

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΤΕΙ)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Μελέτη της εντομοκτόνου δράσεως τριών σκευασμάτων γης
διατόμων επί του *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera:
Curculionidae) σε διαφορετικά δημητριακά.

Πτυχιακή εργασία
του Εμμανουήλ Πανουσάκη

Επιβλέπων Καθηγητής: Γεώργιος Σταθός

Καλαμάτα, Ιούνιος 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ..	1
ΜΕΡΟΣ Α'	2
Εισαγωγή.....	2
Τα κυριότερα έντομα αποθηκών.....	4
Παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της προσβολής των αποθηκευμένων προϊόντων.....	9
ΜΕΡΟΣ Β', ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	11
Γενικά.....	11
Φυσικές μέθοδοι.....	13
Μεταβολή της Θερμοκρασίας.....	13
Εφαρμογή ιονιζουσών ακτινοβολιών.....	14
Η γη διατόμων.....	15
Ιδιότητες της γης διατόμων ως εντομοκτόνο.....	23
Βιολογικές μέθοδοι.....	31
Εντομοπαθογόνοι μύκητες.....	34
Μηχανικές μέθοδοι.....	36
Βιοτεχνολογικές μέθοδοι.....	37
Φερομόνες.....	37
Παγίδες.....	37
Ρυθμιστές αναπτύξεως.....	41
Αιθέραια έλαια	43
Χημικές μέθοδοι.....	43
Γ' ΜΕΡΟΣ, ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ <i>Sitophilus oryzae</i>	50
Γεωγραφική κατανομή	50
Μορφολογία του εντόμου.....	50
Βιολογία	52
Προσβολές.....	55
Μέθοδοι αντιμετώπισεως του εντόμου.....	56

Δ' ΜΕΡΟΣ, ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ.....	66
Σκοπός της μελέτης.....	66
Υλικά και μέθοδοι.....	66
Έντομα.....	66
Σκευάσματα.....	66
Προϊόντα.....	67
Βιοδοκιμές.....	67
Στατιστική ανάλυση στοιχείων.....	68
Αποτελέσματα.....	69
ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα έντομα εχθροί των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων και η καταπολέμησή τους αποτελούν ένα ξεχωριστό κεφάλαιο για τη γεωργία και έχουν μεγάλη σημασία για τη συντήρηση των προϊόντων μετασυλλεκτικώς.

Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής τριών σκευασμάτων γης διατόμων σε τρία διαφορετικά προϊόντα κατά ενός είδους εντόμου το οποίο είχε εκτραφεί σε τρία διαφορετικά προϊόντα.

Στα δυο πρώτα μέρη της εργασίας αναφέρονται γενικές πληροφορίες για τα έντομα των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων. Αναφέρονται στοιχεία για τη βιολογία, τη μορφολογία καθώς και συνοπτικές πληροφορίες για τις μεθόδους καταπολεμήσεως που εφαρμόζονται σήμερα. Επιπροσθέτως, δίδονται πληροφορίες για τη γη διατόμων έτσι ώστε να γίνουν κατανοητές από τον αναγνώστη έννοιες όπως η προέλευση, οι ιδιότητες και η σημαντικότητά τους. Η μέθοδος καταπολεμήσεως των εντόμων με τη χρήση γης διατόμων ανήκει στη κατηγορία των φυσικών μεθόδων αντιμετώπισεως.

Στο τρίτο μέρος της εργασίας αναφέρονται στοιχεία για το είδος του εντόμου που μελετήθηκε όπως η γεωγραφική κατανομή, η βιολογία, η μορφολογία, οι προσβολές και οι μέθοδοι αντιμετώπισεώς του. Στο τέταρτο μέρος της πτυχιακής μελέτης παρουσιάζονται ο σκοπός του πειράματος, τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν, τα αποτελέσματα, τα συμπεράσματα που εξήχθησαν καθώς και συζήτηση επί των αποτελεσμάτων.

Ευχαριστίες εκφράζονται στον κ. Γεώργιο Σταθά καθηγητή του Τ.Ε.Ι Καλαμάτας για την ανάθεση της παρούσης εργασίας και στο Δρα Νικόλαο Γ. Καβαλλιεράτο Εντεταλμένο Ερευνητή Γ' του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για τη πολύτιμη βοήθειά του σε όλα τα στάδια της πτυχιακής διατριβής καθώς και τις γνώσεις που αποκομίσθηκαν κατά τη διάρκεια της συνεργασίας αυτής.

ΜΕΡΟΣ Α΄

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο συνεχόμενα αυξανόμενος πληθυσμός του πλανήτη δημιούργησε την ανάγκη για αύξηση της ήδη παραγόμενης ποσότητας αγαθών από τη γεωργία όπως επίσης και να γίνει αποθήκευσή τους προς κάλυψη των αναγκών των ανθρώπων. Κατά την αποθήκευση όμως των προϊόντων εμφανίστηκαν προβλήματα, όπως η προσβολή τους από ακάρεα, ασθένειες, τρωκτικά και έντομα αποθηκών. Αρχικώς, χρησιμοποιήθηκαν χημικά εντομοκτόνα τα οποία έδωσαν θετικά αποτελέσματα αλλά δεν ήταν ιδιαίτερος φιλικά προς το περιβάλλον. Το γεγονός αυτό κατέστησε επιτακτική την ανάγκη της χρήσεως εναλλακτικών μέσων καταπολεμήσεως των εντόμων.

Πριν από μερικές δεκαετίες, θεωρείτο ότι τα ίδια τα αποθηκευμένα προϊόντα προκαλούσαν τις αλλοιώσεις τους και το φαινόμενο καλυπτόταν νομικά ως «εγγενής ανωμαλία» (inherent vice). Σήμερα είναι πλέον γνωστό ότι τις αλλοιώσεις τις προκαλούν διάφοροι μικροοργανισμοί, αρθρόποδα και τρωκτικά τα οποία δρουν είτε σε συνεργισμό, είτε μεμονωμένως με αποτέλεσμα την ποιοτική και την ποσοτική υποβάθμιση των προϊόντων. Κάτι τέτοιο, έχει δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στην οικονομία όσο και στην ανθρώπινη υγεία.

Τα είδη που στην εποχή μας είναι ευρυτάως διαδεδομένα σε αποθηκευτικούς χώρους γεωργικών προϊόντων και τροφίμων είναι *Stegobium paniceum* (L.) (Coleoptera: Anobiidae), *Ptinus* sp. (Coleoptera: Ptinidae) και *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae).

Συμφώνως με τους υπολογισμούς του F.A.O (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), οι απώλειες σε έτοιμο προϊόν κατά την αποθήκευση ανέρχονται στο 17% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής (10% από έντομα και 7% από ακάρεα τρωκτικά και ασθένειες). Οι ποσότητες που

καταναλίσκονται από τα έντομα στις αποθήκες και στις καλλιέργειες μόνο των σιτηρών θα μπορούσαν να αποτρέψουν λιμούς που σχεδόν μονίμως απειλούν τις περισσότερες χώρες της Αφρικής και της Ασίας. Τα τέλεια άτομα των Κολεοπτέρων και οι προνύμφες των Λεπιδοπτέρων καταναλώνουν σε μια εβδομάδα προϊόν πολλαπλάσιο του βάρους τους. Για παράδειγμα, μια προνύμφη *Ephestia* sp. (Lepidoptera:Pyralididae) κατατρώγει φυτό 50 περίπου σπόρων μέχρι την νύμφωσή της (Μπουχέλος 1996).

Έντομο αποθηκών θεωρούμε κάθε είδος εντόμου που προσβάλει και ζημιώνει αμέσως ένα προϊόν και μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε μία αποθήκη ή σε χώρο που φιλοξενεί για αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα. Στους αποθηκευτικούς χώρους συναντώνται και άλλα έντομα τα οποία δεν τρέφονται με τα αποθηκευμένα προϊόντα αλλά με μύκητες ή και με άλλα έντομα ή αρθρόποδα. Τέτοια έντομα μπορούν να θεωρηθούν χρήσιμοι δείκτες για προϊόντα που είναι προσβεβλημένα ή βρίσκονται σε κακή κατάσταση αλλά η παρουσία τους και μόνον, είναι ικανή να υποβαθμίσει την ποιότητα των αποθηκευμένων προϊόντων.

Στην τάξη Coleoptera ανήκουν τα περισσότερα είδη εντόμων αποθηκών, με την τάξη Lepidoptera να έπεται. Τα Hemiptera είναι πολύ λίγα και είναι αρπακτικά διαφόρων ειδών, που ζουν στους αποθηκευτικούς χώρους. Υπάρχουν επίσης και είδη εντόμων όπως τα κολεόπτερα της οικογένειας Bruchidae, που ενώ είναι εχθροί των καλλιεργειών, εντούτοις είναι ικανά να διαχειμιάσουν στο ξηρό αποθηκευμένο προϊόν, χρησιμοποιώντας την αποθήκη για να περάσουν στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο.

ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ

ΤΑΞΗ COLEOPTERA

➤ Οικογένεια Curculionidae

***Sitophilus granarius* (L.)** κν. «σκαθάρι του σιταριού»

Προσβάλει τους ξηρούς σπόρους των δημητριακών (σιτάρι, ρύζι, βρώμη, κριθάρι, σόργο, σίκαλη, αραβόσιτο) και σπανιότερα προσβάλει τα όσπρια (ρεβίθια).

***Sitophilus oryzae* (L.)** κν. «σκαθάρι του ρυζιού»

Προσβάλει το ρύζι και τους σπόρους των δημητριακών ενώ λιγότερο συχνά αλευρώδη προϊόντα, βαμβακόσπορο, όσπρια, ξηρούς καρπούς, ζωτροφές κ.α.

***Sitophilus zeamais* Motschulsky**

Προσβάλει σπόρους δημητριακών. Έχει καταγραφεί στις περισσότερες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδος και την Κρήτη (Αθανασίου και Μπουχέλος, 1999).

➤ Οικογένεια Tenebrionidae

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

Προσβάλει όλα τα είδη σπόρων (σιτηρά, όσπρια), άλευρα, πίτυρα, ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες (ζωτροφές), μπαχαρικά και μεγάλη ποικιλία ξηρών φυτικών υλών (ρίζες, φρούτα, καρπούς).

***Tribolium castaneum* Herbst** κν. «σκούρο σκαθάρι των αλεύρων»

Οι προσβολές του είναι όμοιες με αυτές του *T. confusum*. Επίσης έχει παρατηρηθεί να προσβάλει και βαμβακόσπορο.

***Tenebrio molitor* L.** κν. «μεγάλο σκαθάρι των αλεύρων»

Προσβάλλει άλευρα πίτυρα, σιτηρά, νεκρά έντομα και άλλες ζωικές και φυτικές ύλες.

➤ Οικογένεια **Ostomidae** (=Trogositidae)

***Tenebroides mauritanicus* L.** κν. «σκαθάρι των σπόρων»

Η προνύμφη προσβάλλει σπόρους σιτηρών ήδη προσβεβλημένους από *Sitophilus* ή *Sitotroga*, άλευρα, πίτυρα, παξιμάδια, βαμβακόσπορο κ.α. Το τέλειο έντομο τρέφεται από άλλα έντομα αποθηκών (σαρκοφάγο).

➤ Οικογένεια **Cucujidae**

***Oryzaephilus surinamensis* L.** κν. «οδοντωτό σκαθάρι των σπόρων»

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

***Cryptolestes ferrugineus* (Stephens)** κν. «σιταρόψειρα»

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

➤ Οικογένεια **Bostrychidae**

***Rhizopertha dominica* F.** κν. «σκαθάρι του ρυζιού»

Είναι το πολυπληθέστερο έντομο αποθηκών σε αποθηκευμένο ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα. Προσβάλλει επίσης κριθάρι, αραβόσιτο, μπισκότα και άλλα προϊόντα αλεύρου.

➤ Οικογένεια **Anobiidae**

Lasioderma serricorne F. κν. «σκαθάρι ή ψείρα του ξηρού καπνού»

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

➤ Οικογένεια **Nitidulidae**

Carpophilus hemipterus L. κν. «σκαθάρι των ξηρών φρούτων»

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

➤ Οικογένεια **Bruchidae**

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

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

Bruchus pisorum (L.) κοινώς Βρούχος των μπιζελιών

Bruchus rufimanus (Boheman) κοινώς Βρούχος των κουκιών

Bruchus lentis (Frolich) κοινώς Βρούχος της φακής

➤ Οικογένεια **Dermestidae**

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

Οι προνύμφες προσβάλουν συνήθως ζωικές ύλες, νεκρά έντομα, και ζώα σε συλλογές και μουσεία αλλά και μάλλινα, τάπητες, βαμβακερά, δέρμα, και γουναρικά.

***Trogoderma granarium* Everts** κν. «Τρωγόδερμα των σπόρων»

Αντίθετα με τα υπόλοιπα Dermestidae, τρέφεται αποκλειστικώς με φυτικές ύλες και είναι καταστρεπτικό στα αποθηκευμένα σιτηρά. Επίσης προσβάλλει ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες. Αποτελεί «Έντομο καραντίνας» σε πολλές χώρες και στην Ελλάδα.

ΤΑΞΗ LEPIDOPTERA

➤ Οικογένεια Pyralidae

***Ephestia kuhniella* Zeller** κν. «Μεσογειακό σκουλήκι των αλεύρων»

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

***Ephestia cautella* Walker** κν. «σκουλήκι των σύκων, σταφίδας»

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

***Ephestia elutella* Hübner** κν. «σκουλήκι του καπνού ή του κακάο»

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

***Plodia interpunctella* Hübner** κν. «Κοινό σκουλήκι αποθηκών»

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

***Pyralis farinalis* (L.)** κν. «σκουλήκι των αλεύρων»

Προσβάλλει κυρίως άλευρα και σπόρους σιτηρών αλλά και διάφορα άλλα φυτικά υλικά και αλλοιωμένα προϊόντα.

***Corcyra cephalonica* Stainton** κν. «σκουλήκι του ρυζιού (διεθνώς)»

Στην Ελλάδα έχει προκαλέσει σοβαρές ζημιές σε μαύρη κορινθιακή σταφίδα και σουλτανίνα, αχρηστεύοντας το αποθηκευμένο προϊόν ενώ διεθνώς αναφέρεται ως εχθρός των σπόρων και αλεύρων ρυζιού καθώς και αλεύρων άλλων σιτηρών (σίτου, αραβοσίτου).

➤ Οικογένεια **Tineidae**

***Tinea granella* L.** κν. «Τίνα των σπόρων»

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

➤ Οικογένεια **Gelechiidae**

***Sitotroga cerealella* (Oliver)** κν. «Σιτιότρωγα»

Είναι σοβαρός εχθρός των σπόρων όλων των καλλιεργουμένων σιτηρών αλλά και μερικών αυτοφυών αγρωστωδών. Δεν δημιουργούνται νήματα στην επιφάνεια των προϊόντων αλλά εκτός από τις απώλειες σε βάρος και σε βλαστικότητα οι σπόροι αποκτούν δυσάρεστη οσμή και γεύση ενώ το κριθάρι γίνεται και ακατάλληλο για ζυθοποίηση.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Βαθμός καταλληλότητας και μέτρα προστασίας των αποθηκευτικών χώρων

Οι αποθηκευτικοί χώροι θα πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένοι ώστε να μην επιτρέπεται η είσοδος εντομολογικών ή άλλων εχθρών. Στα παράθυρα θα πρέπει να τοποθετείται ψιλή σήτα που θα εμποδίζει την είσοδο των εντόμων και οι θύρες θα πρέπει να κλείνουν χωρίς να αφήνουν κανενός είδους άνοιγμα. Οι τοίχοι δε πρέπει να φέρουν ρωγμές. Ο καθαρισμός των δαπέδων θα πρέπει να γίνεται ευκόλως όπως και η εφαρμογή εντομοκτόνων ουσιών στις εγκαταστάσεις κλιματισμού, κεντρικής θέρμανσεως και αποχετεύσεως.

Η δραστηριότητα των εντόμων

Έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένα έντομα προσβάλλουν αποκλειστικώς σπασμένους ή ήδη προσβεβλημένους σπόρους και έτσι αποβαίνουν επιζήμια μόνο όταν τηρούνται αυτές οι προϋποθέσεις. Αρκετά έντομα κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου τους, προσβάλλουν περισσότερους από έναν καρπούς ενώ άλλα συμπληρώνουν την ανάπτυξη τους μόνο σε έναν καρπό. Οι ζημιές

που αναμένονται, όταν το έντομο ολοκληρώσει το βιολογικό κύκλο του σε παραπάνω από ένα καρπό, είναι μεγαλύτερες αν και θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν η γονιμότητα του εντόμου, ο αριθμός των γενεών, η ύπαρξη ή μη διαπαύσεως και άλλοι παράγοντες.

Η κατάσταση του προϊόντος πριν από την αποθήκευση

Όταν κάποιο προϊόν είναι προσβεβλημένο από τον καιρό που βρίσκεται ακόμα στον αγρό ή μολύνθηκε κατά την μεταφορά του, τότε ως φυσικό αποτέλεσμα θα αυξηθεί το μέγεθος της προσβολής μέσα στον αποθηκευτικό χώρο και θα μολυνθούν προϊόντα τα οποία μέχρι εκείνη τη στιγμή δεν έφεραν μόλυνση.

Οι συνθήκες των αποθηκευτικών χώρων

Η θερμοκρασία και η υγρασία που επικρατούν στον αποθηκευτικό χώρο όπως και η θερμοκρασία και η υγρασία του αποθηκευμένου προϊόντος, επιδρούν στο μέγεθος των εντομολογικών προσβολών. Ο ρόλος των δύο αυτών παραγόντων είναι καθοριστικός, καθώς επιδρά στη διάπαυση των εντόμων, στη γονιμότητά τους και στη δραστηριότητά τους με συνέπεια να προκαλείται αύξηση ή μείωση του αριθμού των γενεών των εντόμων.

Ικανότητα πτήσεως των εντόμων

Η ικανότητα ενός εντόμου να ιπτάται σε μακρινές αποστάσεις, αυξάνει τις πιθανότητες προσβολής αποθηκευμένων προϊόντων που απέχουν μεταξύ τους ικανή απόσταση και γρήγορης μόλυνσεως εκείνων των προϊόντων που απεντομώθηκαν.

ΜΕΡΟΣ Β'

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Γενικώς

Οι απώλειες που προκαλούνται κατά την αποθήκευση του συγκομισμένου και πολλές φορές ετοιμού προς κατανάλωση προϊόντος είναι κυριολεκτικώς ανεπανόρθωτες. Η προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων, είναι αλήθεια ότι έχει πολύ μεγαλύτερη σημασία από όση θεωρείται. Υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες τα προληπτικά μέτρα που είχαν ληφθεί στο αποθηκευμένο προϊόν δεν ήσαν επαρκή, με συνέπεια να ανιχνευθούν προσβολές. Σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την άμεση καταπολέμηση των εχθρών των προϊόντων.

Με τον όρο αντιμετώπιση ή καταπολέμηση εννοείται η με κάθε μέσο ή τρόπο δημιουργία δυσμενών συνθηκών για την ανάπτυξη, πολλαπλασιασμό και εξάπλωση ενός φυτοπαρασίτου ή την αποτροπή ζημιών από αυτό (Δημόπουλος 1998).

Η χρήση χημικών ουσιών θεωρείται σήμερα αναγκαία για την προστασία της γεωργικής παραγωγής. Συμφώνως προς τις εκτιμήσεις, αν δεν εφαρμοστεί συστηματικός έλεγχος των ασθενειών και των παρασίτων των καλλιεργειών, στην καλύτερη περίπτωση λαμβάνεται το 37 % της παραγωγής πατάτας, το 22 % της παραγωγής λαχάνων, το 10 % της παραγωγής μήλων και το 9 % της παραγωγής ροδακίνων. Με το συστηματικό έλεγχο των ασθενειών και των παρασίτων, οι απώλειες περιορίζονται σε ποσοστό 20 – 30 (Δημόπουλος 1998).

Παρά το γεγονός ότι με τις χημικές μεθόδους αντιμετώπισης επιτυγχάνεται πλήρης έλεγχος των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, οι συνέπειες της χρήσεως τέτοιων μεθόδων είναι πολύ αρνητικές για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Αν στους παραπάνω παράγοντες προστεθεί και το φαινόμενο της ανθεκτικότητας των εντόμων εχθρών στα χημικά σκευάσματα τότε είναι επιτακτική η ανάγκη ευρέσεως αλλά και χρησιμοποίησης διαφορετικών μεθόδων, προκειμένου να ελεγχθούν οι πληθυσμοί των εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα.

Οι μέθοδοι αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθούν μεμονομένως ή σε συνεργασία τόσο μεταξύ τους όσο και με τις χημικές μεθόδους και βεβαίως θα πρέπει να είναι ιδιαίτερος αποτελεσματικές, με τις όσο δυνατόν λιγότερες συνέπειες για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. (Μπουχέλος 1996)

Παρά την επικράτηση των χημικών μεθόδων καταπολεμήσεως των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, τα τελευταία χρόνια οι αδρανείς σκόρες έχουν λάβει αυξημένη προσοχή στην προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων. Γι' αυτό και οι αδρανείς σκόρες θεωρούνται ως το μέλλον στις εναλλακτικές λύσεις στην προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων (Subramanyam and Roesli, 2000). Οι εναλλακτικές μέθοδοι αντιμετώπισης διακρίνονται στις εξής :

Φυσικές

Βιολογικές

Μηχανικές

Βιοτεχνολογικές

Χημικές

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι φυσικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και σήμερα για την προστασία από εντομολογικούς εχθρούς σε ορισμένα προϊόντα, είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, η χρήση ηλεκτροστατικού πεδίου, η χρήση ιονιζουσών ακτινοβολιών και η χρήση της σκόνης γης διατόμων.

Μεταβολή της Θερμοκρασίας

Η μέθοδος της χρήσεως υψηλών θερμοκρασιών αποδίδει ασφαλή αποτελέσματα στην αντιμετώπιση των εντομολογικών εχθρών τους, θα πρέπει όμως να είμαστε προσεκτικοί διότι μπορεί να προκληθούν σοβαρές αλλοιώσεις στα προϊόντα. Θερμοκρασίες από 52 έως 55 °C επί 3 περίπου ώρες ή υψηλότερες θερμοκρασίες με χρονικές εκθέσεις αντιστρόφως ανάλογες, προκαλούν πήξη των λευκωμάτων των εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα καταστρέφοντας όλα τα στάδια τους. Η μέθοδος αυτή χρειάζεται πολύ προσοχή κατά την εφαρμογή της καθώς είναι πιθανή η δημιουργία πολύ υψηλών θερμοκρασιών η οποίες μπορούν να αποθούν καταστρεπτικές για τα αποθηκευμένα προϊόντα. Για το λόγο αυτό, καλό είναι να χρησιμοποιείται θερμό ρεύμα αέρος για την απεντόμωση αποθηκευμένων προϊόντων και θερμό νερό ή ατμός για την απεντόμωση μέσω μεταφοράς, εργαλείων και μηχανημάτων.

Αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών του εντόμου μέχρι σημείου νεκρώσεως επιτυγχάνεται με χρήση ηλεκτροστατικού πεδίου. Με την μέθοδο αυτή, διοχετεύεται ρεύμα υψηλής συχνότητας και μεγάλης ισχύος με αποτέλεσμα να αυξάνεται μέσα σε χρονικό διάστημα ελάχιστων δευτερολέπτων, η θερμοκρασία των ζωικών παρασίτων μέχρι σημείου θανατώσεώς τους χωρίς όμως να αυξάνεται στον ίδιο βαθμό η θερμοκρασία του απεντομούμενου προϊόντος.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες αποτελούν αποτελεσματική μέθοδο απεντομώσεως χωρίς μάλιστα να προκαλούν αλλοιώσεις στα προϊόντα ή καταστροφή ορισμένων από τα συστατικά τους, όπως συμβαίνει με την χρήση πολύ υψηλών θερμοκρασιών.

Υπάρχουν έντομα που θανατώνονται σε θερμοκρασίες ελάχιστα υψηλότερες από το σημείο πήξεως της αιμολέμφου τους. Επίσης, υπάρχουν έντομα που θανατώνονται μόλις οι ιστοί τους παγώσουν, ενώ υπάρχουν και άλλα που μπορούν να επιβιώσουν έστω κι αν εκτεθούν για πολλές ώρες σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι και -15 ή -20 °C.

Πολλά έντομα αν εγκλιματισθούν για ορισμένο χρονικό διάστημα σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από αυτές όπου ζουν συνήθως, τότε είναι ικανά να αντέξουν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, στις οποίες φυσιολογικά θα θανατώνονταν (Σταμόπουλος, 1995).

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

Εφαρμογή ιονιζουσών ακτινοβολιών

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

Η εφαρμογή ιονιζουσών ακτινοβολιών εναντίον των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι μια μέθοδος που δεν αφήνει υπολείμματα στα

προϊόντα και σε αρκετές περιπτώσεις έχει αποδειχθεί ότι είναι κατάλληλη σαν μέθοδος προστασίας τους. Το κυριότερο μειονέκτημα της είναι το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων που απαιτεί η εφαρμογή της.

Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής για την αντιμετώπιση των εντομολογικών εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους. Με τον πρώτο τρόπο οι ακτινοβολίες εφαρμόζονται κατ' ευθείαν στα προσβεβλημένα προϊόντα, ενώ με τον δεύτερο τρόπο αποσκοπείται η απ' ευθείας εφαρμογή τους στα έντομα με απώτερο σκοπό την στέρωση και τη σταδιακή ελάττωση των πληθυσμών τους. Η εφαρμογή των ακτινοβολιών για στέρωση των εντόμων δε βρήκε έδαφος στην περίπτωση των εντόμων αποθηκών γιατί τα στείρα έντομα εξακολουθούν να τρέφονται και να προκαλούν ζημιές στα προϊόντα.

Η αποδοχή από μέρους του καταναλωτικού κοινού των ακτινοβολημένων προϊόντων αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα, που καθιστά ακόμη πιο δύσκολη την εφαρμογή της μεθόδου αυτής. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το καταναλωτικό κοινό αρνείται να καταναλώνει τέτοια προϊόντα με αποτέλεσμα να απαγορεύεται ακόμη και η εισαγωγή τους σε ορισμένες χώρες.

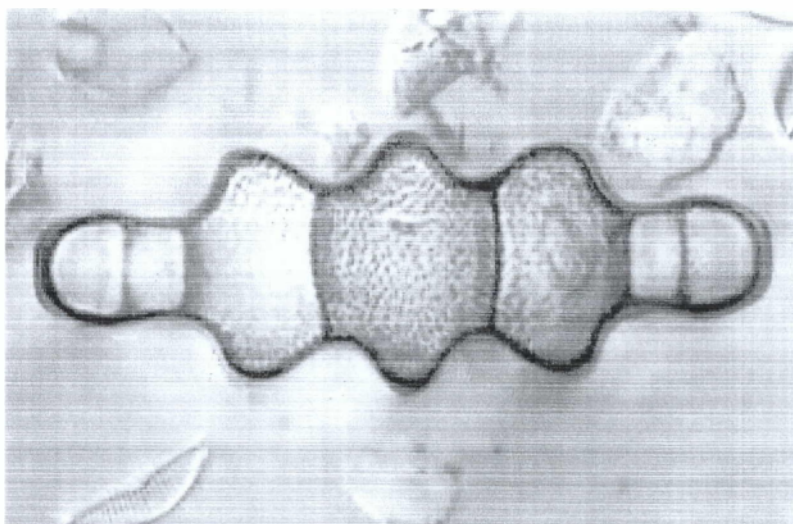
Η γη διατόμων

Η γη διατόμων (diatomaceous earth ή DE) είναι ένα σχεδόν καθαρό προϊόν που αποτελείται από διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και έχει προέλθει από απολιθωμένα διάτομα. Τα διάτομα είναι μονοκύτταρα φύκη και πιθανότατα αποτελούν το πιο διαδεδομένο είδος φυτών στο πλανήτη. Υπάρχουν περισσότερα από 25000 είδη διατόμων που βρίσκονται σε αφθονία σε όλα τα υδατικά οικοσυστήματα, αν και ορισμένα απαντώνται και σε χερσαία περιβάλλοντα (Round et al. 1992).

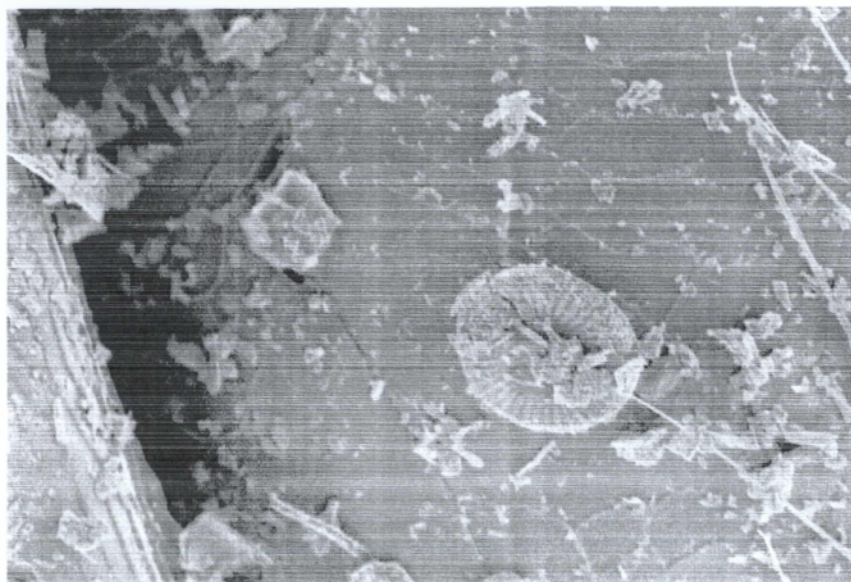
Η παρουσία της σκόνης γης διατόμων στο υπέδαφος υπολογίζεται σε εκατομμύρια χρόνια. Καθώς τα διάτομα απορροφούσαν πυρίτιο από το ύδωρ, με

το πέρας του βιολογικού κύκλου τους (περίπου 6 ημέρες) βυθίζονταν και δημιουργούσαν, στο πέρασμα των αιώνων, υπόγεια και βαθιά στρώματα με ένυδρη πυριτική δομή.

Στη συνέχεια, τα υπόγεια στρώματα απολιθώνονταν και συμπιέζονταν (από λίγα εκατοστά έως και μερικές εκατοντάδες μέτρα) σε ένα μαλακό και λευκό πέτρωμα που σήμερα καλείται γη διατόμων. Η προέλευση της γης διατόμων μπορεί να είναι θαλάσσια (από θαλάσσια διάτομα) ή χερσαία (από χερσαία διάτομα).



Εικ.1 Διάτομο όπως φαίνεται από το κοινό μικροσκόπιο



Εικ.2 Διάτομο όπως φαίνεται από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως

Η περιεκτικότητα της γης διατόμων σε υγρασία είναι υψηλότερη του 50%, το 86 – 94% της στερεάς μορφής της αποτελεί το πυρίτιο ενώ το υπόλοιπο είναι άργιλος και πηλός (Korunic 1997). Πριν την οποιαδήποτε χρήση της, η γη διατόμων, υφίσταται επεξεργασία που αφορά στη μείωση της υγρασίας της με ξήρανση και στη μείωση του μέσου συνολικού μεγέθους των κόκκων της, με άλεση. Μετά την επεξεργασία η περιεκτικότητα της σε υγρασία είναι 2 με 6 % ενώ το μέγεθος των κόκκων λαμβάνει τιμές μεταξύ 1 και 150 μm , με την πλειονότητα τους να κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 30 μm . Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η παραγωγή μίας λεπτόκοκκης σκόνης που θεωρείται ότι δεν έχει τοξική επίδραση στα θηλαστικά (Quarles 1992).

Η γη διατόμων είναι εξαιρετικώς σταθερή καθώς δεν αντιδρά με διάφορα υποστρώματα του περιβάλλοντος και δεν παράγει τοξικά χημικά παράγωγα. Συμφώνως προς την Εταιρεία Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency) των Η.Π.Α., η φυσική γη διατόμων περιγράφεται ως «το

άμορφο διοξείδιο του πυριτίου και χαρακτηρίζεται ως ασφαλές, για προσθετικό τροφίμων» (Anonymous 1991).

Όσον αφορά στο χρώμα της σκόνης της γης διατόμων, αυτό εξαρτάται από τη σύστασή της και ποικίλει σε λευκό, γκρι, κίτρινο, ερυθρό. Το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων εξαρτώνται από το είδος του νεκρού διατόμου από το οποίο προήλθε και από την επεξεργασία που δέχθηκε. Το κύριο συστατικό είναι το άμορφο διοξείδιο πυριτίου, περιέχονται επίσης: ασβέστιο (Ca), αργίλιο (Al), μαγνήσιο (Mg), νάτριο (Na), σίδηρος (Fe), φώσφορος (P), θείο (S), νικέλιο (Ni), ψευδάργυρος (Zn) και μαγγάνιο (Mn) (Subramanyam 1993, Quarles and Winn 1996).

ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΔΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ
Celite 209, Η.Π.Α.	<i>Naviculura lyra</i> <i>Arachnoides orantus</i> <i>Bidulphia tuomeyi</i>
DE Australia, Αυστραλία	<i>Thalassiotrix frauenfeldi</i>
DE Canada 1, Καναδάς	<i>Anomoeonis serians</i> <i>Aulacoseira (Melosira) ambigua</i> <i>Aulacoseira (Melosira) twaites</i> <i>Aulacoseira (Melosira) islandica</i> <i>Stephanodiscus</i> sp. <i>Fragilaria</i> sp.
Melocide DE 100, Η.Π.Α.	<i>Aulacoseira (Melosira) islandica</i>
Perma Guard, Η.Π.Α.	<i>Aulacoseira (Melosira) islandica</i> <i>Aulacoseira (Melosira) distans</i>
DE SD, Η.Π.Α.	<i>Aulacoseira (Melosira) lirata</i>
DE Mexico 2, Μεξικό	<i>Stephanodiscus</i> sp. <i>Cyclostephanus</i> sp.
DE Japan 1, Ιαπωνία	<i>Cyclotella bodanica</i>
DE Japan 3, Ιαπωνία	<i>Fragilaria</i> sp.
DE Macedonia, F.Y.R.O.M. Ευρώπη	<i>Pliocaenicus undulatus</i>
DE China 15, Κίνα	<i>Pliocaenicus undulatus</i>
DE China 20, Κίνα	<i>Aulacoseira (Melosira) thwaites</i>
DE China 21, Κίνα	<i>Aulacoseira (Melosira) ambigua</i>

Πίνακας Ι

Είδη διατόμων, σε διάφορες τυποποιήσεις γης διατόμων διαφόρων προελεύσεων.

Η περιεκτικότητα σε κρυσταλλικό πυρίτιο της θαλάσσιας γης διατόμων είναι 2 – 7% κατά βάρος, ενώ η αντίστοιχη περιεκτικότητα της χερσαίας είναι χαμηλότερη του 1%. Το ειδικό βάρος της ποικίλει από 220 – 230 μέχρι 600gr/lit περίπου και εξαρτάται από την πηγή της καθώς και από το είδος των διατόμων από τα οποία προήλθε. Το pH της κυμαίνεται από 4,4 έως 9,2. Είναι άοσμη, το ποσοστό υγρασίας (μετά την κατεργασία) είναι 2 – 6%. Επίσης είναι αδιάλυτη στο νερό, μη εύφλεκτη και μη εκρηκτική. Τέλος, όλα τα σωματίδια της γης διατόμων φέρουν πολύ μικρούς πόρους στο εσωτερικό τους και έχουν την ιδιότητα να απορροφούν μόρια λιπιδίων με μεγάλη ευκολία (Ebeling 1971).

Τυποποίηση γης διατόμων	Ειδικό βάρος σε gr/lt	pH	Περιεκτικότη τα σε SiO ₂	Μέγεθος σωματιδίων		Σχήμα	Τύπος γης διατόμων
				Μέσο μέγεθος σε μm	(%) σωματίδια με μέγεθος λιγότερο από 12 mm		
Celite 209 (Η.Π.Α.)	222	5,7	87	8,2	65	Επίπεδο	Θαλάσσια
DE Macedonia	230	7	>80	9,7	62,8	Επίπεδο	Θαλάσσια
Japan 2	230	4,5	>80	13,1	46,3	Επίπεδο	Θαλάσσια
Japan 3	230	5,2	>80	7,5	75,7	Επίπεδο	Θαλάσσια
DE China 13	342	5	>88	21	21,5	Επίπεδο	Μη Θαλάσσια
DE Australia	220	6,5	80-90	11,1	57,8	Επίπεδο	Μη Θαλάσσια
Dicalite (Η.Π.Α.)	218	7	80-90	10,4	57,4	Επίπεδο	Μη Θαλάσσια
DE China 17	234	6	>85	16,4	34,7	Επίπεδο	Μη Θαλάσσια
DF 3 (Η.Π.Α.)	330	8,2	82-92	2,5	91,9	Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
DE China 9	325	6,2	70-80	9,3	6,1	Επίπεδο Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
DE China 1	370	6	>85	10,9	55,4	Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
Perma Guard (Η.Π.Α.)	286	8	93	10,7	62,7	Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
DE Japan B	320	4,4	>80	31,8	20,8	Επίπεδο	Μη Θαλάσσια
DE SD red (Η.Π.Α.)	250	6	89	12,7	45,7	Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
DiaFil 610 (Η.Π.Α.)	244	8	82-92	7	80	Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
DE China 19	370	6,5	80-85	14,7	33,9	Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
Melocide DE 100 (Η.Π.Α.)	500	7,2	83,6	11,1	54,8	Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια

DE Mexico 1	330	9	>80	11,8	50,9	Επίπεδο	Μη Θαλάσσια
DE China 18	679	5,1	65-70	7,5	67,6	Επίπεδο Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
DE DF1 (Η.Π.Α.)	390	8	82-92	8	80	Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
DE China 15	400	9,2	>88	29,3	11,6	Επίπεδο	Μη Θαλάσσια
DE China 22	606	6,5	60-70	8,9	62,7	Επίπεδο Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
DE China 16	370	9	>88	32,3	10,7	Επίπεδο	Μη Θαλάσσια

Πίνακας II

Ορισμένες από τις φυσικές ιδιότητες σκονών γης διατόμων που προέρχονται από διαφορετικές τοποθεσίες.

ΧΩΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Η. Π. Α.	623000	40,59
Πρώην Σοβιετική Ένωση	230000	14,99
Δανία	223192	14,54
Γαλλία	220000	14,33
Πρώην Δυτική Γερμανία	52000	3,39
Νότια Κορέα	42000	2,74
Ρουμανία	40000	2,61
Μεξικό	40000	2,61
Ισπανία	24000	1,56
Ισλανδία	20644	1,35
Ιταλία	20000	1,30
Σύνολο	1534836	100

Πίνακας III

Παγκόσμια παραγωγή σε γη διατόμων το έτος 1981 συμφώνως προς το
Ινστιτούτο Γεωλογικών Επιστημών του Λονδίνου

Ιδιότητες της γης διατόμων ως εντομοκτόνο

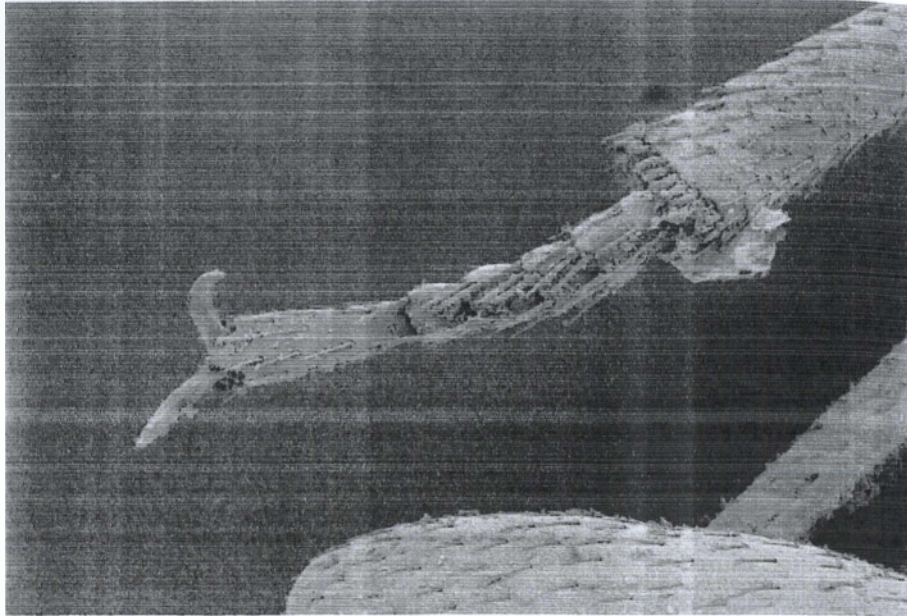
Αν και τα περισσότερα από τα πρώτα σκευάσματα γης διατόμων δεν ήσαν ευρέως αποδεκτά από τις βιομηχανίες των σιτηρών στις ανεπτυγμένες χώρες λόγω των μεγάλων δοσολογιών που απαιτούνταν για ικανοποιητική θνησιμότητα, της ποικιλίας στην τοξικότητα κατά των ειδών - στόχων, των ζημιών στον εξοπλισμό χειρισμού των σιτηρών και των προβλημάτων υγείας των εργαζομένων που εκτίθονταν στην σκόνη, παρά ταύτα η σκόνη της γης

διατόμων είναι πιθανότατα η πιο αποτελεσματική φυσική σκόνη που χρησιμοποιείται σήμερα ως εντομοκτόνο (Korunic 1997).

Τα σωματίδια της προσκολλώνται στο σώμα των εντόμων καθώς αυτά βαδίζουν επάνω στη σκόνη ή έρχονται σε επαφή μαζί της. Οι εντομοκτόνες ιδιότητες της σκόνης γης διατόμων εξαρτώνται από την ικανότητα της να απορροφά και να δεσμεύει τα λιπίδια από τον προστατευτικό κηρώδη χιτώνα που καλύπτει την επιδερμίδα των εντόμων. Ο κηρώδης χιτώνας είναι λιπιδιακής φύσεως και έχει ως ρόλο να προστατεύει την ισορροπία του ύδατος στο εσωτερικό των εντόμων. Όταν τα λιπίδια δεσμεύονται από τα σωματίδια της γης διατόμων, τότε τα έντομα χάνουν υγρασία από τα σημεία εκείνα της επιδερμίδας τους που βρίσκονται σε επαφή με την σκόνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξάντληση του εντόμου και τελικά τον θάνατό του (Ebeling 1971). Το χρονικό διάστημα στο οποίο θα επέλθει ο θάνατος διαφέρει ανάλογα των συνθηκών που επικρατούν στο περιβάλλον του αποθηκευτικού χώρου και το είδος του εντόμου.

Άλλος τρόπος δράσεως της σκόνης γης διατόμων επί των εντόμων, είναι ο τραυματισμός τους από τα σωματίδια της σκόνης και η δημιουργία αμυχών στο σώμα τους με αποτέλεσμα τα έντομα να χάνουν υγρασία από τα σημεία στα οποία δημιουργήθηκαν αμυχές και να εμφανίζουν τα ίδια συμπτώματα όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Υπάρχουν αναφορές σύμφωνα με τις οποίες οι σκόνες αυτές εισέρχονται στο εσωτερικό του εντόμου δια μέσου της πεπτικής οδού δρώντας με τρόπο όμοιο με εκείνον που αναφέρθηκε στις προηγούμενες περιπτώσεις (Carlson and Ball 1962, Korunic 1997).

Έχει αναφερθεί επίσης πρόκληση ασφυξίας στα έντομα μετά από επίδραση της σκόνης γης διατόμων σε αυτά (Korunic 1997). Τα παραπάνω φαινόμενα συμβαίνουν είτε μεμονωμένως είτε σε συνδυασμό μεταξύ τους. Τέλος, αναφέρεται ότι οι αδρανείς σκόνες δρουν απωθητικώς επί των εντόμων, οπότε αυτή η απωθητική ικανότητα τους μπορεί να προσδώσει κάποια επιπλέον προστασία επί των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων (Korunic 1997).



Εικ.3 Τμήμα κνήμης *T. confusum* κεκαλυμμένο από γη διατόμων από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως.

Η πηγή και η προέλευσή της γης διατόμων είναι τα δυο βασικότερα στοιχεία που επηρεάζουν το κατά πόσο δραστική είναι η γη διατόμων στα έντομα. Η επιδραστικότητα της εκάστοτε γης διατόμων επί των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων ποικίλλει ανάλογως από ποια περιοχή της υφελίου έχει ληφθεί η γη διατόμων. Αυτό συμβαίνει λόγω των διαφορετικών φυσικών και μορφολογικών ιδιοτήτων που παρουσιάζουν τα διάτομα από τα οποία προήλθαν. Συμφώνως προς τον Korunic (1997) αν και η σκόνη της γης των θαλάσσιων διατόμων είναι λιγότερο αποτελεσματική σε σχέση με εκείνη που προέρχεται από μη θαλάσσια διάτομα, οι πιο ουσιώδεις διαφορές στην αποτελεσματικότητα των σκονών της γης διατόμων οφείλονται κυρίως στις διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των φυσικών και

μορφολογικών ιδιοτήτων των διατόμων, και λιγότερο στο περιβάλλον από το οποίο προήλθαν (θαλάσσιο ή μη).

Οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας που επικρατούν στον αποθηκευτικό χώρο, η ύπαρξη επαρκούς τροφής για τα έντομα καθώς και το είδος του εντόμου που δέχεται την επίδραση της σκόνης γης διατόμων είναι στοιχεία τα οποία επηρεάζουν το κατά πόσο είναι δραστική μια σκόνη γης διατόμων.

Η αύξηση της σχετικής υγρασίας της αποθήκης και η αύξηση της υγρασίας του αποθηκευμένου σπόρου μειώνουν την αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων έναντι των εντόμων. Οι κρίσιμες τιμές υγρασίας πάνω από τις οποίες εκμηδενίζεται η εντομοκτόνος ιδιότητα των σκονών της γης διατόμων είναι για την σχετική υγρασία του αποθηκευτικού χώρου 70 %, ενώ για την υγρασία του σπόρου 14 %.(Quarles 1992)

Συμφώνως προς τους Le Patourel (1986) και (Quarles) 1992, η αύξηση της υγρασίας του σπόρου βοηθά και στην παραγωγή περισσότερου μεταβολικού ύδατος από τα έντομα και μάλιστα σε ποσότητες ικανές να αντισταθμίσουν τις απώλειες λόγω απορροφήσεως που προκαλούν οι σκόνες της γης διατόμων. Το φαινόμενο αυτό δεν παρατηρείται πάντα, όπως στην περίπτωση του εντόμου *Cryptolestes pussilus* Schönh. (Coleoptera: Cucujidae), στο οποίο ο μηχανισμός αναπληρώσεως του ύδατος που χάνεται λόγω απορροφήσεως από τις σκόνες γης διατόμων, παραμένει άγνωστος (Le Patourel 1986).

Ενώ η αύξηση της υγρασίας, κατά κανόνα, επιδρά ανασταλτικώς επί της εντομοκτόνου ικανότητας των σκονών γης διατόμων, η επίδραση της αύξησεως ή μειώσεως της θερμοκρασίας δεν είναι πάντα προβλέψιμη και εξαρτάται από το είδος του εντόμου (Arthur 2000). Η μεταβολή της θερμοκρασίας επιδρά στην αποτελεσματικότητα των σκονών της γης διατόμων έναντι των εντόμων, άλλοτε αρνητικώς και άλλοτε θετικώς. Με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται η κινητικότητα των εντόμων με αποτέλεσμα τα έντομα να έρχονται όλο και περισσότερο σε επαφή με την σκόνη η οποία με την σειρά της προκαλεί περισσότερη μηχανική βλάβη στην επιδερμίδα τους. Η αυξημένη κίνηση των

εντόμων σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε εντονότερο ρυθμό αναπνοής με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ποσότητα ύδατος να χάνεται διαμέσου των αναπνευστικών τρημάτων.

Η αύξηση της θερμοκρασίας ενισχύει την τροφική δραστηριότητα των εντόμων, γεγονός που οδηγεί στην αυξημένη παραγωγή μεταβολικού ύδατος, που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να αντισταθμίσει τις απώλειες των εντόμων σε ύδωρ λόγω επιδράσεως της σκόνης γης διατόμων (Fields and Korunic 2000). Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι σε αντίθεση με τα χημικά εντομοκτόνα, η θερμοκρασία δεν επιδρά άμεσα στην σκόνη γης διατόμων ώστε να την αποικοδομεί ή να τροποποιεί τις εντομοκτόνες ιδιότητές της.

Οποιαδήποτε θετική ή αρνητική επίδραση της θερμοκρασίας στην αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων στα έντομα, οφείλεται αποκλειστικώς σε μηχανισμούς που σχετίζονται με την φυσιολογία των ίδιων των εντόμων. Εκτός από την θερμοκρασία και η επάρκεια τροφής εντός του αποθηκευτικού χώρου μπορεί να αυξήσει την παραγωγή μεταβολικού ύδατος ώστε να επηρεάσει αρνητικώς την εντομοκτόνο ιδιότητα της σκόνης γης διατόμων (Arthur 2001).

Τα έντομα δεν αντιδρούν όλα το ίδιο στην γη διατόμων. Υπάρχουν ανατομικές και μορφολογικές διαφορές τόσο μεταξύ των τελείων σταδίων όσο και μεταξύ των ατελών που συνηγορούν σε αυτήν την διαπίστωση. Η σειρά ανθεκτικότητας (από το λιγότερο στο περισσότερο ανθεκτικό) ορισμένων εντόμων στην γη διατόμων είναι η εξής: *Cryptolestes* spp., *Oryzaephilus* spp., *Sitophilus* spp., *R. dominica* και *Tribolium* spp. (Korunic 1997).

Έντομα με μεγάλη σχέση επιφανείας προς όγκο δηλαδή πλατιά και μικρά είναι πιο ευπαθή στην σκόνη γης διατόμων (π.χ *Cryptolestes* spp.). Έντομα με κοντές επιφανειακές τρίχες όπως το *O. mercator*, συγκρατούν περισσότερη ποσότητα σκόνης ώστε να είναι πιο ευαίσθητα (Quarles 1992), ενώ έντομα με μακριές επιφανειακές σμήριγγες που εμποδίζουν την επαφή της σκόνης με την επιδερμίδα, χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ανθεκτικότητα

έναντι της σκόνης γης διατόμων, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με τις προνύμφες των εντόμων της οικογένειας Dermestidae (Carlson and Ball 1962).

Διαφοροποίηση στην αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων παρατηρείται και μεταξύ ακμαίων και ατελών σταδίων για συγκεκριμένο είδος ή και γένος εντόμου. Οι διαφορές αυτές μπορεί να οφείλονται στην διαφορά που παρατηρείται στην σύνθεση των λιπιδίων του κηρώδους χιτώνα, μεταξύ του ακμαίου και των ατελών σταδίων ενός εντόμου. Επίσης μεταξύ των ατελών σταδίων και του ακμαίου εντόμου υπάρχουν ανατομικές και μορφολογικές διαφορές που επιδρούν και αυτές με την σειρά τους στην διαφορετική επίδραση της σκόνης γης διατόμων (Fields and Korunic 2000).

Οι προνύμφες του *T. molitor* φέρουν κάποιες περιοχές στην έδρα, δια μέσου των οποίων είναι ικανές να απορροφούν υγρασία από τον περιβάλλοντα χώρο. Οι περιοχές αυτές παρατηρούνται μέχρι την προνύμφη τελευταίου σταδίου. Η προνύμφη τελευταίου σταδίου, η νύμφη και το ακμαίο δεν φέρουν τέτοιες περιοχές, οπότε τα στάδια αυτά είναι πιο ευαίσθητα στην επίδραση της γης διατόμων (Mewis και Ulrichs 2001).

Ορισμένες από τις σκόνες γης διατόμων που κυκλοφορούν στο εμπόριο ως εντομοκτόνα είναι οι εξής (εμπορικά ονόματα) Ant & Roach, Bug Resistor, Crop Guard, DE Insect Killer, Dicalite, Diacide, DiaFil 610, Diasecticide, Diatom Dust, Diatomic Earth, Dryacide, Flea Away, Insect Aside, Insecolo, Insectigone, Insecto, Kenite, K.I.O., Mountain High, Organic Plus, Perma-Guard, D-10, Protect it, Safecide, Shellshok, Silicosec κ.α. Ορισμένες τυποποιήσεις συνίστανται όχι μόνο από γη διατόμων αλλά περιέχουν σε μικρό ποσοστό και ένα εντομοκτόνο συνήθως πυρεθρινοειδές (0,1 έως 0,2 %) και piperonyl butoxide (1,0 %). Τέτοια σκευάσματα είναι τα Diacide Homeguard, Diatect, Perma Guard D-20, Perma Guard d-21, κ.α. Πολλά από τα προαναφερθέντα σκευάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως ως εντομοκτόνα σε κατοικίες, κήπους και κυρίως σε αποθηκευμένα προϊόντα.

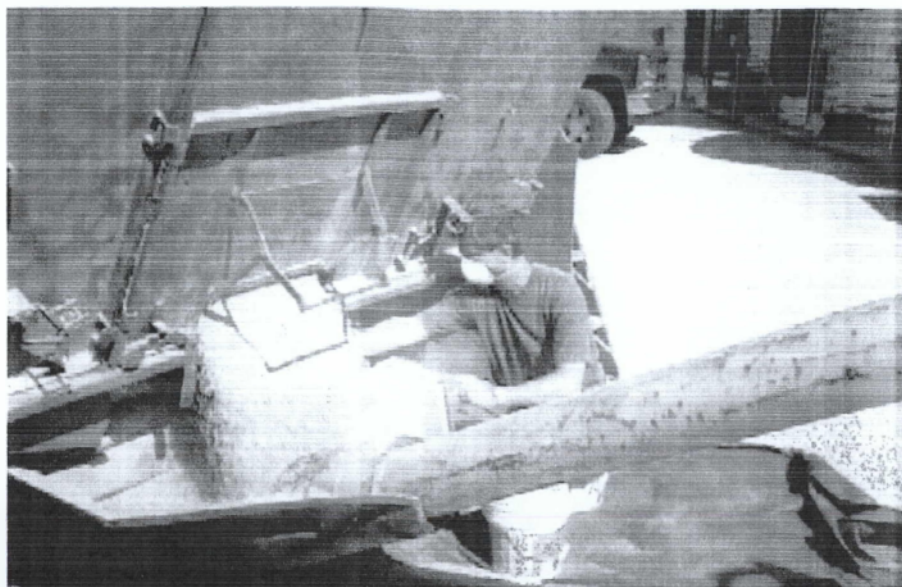
Η γη διατόμων ως προστατευτικό των αποθηκευμένων προϊόντων.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Το κυριότερο πλεονέκτημα της χρήσης σκόνης γης διατόμων σε αποθηκευμένα προϊόντα, είναι η πλήρης έλλειψη τοξικότητας στα θηλαστικά σε συνδυασμό με την μεγάλη υπολειμματική δράση της εναντίον των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Επιπλέον είναι εύκολος ο μερικός διαχωρισμός της σκόνης από τους αποθηκευμένους σπόρους με ένα απλό πλύσιμο. Η σκόνη γης διατόμων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό και με άλλες μεθόδους αντιμετώπισης όπως χημικές (σε συνδυασμό με πυρεθροειδή εντομοκτόνα), θερμότητα (Dowdy and Fields 2000) ή ακόμη σε συνδυασμό με κολλητικές παγίδες (Loschiavo 1988). Τέλος, ως πλεονέκτημα μπορεί να αναφερθεί και η απωθητική δράση της επί των εντόμων.

Στα μειονεκτήματα της χρήσεως σκόνης γης διατόμων περιλαμβάνεται η μείωση του ειδικού βάρους του σπόρου του σιταριού και αυτό γιατί η τιμή του ειδικού βάρους αποτελεί δείκτη της εμπορικής αξίας του σιταριού και μία μείωση του ειδικού βάρους θα οδηγούσε σε υποβάθμιση της αξίας του. Η μείωση του ειδικού βάρους του σπόρου οφείλεται στα υπολείμματα σκόνης που δεν θα απομακρυνθούν με το πλύσιμο. Ως μειονεκτήματα θεωρούνται η επίδραση της σκόνης στα αρπακτικά, παρασιτοειδή και παράσιτα των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων και η αδρανοποίηση της σε υψηλά ποσοστά υγρασίας.

Η μόνη γνωστή αρνητική επίδραση της σκόνης γης διατόμων στα θηλαστικά, είναι ότι παρατεταμένη και για μεγάλα χρονικά διαστήματα εισπνοή της, μπορεί να προκαλέσει σιλίκωση, η οποία είναι μια χρόνια πνευμονοπάθεια που οφείλεται σε εισπνοή για μεγάλα χρονικά διαστήματα σκόνης που περιέχει πυρίτιο.



Εικ.4 Ένας τρόπος εφαρμογής σκόνης γης διατόμων, σε αποθηκευμένο σιτάρι στον Καναδά.

Τα άτομα που κινδυνεύουν από σιλικόση είναι κυρίως εκείνα που έρχονται σε επαφή για πολλά χρόνια και με πολύ μεγάλες ποσότητες σκόνης, όταν βέβαια δεν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας. Οι επιδράσεις για τον χρήστη ασφαλώς θα είναι πιο ήπιες έως και μηδαμινές, ειδικότερα εάν ληφθούν όλα τα απαιτούμενα μέτρα ασφαλείας από το προσωπικό (ειδικευμένο προσωπικό, κατάλληλη ενδυμασία, χρήση μάσκας). Για τον καταναλωτή δεν υπάρχουν αρνητικές επιδράσεις, εφ' όσον τα προϊόντα μετά την αποθήκευση τους υφίστανται περαιτέρω επεξεργασία, μέχρι να διατεθούν στο εμπόριο.

Συμφώνως με τους Ebeling (1971) και Korunic (1997) φαινόμενα ανθεκτικότητας των εντόμων στην γη διατόμων θεωρούνται μάλλον απίθανα καθώς η τελευταία θανατώνει τα έντομα μέσω φυσικών διεργασιών. Η γη διατόμων σήμερα έχει εγκριθεί και χρησιμοποιείται ως προστατευτικό αποθηκευμένων προϊόντων σε πολλές χώρες του εξωτερικού αλλά στην Ελλάδα

η σκόνη γης διατόμων δεν έχει λάβει ακόμη έγκριση κυκλοφορίας ως εντομοκτόνο.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις βιολογικές μεθόδους αντιμετώπισεως ο έλεγχος των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων έχει εστιασθεί στην χρήση φυσικών εχθρών και την ένταξη τους στο οικοσύστημα της αποθήκης και αφορά στη μείωση του πληθυσμού ή της δραστηριότητας του πληθυσμού εντόμων με τη χρήση ενός ή περισσότερων οργανισμών πλην του ανθρώπου. Στη χρήση βιολογικών μέσων, πολλοί είναι αυτοί που συγκαταλέγουν και τη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών αλλά συνήθως εννοείται η χρήση μυκήτων, βακτηρίων, ιών και εντόμων. Οι φυσικοί εχθροί διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα αρπακτικά και τα παρασιτοειδή.

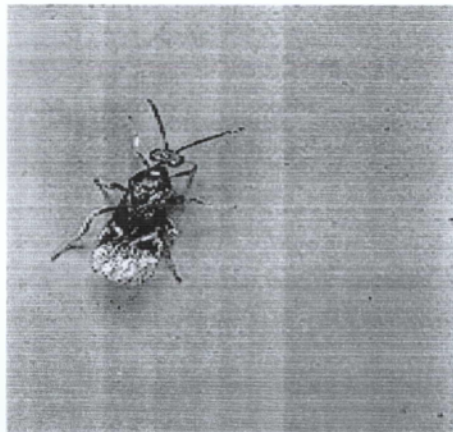
Αρπακτικό είναι κυρίως ένα έντομο ή και άλλος οργανισμός του ζωικού βασιλείου, το οποίο ζει ελεύθερα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, είναι συνήθως μεγαλύτερο σε μέγεθος από τη λεία του και για να συμπληρώσει την ανάπτυξή του απαιτούνται περισσότερα του ενός άτομα από τη λεία του (πολλές φορές εκατοντάδες ή χιλιάδες) (Λυκουρέσης 1995).

Παρασιτοειδές θεωρείται ένα έντομο το οποίο έχει συνήθως, όχι πάντοτε, το ίδιο μέγεθος περίπου με τον ξενιστή του, απαιτεί δε έναν μόνον ξενιστή για τη συμπλήρωση της αναπτύξεώς του τον οποίον και τελικά θανατώνει (Λυκουρέσης 1995).

Για τη σωστή και έγκαιρη χρήση των φυσικών εχθρών χρειάζεται καλή γνώση της βιολογίας των φυτών από τα οποία θα συγκομιστεί το αποθηκευμένο προϊόν, διαφόρων παραμέτρων που συντελούν στην διάρκεια αποθηκεύσεως του συγκομισμένου προϊόντος όπως για παράδειγμα η υγρασία προϊόντος και χώρου, θερμοκρασία χώρου, του βιολογικού κύκλου των εχθρών και των ανταγωνιστών των εχθρών (βιολογία, που και πως διαχειμάζουν, κ.α.).

Οι κατηγορίες των φυσικών εχθρών διαφέρουν σημαντικώς στην βιολογία και στην συμπεριφορά τους και ως εκ τούτου στην ικανότητα να ελέγξουν τον πληθυσμό των εχθρών σε κάθε αποθηκευμένο περιβάλλον. Εξαρτώμενα από την φυσική οικολογία τους, παρασιτοειδή και αρπακτικά είναι άλλοτε γενικά ή ειδικά. Τα γενικά παρασιτούν ή «αρπάζουν» μια ποικιλία κατηγοριών οι οποίες δεν είναι συγγενείς βιοσυστηματικά.

Τα αρπακτικά, επειδή σκοτώνουν την λεία τους αμέσως, τα περισσότερα από αυτά είναι γενικά. Δύο καλώς μελετημένα αρπακτικά είναι το *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae), το οποίο είναι αρπακτικό ωών και προνυμφών στις περισσότερες κατηγορίες εχθρών αποθηκευμένων



Εικόνα 5.
Habrobracon
(=*Bracon*)
hebetor

προϊόντων και το *Teretriosoma nigrescens* (L.) (Coleoptera: Histeridae) το οποίο είναι αρπακτικό διαφόρων οικογενειών της τάξεως Coleoptera που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα. Τα γενικά παρασιτοειδή προτιμούν ένα συγκεκριμένο στάδιο αναπτύξεως των ειδών που θα παρασιτήσουν. Σπουδαία γενικά παρασιτοειδή τα οποία έχουν μελετηθεί ευρέως στον αγρό αλλά χρησιμοποιούνται και στην προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων είναι τα ωοπαρασιτοειδή του γένους *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) και το *Habrobracon* (= *Bracon*) *hebetor* (L.) (Hymenoptera: Braconidae).

Για περισσότερο αποτελεσματικό έλεγχο των εχθρών, θα πρέπει η εφαρμογή του βιολογικού τρόπου αντιμετώπισης να είναι απλή. Για παράδειγμα στο Βερολίνο εφαρμόστηκε ένας απλός τρόπος χρησιμοποίησης φυσικών εχθρών τόσο σε αποθήκες εμπορίου λιανικής πώλησης όσο και σε νοικοκυριά. Σε αυτή τη μέθοδο, αναρτώνται εντός του αποθηκευτικού χώρου κάρτες που περιέχουν παρασιτωμένα από Hymenoptera της οικογένειας Trichogrammatidae, ωά Λεπιδοπτέρων εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων. Η μέθοδος αυτή έδειξε πολύ καλά αποτελέσματα όσον αφορά στην αντιμετώπιση των Λεπιδοπτέρων εχθρών στους αποθηκευτικούς χώρους όπου εφαρμόστηκε καθώς και στον έλεγχο του πληθυσμού του *Dermestes maculatus* (De Geer) (Coleoptera: Dermestidae) (Sá-Fisher and Schöller 1994).

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

Ενώ στον αγρό η αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των καλλιεργειών είναι μια πρακτική που είτε μεμονωμένως είτε σε συνδυασμό με άλλες πρακτικές, έχει δείξει ενθαρρυντικά αποτελέσματα, στις αποθήκες δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη παρά μόνον σε πειραματικά στάδια με όχι πάντα ενθαρρυντικά αποτελέσματα και αυτό γιατί ο βιολογικός έλεγχος απαιτεί μακρύτερες περιόδους για να γίνει αποτελεσματικός. Έτσι, το κατώτερο όριο πληθυσμού εχθρών στην αποθήκη, από το οποίο θα πρέπει να αρχίσει η εφαρμογή του βιολογικού ελέγχου, πρέπει να είναι κατά πολύ χαμηλότερο σε σχέση με αυτό που απαιτείται για χημικό έλεγχο .

Για παράδειγμα, αν και πολλά ωά ή προνύμφες θανατώνονται από ένα ωοπαρασιτοειδές ή παρασιτοειδές προνυμφών αντιστοίχως, τα υπόλοιπα στάδια

των εχθρών, θα συνεχίσουν να υπάρχουν, με αποτέλεσμα να καθυστερεί η μείωση του πληθυσμού και να χρειάζεται επαναλαμβανόμενη εξαπόλυση φυσικών εχθρών. Επίσης, ο βιολογικός έλεγχος θα προτιμηθεί ως κύριο μέτρο αντιμετώπισης, μόνον όταν είναι αποδεδειγμένως αποτελεσματικός για τους συγκεκριμένους εχθρούς που χρειάζονται αντιμετώπιση και στην περίπτωση όπου το κόστος της ζημιάς ή των απωλειών του προϊόντος υπερβαίνει το κόστος των μέτρων που απαιτούνται για βιολογικό έλεγχο. Οι φυσικοί εχθροί επίσης δεν είναι πάντα ευκόλως διαθέσιμοι στην αγορά ενώ ταυτοχρόνως θεωρείται πολυδάπανη τόσο η εκτροφή τους όσο και η εξαπόλυσή τους.

Οι αυξημένες απαιτήσεις σε χρόνο αλλά και σε κόστος (όπου υπάρχουν), σε συνδυασμό με την όχι πάντα μεγάλη αξιοπιστία των εφαρμογών αυτών θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρώς υπ' όψιν κατά την κατάστρωση ενός σχεδίου αντιμετώπισης των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί σοβαρώς υπ' όψιν είναι οι απαιτήσεις του καταναλωτικού κοινού και ο βαθμός αποδοχής από τους καταναλωτές ενός προϊόντος το οποίο θα έχει απεντομωθεί με βιολογικές μεθόδους και θα υστερεί έστω και λίγο σε εμφάνιση με το αντίστοιχο προϊόν που θα έχει απεντομωθεί με χημικές μεθόδους. Συμπερασματικώς, ο συνδυασμός βιολογικών, βιοτεχνολογικών και χημικών μεθόδων είναι ο καλύτερος τρόπος για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων.

ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ

Η χρήση εντομοπαθογόνων μικροοργανισμών έχει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι της χρήσεως παρασιτοειδών και αρπακτικών όπως: α) τα παθογόνα μπορούν να τοποθετηθούν με τον ίδιο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τα εντομοκτόνα, ενώ η εξαπόλυση εντόμων είναι περισσότερο εξειδικευμένη διαδικασία, β) η παρουσία τμημάτων εντόμων στην

τροφή δεν είναι αποδεκτή από τους καταναλωτές, ακόμα κι αν αυτά προέρχονται από ωφέλιμα έντομα.

Μεταξύ των παθογόνων, οι εντομοπαθογόνοι μύκητες αποτελούν την περισσότερο υποσχόμενη εναλλακτική μέθοδο έναντι των παραδοσιακών εντομοκτόνων. Τα κονίδια του μύκητα προσκολλόνται και αναπτύσσονται δια μέσου της δερμίδος των εντομών, προκαλώντας το θάνατό τους. Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες είναι φυσικώς υπάρχοντες οργανισμοί, ασφαλείς για το περιβάλλον και με μικρή τοξικότητα για τα θηλαστικά (Cox and Wilking 1996). Ο *Beauveria bassina* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) έχει δοκιμασθεί με επιτυχία κατά διαφόρων ειδών εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, τόσο στο εργαστήριο όσο και στην φύση (Rice and Cogburn 1999, Moore et al. 2000, Lord 2001, Dal-Bello et al. 2001, Padin et al. 2002, Stathers 2002, Wakefield et al. 2002, Akbar et al. 2004, Vassilakos et al. 2006). Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν ενδείξεις ότι ένας άλλος μύκητας, ο *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) είναι αποτελεσματικός κατά εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων (Batta, 2004, 2005, Kavallieratos et al 2006, Michalaki et al 2006). Το είδος αυτό αποτελεί ένα καλό πρότυπο για βιοδοκιμές δεδομένου ότι παράγει μεγάλους αριθμούς κονιδίων τα οποία συλλέγονται ευκόλως.

Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα στη χρησιμοποίηση εντομοπαθογόνων μυκήτων είναι η ανάγκη για τυποποιημένα κονίδια, γεγονός το οποίο, παρ' όλο που αυξάνει τη δραστικότητα, αυξάνει και το κόστος της μαζικής παραγωγής ενός σκευάσματος του μύκητα. Έως τώρα έχουν εκτιμηθεί διάφορα αδρανή υλικά ως κομιστές για τα παρασκευάσματα κονιδίων και μερικά απ' αυτά αυξάνουν τη δυνατότητα προσκολλησεως των μυκήτων στην δερμίδα των εντόμων (Akbar et al., 2004).

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι μηχανικές μέθοδοι αντιμετώπισης αποσκοπούν στην εξόντωση των εντόμων όταν στο περιβάλλον τους μεταβληθούν ορισμένες συνθήκες όπως η ατμοσφαιρική πίεση, η σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα και η υγρασία των προϊόντων. Οι μέθοδοι αυτές αν και είναι αποτελεσματικές, είναι ιδιαίτερος δαπανηρές εξαιτίας της ειδικής τεχνολογίας που απαιτούν για την εφαρμογή τους.

Ο πεπιεσμένος ξηρός αέρας και η εφαρμογή υψηλών πιέσεων στους αποθηκευτικούς χώρους προκαλεί θανάτωση των ακμαίων ατόμων και απαλλαγή των αποθηκευτικών χώρων από έντομα που αναζητούν καταφύγιο σε αυτούς. Πλήρες ή υψηλό και παρατεταμένο κενό θανατώνει πολλά είδη εντόμων αν και χρειάζεται ιδιαίτερα προσοχή, διότι κατά την εφαρμογή της ευνοούνται αναερόβιοι μικροοργανισμοί. Η έλλειψη ατμοσφαιρικού αέρα προκαλεί αύξηση της συγκεντρώσεως του CO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα (αναπνοή προϊόντων και εντόμων) με αποτέλεσμα ο χώρος να γίνεται ασφυκτικός για την συνέχιση της ζωής των εντόμων.

Ασφυκτικές συνθήκες στα έντομα μπορούν επίσης να δημιουργηθούν όταν οι προσβεβλημένοι σπόροι αναμιχθούν με καθαρά γαλακτώματα ορυκτελαίων ή λευκά έλαια (παραφίνη κ.α). Καθώς το λεπτό στρώμα ελαίου καλύπτει τους προσβεβλημένους σπόρους εμποδίζοντας την αναπνοή των εντόμων τα οποία θανατώνονται από ασφυξία.

Όταν γίνεται η απαλλαγή των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων από την πλεονάζουσα υγρασία, αυξάνεται η συντηρησιμότητα τους και εμποδίζεται η φυσιολογική βιολογική εξέλιξη των επιβλαβών εντόμων. Εάν άφθονο ύδωρ υπό ισχυρή πίεση δεν ζημιώνει τα προϊόντα, τότε μπορεί να τα απαλλάσσει από τα έντομα. Οι μέθοδοι αυτές μπορούν να συνδυαστούν ταυτοχρόνως με άλλες μεθόδους, πριν ή κατά την επεξεργασία των προϊόντων.

ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Βιοτεχνολογικές μέθοδοι καλούνται οι τρόποι αντιμετώπισης των εντόμων που είναι εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων. Αυτή η κατηγορία μεθόδων περιλαμβάνει τη χρήση φερομονών, παγίδων ή και τον συνδυασμό τους, τους ρυθμιστές αναπτύξεως και την χρήση αιθερίων ελαίων.

Φερομόνες

Οι φερομόνες είναι οργανικές ενώσεις πτητικές, χαμηλού μοριακού βάρους οι οποίες κατατάσσονται σε διάφορες ομάδες. Είναι ορμόνες φύλου που παράγουν συνήθως τα θήλεα άτομα και ελκύουν τα αρρενα άτομα για σύζευξη. Υπάρχει και μια άλλη κατηγορία φερομονών, οι φερομόνες συναθροίσεως οι οποίες παράγονται από το ένα φύλο, συνήθως το άρρεν και ελκύουν μέλη από τα δύο φύλα είτε για σύζευξη είτε για συνάθροιση στη πηγή τροφής.

Οι φερομονικές παγίδες χρησιμοποιούνται για να ανιχνευτούν και να προσδιοριστούν τα έντομα εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων, ενώ κατ' ευθείαν έλεγχος των πληθυσμών με φερομόνες μπορεί να επιτευχθεί με σκευάσματα που περιέχουν ελκυστικό, που ελκύει και ταυτοχρόνως θανατώνει ή αποτρέπει τη σύζευξη των εντόμων.

Παγίδες

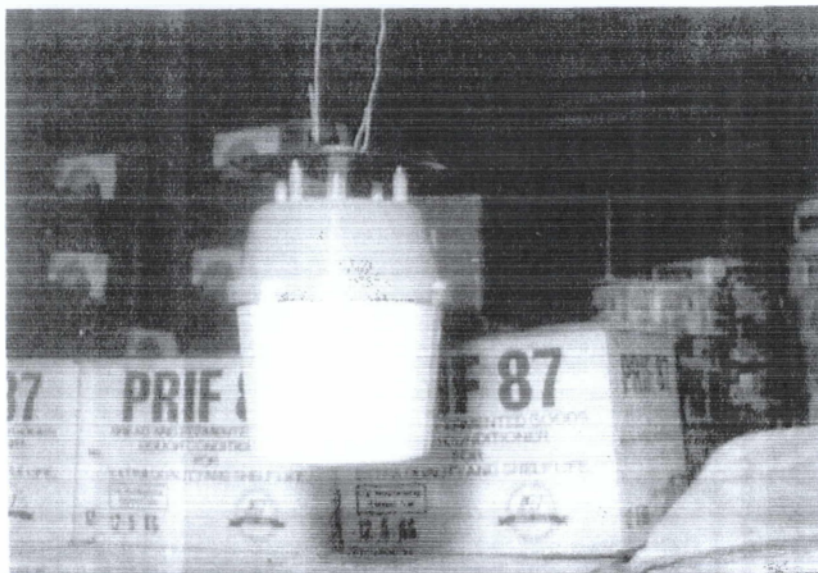
Οι παγίδες έχουν διπλό ρόλο στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων καθ' ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για παρακολούθηση των πληθυσμών των εντόμων αλλά και για την καταπολέμησή τους. Οι παγίδες ανιχνεύουν τους πληθυσμούς των εντόμων σε χρονικό διάστημα πολύ πιο σύντομο από ότι χρειάζεται μια απλή δειγματοληψία για αυτό και η κύρια χρήση των παγίδων στους αποθηκευτικούς χώρους,

αποσκοπεί στην παρακολούθηση και λιγότερο στον απ' ευθείας έλεγχο των εντόμων .

Οι παγίδες διαφέρουν αναλόγως του μέσου παγιδεύσεως ή θανατώσεως. Το μέσον αυτό μπορεί να είναι κάποια κολλητική ουσία π.χ. κολλητικές παγίδες, κάποιος αποθηκευτικός χώρος π.χ. τύπου σόντας ή κάποια ηλεκτρική αντίσταση όπως συμβαίνει με τις ηλεκτρικές παγίδες.

.Αναλόγως με το εάν αναρτώνται ή όχι, οι παγίδες διακρίνονται σε εναέριες και επιφανειακές. Οι εναέριες παγίδες που αναρτώνται στους αποθηκευτικούς χώρους, χρησιμοποιούνται κυρίως για τις ιπτάμενες μορφές εντόμων και είναι είτε κολλητικές, είτε παγιδεύουν και θανατώνουν τα έντομα σε ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους που διαθέτουν για τον σκοπό αυτό. Οι επιφανειακές χρησιμοποιούνται και για βαδίζοντα αλλά και για ιπτάμενα έντομα. Οι μη κολλητικές παγίδες είναι επαναχρησιμοποιήσιμες σε σχέση με τις κολλητικές, κάτι που αποτελεί και το κυριότερο πλεονέκτημα τους.

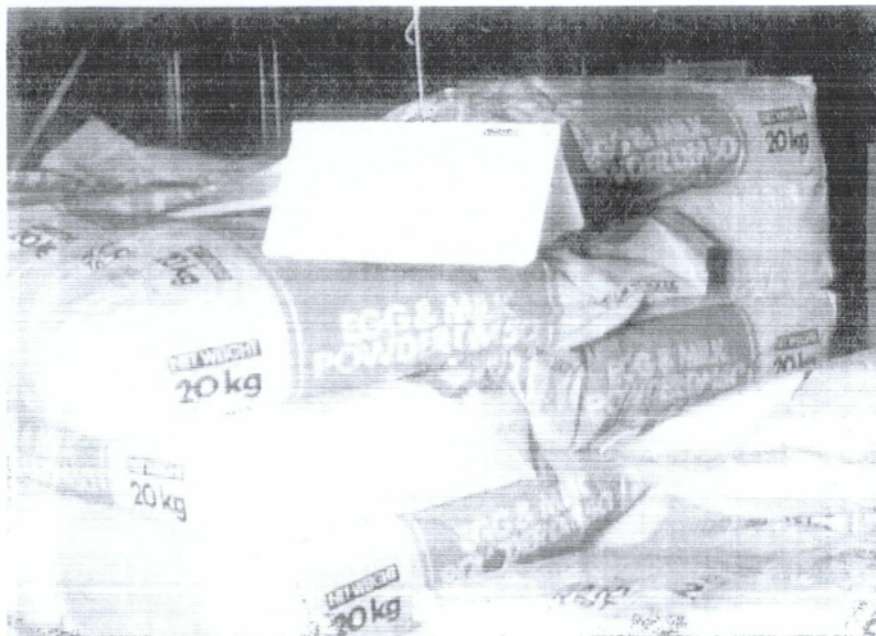
Με τις τύπου σόντας παγίδες είναι δυνατή η δειγματοληψία σπόρου σε διάφορα βάθη της μάζας του προϊόντος. Με τις παγίδες αυτού του τύπου τα έντομα παγιδεύονται σε ένα διάτρητο μεταλλικό ή πλαστικό καθετήρα που τοποθετείται μέσα στην μάζα του αποθηκευμένου προϊόντος σε διάφορα βάθη.



Εικ.6 Παγίδα χοάνης (B.C.S)

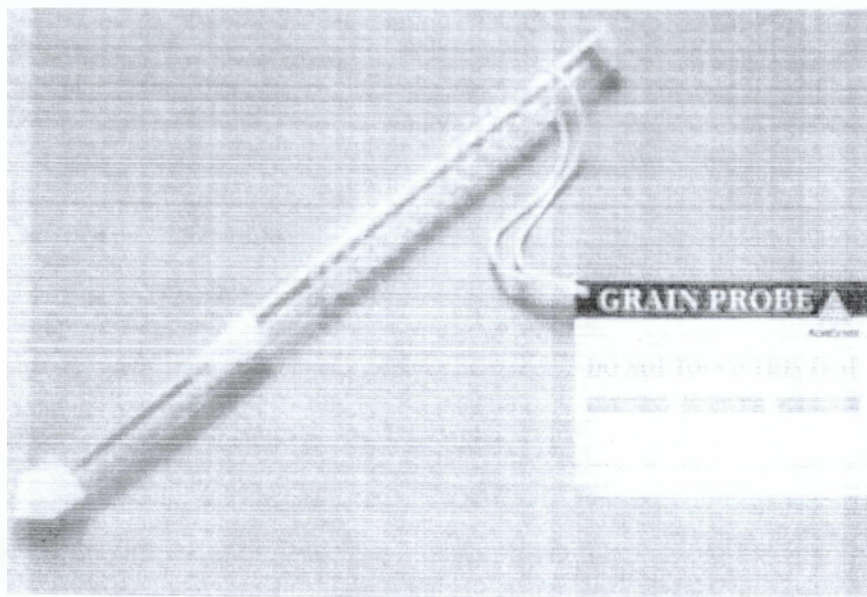
Τα έντομα έρχονται μέσα στις τρύπες και πέφτουν μέσα σε ένα σωλήνα συλλογής ή σε ένα συλλογέα που μπορεί να αλλάξει και είναι ειδικώς σχεδιασμένος για χρήση εντός της μάζας του προϊόντος. Οι παγίδες τύπου σόντας έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να μείνουν για αρκετό χρονικό διάστημα μέσα στην αποθήκη. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημά τους που αποτελεί και το σημαντικότερο μειονέκτημα της δειγματοληψίας είναι ότι με τις τύπου σόντας παγίδες παρακολουθείται η διακύμανση των πληθυσμών από πολύ νωρίς, ακόμη και όταν αυτοί είναι πολύ χαμηλοί.

Με τις φωτεινές ή ηλεκτρικές παγίδες εκμεταλλεύεται το φαινόμενο του τροπισμού και ειδικότερας του φωτοτροπισμού. Τροπισμός είναι ο προσανατολισμός και στην συνέχεια η αντανάκλαστική μετατόπιση (θετική ή αρνητική) των οργανισμών, υπό την επίδραση κάποιου δεδομένου ερεθίσματος. Όταν το συγκεκριμένο ερέθισμα προέρχεται από το φως τότε γίνεται λόγος για φωτοτροπισμό.



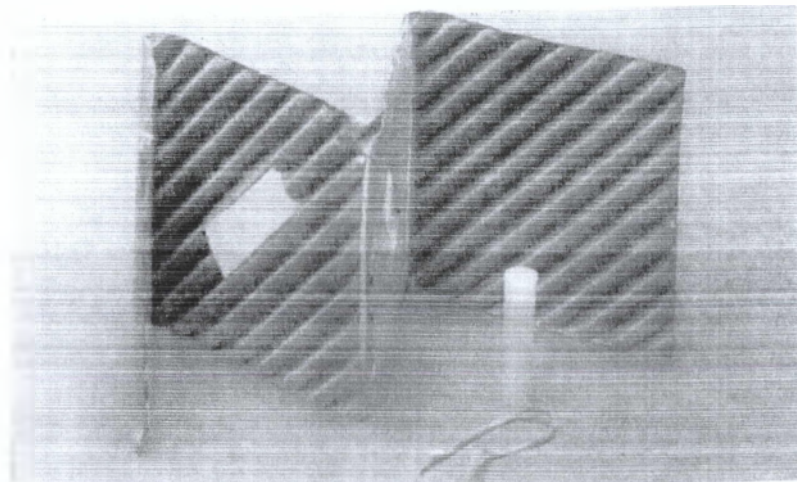
Εικ.7. Παγίδα τύπου δέλτα (B.C.S.)

Με τις παγίδες αυτές όσα έντομα παρουσιάζουν το φαινόμενο του θετικού φωτισμοφισμού, προσελκύονται και ακολούθως θανατώνονται μέσω



Εικ. 8. Παγίδα τύπου σόντας

ηλεκτροπληξίας. Ευκόλως συμπεραίνεται ότι η χρήση αυτών των παγίδων προϋποθέτει καταπολέμηση εντόμων με θετικό και όχι με αρνητικό φωτοτροπισμό.



Εικ. 9. Παγίδα κυματοειδούς χάρτου



Εικ. 10. Φωτεινή παγίδα

Ρυθμιστές αναπύξεως

Με τους ρυθμιστές αναπύξεως αντιμετωπίζονται τα έντομα με τις ίδιες τις ορμόνες τους, καλούμενες ορμόνες νεότητας και παράγονται τα ίδια τα έντομα. Η εκλεκτική επι των εντόμων δράση τους και η μικρή πιθανότητα αναπύξεως ανθεκτικότητας, αν και έχουν αναφερθεί ορισμένες περιπτώσεις

αναπτύξεως ανθεκτικότητας των εντόμων έναντι των ρυθμιστών αναπτύξεως, αποτελεί το κυριότερο πλεονέκτημα των ρυθμιστών αναπτύξεως επι των εντόμων (Staal 1975). Σήμερα στη λίστα των διαθεσίμων ρυθμιστών αναπτύξεως εκτός από τις ορμόνες νεότητας έχουν προστεθεί οι παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης καθώς και οι ανταγωνιστές εκδύσεως.

Από τις ορμόνες νεότητας το methoprene είναι πιο αποτελεσματικό επί εντόμων που τρέφονται εξωτερικά των σπόρων (Mian and Mulla 1982, Smet et al. 1989) και έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως ως μια εναλλακτική μέθοδος ελέγχου των εχθρών *O. surinamensis* και *R. dominica* λόγω ανθεκτικότητας που παρουσίασαν το μεν πρώτο στα οργανοφωσφορικά το δε δεύτερο στα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα. Συμφώνως προς τους Oberlander et al. (1997) το methoprene μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με ένα ακραιοκτόνο σκεύασμα για πιο αποτελεσματική και μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων.

Οι παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης αν και δεν μιμούνται τις ορμόνες νεότητας εμποδίζουν την ομαλή έκδυση των προνυμφών των εντόμων, παρεμποδίζοντας τον σχηματισμό χιτίνης, με κάποιο μηχανισμό, ο οποίος δεν είναι ακόμη απολύτως γνωστός. Από τους παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης το diflubenzuron είναι ένα αποτελεσματικό σκεύασμα εναντίον πολλών εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων.

Γενικώς, οι παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης δίνουν αυξημένη προστασία, η οποία επιτυγχάνεται με παρεμποδισμό του σχηματισμού των γενεών με ταυτόχρονη θανάτωση των ατελών σταδίων. Οι μιμητές ορμονών νεότητας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλα εντομοκτόνα ή με παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης, τα οποία δεν ασκούν ή ασκούν ήπια δράση επί των ωφελίμων εντόμων (παρασιτοειδών, αρπακτικών) όταν θα εφαρμόζεται πρόγραμμα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης.

Αιθέρια έλαια

Τα αιθέρια έλαια αποτελούνται από τα μονοτερπενοειδή τα οποία είναι δευτερεύουσες χημικές ουσίες των φυτών και θεωρείται ότι έχουν μικρή μεταβολική σημασία.

Τα αιθέρια έλαια των *Pogostemon heyneaus*, *Ocimum basilicum*, και *Eucalyptus* sp. έδειξαν εντομοκτόνο δραστηριότητα εναντίων πολλών εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων. Επίσης σε πολλά κολεόπτερα παρατηρήθηκε τοξική επίδραση των τερπενοειδών δ-λεμονένιο, limalool και terpineal.

Τα αιθέρια έλαια είναι μια μέθοδος πολλά υποσχόμενη ως προς τον έλεγχο των κυρίων και μεγαλύτερων εντόμων εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων και αυτό διότι είναι δραστικά καπνογόνα σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Σκοπός είναι κάποια μέρα να αντικατασταθούν τα σημερινά χρησιμοποιούμενα καπνογόνα με τα αιθέρια έλαια (Shaaya et al. 1997).

ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις χημικές μεθόδους αντιμετώπισεως αποσκοπείται ο κατ' ευθείαν έλεγχος των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είτε πριν είτε μετά την εισαγωγή του προϊόντος στην αποθήκη. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται είναι είτε κοινά εντομοκτόνα είτε καπνογόνα. Θα πρέπει οι χημικές μέθοδοι να χρησιμοποιούνται με ιδιαίτερη προσοχή διότι μπορεί να προκαλέσουν δηλητηριάσεις οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε χρόνιες ασθένειες και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πολλές χώρες αναπτύσσουν προγράμματα με σκοπό να μειωθεί η χρήση των χημικών εντομοκτόνων εως και 50 %.

Απεντομώσεις χώρων με τη χρήση χημικών εντομοκτόνων

Τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται κυρίως στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι οργανοφωσφορικά, πυρεθρινοειδή και καρβαμιδικά. Από τα οργανοφωσφορικά χρησιμοποιούνται κυρίως τα Acephate, Chlorpyrifos, Dichlorvos, Fenthion, Malathion και Pyrimiphos methyl. Από τα πυρεθρινοειδή τα deltamethrin, cyfluthrin, beta-cyfluthrin και από τα καρβαμιδικά το carbaryl και το propoxur. Όλα τα παραπάνω σκευάσματα χρησιμοποιούνται για απεντομώσεις χώρων κυρίως με ψεκασμό και λιγότερο με επίπαση. Το ψεκαστικό υγρό μπορεί να εφαρμοσθεί με ψεκαστήρες πλάτης, όταν πρόκειται για μικρούς χώρους ή με ψεκαστήρες υψηλής πίεσεως και υψηλού όγκου (HV) όταν πρόκειται για μεγάλης εκτάσεως χώρους.

Οι σταγόνες μεγέθους 300-400 μ. που παράγονται από τους ψεκαστήρες HV, μπορεί μεν να δημιουργούν ένα καλό νέφος, κατακάθονται όμως γρήγορα και δημιουργούν πολλές φορές ελαιώδεις ανεπιθύμητους λεκέδες και για τον λόγο αυτό οι ψεκασμοί επιδιώκεται να γίνονται με ψεκαστήρες υπερμικρού όγκου (ULV) όπου το μέγεθος των σταγονιδίων κυμαίνεται από 1-30 μ. Ομιχλώδη νεφελώματα από σταγονίδια εντομοκτόνου μπορούν να παραχθούν και με ειδικές φορητές συσκευές (chemical fog applicators). Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι επιτυγχάνεται κατεύθυνση του ψεκαστικού υγρού σε δύσκολα μέρη, όπως για παράδειγμα στο εσωτερικό των μηχανημάτων. Οι ίδιες συσκευές χρησιμοποιούνται επίσης για μυοκτονίες ή ακόμη για την καταπολέμηση εντόμων θερμοκηπίου (αλευρώδεις, λυριόμυζες, θρίπες). Τοπική και περιορισμένη χρήση εντομοκτόνων σε σημεία που αποτελούν καταφύγια εντόμων ή σε σημεία που παρατηρούνται υψηλοί πληθυσμοί επιτυγχάνεται με φορητά ψεκαστικά μηχανήματα.

Για την επιλογή του καταλλήλου εντομοκτόνου θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν πολλές παράμετροι, όπως: το είδος του εντόμου που πρόκειται να καταπολεμηθεί, η διάρκεια προστασίας, η δόση και τα υπολείμματα που αφήνει

το εντομοκτόνο στα προϊόντα, το είδος του προϊόντος που είναι αποθηκευμένο ή που πρόκειται να αποθηκευθεί, ο χρόνος επαναχρησιμοποίησης του χώρου από τους εργαζόμενους και τα τυχόν παρασκευαζόμενα στον χώρο προϊόντα.

Η καταπολέμηση ανεπιθύμητων εντόμων σε εγκαταστάσεις όπου παράγονται ή μεταποιούνται τρόφιμα, γίνεται κυρίως με τη χρήση πυρεθροειδών (π.χ. resmethrin) και ιδίως με πυρεθρίνες που είναι εγκλεισμένες σε μικροκάψουλες και απελευθερώνουν την εντομοκτόνο ουσία με αργό ρυθμό και για μακρό χρονικό διάστημα.

Καπνογόνα

Τα καπνογόνα είναι χημικές ενώσεις οι οποίες επενεργούν τοξικώς με τους ατμούς τους στα παράσιτα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, διάφορα υλικά ή και τις καλλιέργειες. Η μεταχείριση και χρήση των καπνογόνων θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, τηρώντας αυστηρώς τις οδηγίες χρήσεως και από εξειδικευμένο προσωπικό στο οποίο διατίθενται όλα τα απαραίτητα μέσα για την ασφάλεια του. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι εξαπλώνονται πολύ γρήγορα και διεισδύουν σε θέσεις και χώρους όπου άλλοι τρόποι αντιμετώπισεως είναι πρακτικώς αδύνατον να εφαρμοστούν.



Εικ 11. Φωσφίνη 1.χάπια φωσφίνης 2.τοποθέτηση χαπιών φωσφίνης σε χύμα σπόρους με τη βοήθεια σόντας 3.Τοποθέτηση χαπιών κάτω από ντάνες 4.Σακκίδια ή φάκελοι φωσφίνης 5.Τοποθέτηση «φακέλων φωσφίνης» σε χύμα σπόρους 6.Τοποθέτηση φακέλων σε ντάνες 7.εφαρμογή φωσφίνης σε ταινίες μεταφοράς χύμα σπόρων. 8,9. Εφαρμογή φωσφίνης για καταπολέμηση αρουραίων σε αγρούς 10. Συσκευασία τύπου «κουβέρτας» 11,12,13.χρησιμοποίηση «κουβερτών» σε ντανιασμένα ή χύδην προϊόντα 14.μάσκα και φίλτρο για την προστασία των εφαρμογέων 15.ανιχνευτές φωσφίνης τύπου λεπτού σωλήνος (από Detia GmbH).



Εικ 12. Φιάλες CH_3Br

Τα κυριότερα καπνογόνα που χρησιμοποιούνται στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι το βρωμιούχο μεθύλιο (CH_3Br) και η φωσφίνη (PH_3). Και τα δύο καπνογόνα είναι πολύ ισχυρά δηλητήρια τόσο για τα έντομα όσο και για τα θηλαστικά, για αυτό η εφαρμογή τους πρέπει να γίνεται προληπτικώς, πριν την εισαγωγή του προϊόντος στην αποθήκη. Έχει χαρακτηριστεί και ως καρκινογόνο, ενώ παραλλήλως συμβάλλει στην καταστροφή του όζοντος της στρατόσφαιρας. Για αυτούς τους δύο παραπάνω λόγους το CH_3Br θα αποσυρθεί εντελώς.

Ο τρόπος εφαρμογής και το αποτέλεσμα του καπνισμού, εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου καπνογόνου. Οι κυριότερες είναι:

Σημείο ζέσεως και Ειδικό βάρος

Καπνογόνες ουσίες οι οποίες έχουν υψηλό σημείο ζέσεως, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και χρειάζεται προθέρμανση του αποθηκευτικού χώρου για να αποκτήσουν αξιόλογη τάση ατμών. Το ειδικό βάρος των τοξικών ατμών του καπνογόνου, καθορίζει την ομοιόμορφη συγκέντρωσή τους στο χώρο, όπως επίσης και τον τρόπο εισαγωγής της καπνογόνου ουσίας μέσα στο χώρο.

Πτητικότητα-Τάση ατμών

Η τάση ατμών ενός καπνογόνου στις συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, καθορίζει τον τρόπο συσκευασίας αλλά και εφαρμογής του στην απεντόμωση. Καπνογόνες ουσίες που χαρακτηρίζονται από υψηλή τάση ατμών και βρίσκονται σε αέρια κατάσταση στις συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας με αυτές των καπνισμών, εισάγονται απευθείας με τα ειδικά δοχεία συσκευασίας τους (οβίδες) ή μέσω συστήματος σωληνώσεων. Αντιθέτως, καπνογόνες ουσίες με χαμηλή τάση ατμών, οι οποίες βρίσκονται σε υγρή κατάσταση στις συνήθεις θερμοκρασίες, συσκευάζονται σε αεροστεγή δοχεία (Ορφανίδης 1965).

Αναφλεξιμότητα και Προσρόφηση ατμών

Εκδηλώνονται κατά την οξείδωση (καύση) του μίγματος των ατμών του καπνογόνου και του αέρα, υπό την προϋπόθεση ότι η οξείδωση θα γίνει ταχύτατα και δεν θα λάβει χώρα ομαλή εξίσωση των δημιουργηθέντων πιέσεων

και θερμοκρασιών, με αυτές του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ελεύθεροι κινδύνων αναφλέξεως ή εκρήξεως, θεωρούνται οι καπνογόνοι ατμοί, οι οποίοι σε ανάμιξη με τον αέρα και σε 50 °C δεν μεταδίδουν την φλόγα σε περίπτωση που εμφανιστεί σπινθήρας.

Προσρόφηση ατμών του καπνογόνου από τις στερεές επιφάνειες του χώρου και των προϊόντων που υπάρχουν μέσα σε αυτόν, καθώς και διαφυγή ατμών προς τα έξω, μειώνουν την αποτελεσματικότητα της επεμβάσεως.

Η διαλυτότητα του καπνογόνου από το ύδωρ και τις λιπαρές ουσίες, καθορίζει το ποσοστό του που συγκρατείται από τα διάφορα προϊόντα

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

ΜΕΡΟΣ Γ'

(μελέτη του *Sitophilus oryzae*)

Sitophilus oryzae (L.)

Τάξη: Coleoptera

Υπόταξη: Polyphaga

Οικογένεια: Curculionidae

Κοινή ονομασία: Σκαθάρι του ρυζιού

Αγγλική ονομασία: Rice weevil

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Συναντάται στις περισσότερες περιοχές της γης και κυρίως στις τροπικές περιοχές στις οποίες είναι το περισσότερο επιβλαβές έντομο των αποθηκευμένων σιτηρών. Ανήκει στην τάξη των Coleoptera, με κοινό χαρακτηριστικό τις έντονα χιτισμένες και γι' αυτό σκληρές πρόσθιες πτέρυγες, που ονομάζονται έλυτρα. Συναντάται ιδιαίτερος στην Ινδία, Αυστραλία, Η.Π.Α. Είναι ανθεκτικό στα θερμά κλίματα. (Σταμόπουλος, 1995).

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Ακμαίο και Προνύμφη.

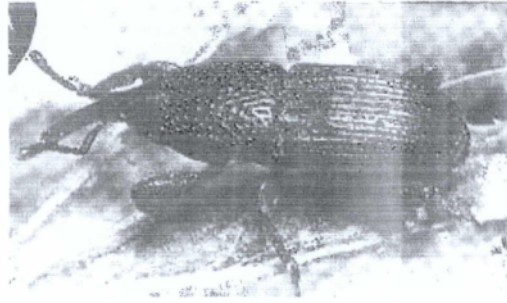
Είναι μικρό ρυγχοφόρο κολεόπτερο μήκους περίπου 4 χιλιοστών, με σκληρό δερματοσκελετό σκούρου χρώματος. Η κεφαλή προεκτείνεται και σχηματίζει ρύγχος, στην άκρη του οποίου υπάρχουν τα στοματικά μέρια. Οι κεραίες ροπαλοειδείς και βρίσκονται πάνω στο ρύγχος. Ομοιάζει με το

συγγενές *S. granarius* επειδή έχουν το ίδιο μέγεθος, σχήμα και χρώμα. Υπάρχουν όμως διαφορές μεταξύ τους όπως ότι το *S. oryzae* έχει καλλίτερα ανεπτυγμένες τις οπίσθιες πτέρυγες και μπορεί να ίπταται, έχει δύο κοκκινωπές ή κιτρινωπές κηλίδες σε κάθε έλυτρο και στο επιθωράκιό του έχει στρογγυλά κοιλώματα. Επίσης, τα βοθρία του pronώτου είναι περίπου κυκλικά και πολύ πυκνά ακόμα και κατά μήκος του προσθίου χείλους του pronώτου.

Οι κατά μήκος των ελύτρων ραβδώσεις αποτελούνται από σχετικά μεγάλα στίγματα-βοθρία ενώ οι μεταξύ τους ζώνες έχουν μεγάλα στίγματα. Τα έλυτρα κατά την ηρεμία των εντόμων καλύπτουν τις οπίσθιες πτέρυγες υπο μορφή θήκης. Το μήκος τους είναι 2.5 - 3.5 mm. Η pronύμφη έχει μήκος περίπου 4 mm, στερείται ποδιών, κοντόχονδρη και κεκαμένη. Το χρώμα της είναι κιτρινωπό (αχυρόλευκο). Επειδή ο εξωσκελετός του εντόμου δεν έχει ελαστικότητα, η αύξηση του μεγέθους της pronύμφης δεν είναι συνεχής αλλά γίνεται ανα στάδια (ασυνεχής). Κάθε φορά που η pronύμφη δε χωρά στον εξωσκελετό της υφίσταται έκδυση. Η pronύμφη του *S. oryzae* υφίσταται τρεις εκδύσεις.

Ξενιστές

Το ακμαίο και η pronύμφη προσβάλλουν το ρύζι και τους σπόρους σιτηρών στους αποθηκευτικούς χώρους, όπως επίσης και συμπαγή αμυλούχα προϊόντα όπως το ξερό ψωμί. Μπορεί να τραφεί και με αλεύρι, πίτυρα ή πλιγούρι, αλλά δεν μπορεί να αναπαραχθεί. Προσβάλλει επίσης σε μικρότερο βαθμό όσπρια, καπνό, λαχανικά και ορισμένα άλλα τρόφιμα και ζωοτροφές.



Εικ.12 Ακμαίο *Sitophilus oryzae*

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Πιθανή χώρα καταγωγής του θεωρείται η Ινδία. Το *S.oryzae* αρέσκεται σε θερμά και σχετικά υγρά περιβάλλοντα. Η ανάπτυξη και ο πολλαπλασιασμός του δεν ευνοείται σε ψυχρά κλίματα. Γι' αυτό, είναι σοβαρός εχθρός των αποθηκευμένων σπόρων στις τροπικές και υποτροπικές χώρες και σε ζεστά μέρη των εύκρατων χωρών (Πελεκάσης 1986)

Υπάρχουν παράγοντες που ευνοούν την επιβίωση και την ανάπτυξη του πληθυσμού του εντόμου, οι πιο σημαντικοί από αυτούς είναι το κληρονομικό δυναμικό, ο αριθμός γενεών κατά έτος, ο αριθμός και το πλήθος των ζενιστών και η γονιμότητά του. Το κληρονομικό δυναμικό πολλών ειδών εντόμων είναι εκείνο που τους επιτρέπει να προσαρμόζονται σε αντίζοες συνθήκες, ενώ χάρις στη γονιμότητα τους αυξάνουν τις πιθανότητες εμφάνισης ατόμων με μεγαλύτερη ικανότητα επιβίωσης, τα οποία και δημιουργούν νέους ικανότερους πληθυσμούς. Η θερμοκρασία και η υγρασία αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό των γενεών, την ανάπτυξη, και τη δραστηριότητα του εντόμου.

Επίσης, παράγοντες που περιορίζουν την πληθυσμιακή αύξηση των εντόμων είναι και οι βιοτικοί παράγοντες (οργανισμοί που ασκούν καταστροφική επίδραση επί των εντόμων).

Τα ακμαία, λίγες ημέρες μετά την έξοδο είναι σεξουαλικά ώριμα για σύζευξη. Τα θήλεα συζεύγνυνται αμέσως μετά την έξοδο από τους σπόρους και δύο εβδομάδες μετά αρχίζουν να γεννούν τα ωά με ημερήσιο ρυθμό που εξαρτάται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η σκληρότητα των σπόρων, δεδομένου ότι το θήλυ ανοίγει με τα στοματικά μόρια μια οπή στον σπόρο όπου εναποθέτει ένα ωά.



Εικ.13 Ακμαίο *S. oryzae* επί σπόρου σιτηρού

Τα ωά είναι λευκά, απιοειδή και λαμπερά, διαστάσεων $0.5 \cdot 0.8 \times 0.2 \cdot 0.4$ mm. Αν ο σπόρος είναι σκληρός, το άνοιγμα της οπής διαρκεί 45 περίπου λεπτά. Μετά την εναπόθεση του ωού η οπή καλύπτεται από αλεύρι και ένα ζελατινώδες έκκριμα που εκκρίνει το θήλυ από τους κολλητηρίους αδένες. Το έκκριμα στερεοποιείται όταν έρθει σε επαφή με τον αέρα. Στον αραβόσιτο μπορεί να εναποτεθούν παραπάνω από ένα ωά ανά σπόρο. Η ωοτοκία κρατά πολλούς μήνες και στην περίοδο του χειμώνα είναι μειωμένη. Το έντομο δεν αντέχει στις χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες ορισμένων εύκρατων χωρών.

Έχει 4 γενεές το χρόνο αλλά μπορεί και να τις ξεπεράσει εάν βρεθεί σε θερμά κλίματα. Διαχειμάζει ως προνύμφη μέσα στους αποθηκευμένους σπόρους αλλά και ως ακμαίο εντός των σωρών των σπόρων ή σε διάφορα σημεία της αποθήκης. Την άνοιξη τα θήλεα εναποθέτουν μέχρι και 400 ωά το καθένα από

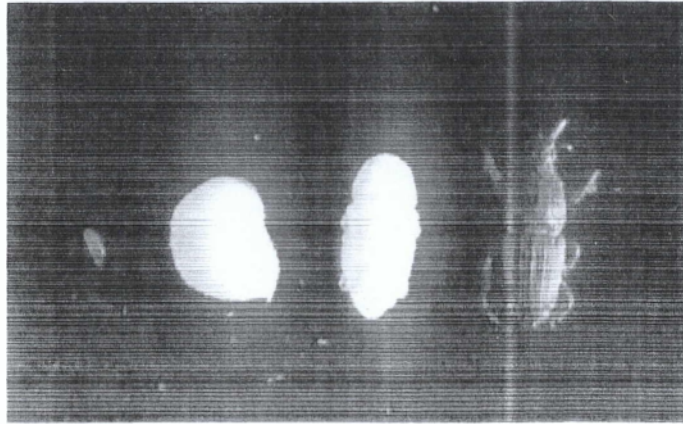


Εικ.14 Προσβολή από *S. oryzae* σε αποθηκευμένο σιτάρι

ένα μέσα σε βοθρίο που ανοίγουν σε κάθε σπόρο. Το εξωτερικό άνοιγμα του βοθρίου κλείνεται με ζελατινώδες έκκριμα του εντόμου. Η εκκολαπτόμενη προνύμφη αναπτύσσεται τρεφόμενη με το εσωτερικό του σπόρου όπου και γίνεται τέλειο. Οι ευνοϊκότερες συνθήκες για την ανάπτυξη του εντόμου είναι θερμοκρασία: 27 - 30 °C και σχετική υγρασία: 75 - 90 % .

Τα όρια μέσα στα οποία αναπτύσσεται με επιτυχία το ακμαίο είναι θερμοκρασία 17 - 34 °C και σχετική υγρασία 45 - 100 %. Στην Ελλάδα ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 40 ημέρες με 3 - 4 γενεές το χρόνο (Τομάζου 1989). Το ακμαίο ζει από 3 - 6 μήνες και ποτέ πάνω από 8 μήνες.

Είναι πιθανόν να παρατηρηθεί δραστηριότητα του εντόμου και στον αγρό. Στα τέλη της ανοίξεως τα ακμαία ίπτανται από τις αποθήκες προς τους αγρούς και γεννούν ωά στα στάχυα.



Εικ.15 *S. oryzae*: ωό, προνύμφη, νύμφη, ακμαίο

ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ

Χώροι τους οποίους προτιμά για προσβολή είναι οι αποθήκες και μάλιστα θέσεις στις οποίες προηγήθηκε προσβολή του *S. granarius* όπου και δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες μικροκλίματος με υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Οι στοές οι οποίες ανοίγονται με την δράση τόσο των ακμαίων όσο και των προνυμφών, καθώς επίσης και η μείωση του αμύλου του ενδοσπερμίου, το οποίο χρησιμοποιείται ως τροφή, προκαλούν τόσο την ποσοτική όσο και ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος. Ευνοείται έτσι η ανάπτυξη μυκήτων και άλλων μικροοργανισμών, οι οποίοι όχι μόνο υποβαθμίζουν το προϊόν, αλλά το καθιστούν και τοξικολογικώς επικίνδυνο.

Στη περίπτωση των σπόρων οι οποίοι είναι μέσα σε σακιά, τα οποία μένουν αρκετή ώρα στον ήλιο, τα ακμαία, σε αντίθεση απ' ότι συνηθίζουν, εξέρχονται στην επιφάνεια. Η συγκέντρωσή τους σε μεγάλους αριθμούς, σε ορισμένα σημεία του εσωτερικού του σπόρου του προϊόντος, όπου η υγρασία είναι υψηλότερη και σε συνδυασμό με την έντονη μεταβολική δραστηριότητα

που παρατηρείται εκεί, προκαλεί μία τοπική ανύψωση της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα τη δημιουργία των θερμών κηλίδων (hot spots).

Προσβολές έχουν σημειωθεί σε προϊόντα του ρυζιού, του αραβόσιτου, του σιταριού όπως επίσης και σε ξηρά φασόλια, αποθηκευμένο βαμβάκι, σταφίδες, ξηρούς καρπούς, καθώς και σε μήλα και σε αχλάδια.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Η χρήση της συνθετικής επαφής των εντομοκτόνων στα αποθηκευμένα προϊόντα, είναι μεταξύ των στρατηγικών οι οποίες χρησιμοποιούνται για την παρεμπόδιση του παρασιτισμού που προκαλεί το *S. oryzae* στα προϊόντα των αποθηκών (Arthur 1996). Όμως η ανάγκη για πιο ασφαλή και οικολογική εφαρμογή έχει οδηγήσει στη χρησιμοποίηση και άλλων μεθόδων όπως φυσικά μέσα, βιοτεχνολογικές μέθοδοι, καλλιεργητικές και βιολογικές, καθώς επίσης και συνδυασμός των μεθόδων.

Βιοτεχνολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης

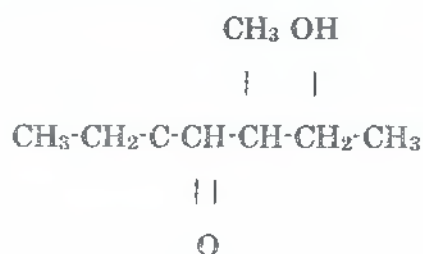
Επειδή ο βιολογικός κύκλος του *S. oryzae* ολοκληρώνεται εντός του σπόρου του αποθηκευμένου προϊόντος, είναι δύσκολη η καταπολέμηση σε άλλα στάδια αναπτύξεως, εκτός από το στάδιο του ακμαίου. Πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι πολλά έντομα έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα σε διάφορα σκευάσματα. Αναφέρεται ότι το *S. oryzae* ανέπτυξε και στην Ελλάδα ανθεκτικότητα στην φωσφίνη.

Τα παραπάνω συνηγορούν στην εφαρμογή παγίδων διαφόρων τύπων για την μείωση του πληθυσμού του *S. oryzae* στις αποθήκες. Συγκεκριμένως, για

το γένος *Sitophilus* sp. εφαρμόζονται παγίδες τύπου σόντας (Σταμόπουλος 1995).

Έχουν χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιούνται παγίδες τροφικές και φερομονικές. Συγκεκριμένως, στις τροφικές παγίδες χρησιμοποιούνται ως προσελκυστικές ουσίες, κυρίως ακόρεστα και κεκορεσμένα λιπαρά οξέα, όπως τριγλυκερίδια του παλμιτικού, του ολεϊκού και του λινολεϊκού οξέος. Οι προσελκυστικές αυτές ουσίες συγκεντρώνουν άτομα του γένους *Sitophilus* sp. (Σταμόπουλος 1995)

Υπάρχουν γενικώς, δυο κατηγορίες εντόμων αποθηκών όσον αφορά στην επικοινωνία και στην αναπαραγωγική στρατηγική τους: τα ακμαία βραχύβια και τα ακμαία μακρόβια. Το *S. oryzae* κατατάσσεται στα μακρόβια είδη. Δηλαδή έχουν ανάγκη να τραφούν για να αναπαραχθούν. Χρησιμοποιούν για επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων φερομόνες συναθροίσεως που παράγουν συνήθως τα άρρενα και στις οποίες αντιδρούν τα άτομα και των δυο φύλων. Η χρήση φερομονών έχει αναπτυχθεί για παρακολούθηση πληθυσμών, έλκυση και θανάτωση και μαζική παγίδευση για περιορισμό πληθυσμών. Συγκεκριμένως, αναφέρεται ότι για το *S. oryzae* χρησιμοποιείται ως ελκυστικό η κετόνη 4 μέθυλο 5 υδρόξυ επτανόνη (3).



Φερομόνη συναθροίσεως των *S. oryzae*, *S. granarius*

Επί του *S. oryzae* έχουν εφαρμοστεί σκευάσματα που στηρίζουν την δράση τους σε ρυθμιστές αναπτύξεως. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκε ένας παρεμποδιστής συνθέσεως της χιτίνης το diflubenzuron σε αναλογία 0.2 mg /kgr σίτου (Oberlander et al 1997). Η εφαρμογή αυτή είχε ως αποτέλεσμα την

εμφάνιση λίγων ακραίων στην F₁ γενεά, τα οποία με την σειρά τους απέτυχαν να δώσουν απογόνους στην F₂ γενεά. Παρ' όλα αυτά, επειδή οι ρυθμιστές αναπτύξεως δεν είναι πάντα αποτελεσματικοί στο γένος *Sitophilus*, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος του πληθυσμού των εντόμων με επιπρόσθετη ποσότητα diflubenzuron ώστε να επιτυγχάνεται η προστασία από τα έντομα.

Σε πειράματα (Shaaya et al. 1997) που έγιναν με επεμβάσεις ελαίων φυτικής προελεύσεως από φυτά των γενών *Eucalyptus* sp., *Gossypium* sp. και άλλων επί του γένους *Sitophilus* sp., έγινε φανερό ότι τα έλαια αυτά μπορούν να παρέχουν προστασία. Η εφαρμογή των ελαίων αυτών στηρίζεται σε μεθόδους υποκαπνισμού. Συγκεκριμένως, πολύ αποτελεσματικό εναντίον του *S. oryzae* καθώς και εναντίον του συγγενούς *S. zeamays*, τόσο στο σιτάρι όσο και στον αραβόσιτο, ήταν το ακατέργαστο βαμβακέλαιο σε αναλογία 10gr/kgρ σπόρου. Το έλαιο αυτό στην προαναφερθείσα αναλογία, έδωσε ολοκληρωμένη προστασία για μια περίοδο 4 -5 μηνών στις αποθήκες.

Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η αναλογία που απαιτείται για πλήρη έλεγχο, δηλαδή 10 - 15 gr/kgρ σπόρου, μειώνει σε μεγάλο βαθμό την βλαστικότητα του σπόρου, κάτι που καθιστά την μέθοδο δύσχρηστη έως και ακατάλληλη. Πρέπει παρ' όλα αυτά να αναφερθεί ότι για το *S. oryzae* τα πιο αποτελεσματικά έλαια είναι αυτά που προέρχονται από σκελίδες σκόρδου και από κέδρο.

Βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισεως

Για την βιολογική αντιμετώπιση του *S. oryzae*, έχουν μελετηθεί τρία αρπακτικά έντομα που ανήκουν στην τάξη Hymenoptera. Τα έντομα αυτά δρουν παρασιτικώς. Το σημαντικότερο παρασιτοειδές του *S. oryzae* καθώς και του συγγενούς είδους *S. granarius* είναι το *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae). Η δράση του εντοπίζεται επί της προνύμφης του *S. oryzae*. Συγκεκριμένως, το θήλυ υμενόπτερο έχει την ικανότητα να

ανιχνεύει το κάλυμμα της οπής που δημιουργεί το ακμαίο *S. oryzae*, στον οπόρο, κατά την ωτοκία. Στην συνέχεια τρυπά με τον ωοθέτη του την είσοδο της οπής και σπρώχνει την προνύμφη περιορίζοντας την κίνηση της. Η πίεση αυτή που ασκείται από τον ωοθέτη του θήλεως παρασιτοειδούς επί της προνύμφης του *S. oryzae* έχει ως αποτέλεσμα την παράλυση της τελευταίας. Παράλληλα το θήλυ παρασιτοειδές εναποθέτει ένα και μοναδικό ωό στο εξωτερικό της προνύμφης ή κοντά σε αυτή.

Μετά την εκκόλαψη, η νύμφη του παρασιτοειδούς τρέφεται με την παραλυμένη προνύμφη, καταστρέφοντάς τη. Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου του παρασιτοειδούς είναι 15 ημέρες. Έχει παρατηρηθεί ότι ένα θήλυ παρασιτοειδές εναποθέτει περισσότερα από 283 ωά, αλλά παρ' όλα αυτά τα παρασιτοειδή δεν είναι αρκετά ώστε να ελέγξουν τον πληθυσμό του *S. oryzae*, με μία μόνο εφαρμογή. Γι' αυτό η εξαπόλυση του είδους αυτού πρέπει να επαναλαμβάνεται.

Εκτός του προαναφερθέντος εντόμου χρησιμοποιούνται σε μικρότερη κλίμακα και δύο άλλα υμενόπτερα, το *Lariophagus distinguendus* Forster (Hymenoptera: Pteromalidae) και το *Chaetospila elegans* (Westwood) (Hymenoptera: Pteromalidae) (Τόλης 1986), τα οποία δρουν και αυτά επί των προνυμφών του *S. oryzae*.

Σε πειράματα εργαστηρίου εκτιμήθηκε η χρήση του εντομοπαθογόνου μύκητα *M. anisopliae* κατά των ακμαίων *S. oryzae* όπου συγκρίθηκαν 2 σκευάσματα του μύκητα, ένα αιωρήμα κονιδίων και ένα σκόνης κονιδίων. Τα σκευάσματα αυτά εφαρμόστηκαν σε 3 δόσεις: 8×10^6 , 8×10^8 και 8×10^{10} κονιδία/kg σιταριού, μόνες ή σε συνδυασμό με το σκεύασμα γης διατόμων (ΓΔ) SilicoSec® σε δόση 0,5g/kg σιταριού. Ακμαία *S. oryzae* εκτέθηκαν σε σιτάρι επί 24 h, 48 h, 7 d και 14 d. Η θνησιμότητα των ακμαίων *S. oryzae* με την εφαρμογή του αιωρήματος κονιδίων σε συνδυασμό με την ΓΔ δεν ήταν τόσο αποτελεσματική εν συγκρίσει με την εφαρμογή της ΓΔ μόνον. Η θνησιμότητα των ακμαίων *S. oryzae* αυξήθηκε αξιοσημείωτα όταν εφαρμόστηκε σκόνη

κονιδίων. Η παραγωγή απογόνων μειώθηκε αξιοσημείωτα μόνον στην μεγάλη δόση της σκόνης κονιδίων αναμιχθείσα με ΓΔ (Vassilakos et al. 2006)



Εικ.16 Ακραιο *Anisopteromalus calandrae*

Χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Οι χημικές μέθοδοι καταπολέμησης είναι η σημαντικότερη και σε πολλές περιπτώσεις η μοναδική μέθοδος που χρησιμοποιείται σήμερα για την αντιμετώπιση επιβλαβών εντόμων. Στηρίζεται στη χρήση φυσικών ή συνθετικών χημικών ουσιών οι οποίες αυτούσιες ή σε μίγματα προκαλούν με την τοξική δράση τους τη θανάτωση των εντόμων και χαρακτηριζόμενα ως εντομοκτόνα.

Για την αντιμετώπιση του *S. oryzae* έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν (πριν απαγορευθούν) χλωριωμένα εντομοκτόνα, κυρίως το lindane καθώς και οργανοφωσφορικά με κυριότερο εκπρόσωπο το malathion. Το lindane απαγορεύτηκε επειδή είχε μεγάλη υπολειματική δράση, δεν διασπάται στη

φύση και συσσωρεύεται στη λιπώδη ιστό των θηλαστικών. Το malathion είναι μια δραστική ουσία που έχει χρησιμοποιηθεί ευρυτάτως στο παρελθόν και χρησιμοποιείται ακόμα. Είναι οργανοφωσφορικό και δρα ως εντομοκτόνο επαφής και στομάχου. Η εντομοτοξική δράση του εντοπίζεται στην παρεμπόδιση του ενζύμου «χοληστεράση» του νευρικού συστήματος (Δημόπουλος 1998). Αποτέλεσμα της συνεχούς χρήσεώς του ήταν η ανθεκτικότητα που ανέπτυξαν σε αυτό πολλά είδη εντόμων.

Επίσης χρησιμοποιούνται και πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα στην αντιμετώπιση του *S. oryzae*. Από πειράματα αξιολογήσεως διαφόρων οργανοφωσφορικών και πυρεθρινοειδών εντομοκτόνων, συγκριτικώς με το κλασικό στην αντιμετώπιση εντόμων στις αποθήκες malathion, φάνηκε ότι υπάρχουν ακόμη καλλίτερα και αποτελεσματικότερα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα όπως το pyrimiphos methyl και το etrimphos καθώς και πυρεθρινοειδή όπως το deltamethrin και το cypermethrin (Τομάζου 1989) και το permethrin (Paradopolou et al. 1991).

Τα φάρμακα αυτά όχι μόνο θανατώνουν τα ακραία *S. oryzae*, αλλά εμποδίζουν την εμφάνιση της F₁ και των μετέπειτα γενεών. Αναφέρεται ότι το *S. oryzae* έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σε μερικά οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα κυρίως το malathion, ενώ δεν αναφέρεται κάτι αντίστοιχο για τα πυρεθρινοειδή. Τα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα, όταν χρησιμοποιούνται στην ίδια δόση με τα οργανοφωσφορικά είναι πολύ πιο τοξικά στα θερμόαιμα. Επειδή όμως η δόση που χρειάζεται για να δράσουν είναι πολύ μικρότερη των αντίστοιχων οργανοφωσφορικών, τελικά η τοξικότητα των πυρεθρινοειδών είναι πολύ μικρότερη.

Πολλές φορές δεν χρησιμοποιείται κάθε μέθοδος ξεχωριστά, αλλά σε διαπιστωμένες προσβολές γίνονται συνδυασμοί μεθόδων. Συγκεκριμένως, χρησιμοποιούνται πρώτα καπνογόνα (κατά κανόνα φωσφίνη) για να απαλλαγεί το προϊόν από όλες τις μορφές εντόμων και εν συνεχεία εντομοκτόνα για μακράς διάρκειας προστασία.

Φυσικές μέθοδοι - Γη διατόμων ενάντια στο *S.oryzae*

Η ανάπτυξη ανθεκτικότητας ορισμένων ειδών, η ανάγκη για προϊόντα δίχως χημικά κατάλοιπα, η ασφάλεια των εργατών που χρησιμοποιούν χημικές ουσίες και η σταδιακή άρση εντομοκτόνων οδήγησε τους ερευνητές να εξετάσουν την ενδεχόμενη χρήση άλλων μεθόδων ελέγχου που θα είχαν λιγότερους κινδύνους. Η γη διατόμων (ΓΔ) είναι μεταξύ των πιο πολλά υποσχόμενων εναλλακτικών μεθόδων και αυτό διότι είναι εύκολη στη χρήση, με χαμηλή τοξικότητα και από φυσικές πηγές.

Όπως προαναφέρθηκε στη βιολογία του εντόμου η νύμφη και η προνύμφη του *S. oryzae* αναπτύσσονται εντός του σπόρου, για αυτό η ΓΔ έχει επίδραση μόνο στα ακμαία *S. oryzae* αφού τα ατελή στάδια του εντόμου βρίσκονται εντός του σπόρου. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο γίνεται δύσκολη η διάγνωση στα αρχικά στάδια της προσβολής.

Ένας τρόπος για να διαπιστωθεί εάν υπάρχει προσβολή από *S. oryzae* είναι εμβάπτιση του σπόρου σε διάφορα διαλύματα. Χρησιμοποιούνται σαλικυλικό Na σε ύδωρ, με χλωροφόρμιο και ειδικό λάδι ή διάλυμα νιτρικού σιδήρου. Συνέπεια του μικρότερου ειδικού βάρους τους, οι προσβεβλημένοι σπόροι παραμένουν στην επιφάνεια ενώ αντίθετα οι υγιείς βυθίζονται.

ΓΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ	LC ₅₀ (95% Δ.Ε.) σε ppm	LC ₉₀ (95% Δ.Ε.) σε ppm
Celite 209	Θαλάσσια	270 (213-340)	565 (395-857)
DE Macedonia	Θαλάσσια	293 (226-379)	709 (485-1101)
De Japan 2	Θαλάσσια	333 (263-423)	762 (554-1105)
De Japan 3	Θαλάσσια	603 (480-758)	1157 (891-1567)
DE Australia	Μη Θαλάσσια	438 (386-553)	849 (612-1239)
Dicalite	Μη Θαλάσσια	496 (393-626)	1013 (766-1402)
DE China 7	Μη Θαλάσσια	546 (430-693)	1356 (978-1982)
DE Mexico 2	Μη Θαλάσσια	634 (493-815)	1810 (1191-2945)
DE China 9	Μη Θαλάσσια	647 (436-1770)	1250
Perma Guard	Μη Θαλάσσια	649 (499-842)	1250
Melocide DE 100	Μη Θαλάσσια	680 (555-832)	1475
DE China 18	Μη Θαλάσσια	1137 (745-3734)	1500

Πίνακας IV Αποτελεσματικότητα διαφόρων τύπων γης διατόμων επί του *S. oryzae* σε αποθηκευμένο σκληρό σιτάρι, μετά από 5 ημέρες εκθρόσεως (Koskini, 1997). Τα δεδομένα προέκυψαν με ανάλυση probits, ΔΕ = διάστημα εμπιστοσύνης 25 ακραία *S. oryzae* όλων των ηλικιών και ανεξαρτήτως φύλου για κάθε επανάληψη σε σύνολο 5 επαναλήψεων Θερμοκρασία 25 °C, Σ.Υ. 55% και Υγρασία σπόρου 11%.

Τόσο η υγρασία όσο και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, επιδρούν στην αποτελεσματικότητα της σκόνης ΓΔ κατά των ακμαιών του *S. oryzae*. Η αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας (σπόρου, αποθηκευτικού χώρου) φαίνεται να αυξάνει την αποτελεσματικότητα της ΓΔ (Mewis και Urlichs 2001).

Η σκόνη ΓΔ προκαλεί αυξημένη θνησιμότητα και επί του παρασιτοειδούς *A. calandrae* (Mendoza et al. 1999). Το γεγονός αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν σε προγράμματα αντιμετώπισης, όταν συνδυάζεται βιολογική αντιμετώπιση με χρήση σκόνης γης διατόμων. Σε πειράματα που διεξήχθησαν για την μελέτη της επιδράσεως της ΓΔ στο *A. calandrae* φάνηκε ότι το ακμαίο παρασιτοειδές προτιμά να ωτοκεί σε σπόρους που δεν φέρουν σωματίδια σκόνης.

Ένας καλός συνδυασμός των δύο μεθόδων θα μπορούσε να επιτευχθεί με μεταχείριση του αποθηκευμένου σπόρου στα ανώτερα στρώματα (μέχρι 30 cm) με σκόνη γης διατόμων και η εξαπόλυση του παρασιτοειδούς να πραγματοποιείται στα στρώματα της μάζας του αποθηκευμένου σπόρου που βρίσκονται κάτω από αυτό το ύψος (Perez-Mendoza et al. 1999).

Υπάρχουν συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση επιβλαβών εντόμων. Μια τέτοια συσκευή είναι και η συσκευή των Ashman – Simon είναι μια χειροκίνητη συσκευή η οποία αποτυπώνει σε ταινία χαρτιού τις κηλίδες των συνθλιβόμενων εντόμων. Είναι ιδιαίτερος ευαίσθητη και εμφανίζει με ικανοποιητική ακρίβεια έστω και μικρή προσβολή.

Τις τελευταίες δεκαετίες οι φωτεινές παγίδες με ταυτόχρονη ηλεκτροπληξία εντόμων, έχουν αναγνωρισθεί ως ένα σημαντικό μέσο καταπολέμησης. Μια τυπική τέτοια παγίδα αποτελείται βασικά από σκελετό, ανακλαστική του φωτός επιφάνεια από αλουμίνιο, λυχνίες υπεριώδους φωτός (BL) και ηλεκτροφόρα πλέγματα. Στα ηλεκτροφόρα πλέγματα κυκλοφορεί ρεύμα υψηλής τάσης. Η τάση αυτή πρέπει να είναι το πολύ μέχρι 5000 V επειδή πλέγματα με τάση ανω των 7500 V απωθούν πολλά έντομα.

Τα έντομα προσελκύονται από το φως, θανατώνονται στα ηλεκτροφόρα πλέγματα και πέφτουν σε ειδικό δίσκο συλλογής. Για να μην προσκολλώνται τα έντομα στα ηλεκτροφόρα πλέγματα, υπάρχει πολλές φορές πυκνωτής που τα απομακρύνει με στιγμιαία αύξηση της τάσεως. Άλλωστε το ίδιο το πλέγμα συνήθως ενεργεί ως πυκνωτής κατακρατώντας μια ορισμένη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου.

Στην αντιμετώπιση των επιβλαβών για την γεωργία εντόμων χρησιμοποιούνται και καλλιεργητικές μέθοδοι όπως η αμειψισπορά, η καταστροφή αυτοφυών ξενιστών, ρύθμιση χρόνου σποράς – συγκομιδής και χρήση ανθεκτικών ποικιλιών.

ΜΕΡΟΣ Δ΄ (πειραματικό)

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η εντομοκτόνος δράση τριών σκευασμάτων γης διατόμων (ΓΔ) επί του *Sitophilus oryzae* (L.) σε διαφορετικά δημητριακά.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Έντομα

Τα ακμαία άτομα *S. oryzae* ελήφθησαν από πληθυσμό που διατηρείται σε κριθάρι, στους $27 \pm 1^\circ\text{C}$ και $65 \pm 5\%$ ΣΥ, σε αραβόσιτο στους $27 \pm 1^\circ\text{C}$ και $65 \pm 5\%$ ΣΥ και σε σιτάρι στους $27 \pm 1^\circ\text{C}$ και $65 \pm 5\%$ ΣΥ. Όλα τα άτομα που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές ήσαν μικρότερα των 2 εβδομάδων. Οι παραπάνω εκτροφές εντόμων υπάρχουν στο Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο από το 1994.

Σκευάσματα

Χρησιμοποιήθηκαν 3 σκευάσματα ΓΔ τα Pyrisec, DEBBM P/WP και Protect it. Το DEBBM P/WP είναι ένα μίγμα 2 φυσικών δρώντων συστατικών: 1) ΓΔ περιέχουσα $< 0,3\%$ κρυσταλλικό SiO_2 και 2) bitterbarkomycin (BBM) που είναι ουσία η οποία εξάγεται από το φυτό *Apocynum venetum* L. (Apocynaceae) (1a, 2a, diacetoxyl-8A, 15 dissobutyl acyloxyl-9a-benzyloxy-4A; 6A dihydroxy-A-dihydroxylignaloefuran). Το Protect-It (Hedley Technologies Inc., Mississauga, Ontario, Canada) είναι ένα σκεύασμα ΓΔ περιέχον $83,7\%$

SiO₂ με 10 % κρυσταλλικό πυρίτιο (Korunic and Fields 1995). Το PyriSec (Agrinova GmbH, Obrigheim/Mühleim Germany) περιέχει φυσικό πύρεθρο 1,2 %, piperomyl butoxide 3,1 % και 88 % SiO₂ (Athanassiou et al. 2004).

Προϊόντα

Για τον πειραματισμό χρησιμοποιήθηκαν σπόροι μη αποφλοιωμένου σκληρού σιταριού (var. Mexa), μη αποφλοιωμένου κριθαριού (var. Persephone) και αραβοσίτου (var. Dias). Η περιεκτικότητα των τριών δημητριακών σε υγρασία, όπως καθορίστηκε από τον μετρητή υγρασίας Dickey-John (Dickey – John Multigrain CAC II, Dickey-John Co, USA) κυμάνθηκε μεταξύ 10.9 και 11.5 %.

Βιοδοκιμές

Οι εκθέσεις πραγματοποιήθηκαν στους 25 °C και σε ΣΥ 55 %. Η επιθυμητή Σ.Υ. διατηρήθηκε με την χρησιμοποίηση κεκορεσμένου άλατος βρωμιούχου νατρίου (Greenspan 1977). Το επίπεδο των 55% Σ.Υ. είναι ισοτιμίο με το 11,5 % περίπου της υγρασίας στο εσωτερικό του σίτου (Pixton 1967, Pixton and Warbuton 1971), ωστόσο δεν υπάρχει διαθέσιμη αντιστοιχία για τα περισσότερα από τα προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Οι δόσεις για κάθε γη διατόμων ήταν: Pyrisec 0,5 gr/kg (= 500 ppm), Protect it 0,5 gr/kg δημητριακού (= 500 ppm), DEBBM P/WP 0,075 gr/kg δημητριακού (=75 ppm) και 0,15 gr/kg δημητριακού (= 150 ppm). Από κάθε προϊόν τοποθετήθηκαν 5 ποσότητες του 1 Kgr εντός κυλινδρικών υαλίνων δοχείων. Ένα από τα δοχεία χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας και στα άλλα τέσσερα δοχεία προστέθηκε η σκόνη ΓΔ στις προκαθορισμένες δόσεις Όλα τα δοχεία ανακινήθηκαν για 15 λεπτά περίπου, έτσι ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή της σκόνης σε ολόκληρη τη μάζα του προϊόντος. Συνολικώς δημιουργήθηκαν 15 μητρικές ποσότητες δημητριακών: 12 φέρουσες ΓΔ και 3 μάρτυρες.

Από κάθε δοχείο ελήφθησαν 4 δείγματα 30 gr το καθένα. Από το δοχείο με το καθαρό προϊόν ελήφθησαν επίσης 4 δείγματα των 30 gr ως μάρτυρες. Κάθε δείγμα τοποθετήθηκε εντός κυλινδρικού υαλίνου φιαλιδίου καλώς κεκλεισμένου, εκτός από την κορυφή του όπου υπήρχε οπή διαμέτρου 1,5 cm κεκαλυμμένη με τούλι προς ικανοποιητικό εξαερισμό του περιεχομένου. Κατόπιν, εισήχθησαν σε κάθε φιαλίδιο 30 ακμαία άτομα *S. oryzae*.

Στον αραβόσιτο τοποθετήθηκαν άτομα από εκτροφές αραβόσιτου, κριθαριού και σιταριού, στο σιτάρι τοποθετήθηκαν άτομα από εκτροφές σιταριού, αραβόσιτου και κριθαριού, στο κριθάρι τοποθετήθηκαν έντομα από εκτροφές κριθαριού, αραβόσιτου και σιταριού.

Μετά από 7 ημέρες από την ημέρα εισαγωγής των εντόμων στα φιαλίδια και στους μάρτυρες καταμετρήθηκαν και απομακρύνθηκαν τα νεκρά άτομα. Μετά από 14 μέρες καταμετρήθηκαν τα νεκρά άτομα και απομακρύνθηκαν ζωντανά και νεκρά άτομα από τα φιαλίδια, τα οποία παρέμειναν στο θάλαμο κάτω από τις ίδιες συνθήκες για επιπλέον 30 ημέρες. Μετά την πάροδο των 30 ημερών καταμετρήθηκαν οι ακμαίοι απόγονοι (ζωντανοί, νεκροί) του *S. oryzae*.

Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία κατά τη διάρκεια των βιοδοκιμών ελεγχόταν με τη χρησιμοποίηση ψηφιακών οργάνων καταγραφής HOBO (HOBO H8, Onset Computers, USA). Γενικώς, η Σ.Υ. και η θερμοκρασία ήταν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου

Στατιστική ανάλυση στοιχείων

Η θνησιμότητα διορθώθηκε κατά Abbot (1925) και έπειτα τα στοιχεία αναλύθηκαν με τη χρησιμοποίηση του GLM Procedure of SAS (SAS Institute 1995), με τη θνησιμότητα των εντόμων ως μεταβλητή, το σκεύασμα ΓΔ, το προϊόν επί του οποίου έγινε κάθε φορά η βιοδοκιμή, την έκθεση, το μέσον εκτροφής και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις ως κύριες επιδράσεις. Οι

διορθωμένες μετρήσεις θνησιμότητας αναλύθηκαν ξεχωριστά, για δεδομένη έκθεση ΓΔ Χ συνδυασμό σε κάθε βιοδοκιμή, χρησιμοποιήθηκε η ίδια διαδικασία. Συμφώνως προς αυτή την ανάλυση οι κύριες επιδράσεις ήταν: το σκεύασμα, το μέσον της εκτροφής καθώς και η μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Οι μέσοι συγκρίθηκαν με τον κατά Tukey - Kramer (HSD) έλεγχο, $P = 0,05$ (Sokal and Rohlf 1995).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Γενικά αποτελέσματα

Όλες οι κύριες επιδράσεις και οι αλληλεπιδράσεις τους ήταν σημαντικές σε επίπεδο $P < 0.001$ με την εξαίρεση τις αλληλεπιδράσεις μέσον εκτροφής x έκθεση και δόση x έκθεση δεν ήταν σημαντικές σε επίπεδο $P < 0.001$ (Πίν. 1). Η θνησιμότητα στους μάρτυρες ήταν γενικώς χαμηλή και δεν ξεπέρασε το 4,0 % σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν.

Θνησιμότητα του *S. oryzae* σε σιτάρι

Για τις δυο εκθέσεις, όλες οι κύριες επιδράσεις και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις ήταν σημαντικές σε επίπεδο $P < 0.001$ (Πίν. 2, 3).

Έπειτα από έκθεση 7 ημερών του *S. oryzae* σε σιτάρι αναμεμειγμένο με Protect-it® ή Pyrisec®, το μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας (91.7 % και 88.3 % αντιστοίχως) σημειώθηκε σε ακμαία που είχαν εκτραφεί σε αραβόσιτο, ενώ το μικρότερο ποσοστό θνησιμότητας (67.5 % και 61.0 % αντιστοίχως) σημειώθηκε σε ακμαία που είχαν εκτραφεί σε κριθάρι (Εικ. 11). Συνεπώς, τα ακμαία που προήλθαν από το κριθάρι ήταν σημαντικώς πιο ανθεκτικά εν συγκρίσει με εκείνα που είχαν εκτραφεί σε αραβόσιτο ή σε σιτάρι και στις δύο δόσεις του DEBBM. Αντιθέτως με το Protect-it® και το Pyrisec®, το υψηλότερο ποσοστό

θνησιμότητος του *S. oryzae* σε σιτάρι αναμεμειγμένο με DEBBM (81.6 % και 31.6 % για 75 και 150 ppm αντιστοιχώς) σημειώθηκαν σε ακμαία που είχαν εκτραφεί σε σιτάρι. Αυτό συνέβη επίσης για τη χαμηλή δόση του DEBBM μετά από 14 ημέρες εκθέσεως, όμως η κατάσταση με την υψηλή δόση του DEBBM στις 7 ημέρες ήταν αντίθετη έπειτα από 14 ημέρες εκθέσεως (Εικ. 2I). Σε αυτή την περίπτωση, τα ακμαία άτομα που υπήρχαν σε εκτροφή αραβοσίτου ήσαν σημαντικώς πιο ανθεκτικά από τα ακμαία άτομα που ελήφθησαν από εκτροφή σιταριού ή κριθαριού. Η θνησιμότητα του *S. oryzae* από εκτροφή αραβόσιτου σε Protect-it® ή Pyrisec® στις 14 ημέρες ήταν ιδιαίτερως υψηλή (> 91%) όπως και η θνησιμότητα που καταγράφηκε στις 7 ημέρες αν και οι διαφορές που σημειώθηκαν δεν ήσαν σημαντικές μεταξύ των ακμαίων ατόμων από εκτροφή αραβόσιτου και ακμαίων ατόμων από εκτροφή σιταριού (Εικ. 2I).

Θνησιμότητα του *S. oryzae* σε κριθάρι

Και για τις δυο εκθέσεις, όλες οι κύριες επιδράσεις και οι οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις ήσαν σημαντικές σε επίπεδο $P < 0.001$ (Πίν. 2, 3).

Έπειτα από έκθεση 7 ημερών του *S. oryzae* σε κριθάρι, η θνησιμότητα των ακμαίων που είχαν εκτραφεί σε κριθάρι ήταν πάντοτε υψηλότερη εν συγκρίσει με την θνησιμότητα των ατόμων που είχαν εκτραφεί σε αραβόσιτο ασχέτως με τις δόσεις ΓΔ που εξετάστηκαν (Εικ. 1II). Επιπλέον, δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της θνησιμότητος των ακμαίων ατόμων που είχαν εκτραφεί σε κριθάρι και των ακμαίων που είχαν εκτραφεί σε σιτάρι, με εξαίρεση ότι στη μικρή δόση του DEBBM τα ακμαία που ελήφθησαν από εκτροφή σιταριού ήσαν σημαντικώς πιο ευαίσθητα από τα ακμαία εκτροφής κριθαριού. Μετά από 14 ημέρες εκθέσεως, η θνησιμότητα των ακμαίων ήταν ιδιαίτερως υψηλή (> 96 %) ασχέτως του μέσου εκτροφής και γι' αυτόν το λόγο δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές (Εικ. 2II).

Θνησιμότητα του *S. oryzae* σε αραβόσιτο

Και για τις δυο εκθέσεις, όλες οι κύριες επιδράσεις και οι οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις ήσαν σημαντικές σε επίπεδο $P < 0.001$ (Πιν. 2, 3).

Έπειτα από έκθεση 7 ημερών του *S. oryzae* σε αραβόσιτο αναμεμειγμένο με Protect-it® ή Pyrisec® ή στη χαμηλή δόση του DEBBM, το μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας παρατηρήθηκε σε ακμαία τα οποία ελήφθησαν από εκτροφή αραβόσιτου (22.5 % ή 24.1% ή 53.3% αντιστοίχως) εν συγκρίσει με ακμαία τα οποία ελήφθησαν είτε από εκτροφή κριθαριού (10.1 % ή 11.2 % ή 9.1 % αντιστοίχως) είτε από εκτροφή σιταριού (9.2 % ή 20.0 % ή 21.1 % αντιστοίχως). Τα ακμαία που προήλθαν από εκτροφή κριθαριού ήσαν πάντα πιο ανθεκτικά από τα ακμαία της εκτροφής του σιταριού, αν και στην περίπτωση του Protect-it® δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές θνησιμότητας μεταξύ των ακμαίων αυτών των δυο εκτροφών (Εικ. 1III). Αντιθέτως, τα ακμαία που προήλθαν από εκτροφή σιταριού ήσαν σημαντικώς πιο ευαίσθητα σε αραβόσιτο αναμεμειγμένο με τη μεγάλη δόση του DEBBM (77.5 %) από τα ακμαία της εκτροφής του αραβόσιτου (71.7 %). Έπειτα από 14 ημέρες εκθέσεως, η θνησιμότητα του *S. oryzae* σε αραβόσιτο αναμεμειγμένο με Protect-it® ήταν παρόμοια με αυτή των 7 ημερών, ενώ για τις υπόλοιπες δόσεις τα αποτελέσματα μεταξύ των δυο εκθέσεων ήσαν αντίθετα (Εικ. 2III). Στη μέτρηση των 14 ημερών του *S. oryzae* σε αραβόσιτο, τα πιο ευαίσθητα ακμαία ήσαν αυτά που είχαν εκτραφεί σε σιτάρι ή σε κριθάρι (για τη χαμηλή δόση του DEBBM) ή σε αραβόσιτο (για το Pyrisec® ή για την υψηλή δόση του DEBBM). Ασχέτως με το ποιο ήταν το μέσον εκτροφής, τα περισσότερα ακμαία *S. oryzae* πέθαναν σε αραβόσιτο αναμεμειγμένο με την υψηλή δόση του DEBBM εν συγκρίσει με τα άλλα σκευάσματα. Αντιθέτως, η χαμηλή δόση του DEBBM ήταν είτε πιο δραστική (στην περίπτωση των ακμαίων που λήφθησαν από εκτροφή αραβόσιτου) είτε είχε την ίδια δραστικότητα (στην περίπτωση των ακμαίων που λήφθησαν από εκτροφές σιταριού και κριθαριού) εν συγκρίσει με τη δράση του Protect-it®.

Πίνακας 1. Παράμετροι ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις στην θνησιμότητα του *S. oryzae*, εκτρεφόμενο σε τρία διαφορετικά μέσα, σε τρία διαφορετικά προϊόντα τα οποία αναμείχθηκαν με ΓΔ, σε δυο διαφορετικές εκθέσεις.
(συνολικοί $df = 287$)

Κύρια επίδραση	df	F	P
Μέσο εκτροφής	2	3,4415	0,0335
Βιοδοκιμή	2	288,317	<0,0001
Δόσεις	3	118,3476	<0,0001
Έκθεση	1	48,3641	<0,0001
Μέσο εκτροφής x Βιοδοκιμή	4	16,9968	<0,0001
Μέσο εκτροφής x Δόση	6	3,5451	0,0022
Μέσο εκτροφής x Έκθεση	2	2,4734	0,0863
Βιοδοκιμή x Δόση	6	52,9883	<0,0001
Βιοδοκιμή x Έκθεση	2	4,8493	0,0086
Δόση x Έκθεση	3	0,9961	0,3952

Πίνακας 2. Παράμετροι ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις στην θνησιμότητα του *S. oryzae*, εκτρεφόμενο σε τρία διαφορετικά μέσα, ύστερα από 7 ημέρες εκθέσεως σε τρία διαφορετικά προϊόντα τα οποία αναμείχθηκαν με ΓΔ. (συνολικοί $df = 47$).

Κύρια επίδραση	df	Θνησιμότητα σε σιτάρι		Θνησιμότητα σε κριθάρι		Θνησιμότητα σε αραβόσιτο	
		F	P	F	P	F	P
Μέσο εκτροφής	2	7,2083	0,0023	122,8354	<0,0001	6,5675	0,0037
Σκεύασμα	3	42,5833	<0,0001	125,9127	<0,0001	74,3642	<0,0001
Μέσο εκτροφής x Σκεύασμα	6	1,9963	0,0418	39,7731	<0,0001	3,943	0,0039

Πίνακας 3. . Παράμετροι ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις στην θνησιμότητα του *S. Oryzae*, εκτρεφόμενο σε τρία διαφορετικά μέσα, ύστερα από 14 ημέρες εκθéseως σε τρία διαφορετικά προϊόντα τα οποία αναμείχθησαν με ΓΔ (συνολικοί $df= 47$)

Κύρια επίδραση	<i>df</i>	Θνησιμότητα σε σιτάρι		Θνησιμότητα σε κριθάρι		Θνησιμότητα σε αραβόσιτο	
		<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Μέσο εκτροφής	2	1,1437	0,033	159,3109	<0,0001	2,0657	0,0415
Σκεύασμα	3	73,4041	<0,0001	173,57	<0,0001	84,5897	<0,0001
Μέσο εκτροφής x Σκεύασμα	6	1,9455	0,0398	120,2228	<0,0001	6,1807	0,0002

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με τα μέχρι τώρα αποτελέσματα, πολλά από τα διαθέσιμα σκευάσματα ΓΔ έχουν αποδειχθεί λίαν αποτελεσματικά εναντίον πολλών ειδών εντόμων αποθηκών (Subramanyam and Roesli 2000, Fields and Korunic 2000, Athanassiou et al. 2004). Μερικοί από τους παράγοντες που επιδρούν σημαντικώς στην αποτελεσματικότητα είναι η θερμοκρασία και η υγρασία (Fields and Korunic 2000, Vayias and Athanassiou 2004), το είδος του ενδιαιτήματος (Subramanyam and Roesli 2000, Athanassiou et al. 2003, Athanassiou and Kavallieratos 2005, Kavallieratos et al. 2005), το είδος του εντόμου και του σκευάματος (Subramanyam and Roesli 2000, Mewis and Ulrichs 2001, Athanassiou et al. 2003, 2004, 2005, Kavallieratos et al. 2005) το στάδιο αναπτύξεως του εντόμου (Mewis and Ulrichs 2001, Vayias and Athanassiou 2004), η ηλικία του εντόμου (Vayias and Athanassiou 2004) και η περιοχή προελεύσεως του εντόμου (Fields et al. 2003). Έτσι, με βάση τα έως τώρα στοιχεία, το είδος του δημητριακού παίζει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα (Athanassiou et al. 2003), αλλά αυτό έχει μερικώς μελετηθεί μόνο στην περίπτωση όπου η ΓΔ προστίθεται στο δημητριακό και όχι στην περίπτωση του είδους του δημητριακού στο οποίο έχουν αναπτυχθεί τα

έντομα. Έτσι, η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη στην οποία εξετάζονται αυτοί οι παράγοντες, οι οποίοι φαίνεται να παίζουν καθοριστικό ρόλο.

Το είδος του δημητριακού στο οποίο έχει αναπτυχθεί το *S. oryzae* καθορίζει μέχρι έναν βαθμό και ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως η διάρκεια του βιολογικού κύκλου, ή και το ωοπαραγωγικό δυναμικό (Aitken 1975). Παρ' όλα αυτά, είναι σαφές από τα δεδομένα της παρούσας μελέτης ότι ο παράγοντας αυτός καθορίζει και την ανθεκτικότητα στην ΓΔ και μάλιστα η συμπεριφορά του δημητριακού είναι διαφορετική αναλόγως του σκευάσματος της ΓΔ. Γενικώς, η αποτελεσματικότητα της ΓΔ είναι μεγαλύτερη στον αραβόσιτο (Athanasopoulos et al. 2003) και αυτό είναι πιθανόν να οφείλεται στην σύσταση των λιπιδίων ή των ελαίων που υπάρχουν περιφερειακώς του σπόρου του αραβόσιτου (Subramanyam and Roesli 2000). Ακόμα όμως και στην περίπτωση του αραβόσιτου, καταγράφηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε ακμαία που είχαν εκτραφεί σε διαφορετικά δημητριακά. Πολλές ουσίες, πχ. ορισμένα αμινοξέα, έχουν κατά καιρούς συνδεθεί από διάφορες μελέτες με την ανθεκτικότητα σε εντομοκτόνα, αλλά δεν υπάρχουν σχετικά δεδομένα για τη ΓΔ. Είναι λοιπόν πιθανόν να υπάρχει και εδώ κάποια αντίστοιχη δράση του θρεπτικού υλικού.

Αξιοσημείωτες είναι οι διαφορές μεταξύ των σκευασμάτων της ΓΔ, οι οποίες έχουν και διαφορετική συμπεριφορά ανάμεσα στα δημητριακά. Παραδόξως, η DEBBM είναι το αποτελεσματικότερο σκεύασμα στον αραβόσιτο, παρ' όλο που στα άλλα δημητριακά, ιδιαιτέρως η χαμηλή δόση της DEBBM ήταν εξ ίσου, ή και λιγότερο αποτελεσματική σε σύγκριση με τα άλλα σκευάσματα. Ο συνδυασμός της ΓΔ με άλλες, οικολογικά συμβατές, μεθόδους καταπολέμησης, όπως στην περίπτωση της DEBBM έχει προταθεί από διάφορους ερευνητές ως μια πολύ καλή λύση, εναλλακτική των εντομοκτόνων, που χρησιμοποιούνται σήμερα (Subramanyam and Roelsi 2000, Moore et al. 2000, Lord 2001, Michalaki et al. 2005). Οι διαφορές των σκευασμάτων είναι μικρότερες με την αύξηση του χρόνου εκθέσεως, λόγω της αυξήσεως της θνησιμότητας. Πάντως, η ταχύτητα θανατώσεως είναι ίσως πιο σημαντική

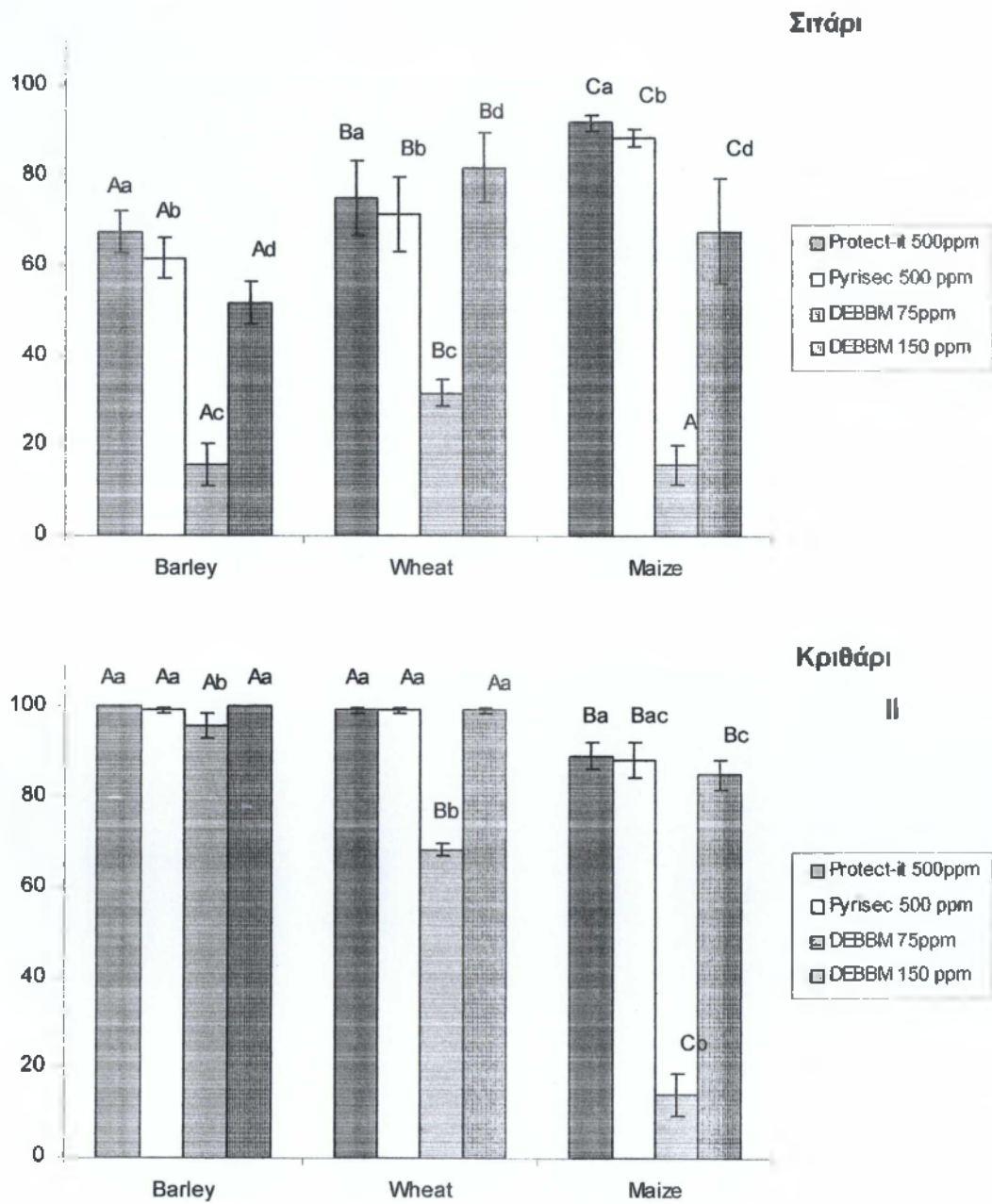
ακόμα και από το ποσοστό θνησιμότητας, διότι εάν δεν θανατωθούν γρήγορα, τα έντομα μπορεί να απομακρυνθούν από την επίδραση του τοξικού παράγοντα, να αντικαταστήσουν μερικώς την κατεστραμμένη δερμίδα, να ωτοκήσουν και να συνεχίσουν να προκαλούν ζημιές στα δημητριακά (Subramanyam and Roesli 2000).

Ως προς τη δόση, τα αποτελέσματα δείχνουν σαφώς ότι η «κρίσιμη» δόση διαφέρει ανάμεσα στα διάφορα σκευάσματα. Προκαταρκτικές μελέτες με τη DEBBM έδειξαν ότι η ΓΔ αυτή είναι πιο αποτελεσματική σε σύγκριση με τα έως τώρα αξιολογηθέντα σκευάσματα και γι' αυτό η δόση που χρησιμοποιήθηκε μπορεί να είναι μεταξύ 75 και 150 ppm. Αντιθέτως, για τα άλλα σκευάσματα, η δόση που φαίνεται να είναι αποτελεσματική για το είδος αυτό είναι κοντά στα 500 ppm ή και παραπάνω (Athanassiou et al. 2003, 2004, 2005).

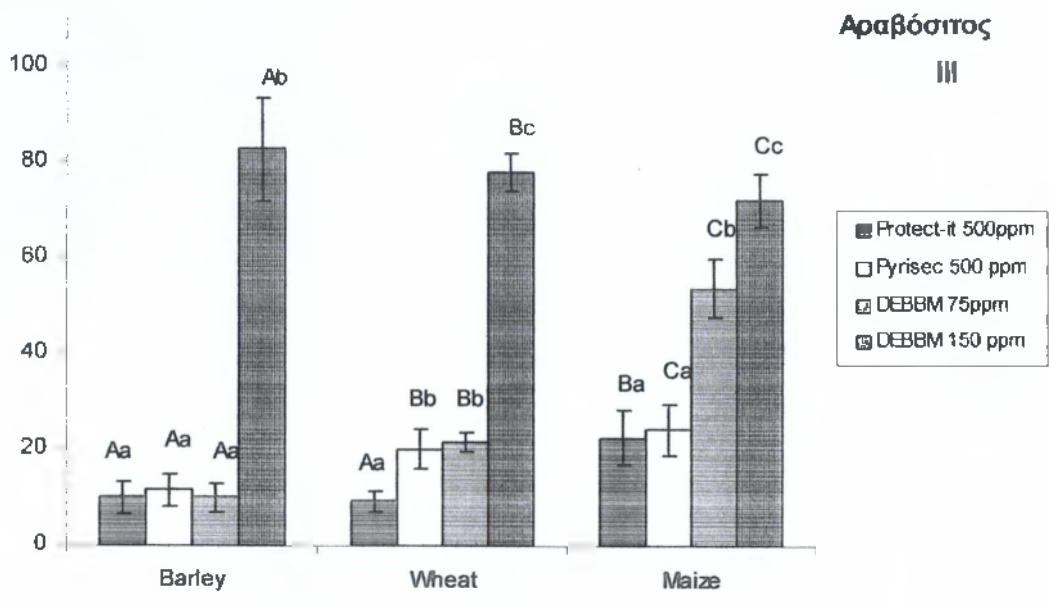
Συνοψίζοντας, θα πρέπει να αναφερθεί ότι, με βάση τα αποτελέσματα ακμαία του *S. oryzae* που προέρχονται από αραβόσιτο είναι πιο ανθεκτικά σε σύγκριση με άλλα ακμαία που προέρχονται από σιτάρι. Το γεγονός αυτό πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν όταν πρόκειται να εφαρμοσθεί ΓΔ. Επειδή τα σκευάσματα αυτά βρίσκονται στο στάδιο της αξιολογήσεως σε πολλές χώρες (πάνω από 30 σκευάσματα έχουν άδεια για χρήση σε αποθηκευμένα προϊόντα σε ΗΠΑ, Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο κ.ά.), η γνώση κάθε παράγοντα που επιδρά στην αποτελεσματικότητα είναι ιδιαίτερος χρήσιμη. Περαιτέρω πειραματισμός είναι αναγκαίος για την αξιολόγηση και άλλων παραγόντων (είδη εντόμων, ενδιαιτήματα κ.ά.).

Εικ.17

Μέση Θνησιμότητα (%) ακμαίων *S. oryzae*



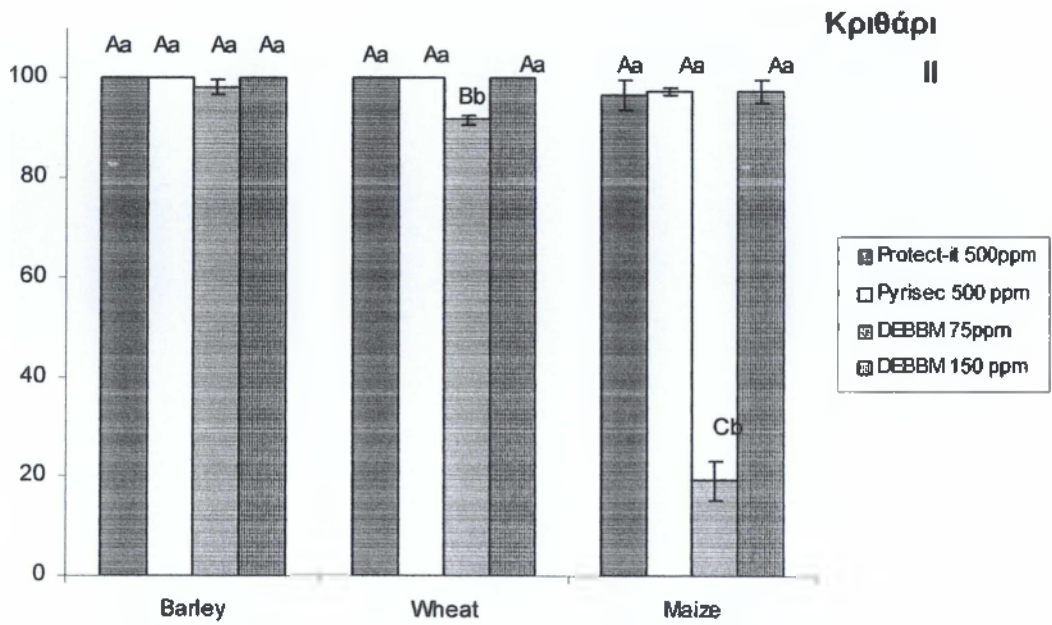
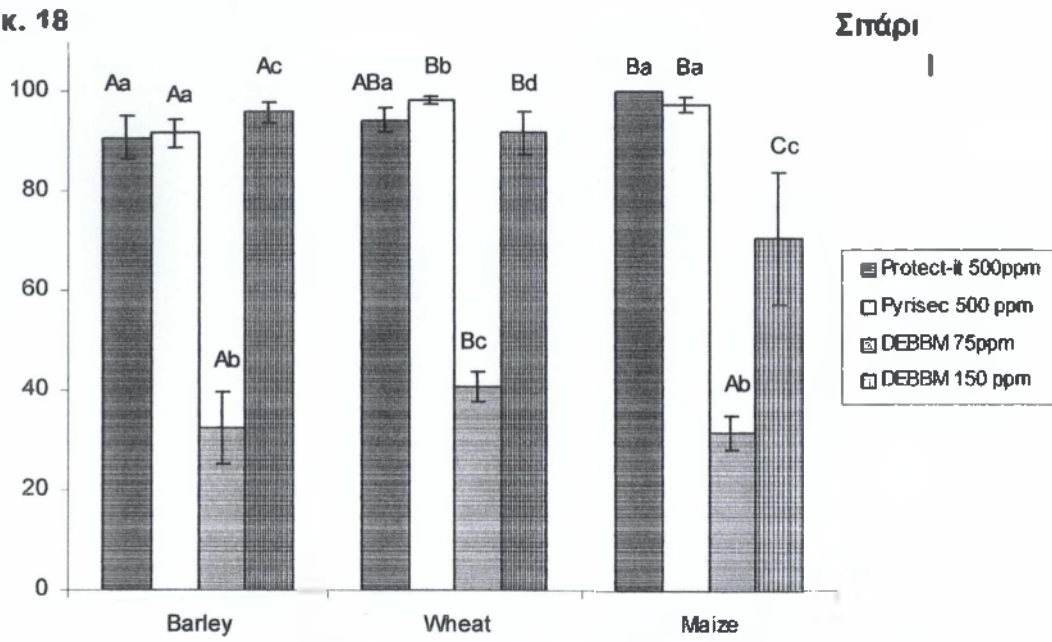
Μέση θνησιμότητα (%) ακμαίων *S. oryzae*



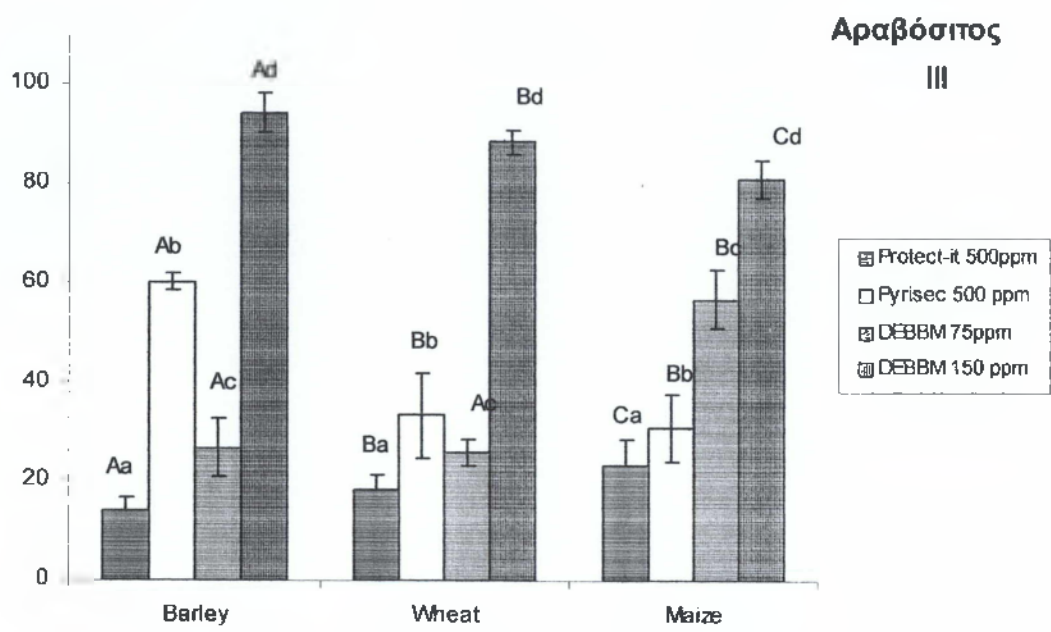
Αραβόσιπος
III

Μέσον εκτροφής

Εικ. 18



Μέση θνησιμότητα (%) ακμαίων *S. oryzae*



Μέσον εκτροφής

Εικ.17 Θνησιμότητα % (\pm SE) των ακμαίων *S. oryzae*, που είχαν εκτραφεί σε τρία διαφορετικά μέσα, έπειτα από 7 ημέρες εκθέσεως σε δημητριακά αναμεμειγμένα με ΓΔ (για ένα δεδομένο δημητριακό, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς, κεφαλαία γράμματα για την επίδραση του μέσου εκτροφής στη θνησιμότητα του *S. oryzae* λόγω εκθέσεως σε δημητριακό αναμεμειγμένο με συγκεκριμένη ΓΔ, μικρά γράμματα για την επίδραση του σκευάσματος στην θνησιμότητα του *S. oryzae* που προηγουμένως είχε εκτραφεί σε ένα δεδομένο μέσο εκτροφής, *df* επιδράσεως του μέσου εκτροφής: 2,11, *df* επιδράσεως των σκευασμάτων ΓΔ: 3,15, έλεγχος κατά Tukey and Kramer HSD σε $P < 0.001$).

Εικ.18 Θνησιμότητα % (\pm SE) των ακμαίων *S. oryzae*, που είχαν εκτραφεί σε τρία διαφορετικά μέσα, έπειτα από 14 ημέρες εκθέσεως σε δημητριακά αναμεμειγμένα με ΓΔ (για ένα δεδομένο δημητριακό, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς, κεφαλαία γράμματα για την επίδραση του μέσου εκτροφής στη θνησιμότητα του *S. oryzae* λόγω εκθέσεως σε δημητριακό αναμεμειγμένο με συγκεκριμένη ΓΔ, μικρά γράμματα για την επίδραση του σκευάσματος στην θνησιμότητα του *S. oryzae* που προηγουμένως είχε εκτραφεί σε ένα δεδομένο μέσο εκτροφής, *df* επιδράσεως του μέσου εκτροφής: 2,11, *df* επιδράσεως των σκευασμάτων ΓΔ: 3,15, έλεγχος κατά Tukey and Kramer HSD σε $P < 0.001$).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akbar, W., Lord, J.C., Nechols, J.R., Howard, R.W., 2004. Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *J. Econ. Entomol.* 97: 273-280.
- Al-Kirshi A.G., H. Boshow, W.E. Burkholder and C. Reichmuth, 1996. The biology of the parasitoid *Laelius pedatus* (Hymenoptera: Berthylidae), and its potential for the biological control of *Trogoderma granarium* and *Trogoderma angustum* (Coleoptera: Dermestidae). *Proceedings of th 20th International Congress of Entomology*, page 554, Florence, Italy
- Aitken, A. D. 1975. Insect Travelers, I: Coleoptera. Technical Bulletin 31. H. M. S. O. London.
- Anonymous., 1986. Silica and some silicates. *IARC Monograph Series* 42, WHO, Lyons, 289.
- Anonymous.,1991. EPA R.E.D. FACTS: Silicon dioxide and silica gels. *21T-1021*, 1-4, Semptember 1991.
- Anonymous, 1994. Official United states standards for grain. *USDA Federal Grain Inspection Service* p. 47.
- Arthur H.F., 1996. Grain Protectans: Current Status and Prospects for the Future *J. Stored Prod. Res.* 32: 294-299.
- Arthur F.H., 2000. Toxicity of diatomaceous earth to red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae): effects of temperature and relative humidity. *J. Econ. Entomol.* 93: 526-532.
- Arthur F.H. 2001. Immediate and delayed mortality of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) exposed on wheat treated with diatomaceous earth: effects of temperature, relative humidity and exposure interval. *J. Stored Prod. Res.* 37: 13-21.

- Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., 2005. Insecticidal effect and adherence of PyriSec in different grain commodities. *Crop Prot.* 27: 703-710.
- Athanassiou, C. G., N. G. Kavallieratos, F. C. Tsaganou, B. J. Vayias, C. B. Dimizas, and C. Th. Buchelos. 2003. Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec® against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Prot.* 22: 1141-1147.
- Athanassiou, C. G., N. G. Kavallieratos, and N. S. Andris. 2004. Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations against adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on oat, rye and triticale. *J. Econ. Entomol.* 97: 2160-2167.
- Athanassiou, C. G., B. J. Vayias, C. B. Dimizas, N. G. Kavallieratos, A. S. Papagregoriou and C. Th. Buchelos 2005. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval. *Journal of Stored Products Research* 41: 47-55.
- Batta, Y.A., 2004. Control of the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) with various formulations of *Metarhizium anisopliae*. *Crop Prot.* 23, 103-108.
- Batta, Y.A., 2005. Control of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (F.), (Coleoptera: Bostrychidae) by treatments with residual formulations of *Metarhizium anisopliae*(Metschinkoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes). *J. Stored Prod. Res.* 41: 221-229.
- Carlson S.D. and Ball H.J., 1962. Mode of action and insecticidal value of a diatomaceous earth as a grain protectant. *J. Econ. Entomol.* 55 No. 6 pages 964-969

- Cox, P.D., Wilking, D.R., 1996. The potential use of biological control of pests in stored grain. Research Review 36. Home-Grown Cereals Authority, London.
- Dal-Bello, G., Padin, S., Lopez-Lastra, C., Fabrizio, M., 2001. Laboratory evaluation of chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *J. Stored Prod. Res.* 37: 77-81.
- Dowdy A.K. and Fields P.G. 2000. Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in a flour mill. *Journal of Stored Prod. Res.* 38: 11-22.
- Ebeling W., 1971. Sorptive dust for pest control. *Ann.u Rev. Entomol.* 16: 123-158.
- Fields, P., and Z. Korunic. 2000. The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. *J. Stored Prod. Res.* 36: 1-13.
- Fields, P., S. Allen, Z. Korunic and A. McLaughlin and T. Stathers 2003. Standardised testing for diatomaceous earth. In *Proceedings of the 8th International Conference on Stored-Product Protection* (P. F. Credland, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan and E. Highley eds.). CAB International, Wallingford, Oxon, pp. 779-784.
- Kavallieratos, N. G., C. G. Athanassiou, F. G. Pashalidou, N. S. Andris and Ž. Tomanović 2005. Influence of grain type on the insecticidal efficacy of two diatomaceous earth formulations against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest Manag. Science* 61: 660-666.
- Kavallieratos, N. G., C. G. Athanassiou, M. P. Michalaki, Y. A. Batta, H. A. Rigatos, F. G. Pashalidou, G. N. Balotis, Ž. Tomanović and B. J. Vayias 2006. Effect of the combined use of *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) and diatomaceous earth for the control of three stored-product beetle species. *Crop Protection* (in press).

- Korunic Z., 1997. Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *J. Stored Prod. Res.* 33: 219-229.
- Le Patourel G.N.J., 1986 The Effect of grain Moisture content on the toxicity of a sorptive silica dust to four species of grain beetle. *J. Stored Prod. Res.* 22: 63-69.
- Lord, J.C., 2001. Desiccant dusts synergize the effect of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) on stored-grain beetles. *J. Econ Entomol.* 94, 367-372.
- Loschiavo S.R., 1988 . Safe method of using silica aerogel to control stored-product beetles in dwellings. *J. Econ. Entomol.* 81: 1231-1240.
- Mewis I., Ulrichs Ch., 2001. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the storwed product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpuctella*. *J. Stored Prod. Res.* 37: 153-164.
- Mian L.S. and M. S. Mulla, 1982. Residual activity on insect growth regulators against stored – product beetles in grain commodities. *J. Econ. Entomol.* 69: 479-480.
- Michalaki, M., C. G. Athanassiou, N. G. Kavallieratos, Y. A. Batta and J. N. Balotis 2006. Effectiveness of *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin applied alone or in combination with diatomaceous earth against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val: influence of temperature relative humidity and type of commodity. *Crop Protection* 25: 418-425.
- Moore, D., Lord, J.C., Smith, S.M., 2000. Pathogens. In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds.), *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 193-227
- Nelson S.O., L.F. Charity, 1972. Frequency dependence of energy absorption by insect and grain in electric fields. *Transaction of the A.S.A.E.* 15: 1099-1102.

- Oberlander H., D. L. Silhaek, E. Shayya and I. Isayya, 1997. Current status and future perspectives of the use of insect growth regulators for the control of stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* 33: 1-6.
- Padin, S.B., Dal-Bello, G., Fabrizio, M., 2002. Grain loss caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in stored durum wheat and beans treated with *Beauveria bassiana*. *J. Stored Prod. Res.* 38: 69-74.
- Papadopoulou, Moulkidou E. and T. Tomazou 1991. Persistence and activity of permethrin in stored wheat and its residues in wheat milling fraction. *J. Stored Prod. Res.* 27: 249-254.
- Pixton S. W. 1967. Moisture content-its significance and measurement in stored products. *J. Stored Prod. Res.* 3: 35-47.
- Pixton S. W. and Warburton S. 1971. Moisture content/relative humidity equilibrium of some cereal grains at different temperatures. *J. Stored Prod. Res.* 6: 283-293.
- Quarles W., 1992. Diatomaceous earth for pest control. *IPM Practitioner* 14: 1-11.
- Quarles W. and Winn P., 1996. Diatomaceous earth and stored-product pests. *IPM Practitioner* 18: 1-10.
- Perez – Mendoza, J., Baker, J.E., Arthur, F.H., Flinn, P.W., 1999. Effects of Protect – it on efficacy of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing rice weevils (Coleoptera: Curculionidae) in wheat. *Environ. Entomol.* 28, 529 – 534.
- Rice, W.C., Cogburn, R.R., 1999. Activity of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota: Hyphomycetes) against three coleopteran pests of stored grains. *J. Econ. Entomol.* 92: 691-694.
- Round F.E., Crawford R.M. and Mann D.G., 1992. The Diatoms. Biology & Morphology of the genera. *Cambridge University Press*, New York, USA.

- Shaaya E., M.Kostjukovski, J.Eilberg and C. Sukprakarn, 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *J. Stored Prod. Res.* 33: 7-15.
- Smet H.J., M. Rans and A. De Loof, 1989. Activity of new juvenil hormone analogues on a stored food insect, *Tribolium confusum*. *J. Stored Prod. Res.* 25: 165-169.
- Staal G.B., 1975. Insect growth regulators with juvenile hormone activity. *Annu. Rev. Entomol.* 20: 417-460.
- Stathers, T., 2002. Entomopathogenic fungi in grain storage- any lessons for Europe from elsewhere? In: Zdarkova E., Lukas J., Hubert J. (Eds.), Proceedings of the 2nd meeting of WG 4 of COST Action 842, Prague, pp. 100-109.
- Subramanyam, Bh., and R. Roesli. 2000. Inert dusts. pp. 321-380. In Bh. Subramanyam, and D. W. Hagstrum [eds.], Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Vassilakos, T. N., C.G. Athanassiou, N. G. Kavallieratos and B. J. Vayias 2006. Influence of temperature on the insecticidal effect of *Beauveria bassiana* in combination with diatomaceous earth against *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae* on stored wheat. *Biological Control* (in press).
- Vayias, B.J. and C. G. Athanassiou 2004. Factors affecting efficacy of the diatomaceous earth formulation SilicoSec® against adults and larvae of the confused beetle *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). *Crop Prot.* 23: 565-573.
- Wakefield, M., Cox, P.D., Wildey, K.B., Price, N.R., Moore, D., Bell, B.A., 2002. The use of entomopathogenic fungi for stored product insect and mite control – further progress in the “Mycopest project”. In: Zdarkova, E., Lukas, J., Hubert, J. (Eds.), Proceedings of the 2nd meeting of WG 4 of COST Action 842, Prague, pp. 110-115

- Subramanyam B., 1993. Chemical composition of Insecto. *Report of Department of Entomology. University of Minesota, St. Paul: M.N. Sept. 1993: 4*
- Δημόπουλος Β., 1998. Φυτοπροστατευτικά Προϊόντα, σελ.7, 9, 53, 57-58.
- Λυκουρέσης Δ.Π., 1995. Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση Εντόμων-Εχθρών Καλλιεργειών. (Πανεπιστημιακές παραδόσεις), σελ. 69, 77.
- Μπουχέλος Κ., 1996. Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων (Πανεπιστημιακές παραδόσεις).
- Ορφανίδης Π.Σ., 1965. Γεωργική Φαρμακολογία , σελ. 67-68.
- Πελεκάσης , ΚΕΔ. 1986. Μαθήματα Γεωργικής Εντομολογίας. Τόμος Β': Ειδική Εντομολογία, σελ.465.
- Σταμόπουλος Δ.Κ., 1995. Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών & λαχανικών, σελ. 8-13.
- Τόλης Ι. Δ., 1986. Βαμβάκι, Εχθροί Ασθένειες Ζιζάνια, σελ. 383-386.
- Τομάζου Τ., 1989. Υπολειμματική δράση εντομοκτόνων εναντίον του *Sitophilus oryzae* σε αποθηκευμένα σιτηρά. Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου, σελ. 185-199.