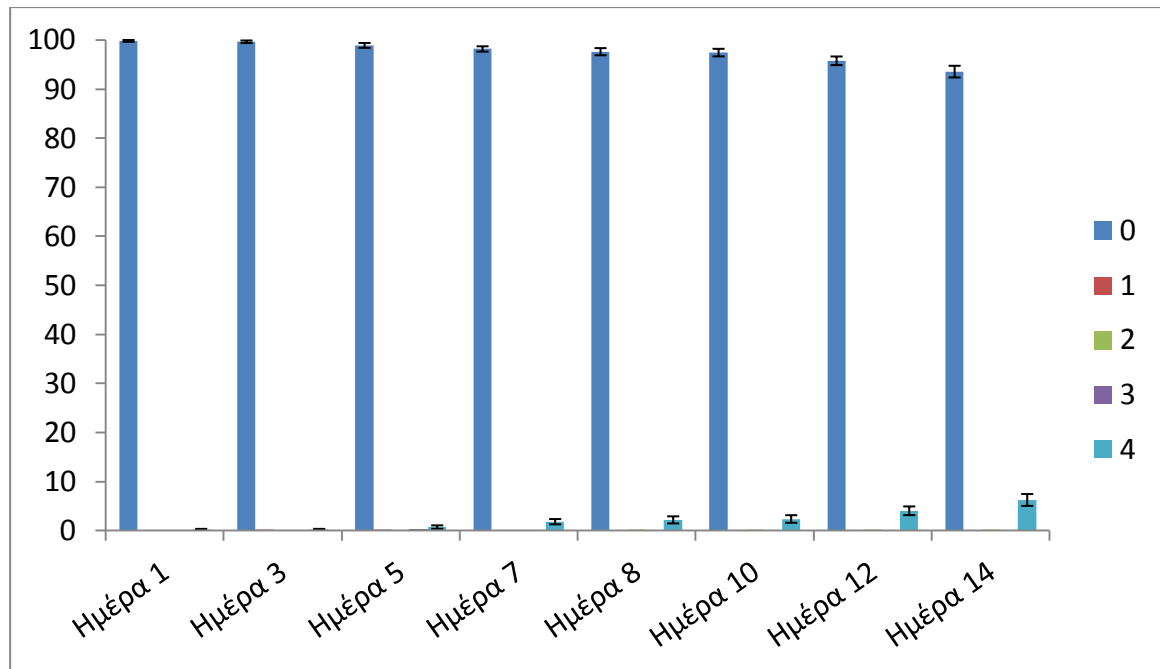
Για κάθε μεταχείριση (μάρτυρας, thiamethoxam, chlorfenapyr, lambda-cyhalothrin), μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο λατινικό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0.05$.



Γράφημα 10. Δείκτης θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Oryzaephilus surinamensis* μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με thiamethoxam ($0,1 \text{ mg/cm}^2$), chlorfenapyr ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) ή lambda-cyhalothrin ($0,1 \text{ mg/cm}^2$), και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο.

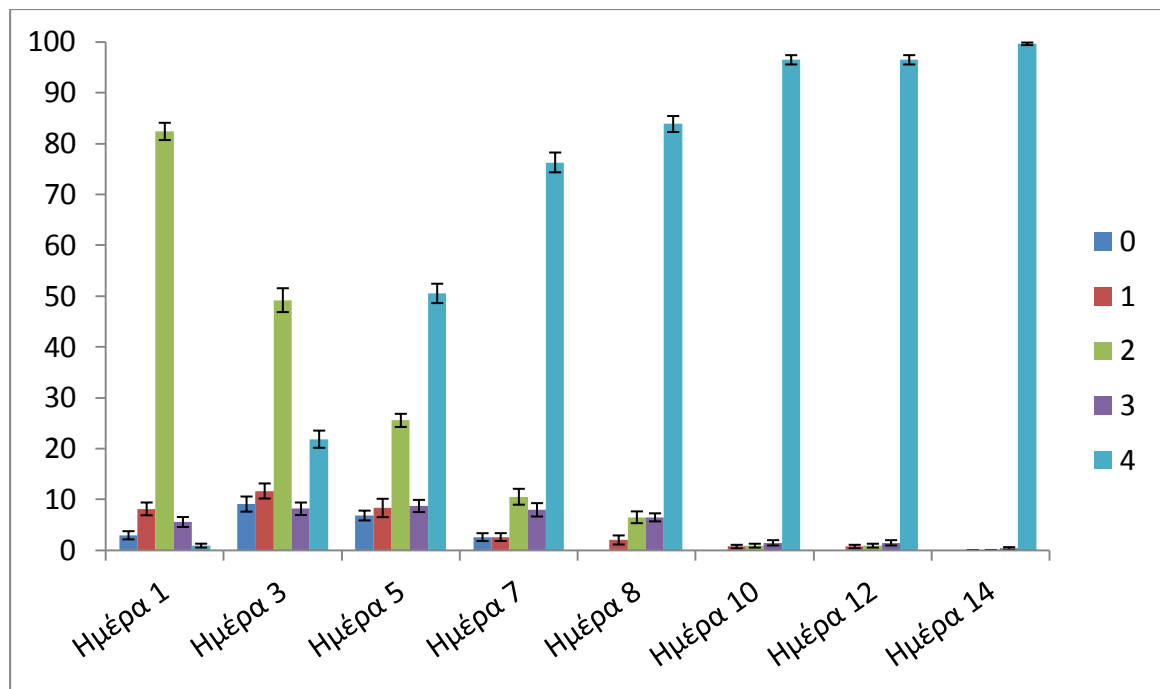
3.3. *Tribolium confusum*

Τα ποσοστά των ενηλίκων ατόμων *T. confusum* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12 και 14 ημέρες σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με νερό (μάρτυρας) παρουσιάζονται στο Γράφημα 11. Γενικά, η θνησιμότητα στο μάρτυρα ήταν χαμηλή σε όλη τη διάρκεια της βιοδοκιμής (0 έως 14 ημέρες) και δεν ξεπέρασε σε καμία περίπτωση το 6,3% (Γράφημα 11).



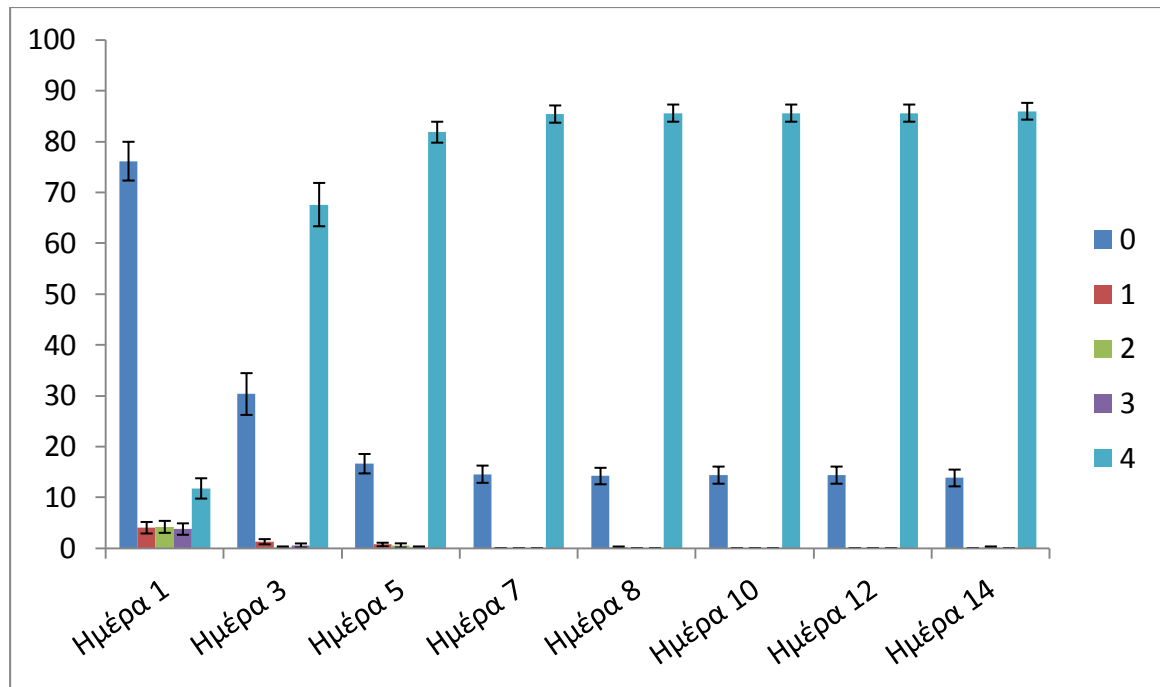
Γράφημα 11. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Tribolium confusum* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5, 7, 8, 10, 12 και 14 ημέρες σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με νερό (μάρτυρας).

Η έκθεση των ενηλίκων *T. confusum* στην ψεκασμένη με thiamethoxam επιφάνεια τσιμέντου είχε σαν αποτέλεσμα ένα αρκετά υψηλό ποσοστό ημιθανών (knocked down) ατόμων μετά από 1 μέρα έκθεση (96,1% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 3 στην κλίμακα) (Γράφημα 12). Μετά από 3 ημέρες, το ποσοστό knockdown μειώθηκε (69,1% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 3 στην κλίμακα), καθώς ένα μέρος της επίδρασης του thiamethoxam μεταφράστηκε σε θνησιμότητα (21,9%). Ομοίως, μετά από 5 και 7 ημέρες έκθεση, τα νεκρά άτομα αυξήθηκαν σε 50,5 και 76,3%, αντίστοιχα (Γράφημα 12). Μετά τη μεταφορά τους σε καθαρά τρυβλία, η πλειοψηφία των εντόμων, δεν ανάνηψαν, αντίθετα η θνησιμότητα συνέχισε να αυξάνεται για να είναι σχεδόν πλήρης στο τέλος της βιοδοκιμής (99,6%) (Γράφημα 12).



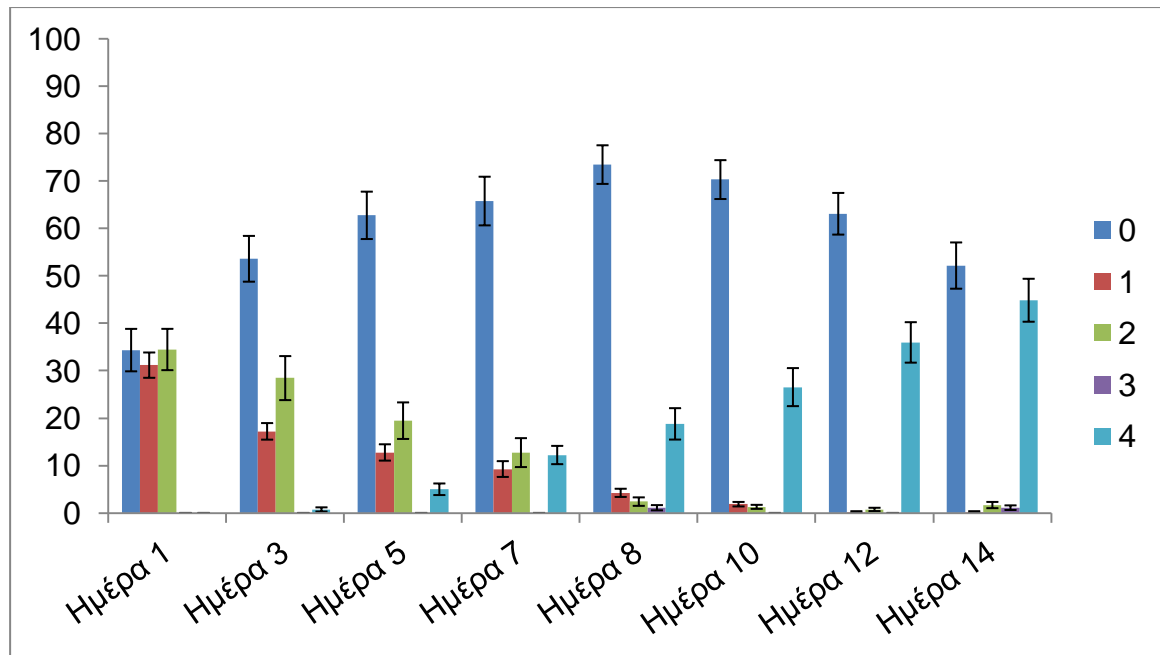
Γράφημα 12. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Tribolium confusum* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με thiamethoxam ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο.

Σε αντίθεση με το thiamethoxam, η έκθεση στο chlorfenapyr είχε σαν αποτέλεσμα υψηλό ποσοστό ζωντανών και δραστήριων ατόμων *T. confusum* μετά από 1 ημέρα έκθεση στο εντομοκτόνο (76,2%), ενώ για το ίδιο διάστημα έκθεσης μόνο ένα μικρό ποσοστό των εντόμων ήταν ημιθανή (12,1% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 3 στην κλίμακα) και νεκρά (11,8%) (Γράφημα 13). Η θνησιμότητα αυξήθηκε σημαντικά μετά από 3 και 5 ημέρες έκθεση στο chlorfenapyr (67,6 και 81,9% αντίστοιχα) (Γράφημα 13). Στο τέλος της έκθεσης στα ψεκασμένα με chlorfenapyr τρυβλία, η θνησιμότητα ήταν 85,4% και παρέμεινε σε αυτά τα επίπεδα μέχρι και την τελευταία ημέρα της βιοδοκιμής, ενώ τα υπόλοιπα άτομα, σε ένα ποσοστό της τάξης του 15%, παρέμειναν ζωντανά και δραστήρια μέχρι και το τέλος της βιοδοκιμής (Γράφημα 13).



Γράφημα 13. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Tribolium confusum* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με chlorfenapyr ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο.

Τα αποτελέσματα της έκθεσης των ενηλίκων *T. confusum* σε ψεκασμένη με lambda-cyhalothrin επιφάνεια τσιμέντου παρουσιάζονται στο Γράφημα 14. Η θνησιμότητα μετά από 1 ημέρα έκθεση ήταν μηδενική, αντίθετα υψηλό ήταν το ποσοστό επιβίωσης (34,3%) και το ποσοστό knockdown που καταγράφηκε (65,7% των ατόμων με βαθμολογία 1 έως 2 στην κλίμακα) (Γράφημα 14). Η θνησιμότητα παρέμεινε χαμηλή ακόμα και στο τέλος της έκθεσης και δεν ξεπέρασε το 12,7% μετά από 7 ημέρες έκθεση (Γράφημα 14). Αυξημένη στην περίπτωση του lambda-cyhalothrin ήταν η καθυστερημένη θνησιμότητα, καθώς το ποσοστό των νεκρών ατόμων αυξήθηκε από 12,7% στο τέλος της έκθεσης στις ψεκασμένες με lambda-cyhalothrin επιφάνειες τσιμέντου στο 44,9% στο τέλος της βιοδοκιμής, 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των εντόμων σε καθαρά τρυβλία (Γράφημα 14). Επιπρόσθετα, σχεδόν τα μισά έντομα (52,2%) ήταν ζωντανά και δραστήρια στο τέλος της βιοδοκιμής (Γράφημα 14).



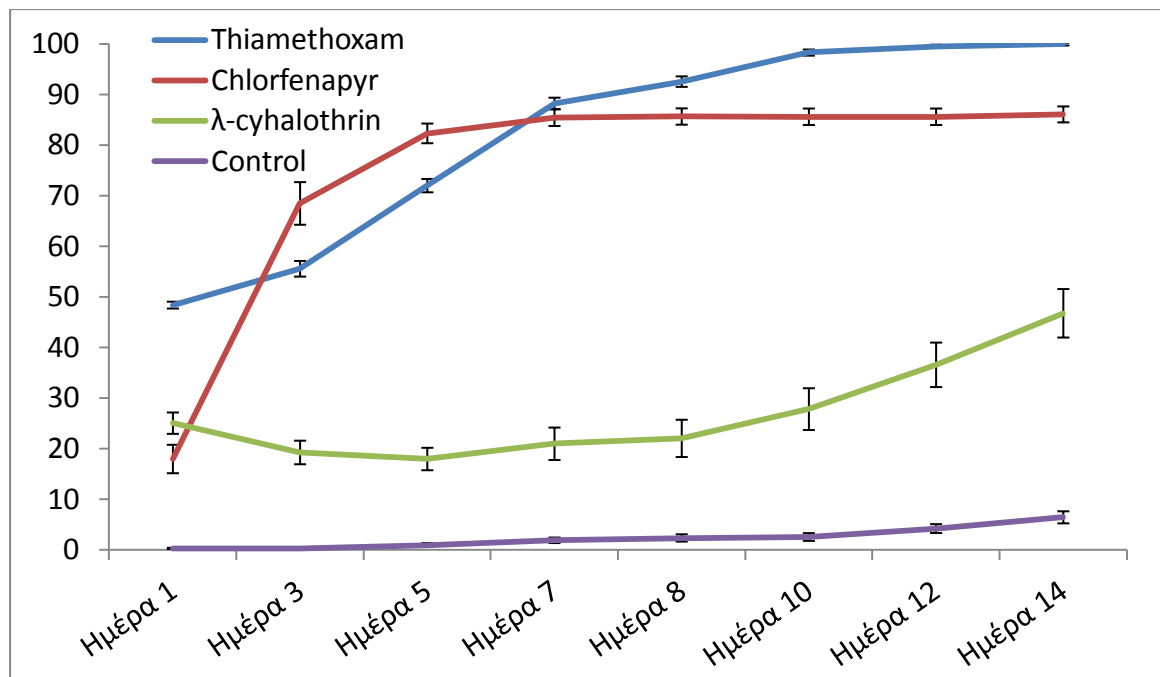
Γράφημα 14. Ποσοστό ενηλίκων (\pm τυπικό σφάλμα) *Tribolium confusum* σε κάθε βαθμολογία (0 έως 4) της κλίμακας θνησιμότητας και knock down μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με lambda-cyhalothrin ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο.

Όσον αφορά στον δείκτη θνησιμότητα, μετά από 1 ημέρα έκθεση η χαμηλότερη και μεγαλύτερη τιμή του δείκτη καταγράφηκε για το chlorfenapyr (17,9) και το lambda-cyhalothrin (25), ενώ για το thiamethoxam ο δείκτης θνησιμότητας μετά από 1 ημέρα έκθεση πήρε τιμή 48,3 (Πίνακας 3, Γράφημα 15). Μετά από 3 ημέρες έκθεση, ο δείκτης θνησιμότητας αυξήθηκε σε 68,4% και 55,5% για το chlorfenapyr και το thiamethoxam αντίστοιχα, ενώ μειώθηκε στην περίπτωση του lambda-cyhalothrin (19,2) (Πίνακας 3, Γράφημα 15). Ο δείκτης έφθασε το 85% μετά από 7 ημέρες έκθεση στο chlorfenapyr και παρέμεινε σε αυτά τα επίπεδα μέχρι το τέλος της βιοδοκιμής (Πίνακας 3, Γράφημα 15). Στην περίπτωση του thiamethoxam, ο δείκτης θνησιμότητας πήρε τιμή 88,2 στο τέλος της έκθεσης και συνέχισε να αυξάνεται μέχρι το 99,9 στο τέλος της βιοδοκιμής (Πίνακας 3, Γράφημα 15). Τις χαμηλότερες τιμές ο δείκτης θνησιμότητας τις πήρε για το lambda-cyhalothrin, για το οποίο κυμάνθηκε μεταξύ 17,9 και 46,7 (Πίνακας 3, Γράφημα 15).

Πίνακας 3: Δείκτης θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Tribolium confusum* μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με lambda-cyhalothrin (0,1 mg/cm²) και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο.(σε όλες τις περιπτώσεις συνολικοί βαθμοί ελευθερίας total df = 215).

Διάστημα Έκθεσης	Δείκτης Θνησιμότητας			
	Μάρτυρας	Thiamethoxam	Chlorfenapyr	lambda-cyhalothrin
Ημέρα 1	0,2 \pm 0,2 C	48,3 \pm 0,7 F	17,9 \pm 2,8 C	25,0 \pm 2,1 BC
Ημέρα 3	0,2 \pm 0,2 C	55,5 \pm 1,5 E	68,4 \pm 4,2 B	19,2 \pm 2,3 C
Ημέρα 5	0,9 \pm 0,4 C	71,9 \pm 1,3 D	82,3 \pm 1,9 A	17,9 \pm 2,2 C
Ημέρα 7	1,9 \pm 0,5 BC	88,2 \pm 1,1 C	85,4 \pm 1,6 A	20,9 \pm 3,2 C
Ημέρα 8	2,3 \pm 0,7 BC	92,5 \pm 1,0 B	85,6 \pm 1,6 A	22,0 \pm 3,7 BC
Ημέρα 10	2,5 \pm 0,8 BC	98,2 \pm 0,6 A	85,6 \pm 1,6 A	27,8 \pm 4,1 BC
Ημέρα 12	4,2 \pm 0,9 AB	99,5 \pm 0,3 A	85,6 \pm 1,6 A	36,5 \pm 4,4 AB
Ημέρα 14	6,4 \pm 1,2 A	99,9 \pm 0,3 A	86,0 \pm 1,6 A	46,7 \pm 4,8 A

Για κάθε μεταχείριση (μάρτυρας, thiamethoxam, chlorfenapyr, lambda-cyhalothrin), μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο λατινικό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0.05$.



Γράφημα 15. Δείκτης θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Tribolium confusum* μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες έκθεσης σε επιφάνεια τσιμέντου ψεκασμένη με thiamethoxam ($0,1 \text{ mg/cm}^2$), chlorfenapyr ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) ή lambda-cyhalothrin ($0,1 \text{ mg/cm}^2$) και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά τη μεταφορά των ατόμων που επέζησαν της έκθεσης σε καθαρό τρυβλίο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία αξιολογήθηκε η εντομοστατική και εντομοκτόνος δράση τριών εντομοκτόνων δραστικών ουσιών με διαφορετικούς τρόπους δράσης, των thiamethoxam, chlorfenapyr και lambda-cyhalothrin. Το lambda-cyhalothrin δρα τόσο δι' επαφής όσο και διά στομάχου στο νευρικό σύστημα των εντόμων παρεμποδίζοντας το κλείσιμο των διαύλων Na^+ στους νευράξονες των νευρικών κυττάρων, προκαλώντας μία συνεχή νευρομυϊκή μεταφορά μηνυμάτων, που οδηγεί σε υπερδιέγερση, παράλυση και τελικά στο θάνατο των εντόμων (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2010). Το chlorfenapyr παρεμποδίζει την παραγωγή ενέργειας από τα κύτταρα των εντόμων-στόχων, προκαλώντας τελικά παράλυση (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2010). Τέλος, το thiamethoxam δρα τόσο ως εντομοκτόνο επαφής όσο και στομάχου, προκαλώντας την δέσμευση των υποδοχέων της ακετυλοχολίνης στις συνάψεις του περιφερειακού νευρικού συστήματος του εντόμου (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2010). Οι διαφορετικοί τρόποι δράσεις των εντομοκτόνων έχουν επίπτωση στην συμπεριφορά των εντόμων μετά την εφαρμογή, η οποία επηρεάζει άμεσα και την αποτελεσματικότητα του εντομοκτόνου. Για παράδειγμα, μετά την εφαρμογή μιας εντομοκτόνου δραστικής ουσίας που δεν προκαλεί την άμεση ακινητοποίηση των εντόμων, τα έντομα συνεχίζουν την τροφική τους δραστηριότητα, εξακολουθώντας να προκαλούν ζημιά στο αποθηκευμένο προϊόν και οικονομικές απώλειες στον παραγωγό. Επιπρόσθετα, όσο τα έντομα μπορούν να κινούνται μπορούν και να αναπαραχθούν, εξασφαλίζοντας την παραγωγή απογόνων, και την επανεμφάνιση εντόμων στο προϊόν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή. Τέλος, εφόσον τα έντομα δεν ακινητοποιηθούν άμεσα μετά την εφαρμογή του εντομοκτόνου μπορούν να απομακρυνθούν από το σημείο της εφαρμογής και να συνεχίσουν την προσβολή του προϊόντος σε άλλο σημείο που δεν έχει δεχτεί εφαρμογή (Arthur 2008). Αντίθετα, μια δραστική ουσία με υψηλή εντομοστατική δράση (γρήγορο knockdown) προκαλεί την άμεση ακινητοποίηση των εντόμων μετά την εφαρμογή, διακόπτοντας την τροφική δραστηριότητα και την αναπαραγωγή τους.

Οι αλλαγές στην συμπεριφορά των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων μετά από την εφαρμογή ενός εντομοκτόνου δεν έχουν τύχει ιδιαίτερης προσοχής από την επιστημονική κοινότητα. Σε μια από τις λίγες σχετικές μελέτες, οι Tsaganou et al. (2014) αξιολόγησαν την δράση του νεονικοτινοειδούς thiamethoxam εναντίον των *R. dominica*, *T. confusum* και *O. surinamensis* μετά από εφαρμογή στο προϊόν και ανέφεραν υψηλό ποσοστό ακινητοποίησης (knockdown) των εντόμων και θετική συσχέτιση της ακινητοποίησης τους με την θνησιμότητα. Πρόσφατα, οι Agrafioti et al. (2015) μελέτησαν την επίδραση τεσσάρων εντομοκτόνων ουσιών, των alpha-cypermethrin, chlorfenapyr, pirimiphos-methyl και fipronil, στα ενήλικα των *T. confusum* και *O. surinamensis*. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η εντομοστατική δράση των εντομοκτόνων (knock down) έχει διάφορα επίπεδα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες της θνησιμότητας των εντόμων ή της δυνατότητας ανάνηψης τους μετά την εφαρμογή. Για παράδειγμα, στην ίδια μελέτη η πιο γρήγορη ακινητοποίηση των εντόμων μετά από εφαρμογή σε μεταλλική επιφάνεια επιτεύχθηκε με το pirimiphos-methyl και αμέσως μετά με το alpha-cypermethrin. Επιπρόσθετα, στην περίπτωση του *T. confusum* παρατηρήθηκε ότι ένα ποσοστό των εντόμων που είχαν ακινητοποιηθεί μετά την εφαρμογή του alpha-cypermethrin κατάφερε να ανανήψει μετά την μεταφορά του σε καθαρό τρυβλίο.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δείχνουν την διαφορετική επίδραση των εντομοκτόνων που αξιολογήθηκαν στην συμπεριφορά των εντόμων. Στην περίπτωση του *S. oryzae* καταγράφηκαν υψηλά ποσοστά ακινητοποίησης (knockdown) στην αρχή της έκθεσης (1 ημέρα έκθεση), τα οποία μεταφράστηκαν σε υψηλά ποσοστά θνησιμότητας στις μεγαλύτερες εκθέσεις (3, 5 και 7 ημέρες έκθεση). Ως αποτέλεσμα, ο δείκτης θνησιμότητας είχε υψηλή τιμή από την αρχή της βιοδοκιμής και πήρε την μέγιστη τιμή του (100) στο τέλος της έκθεσης, οπότε και όλα τα έντομα ήταν νεκρά. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε αντιστοιχία με προηγούμενες μελέτες στις οποίες επίσης καταγράφηκε η μεγάλη ευαισθησία του *S. oryzae* στο thiamethoxam (Arthur et al., 2004; Tsaganou et al., 2014). Παρόμοια δράση με το thiamethoxam είχε και το lambda-cyhalothrin, για το οποίο παρατηρήθηκε υψηλή ακινητοποίηση των εντόμων (knockdown) ακόμα και μετά από μία

ημέρα έκθεση. Σε αντίθεση όμως με το thiamethoxam, δεν επιτεύχθηκε πλήρης έλεγχος των εντόμων, καθώς σε όλες τις περιπτώσεις ένα μικρό ποσοστό των εντόμων παρέμενε ζωντανό στο τέλος της βιοδοκιμής. Σε αντίστοιχες εργαστηριακές βιοδοκιμές σε επιφάνεια τσιμέντου οι Jankon et al. (2013) επισήμαναν την γρήγορη δράση δύο σκευασμάτων του lambda-cyhalothrin (CS και WP) εναντίον ενηλίκων του *S. oryzae*, καθώς σε λιγότερο από 45 λεπτά, τα μισά έντομα ήταν ακινητοποιημένα [KDT(KnockDown Time)₅₀ = 42.9 min] μετά από εφαρμογή 10 ppm/m² thiamethoxam. Σε αντίθεση με τα άλλα δύο εντομοκτόνα που αξιολογήθηκαν, η εφαρμογή του chlorfenapyr δεν προκάλεσε την ακινητοποίηση των ενηλίκων *S. oryzae* στην αρχή της έκθεσης (1 ημέρα μετά την εφαρμογή), κατά συνέπεια η τιμή του δείκτη θνησιμότητας αρχικά ήταν χαμηλή. Στη συνέχεια όμως (3 ημέρες έκθεση) παρατηρήθηκε υψηλή θνησιμότητα, ενώ όλα τα έντομα θανατώθηκαν ήδη από την 5^η ημέρα μετά την εφαρμογή. Ομοίως, οι Kavallieratos et al. (2011) έδειξαν ότι η θανάτωση των ενηλίκων *S. oryzae* ήταν πλήρης στις περισσότερες περιπτώσεις 7 ημέρες μετά την έκθεση σε σκληρό σιτάρι ψεκασμένο με 10 ppm chlorfenapyr, ανεξάρτητα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που εξετάστηκαν (σχετική υγρασία, θερμοκρασία).

Παρόμοια αποτελέσματα με το *S. oryzae* καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη και για το *O. surinamensis*, το οποίο ήταν ιδιαίτερα ευαίσθητο και στα τρία εντομοκτόνα που αξιολογήθηκαν. Έτσι, στην περίπτωση των thiamethoxam και lambda-cyhalothrin καταγράφηκε υψηλό knockdown των ενηλίκων *O. surinamensis* στην αρχή της έκθεσης (1 ημέρα μετά την έκθεση), το οποίο στη συνέχεια μετατράπηκε σε υψηλό ποσοστό θνησιμότητας. Η μεγάλη ευαισθησία του *O. surinamensis* στο thiamethoxam έχει επισημανθεί και σε προηγούμενες μελέτες (Arthur et al., 2004; Tsaganou et al., 2014), ενώ όσον αφορά στο lambda-cyhalothrin, δεν υπάρχει προηγούμενη σχετική μελέτη της επίδρασης του στο *O. surinamensis*. Τέλος, για το chlorfenapyr καταγράφηκε υψηλή θνησιμότητα ήδη μετά από μία ημέρα έκθεση, ενώ η θανάτωση των εντόμων ήταν πλήρης 3 ημέρες μετά την έναρξη της βιοδοκιμής. Υψηλοί δείκτες θνησιμότητας καταγράφηκαν για το *O. surinamensis* μετά την εφαρμογή του chlorfenapyr και σε προηγούμενες μελέτες (Agrafioti et al., 2015).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, το *T. confusum* ήταν το λιγότερο ευαίσθητο είδος εντόμου και στα τρία εντομοκτόνα που αξιολογήθηκαν. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή του thiamethoxam είχε σαν αποτέλεσμα υψηλό ποσοστό ακινητοποιημένων εντόμων την 1^η ημέρα της βιοδοκιμής, το οποίο στη συνέχεια μετατράπηκε σε θνησιμότητα. Ακόμα όμως και στο τέλος της έκθεσης (Ημέρα 7), ένα σημαντικό ποσοστό των εντόμων (περίπου το ένα τέταρτο των εντόμων) δεν είχαν πεθάνει. Μετά τη μεταφορά τους σε καθαρό τρυβλίο και την απομάκρυνση από τον τοξικό παράγοντα δεν παρατηρήθηκε ανάνηψη των εντόμων. Αντίθετα, όλα τα έντομα που ήταν ημιθανή στο τέλος της έκθεσης ήταν νεκρά στο τέλος της βιοδοκιμής. Σε σύμπνοια με τα προαναφερθείσα αποτελέσματα, οι Tsaganou et al. (2014) κατέταξαν το *T. confusum* ως το λιγότερο ευαίσθητο είδος αμέσως μετά το *P. truncatus* μεταξύ πέντε ειδών εντόμων αποθηκών που αξιολογήθηκαν. Ανθεκτικότητα εμφάνισαν τα ενήλικα *T. confusum* και στο lambda-cyhalothrin , καθώς σχεδόν τα μισά έντομα ήταν ζωντανά και δραστήρια στο τέλος της βιοδοκιμής. Τα αποτελέσματα αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά, καθώς είναι η πρώτη φορά που αξιολογείται η επίδραση του lambda-cyhalothrin εναντίον του *T. confusum*.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φανέρωσαν την διαφορετική επίδραση των εντομοκτόνων thiamethoxam, chlorfenapyr και lambda-cyhalothrin στη συμπεριφορά των ενηλίκων των ειδών *S. oryzae*, *O. surinamensis* και *T. confusum* και κατά συνέπεια στην αποτελεσματικότητά τους. Συγκεκριμένα, τα εντομοκτόνα thiamethoxam και lambda-cyhalothrin προκάλεσαν την άμεση και σε υψηλό ποσοστό ακινητοποίηση των εντόμων (υψηλό knockdown), σε αντίθεση με το chlorfenapyr, για το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις δεν καταγράφηκε υψηλό knockdown. Τέτοιου είδους αποτελέσματα είναι πολύτιμα για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών καταπολέμησης των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων και την επιλογή των κατάλληλων σε κάθε περίπτωση εντομοκτόνων δραστικών ουσιών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αγραφιώτη Π. (2014). Αξιολόγηση Εντομοκτόνων για την Αντιμετώπιση Εντόμων Αποθηκευμένων Τροφίμων σε Δύο Τύπους Επιφανειών, Μεταπτυχιακή διατριβή, σελ. 87, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών.
- Αθανασίου Χ., Αθανασόπουλος Δ., Βλάχος Δ., Γαμβρός Ρ., Μητσέας Α., Μπισμπίκης Β., Παπαδάτος Β., Σταθοπούλου Σ., Σωτηρούδας Β. (2015). Οδηγός Ορθής Πρακτικής για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Προστασίας από Ζωικούς Εχθρούς και Έντομα στις Επιχειρήσεις Τροφίμων, Σύνδεσμος Εταιριών Απεντομώσεων και Μυοκτονιών Ελλάδος και Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Αθήνα.
- Εμμανουήλ Ν. και Μπουχέλος Ν. (1996). Ζωικοί Εχθροί Τροφίμων και Γεωργικών Προϊόντων, Αθήνα.
- Μπουχέλος Κ. (2005). Έντομα Αποθηκευμένων Γεωργικών Προϊόντων και Τροφίμων, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Αθήνα.
- Παπαδοπούλου- Μουρκίδου Ε. (2008). Γεωργικά Φάρμακα, Χημεία, Φαρμακολογία (Φαρμακοκινητική, Μεταβολισμός, Τρόπος Δράσης), Τοξικολογία, Οικοτοξικολογία και Συμπεριφορά και Τύχη στο Περιβάλλον, Εκδόσεις Μέθεξις.
- Σταμόπουλος Δ. (1995). Έντομα Αποθηκών, Μεγάλων Καλλιεργειών και Λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Τζανακάκης Μ. (1980). Μαθήματα Εφαρμοσμένης Εντομολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Ξένη βιβλιογραφία

- Agrafioti P., Athanassiou C. G., Vassilakos T. N., Vlontzos G., Arthur F. H. (2015). Using a Lethality Index to Assess Susceptibility of *Tribolium confusum* and *Oryzaephilus surinamensis* to Insecticides. PLoS ONE 10(11): e0142044. doi:10.1371/journal.pone.0142044.

- Alexandratos N. and Bruinsma J. (2012). World Agriculture Towards 030/2050: The 2012 Revision, Agricultural Development Economics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, ESA Working Paper No. 12-03.
- Arthur F. H., Yue B., and Wilde G. E. (2004). Susceptibility of Stored-product Beetles on Wheat and Maize Treated with Thiamethoxam: effects of concentration, exposure interval, and temperature. *Journal of Stored Product Research* 40, 527-546.
- 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 of Stored Products Research* 44, 145–151.
- Bajwa U. and Kulwant S. (2014). Effect of Handling and Processing on Pesticide Residues in Food- a Review, *Journal of Food Science and Technology*, February, 51(2), 201-220.
- Garb Y. (1995). Rachel Carson's Silent Spring, Technology, and Society, MIT Fall Issue of Dissent (pp. 539-546).
- Carson R. (1962). *Silent Spring*, Houghton Mifflin Company.
- Greig. D. J. and Reeves M. (1985). Prevention of Post-harvest Food Losses: a training manual, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Group for Assistance on Systems Relating to Grain after Harvest (GASGA) (1989), Problems of Pesticide Residues in Stored Grain, GASGA Executive Seminar Series No. 3, Typeset and laid out by Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Howe R. (1956). The Biology of the Two Common Storage Species of *Oryzaephilus* (Coleoptera: Cucujidae), *Annals of Applied Biology*.
- Jankov D., Indić D., Kljajić P., Almaši R., Andrić G., Vuković S., et al. (2012). Initial and Residual Efficacy of Insecticides on Different Surfaces Against Rice Weevil *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Pest Science* 86, 211–216.

- Kavallieratos N., Athanassiou C., Hatzikonstantinou A., Kavallieratou H. (2011). Abiotic and Biotic Factors Affect Efficacy of Chlorfenapyr for Control of Stored-Product Insect Pests, *Journal of Food Protection*, 74(8), 1288-1299.
- Palm C., Dykstra W., Ferguson G., Hansberry R., Hayes W., Hazleton L., Horsfall J., Knipling E., Leach L., Lovvorn R., Swanson G. (1969). *Principles of Plant and Animal Pest Control Volume 3, Insect-Pest Management and Control* National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- *Pesticide Residues in Food Report (2005)*, Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues, Geneva, Switzerland, 20-29 September.
- Proctor D. (1994). *Grain Storage Techniques Evolution and Trends in Developing Countries*, FAO Agricultural Services Bulletin No. 109, GASCA - Group for Assistance on Systems Relating to Grain After Harvest, Rome.
- Program for Appropriate Technology in Health (PATH) (1994). *Pest Management for Warehouses Storing Contraceptive Products in Developing Countries*. Family Planning Logistics Management/John Snow, Inc., for the U.S. Agency for International Development.
- Roush R. and Tabashnik B., (1990). *Pesticide Resistance in Arthropods*, Springer.
- Semple R., Hicks P., Lozare J., and Castermans A. (1992). *Towards Integrated Commodity and Pest Management in Grain Storage*, A REGNET (RAS/86/189) Publication in Collaboration with NAPHIRE, May.
- Subramanyam B. and Hagstrum D. (2000). *Alternatives to Pesticides in Stored – Product IPM*, Springer Science + Business Media, LLC, New York.
- Togola A., Seck P., Glitho A., Diagne A., Adda C., Toure A. and Nwilene F. (2013). *Economic Losses from Insect Pest Infestation on*

Rice Stored on-farm in Benin, Journal of Applied Sciences, 13: 278-285.

- Tsaganou F. C., Vassilakos T. N., Athanassiou C. G. (2014). Knockdown and Mortality of Five Stored Product Beetle Species After Short Exposures of Thiamethoxam. Journal of Economic Entomology 107, 2222–2228.

Διαδίκτυο

- Aulakh J., Regmi A. (2013). Post Harvest Food Losses Estimation Development of Consistent Methodology. (http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/meetings_and_workshops/GS_SAC_2013/Improving_methods_for_estimating_post_harvest_losses/Final_PHLs_Estimation_6-13-13.pdf)
- Cyhalothrin and Lambda-Cyhalothrin Health and Safety Guide (1990), IPCS International Programme on Chemical Safety, Health and Safety Guide No. 38, United Nations Environment Programme International Labour Organisation, World Health Organization, Geneva. (<http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg038.htm#SectionNumber:1.2>)
- <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/150312>
- http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/stored/cigarette_beetle.htm

