

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.)
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΚΕΛΗ ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ

ΘΕΜΑ:

Μελέτη της εντομοκτόνου δράσεως τριών σκευασμάτων γης
διατόμων κατά των ακμαίων εντόμων : *Rhyzopertha dominica*
(F.) (Coleoptera: Bostrychidae), *Sitophilus oryzae* (L.)
(Coleoptera: Curculionidae) και *Tribolium confusum*
Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae), εχθρών των
αποθηκευμένων προϊόντων

Επιβλέπων καθηγητής
Ευάγγελος Βλαχόπουλος

Καλαμάτα 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Καλαμάτα 2006.....	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΓΕΝΙΚΩΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΕΧΘΡΟΥΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ... ..	7
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ.....	10
ΕΝΤΟΜΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟ ΠΡΟΪΟΝ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ.....	12
ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ-ΕΧΘΡΟΙ ΑΠΟΘΗΚΩΝ.....	12
Α) ΤΑΞΗ ΛΕΠΙΔΟΠΤΕΡΑ.....	12
Οικογένεια Pyralidae.....	12
Οικογένεια Tineidae.....	13
Οικογένεια Gelechidae.....	13
Β) ΤΑΞΗ ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΑ.....	13
Οικογένεια Curculionidae.....	13
Οικογένεια Tenebrionidae.....	14
Οικογένεια Ostomidae (=Trogositidae).....	14
Οικογένεια Cucujidae.....	15
Οικογένεια Bostrychidae.....	15
Οικογένεια Anobiidae.....	15
Οικογένεια Nitidulidae.....	15
Οικογένεια Bruchidae.....	16
Οικογένεια Dermestidae.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ.....	17
ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΤΗΝ	
ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΣΒΟΛΩΝ ΣΤΙΣ	
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ Ή ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΕΩΣ ΤΩΝ	
ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	17
Αποφυγή της εισόδου των εντόμων στις εγκαταστάσεις.....	17
Σχολαστική καθαριότητα των χώρων.....	17
Ύπαρξη λεπτομερούς προγράμματος ελέγχου για την έγκαιρη επισήμανση τυχόν	
προσβολής.....	18
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ	
ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	18
Η συμπεριφορά και η δραστηριότητα των εντόμων.....	18
Η καταλληλότητα και τα μέτρα προστασίας των αποθηκευτικών χώρων.....	18
Το μικροκλίμα των αποθηκευτικών χώρων.....	19
Η χωροταξική μελέτη της αποθήκης.....	19
Η υγειονομική κατάσταση του προϊόντος πριν την αποθήκευση.....	19
Η ικανότητα πτήσεως των εντόμων.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ.....	21
ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ	
ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	21
ΓΕΝΙΚΩΣ.....	21

ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	22
Απεντομώσεις των χώρων με τη χρήση χημικών εντομοκτόνων.....	22
Καπνογόνα	23
Σημείο ζέσεως	24
Πτητικότητα-Τάση ατμών.....	25
Ειδικό βάρος.....	25
Αναφλεξιμότητα-Εκρηκτικότητα	25
Προσροφητικότητα ατμών.....	25
Διαλυτότητα	26
Οσμηρότητα	26
Εντομοτοξική ενέργεια	26
Ενεργοποίηση καπνογόνων με CO ₂ ή με κενό	27
ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	29
Χρήση παγίδων και φερομονών	29
Ρυθμιστές αναπτύξεως.....	33
Αιθέρια έλαια	35
ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	35
ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	39
ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	40
Α) Μεταβολή της θερμοκρασίας.....	40
Β) Χρήση ηλεκτροστατικού πεδίου.....	41
Γ) Εφαρμογή ιονιζουσών ακτινοβολιών.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ.....	43
Η ΓΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ	
ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	43
Προέλευση-Φύση της γης διατόμων	43
Φυσικές – Χημικές ιδιότητες	47
Εντομοκτόνες ιδιότητες.....	51
Αποτελεσματικότητα επί των εντόμων.....	52
Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της χρήσης σκόνης γης διατόμων ως	
προστατευτικό αποθηκευμένων προϊόντων.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ	60
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ ΠΟΥ ΣΥΜΜΕΤΕΙΧΑΝ ΣΤΙΣ ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ.....	60
<i>Rhyzopertha dominica</i> (F.)	60
1. ΓΕΝΙΚΩΣ.....	60
2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	61
3. ΖΗΜΙΕΣ-ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ	62
4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	63
<i>Sitophilus oryzae</i> (L.).....	66
1. ΓΕΝΙΚΩΣ	66
2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	66
3. ΖΗΜΙΕΣ-ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ	70
4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	71
<i>Tribolium confusum</i> Jacquelin du Val	78
Επιστημονική ονομασία : <i>Tribolium confusum</i>	78
1. ΓΕΝΙΚΩΣ.....	78
2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	78
3. ΖΗΜΙΕΣ-ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ	82
4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ	83

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ.....	84
Υλικά και μέθοδοι.....	86
Σκευάσματα	86
Στα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν 3 σκευάσματα Γ.Δ.: α) DEA-P, β) DEBBM-P, γ) DESGB-P.....	86
Προϊόντα.....	86
Έντομα.....	87
Βιοδοκιμές	87
Καταμέτρηση απογόνων.....	87
Στατιστική ανάλυση	88
Αποτελέσματα.....	88
Θνησιμότητα προκαλούμενη από την DEA	88
Θνησιμότητα προκαλούμενη από την DEB	89
Θνησιμότητα προκαλούμενη από τη DESG.....	89
Παραγωγή απογόνων σε προϊόντα με DEA	90
Παραγωγή απογόνων σε προϊόντα με DEB.....	90
Παραγωγή απογόνων σε προϊόντα με DESG	90
Συζήτηση	91
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	101
Ορφανίδης Π.Σ., 1968. Γεωργική Φαρμακολογία τόμος Α'. Σελίδες 67-68	106

EΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1: Φιάλες CH ₃ Br	24
Εικόνα 2: Φωσφίνη.....	28
Εικόνα 3: Παγίδα τύπου δέλτα (B.C.S.)	31
Εικόνα 4: Παγίδα χοάνης (B.C.S)	32
Εικόνα 5: Παγίδα κυματοειδούς χάρτου.....	33
Εικόνα 6: Παγίδα κυματοειδούς χάρτου.....	34
Εικόνα 7: Φωτεινή παγίδα.....	34
Εικόνα 8: <i>Habrobracon</i> (=Bracon) <i>hebetor</i>	38
Εικόνα 9: Διάτομο όπως φαίνεται από κοινό μικροσκόπιο	44
Εικόνα 10: Διάτομο όπως φαίνεται από το Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο	46
Εικόνα 11: Διάτομο του γένους <i>Navicula</i> sp. όπως φαίνεται από το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο	46
Εικόνα 12: Σωματία σκόνης γης διατόμων σε <i>Cryptolestes</i> sp. (Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο).....	52
Εικόνα 13: Προνύμφες της οικογένειας Dermestidae	55
Εικόνα 14: Ατελή στάδια και ακμαίο του <i>Rhyzopertha dominica</i>	56
Εικόνα 15: Προσβολή από <i>Oryzaephilus</i> sp. σε σπόρους σταριού	57
Εικόνα 16: Ένας τρόπος εφαρμογής σκόνης γης διατόμων, σε αποθηκευμένο σιτάρι στον Καναδά	59

Εικόνα 17:	Αακμαίο και προνόμφη του <i>R. dominica</i>	61
Εικόνα 18:	Σιτάρι προσβεβλημένο από ακμαία άτομα <i>R. dominica</i>	63
Εικόνα 19:	<i>Sitophilus oryzae</i> . ωό, προνόμφη, χρυσαλλίδα, ακμαίο.....	67
Εικόνα 20:	Ακμαίο του <i>S. oryzae</i> μέσα στον σπόρο του αραβόσιτου.....	68
Εικόνα 21:	Προσβολή αραβόσιτου από <i>S. oryzae</i>	68
Εικόνα 22:	Φερομόνη συναθροίσεως <i>S. oryzae</i> , <i>S. granarius</i>	74
Εικόνα 23:	Ακμαίο <i>Anisopteromalus calandrae</i>	76
Εικόνα 24:	Κεφαλή ακμαίου <i>Tribolium confusum</i>	79
Εικόνα 25:	1 ^ο ζεύγος ποδών (αριστερή φωτογραφία), 2 ^ο (μεσαία φωτογρ.) και 3 ^ο (δεξιά) <i>Tribolium confusum</i>	79
Εικόνα 26:	Ακμαία και προνόμφες <i>T. confusum</i> στο αλεύρι.....	80
Εικόνα 27:	Προνόμφη ενός <i>T. confusum</i>	80
Εικόνα 28:	Εφαρμογή γης διατόμων σε <i>T. Confusum</i>	82

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό να παρουσιάσει την αποτελεσματικότητα της χρήσεως της γης διατόμων εναντίων εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων.

Στο πρώτο μέρος, παρατίθενται γενικές πληροφορίες για τα έντομα εχθρούς των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων τις μεθόδους αντιμετώπισής τους και για τη γη διατόμων. Στη συνέχεια μελετώνται τα τρία έντομα έλαβε χώρα ο πειραματισμός. Δίνονται πληροφορίες σχετικά με τη μορφολογία, τη βιολογία, τις ζημιές που προκαλούν και με τις μεθόδους αντιμετώπισής τους.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται το πείραμα στο οποίο μελετήθηκε η επίδραση τριών σκευασμάτων γης διατόμων (Γ.Δ.) κατά των ακμαίων *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) και *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) σε αραβόσιτο και σιτάρι.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας Δρα Ευάγγελο Βλαχόπουλο για την ανάθεση της παρούσας εργασίας και τη βοήθειά του και τον Δρα Νικόλαο Γ. Καβαλλιεράτο, Εντεταλμένο Ερευνητή Γ' του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για τη σημαντική βοήθεια που μου πρόσφερε σε όλα τα στάδια της μελέτης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΓΕΝΙΚΩΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΕΧΘΡΟΥΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Από την εποχή που ο άνθρωπος άρχισε να καλλιεργεί φυτά, να παράγει προϊόντα για την διατροφή του και να τα αποθηκεύει από τη μία συγκομιδή μέχρι την επόμενη, τα έντομα υπήρξαν παράσιτα των προϊόντων αυτών. Τα πιο πρόσφατα είναι εκείνα των *Tribolium* sp., *Stegobium paniceum* (L.) (Coleoptera: Anobiidae), *Ptinus* sp. (Linnaeus) (Coleoptera:Ptinidae), *Lasiderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae).

Όλα τα παραπάνω είδη είναι σήμερα ευρύτερα διαδεδομένα σε αποθηκευτικούς και άλλους συναφείς χώρους γεωργικών προϊόντων και τροφίμων.

Οι προσβολές από έντομα έγιναν περισσότερο σοβαρές από τότε που ο άνθρωπος άρχισε να παράγει περισσότερη τροφή από εκείνη που χρειαζόταν η οικογένεια ή η φυλή του και έμαθε να αποθηκεύει τρόφιμα για ανταλλαγή με άλλα αγαθά ή για δύσκολες περιόδους (πόλεμοι, σιτοδεία). Όταν άρχισε το μεγάλο εξαγωγικό εμπόριο των σιτηρών, τότε οι προσβολές από τα έντομα στις αποθήκες και τα μεταφορικά μέσα (κυρίως πλοία) έγιναν περισσότερο αισθητές. Πριν από μερικές δεκαετίες, ακόμη και σε προηγμένα κράτη όπως η Αγγλία, οι προσβολές από τα έντομα θεωρούνταν αναπόφευκτές και κατά κάποιο τρόπο φυσική συνέπεια, καθώς υπήρχε η αντίληψη ότι τα προϊόντα «γεννούσαν» την προσβολή και το φαινόμενο καλυπτόταν νομικώς ως «εγγενής ανωμαλία» (inherent vice) των προϊόντων.

Σύμφωνα με υπολογισμούς του F.A.O. (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), οι απώλειες σε έτοιμο προϊόν κατά την αποθήκευση ανέρχονται στο 17% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής (10% από έντομα και 7% από ακάρεα, τρωκτικά και ασθένειες) οι δε ποσότητες που αναλίσκονται από τα έντομα στις αποθήκες και τις καλλιέργειες, μόνο των σιτηρών, θα μπορούσαν να αποτρέψουν τους λιμούς που σχεδόν μόνιμα απειλούν τις περισσότερες χώρες της Αφρικής και της Ασίας. Πράγματι, τα ακμαία και οι προνύμφες των Κολεοπτέρων και οι προνύμφες των Λεπιδοπτέρων καταβροχθίζουν σε μια βδομάδα προϊόν ανώτερο ή πολλαπλάσιο του βάρους τους. Μόνον η προνύμφη του

Erbestia sp. κατατρώνει το φύτρο 50 περίπου σπόρων μέχρι τη νύμφωσή της.
(Μπουχέλος 1996)

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

(Θεωρητικό)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΈΝΤΟΜΑ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟ ΠΡΟΪΟΝ

Έντομο αποθηκών θεωρείται κάθε είδος εντόμου που προσβάλλει και ζημιώνει αμέσως ένα προϊόν και μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε μία αποθήκη ή χώρο που φιλοξενεί για αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα ή τρόφιμα. Βεβαίως, στους αποθηκευτικούς χώρους συναντάμε και άλλα έντομα τα οποία δεν τρέφονται με τα αποθηκευμένα προϊόντα αλλά με μύκητες ή και με άλλα έντομα ή αρθρόποδα (αρπακτικά ή παράσιτα). Τέτοια έντομα μπορούν να θεωρηθούν χρήσιμοι δείκτες για προϊόντα που είναι προσβεβλημένα ή βρίσκονται σε κακή κατάσταση αλλά η παρουσία τους και μόνο είναι ικανή να υποβαθμίσει την ποιότητα των αποθηκευμένων προϊόντων. Κάθε έντομο μπορεί να γίνει επικίνδυνο εφ' όσον το ευνοήσουν οι συνθήκες. Στις Η.Π.Α. το σιτάρι θεωρείται προσβεβλημένο όταν πληθυσμός δυο ή περισσότερων εντόμων εχθρών, βρεθεί σε ένα χιλιόγραμμο βάρους, αντιπροσωπευτικού δείγματος αποθηκευμένου προϊόντος (*Anonymous 1994*).

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

Τα περισσότερα έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα και τρόφιμα έχουν ευρεία γεωγραφική εξάπλωση. Η εξάπλωση αυτή παρατηρείται τόσο σε έντομα που έχουν ικανότητα πτήσεως όσο και σε έντομα τα οποία δεν εμφανίζουν την

ικανότητα αυτή. Από μόνα τους μπορούν να βρεθούν χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Η «μείωση» των αποστάσεων που έχει πραγματοποιηθεί με τα μέσα μαζικής μεταφοράς, καθώς και το διεθνές εμπόριο με την ολοένα αυξανόμενη διακίνηση των προϊόντων, επιτρέπουν στα έντομα να μεταφέρονται και να αναπτύσσονται σε περιοχές οι οποίες απέχουν μεγάλες γεωγραφικές αποστάσεις. Τα έντομα ταξιδεύουν μέσα σε αμπάρια πλοίων, βαγόνια τρενών, φορητά, αεροπλάνα, τις περισσότερες φορές μαζί με την τροφή τους, έχοντας προσβάλλει τα προϊόντα πριν από τη φόρτωσή τους. Τα έντομα ευνοούνται από το μικροκλίμα που επικρατεί σε αυτούς τους χώρους επειδή οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας δεν αλλάζουν γρήγορα.

Το μέγεθος αλλά και το σχήμα του σώματος των εντόμων αποθηκών είναι τέτοια ώστε να τα ευνοούν στην είσοδο αλλά και την εγκατάστασή τους στους αποθηκευτικούς χώρους. Το μήκος του σώματος των ακμαίων ποικίλει από 1 μέχρι 12 χιλιοστά περίπου ενώ η πλειονότητά τους δεν ξεπερνά τα 5 χιλιοστά. Έτσι, μια στενή ρωγμή ή σχισμή στην εσωτερική κατασκευή του αποθηκευτικού χώρου γίνεται πολλές φορές καταρύγιο πληθυσμών εντόμων, ικανών να ξεκινήσουν σοβαρές προσβολές στα φιλοξενούμενα προϊόντα. Το μικρό μέγεθος τους, παρέχει σε αυτά τη δυνατότητα να αποφεύγουν εύκολα τους φυσικούς εχθρούς τους και πολλές φορές και την επίδραση των εντομοκτόνων. Για παράδειγμα, τα μικροκαμωμένα και πεπλατυσμένα *Oryzaephilus* ssp. χάρη στα «προσόντα» τους αυτά, έχουν σήμερα μεγάλη εξάπλωση και προσβάλλουν μεγάλο αριθμό προϊόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ-ΕΧΘΡΟΙ ΑΠΟΘΗΚΩΝ

Α) ΤΑΞΗ ΛΕΠΙΔΟΠΤΕΡΑ

Οικογένεια Pyralidae

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

Προσβάλλει άλευρα και σπόρους σιτηρών, όσπρια, ξηρούς καρπούς, πίτουρα, γύρη στις κυψέλες των μελισσών.

2. *Ephestia cautella* (Walker) «Σκουλήκι των σύκων, της σταφίδας»

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

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

Προσβάλλει εκτός από τα καπνόφυλλα και το κακάο, τη σοκολάτα, το αλεύρι, τα ζυμαρικά, τους σπόρους σιτηρών, τους ξηρούς καρπούς, τα αφυδατωμένα λαχανικά, τους πλακούντες.

4. *Plodia interpunctella* (L.) «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.

5. *Pyralis farinalis* (L.) «Σκουλήκι των αλεύρων».

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

6. *Corcyra cephalonica* (L.) «Σκουλήκι του ρυζιού».

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

Οικογένεια Tineidae

7. *Tinea granella* (L.) «Τίνεα των σπόρων».

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

Οικογένεια Gelechiidae

8. *Sitotroga cerealella* (Olivier) «Σιτοτρώγω».

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

B) ΤΑΞΗ ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΑ

Οικογένεια Curculionidae

1. *Sitophilus granaries* (L.) «Σκαθάρι του σιταριού».

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

2. *Sitophilus oryzae* (L.) «Σκαθάρι του ρυζιού».

Προσβάλλει το ρύζι και τους σπόρους δημητριακών. Μπορεί επίσης να προσβάλλει, αλλά σε μικρότερο βαθμό, αλευρώδη προϊόντα, βαμβακόσπορο, όσπρια, ξηρούς καρπούς, ζωοτροφές.

Οικογένεια Tenebrionidae

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

Είναι σοβαρός εχθρός σε όλα τα είδη σπόρων, (σιτηρά, όσπρια), άλευρα, πίτουρα, ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες (ζωοτροφές), μπαχαρικά και μεγάλη ποικιλία ξηρών φυτικών υλών (ρίζες, φρούτα, καρπούς).

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

Οι προσβολές του είναι όμοιες με αυτές του *T. Confusum* με τη μόνη διαφορά ότι προσβάλλει και το βαμβακόσπορο.

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

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

Οικογένεια Ostomidae (= Trogositidae)

6. *Tenebroides mauritanicus* (L.). «Σκαθάρι των σπόρων».

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

Οικογένεια Cucujidae

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

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

8. *Cryptolestes ferrugineus* (Steph.). «Σιταρόψειρα».

Προσβάλλει σπόρους σιτηρών. Σε αποθήκες υπερέρχει σε πληθυσμό ενώ σε αλευρόμυλους υπερέρχει το συγγενές *L. turcicus*.

Οικογένεια Bostrychidae

9. *Rhyzopertha dominica* (F.). «Σκαθάρι του ρυζιού».

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

Οικογένεια Anobiidae

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

Είναι ο κύριος εχθρός του αποθηκευμένου καπνού (μαζί με το *E. elutella*). Έχει τεράστια ποικιλία τροφικών προτιμήσεων όπως τσιγάρα, πούρα, κακάο, σοκολάτα, μπαχαρικά, ζυμαρικά, αρωματικά φυτά, έντομα και φυτά σε συλλογές, ξηρές οπώρες, ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες, χαρούπια, όσπρια, αυτοφυή φυτά στην ύπαιθρο.

Οικογένεια Nitidulidae

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

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

Οικογένεια **Bruchidae**

12. (i) *Acanthoscelides obtectus* (Say) «Βρούχος των φασολιών»

Προσβάλλει κυρίως φασόλια όλων των ποικιλιών αλλά και σόγια.

Ανάλογες προσβολές σε όσπρια προκαλούν τα συγγενή είδη:

(ii) *Bruchus pisorum* (L.) κοινώς Βρούχος των μπιζελιών

(iii) *B. rufimanus* (L.) κοινώς Βρούχος των κουκιών

(iv) *B. Lentis*(L.) κοινώς Βρούχος της φακής.

Οικογένεια **Dermestidae**

13. (i) *Anthrenus museorum* (L.) και

(ii) *A. Verbasci* (L.). «Σκαθάρια των μουσείων».

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

14. *Trogoderma granarium* (Everts). «Τρωγόδεσμα των σπόρων».

Αντιθέτως 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΣΒΟΛΩΝ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ Ή ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΕΩΣ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.

Αποφυγή της εισόδου των εντόμων στις εγκαταστάσεις.

Είναι το βασικότερο μέτρο και πρέπει να τηρείται οπωσδήποτε ώστε να αποφεύγονται οι προσβολές. Η υγιεινή είναι πολύ σημαντική στον έλεγχο των εντόμων τα οποία προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα.

Σχολαστική καθαριότητα των χώρων.

Το απλούστερο και αποτελεσματικό μέτρο ελέγχου είναι να βρεθεί η πηγή προσβολής. Η προσεκτική υγιεινή είναι η καλύτερη μέθοδος για την αποφυγή οποιονδήποτε εντόμων αποθηκών. Μετά πρέπει να αφαιρεθούν όλα τα τρόφιμα, οι συσκευασίες τροφίμων, τα εργαλεία, τα πιάτα από το ντουλάπι και τα ράφια και να χρησιμοποιηθεί μια ισχυρή ηλεκτρική σκούπα. Έτσι θα καθαριστούν ακόμα και οι ρωγμές στις συσκευές και τα έπιπλα. Κατάλληλη είναι και η χρήση σαπουνιού και ζεστού νερού. Πρέπει να πραγματοποιείται σχολαστικός και λεπτομερής έλεγχος σε τακτικά χρονικά διαστήματα ακόμη και στα υλικά συσκευασίας. Ο συχνός καθαρισμός των χώρων όπου παράγονται, επεξεργάζονται ή αποθηκεύονται τα προϊόντα και η απομάκρυνση αχρήστων υπολειμμάτων επεξεργασίας, συμβάλλει σημαντικά ώστε να αποτρέπεται η εγκατάσταση και ο πολλαπλασιασμός των ανεπιθυμητών αρθροπόδων. Στους χώρους των εγκαταστάσεων, όπου ο συχνός καθαρισμός δεν είναι εφικτός, θα πρέπει να εφαρμόζονται τοπικά εντομοτοξικές ουσίες με την βοήθεια ειδικών φορητών συσκευών (spot fumigation).

Υπαρξη λεπτομερούς προγράμματος ελέγχου για την έγκαιρη επισήμανση τυχόν προσβολής.

Σε μία σωστά σχεδιασμένη σύγχρονη μονάδα, θα πρέπει παράλληλα με τα μέτρα που λαμβάνονται να υπάρχει κατάλογος «ευαίσθητων» περιοχών ή σημείων της εγκαταστάσεως που πιθανολογείται ότι μπορούν να αποτελέσουν εστίες ή καταφύγια εντόμων και να γίνεται χρήση διαφόρων τύπων παγίδων καταλλήλων για κάθε περίπτωση, για έγκαιρη διαπίστωση τυχόν υπάρξεως εντόμων.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.

Η συμπεριφορά και η δραστηριότητα των εντόμων.

Το μέγεθος της προσβολής ενός αποθηκευμένου προϊόντος επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την δραστηριότητα και συμπεριφορά των εντόμων που τρέφονται και αναπαράγονται στην αποθήκη. Υπάρχουν έντομα που προσβάλλουν αποκλειστικώς τους κακής ποιότητας σπόρους πιθανότατα ήδη προσβεβλημένους από άλλα έντομα ή μικροοργανισμούς και μόνο τότε τα έντομα αυτά είναι επιζήμια. Άλλα έντομα προσβάλλουν περισσότερους από έναν καρπούς κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου τους, ενώ υπάρχουν και εκείνα που συμπληρώνουν την ανάπτυξη τους μόνο σε έναν καρπό. Στην πρώτη περίπτωση οι ζημιές που αναμένονται λογικά είναι μεγαλύτερες αν και κάθε φορά θα πρέπει να συνυπολογίζουμε την γονιμότητα του εντόμου, τον αριθμό των γενεών που μπορεί να έχει, την ύπαρξη ή μη της διαπαύσεως.

Η καταλληλότητα και τα μέτρα προστασίας των αποθηκευτικών χώρων.

Οι αποθηκευτικοί χώροι θα πρέπει να είναι σωστά σχεδιασμένοι ώστε να μην επιτρέπουν την εύκολη είσοδο και την εγκατάσταση εντομολογικών ή άλλων εχθρών. Στα παράθυρα πρέπει να τοποθετείται ψιλή σήτα ώστε να παρεμποδίζεται η είσοδος στα έντομα στο εσωτερικό της αποθήκης, οι θύρες να κλείνουν λίαν καλώς χωρίς να αφήνουν ανοίγματα και να μην υπάρχουν ρωγμές στους τοίχους και τις οροφές. Τα δάπεδα θα πρέπει να καθαρίζονται ευκόλως και συχνώς και να μην υπάρχουν μέρη που θα προσφέρουν καταφύγιο

στα έντομα. Τέλος, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να επιτρέπεται η εύκολη προσπέλαση, για καθαρισμό και εφαρμογή εντομοκτόνων ουσιών στις εγκαταστάσεις κλιματισμού, της κεντρικής θερμάνσεως και της αποχετεύσεως.

Το μικροκλίμα των αποθηκευτικών χώρων.

Η θερμοκρασία που επικρατεί στον αποθηκευτικό χώρο αλλά και η υγρασία τόσο του περιβάλλοντος χώρου όσο και του αποθηκευμένου προϊόντος αποτελούν το μικροκλίμα και επιδρούν καθοριστικώς στο μέγεθος των εντομολογικών προσβολών και αυτό γιατί επηρεάζουν:

1. τη διάπαυση των εντόμων
2. τη γονιμότητά τους
3. τη δραστηριότητά τους και
4. τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου τους, προκαλώντας αύξηση ή μείωση του αριθμού των γενεών τους.

Η χωροταξική μελέτη της αποθήκης.

Θα πρέπει να μελετάται ιδιαίτερος η εκλογή του χώρου που πρόκειται να φιλοξενήσει τα προς αποθήκευση προϊόντα. Χώροι οι οποίοι γειτονεύουν με πιθανές άλλες εστίες μόλυνσεως (άλλα εργοστάσια επεξεργασίας φυτικών προϊόντων, αποθήκες, χωματερές), εμφανίζουν τις περισσότερες πιθανότητες να μολυνθούν από διάφορα αρθρόποδα και μικροοργανισμούς.

Η υγειονομική κατάσταση του προϊόντος πριν την αποθήκευση.

Σε περίπτωση που τα προϊόντα είναι ήδη προσβεβλημένα από τον αγρό ή προσβλήθηκαν κατά την μεταφορά τους προς την αποθήκη τότε το μέγεθος της προσβολής

μέσα στην αποθήκη θα αυξηθεί και τα προϊόντα αυτά θα αποτελέσουν εστίες «μολύνσεως» για τα άλλα προϊόντα που θα εισαχθούν αργότερα.

Η ικανότητα πτήσεως των εντόμων.

Η ικανότητα ενός εντόμου να πετάει σε μακρινές αποστάσεις, αυξάνει τις πιθανότητες προσβολής αποθηκευμένων προϊόντων που απέχουν μεταξύ τους ικανή απόσταση με αποτέλεσμα τη γρήγορη επαναμόλυνση των ήδη απεντομοθέντων προϊόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΓΕΝΙΚΩΣ

Η συνεχής, κατά γεωμετρική πρόοδο, αύξηση του πληθυσμού της γης δημιουργεί το μεγάλο πρόβλημα της διατροφής του ανθρώπου το οποίο, παρά τα αξιοθαύμαστα επιτεύγματα των γεωπόνων και των άλλων επιστημόνων, παραμένει δυσεπίλυτο. Οι προσπάθειες να επιλυθεί το πρόβλημα αυτό δεν περιορίζονται μόνο στην εξεύρεση τρόπων για την αύξηση και τη βελτίωση της γεωργικής παραγωγής, αλλά επεκτείνεται και στους τομείς που αφορούν στην διακίνηση και στην αποθήκευση των παραγομένων προϊόντων, με σκοπό την μείωση των απωλειών και των ζημιών από έντομα και ασθένειες.

Είναι γεγονός ότι παρ' όλο που μια καλλιέργεια είναι δυνατόν να αντισταθμίσει μόνη της ή με τις κατάλληλες επεμβάσεις του ανθρώπου, ζημιές από μια δεδομένη προσβολή, οι απώλειες που προκαλούνται κατά την αποθήκευση του συγκομισμένου και πολλές φορές ετοιμού προς κατανάλωση προϊόντος, είναι κυριολεκτικώς ανεπανόρθωτες. Εάν έχουν ληφθεί όλα τα προληπτικά μέτρα και παρ' όλα τα μέτρα αυτά, στο αποθηκευμένο προϊόν ανιχνευθούν προσβολές τότε θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την άμεση καταπολέμηση των εχθρών. Ακόμη και σήμερα η πιο αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης των εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι η χημική. 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 αρνητικές για τη 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 της χρησιμοποίησεως διαφορετικών μεθόδων, προκειμένου να ελεγχθούν οι πληθυσμοί των εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα. Οι μέθοδοι αυτές μπορεί να ενεργούν μεμονωμένως ή και σε συνδυασμό τόσο μεταξύ τους όσο και με τις χημικές μεθόδους, και βεβαίως θα πρέπει να είναι ιδιαίτερος

αποτελεσματικές, με τις όσο το δυνατόν λιγότερες συνέπειες για το περιβάλλον (Μπουχέλος 1996).

Οι εναλλακτικές μέθοδοι αντιμετώπισης διακρίνονται στις εξής :

- Φυσικές
- Μηχανικές
- Βιολογικές
- Βιοτεχνολογικές
- Χημικές.

ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις χημικές μεθόδους αντιμετώπισης αποσκοπείται ο ευθύς 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

Απεντομώσεις των 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 ακόλουθα: Acephate, Chlorpyrifos, Dichlorvos, Fenthion, Malathion και Pyrimiphos methyl, από τα πυρεθρινοειδή τα: deltamethrin, cyfluthrin, beta-cyfluthrin και από τα καρβαμιδικά τα: carbaryl και 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 να δημιουργούν ένα καλό νέφος, όμως κατακάθονται συντόμως και δημιουργούν πολλές φορές ελαιώδεις ανεπιθύμητους λεκέδες. Γι' αυτόν το λόγο, οι ψεκασμοί επιδιώκεται να γίνονται με τους ψεκαστήρες υπερμικρού όγκου (ULV) των οποίων 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 σημεία, όπως για παράδειγμα στο εσωτερικό των μηχανημάτων. Οι ίδιες συσκευές χρησιμοποιούνται επίσης για μυοκτονίες ή ακόμη για την καταπολέμηση των εντόμων του θερμοκηπίου (αλευρώδεις, λυριόμυζες, θρίπες). Επίσης, τοπική και περιορισμένη χρήση εντομοκτόνων σε σημεία που αποτελούν καταφύγια των εντόμων ή σημεία που παρατηρούνται υψηλοί πληθυσμοί, επιτυγχάνεται με τα φορητά ψεκαστικά μηχανήματα (spot fumigation ή spot treatment).

Υπάρχουν ορισμένες παράμετροι οι οποίες θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για την κατάλληλη επιλογή του εντομοκτόνου. Αυτές είναι: το είδος του εντόμου που πρόκειται να καταπολεμηθεί, η διάρκεια της 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 εργαζομένους και τα τυχόν παρασκευαζόμενα προϊόντα στο χώρο.

Στις Η.Π.Α. οι ουσίες εκείνες που είναι επιτρεπτό να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις όπου παράγονται ή μεταποιούνται τρόφιμα, είναι πολύ λίγες. Η καταπολέμηση ανεπιθύμητων εντόμων σε τέτοιους χώρους, γίνεται κυρίως με τη χρήση πυρεθροειδών (resmethrin) και ιδίως με τις 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 πράσινα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, διάφορα υλικά ή και τις καλλιέργειες. Η χρήση τους είναι δύσκολη και επικίνδυνη γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και από εξειδικευμένο προσωπικό. Η τέχνη και η επιτυχία τού καπνισμού συνίσταται στην επιλογή του καταλλήλου καπνογόνου και της μεθόδου

εφαρμογής τους ώστε να θανατώνονται τα επιβλαβή έντομα στις ιδιαίτερες συνθήκες υπό τις οποίες ζουν και φυσικά με τις ελάχιστες παρενέργειες.

Τα κυριότερα καπνογόνα που χρησιμοποιούνται σήμερα στην αντιμετώπιση των εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι το βρωμιούχο μεθύλιο (CH_3Br) και η φωσφίνη (PH_3). Τα δύο αυτ'α καπνογόνα είναι πολύ ισχυρά δηλητήρια τόσο για τα έντομα όσο και για τα θηλαστικά.



Εικόνα 1: Φιάλες CH_3Br

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

Σημείο ζέσεως

Βρίσκεται σε αντίστροφη αναλογία προς την ταχύτητα εξατμίσεως (πητικότητα) του καπνογόνου. 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.

Πτητικότητα-Τάση ατμών

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

Ειδικό βάρος

Καθορίζει την ομοιόμορφη συγκέντρωση των τοξικών ατμών του καπνογόνου στο χώρο όπου γίνεται η απεντόμωση, καθώς και τον τρόπο εισαγωγής της καπνογόνου ουσίας μέσα στο χώρο αυτόν και το ομοιόμορφο αποτέλεσμά της..

Αναφλεξιμότητα-Εκρηκτικότητα

Εκδηλώνονται κατά την οξειδωση (καύση) του μίγματος των ατμών του καπνογόνου και του αέρα, υπό την προϋπόθεση ότι η οξειδωση θα γίνει ταχύτατα και δε θα γίνει ομαλή εξίσωση των δημιουργηθέντων πιέσεων και των θερμοκρασιών, με αυτές του εξωτερικού περιβάλλοντος.. «Ελεύθεροι κινδύνων αναφλέξεως ή εκρήξεωφ» θεωρούνται οι καπνογόνοι ατμοί, οι οποίοι σε ανάμιξη με τον αέρα και σε 50 °C δε μεταδίδουν τη φλόγα σε περίπτωση που εμφανιστεί σπινθήρας.

Προσροφητικότητα ατμών

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

Διαλυτότητα

Η διαλυτότητα του καπνογόνου στο ύδωρ και στις λιπαρές ουσίες καθορίζει το ποσοστό τους που συγκρατείται από τα διάφορα προϊόντα. Για παράδειγμα, το ισχυρώς υδατοδιαλυτό CH_3Br δεν συνιστάται για την απεντόμωση ελαιωδών σπερμάτων και λιπαρών προϊόντων, ενώ το ισχυρώς υδατοδιαλυτό HCN δε θεωρείται κατάλληλο για σιτηρά, άλευρα και υδαρή γεωργικά προϊόντα (γάλα, κρέας, φρούτα).

Οσμηρότητα

Η εφαρμογή καπνογόνων με χαρακτηριστική ή δυσάρεστη οσμή, περιορίζεται εξαιτίας της ανεπιθύμητης οσμής που αφήνουν στα απεντομούμενα γεωργικά προϊόντα και τρόφιμα. Ιδιάζουσες οσμές που ελέγχονται εύκολα ή δακρυγόνες ουσίες προτίθενται σε άοσμα τοξικά αέρια για την εύκολη ανίχνευσή τους. Οι άοσμοι τοξικοί ατμοί ανιχνεύονται με ειδικές λυχνίες, συσκευές ή ειδικό χαρτί εμποτισμένο με δείκτες που αλλάζουν χρωματισμό ανάλογα με το είδος του καπνογόνου.

Εντομοτοξική ενέργεια

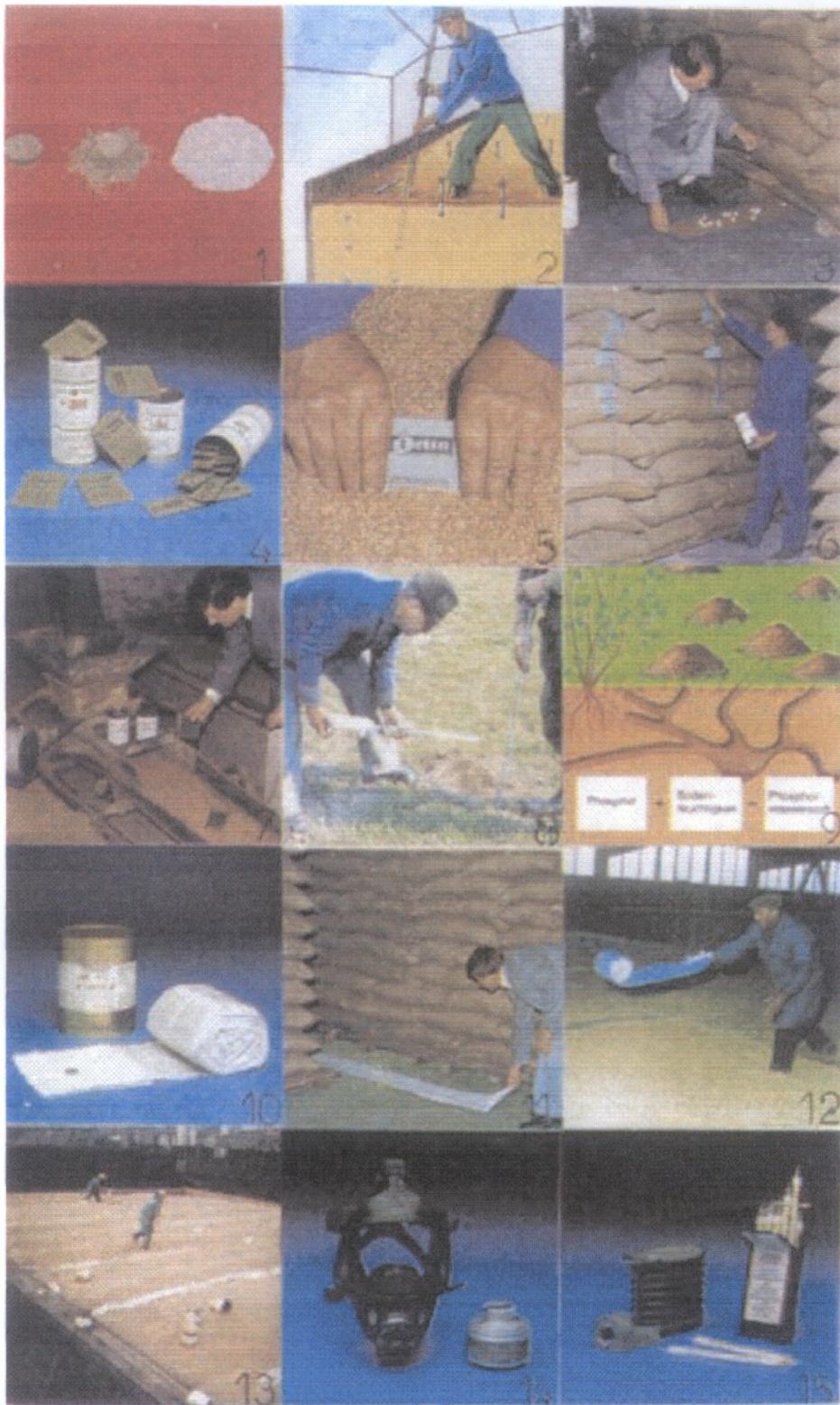
Η διείσδυση των καπνογόνων ατμών μέσα στο σώμα των εντόμων γίνεται κυρίως μέσω της αναπνοής. Στις προνύμφες, τις νύμφες και τα τέλεια έντομα η είσοδος γίνεται από τα στίγματα και η διάχυση από τις τραχείες. Στα ωά γίνεται από το χόριο και τους αναπνευστικούς σωληνίσκους. Η ταχύτητα με την οποία ένα έντομο υποκύπτει υπό την επίδραση του τοξικού αερίου είναι ανάλογη με την εισπνεόμενη ποσότητα. Συνεπώς, οποιοσδήποτε παράγοντας που επιδρά στο άνοιγμα ή το κλείσιμο των αναπνευστικών πόρων, όπως και τη συχνότητα των αναπνευστικών κινήσεων, θεωρητικώς επιδρά και στην αποτελεσματικότητα του καπνογόνου.

Ενεργοποίηση καπνογόνων με CO₂ ή με κενό

Το CO₂ από μόνο του δεν έχει αξιόλογη εντομοτοξικότητα. Σε ανάμιξη όμως με τα περισσότερα καπνογόνα, ενεργοποιεί την τοξική δράση τους.

Το κενό έχει την ίδια επίδραση με το CO₂ (ενεργοποιεί την αναπνοή) διευκολύνει όμως και τη διάχυση καθώς επίσης εμποδίζει τη στρωμάτωση και προσρόφηση των τοξικών αερίων από τα τοιχώματα του χώρου.

Η συνδυασμένη δράση CO₂ και κενού έχει ως αποτέλεσμα την πιο ισχυρή ενεργοποίηση της τοξικότητας των καπνογόνων.



Εικόνα 2: Φωσφίνη

1. Χάλια φωσφίνης

2. τοποθέτηση χαλιών φωσφίνης σε χύμα σπόρους με την βοήθεια σόντας

3. τοποθέτηση χαπιών κάτω από ντάνες
4. σκιάδια ή φακέλοι φωσφίνης
5. τοποθέτηση «φακέλων φωσφίνης» σε χύμα σπόρους
6. τοποθέτηση φακέλων σε ντάνες
7. εφαρμογή φωσφίνης στις ταινίες μεταφοράς χύμα σπόρων.
- 8,9. εφαρμογή της φωσφίνης για την καταπολέμηση αρουραίων στους αγρούς
10. συσκευασία τύπου «κουβέρτα»
- 11,12,13. χρησιμοποίηση «κουβερτών» σε ντανιασμένα ή χύδην προϊόντα
14. μάσκα και φίλτρο για την προστασία των εφαρμογών
15. ανιχνευτές φωσφίνης τύπου λεπτού σωλήνα (από Detia GmbH).

ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Χρήση παγίδων και φερομονών

Παγίδες

Η χρήση των παγίδων είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο στην παρακολούθηση των πληθυσμών των εντόμων όσο και για την καταπολέμησή τους. Πάντως, η κύρια χρήση των παγίδων στους αποθηκευτικούς χώρους, αποσκοπεί στην παρακολούθηση και λιγότερο στον απ' ευθείας έλεγχο των εντόμων. Σε γενικές γραμμές, οι παγίδες ανιχνεύουν τους πληθυσμούς των εντόμων σε χρονικό διάστημα πολύ πιο σύντομο από το αντίστοιχο που χρειάζεται μια απλή δειγματοληψία, ευνοώντας με τον τρόπο αυτό μια προωμότερη κατάσχεση του σχεδίου αντιμετώπισης των εντομολογικών προσβολών.

Οι παγίδες μπορούν να διαφέρουν αναλόγως προς το μέσον παγιδεύσεως ή θανατώσεως. Το μέσον αυτό μπορεί να είναι κάποια κολλητική ουσία, όπως είναι οι κολλητικές παγίδες, ένα εντομοκτόνο, κάποιος αποθηκευτικός χώρος από τον οποίο δεν μπορούν να ξεφύγουν τα έντομα (παγίδες τύπου σόντας ή ηλεκτρική αντίσταση) όπως

συμβαίνει με τις ηλεκτρικές παγίδες. Επίσης μπορούν να διαφέρουν και στο υλικό από το οποίο έχουν κατασκευαστεί (χαρτί, πλαστικό, μέταλλο) ή το σχήμα τους (μορφή δέλτα, κυματοειδούς χάρτου).

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 ή για τα ιπτάμενα έντομα και μπορούν να είναι είτε κολλητικές, είτε να παγιδεύουν και να θανατώνουν τα έντομα σε ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους που διατίθεται για τον σκοπό αυτό. Οι επιφανειακές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βαδίζοντα αλλά και για τα ιπτάμενα έντομα. Οι μη κολλητικές παγίδες είναι γενικώς επαναχρησιμοποιήσιμες σε σχέση με τις κολλητικές. Αυτό αποτελεί το κυριότερο πλεονέκτημά τους. Με τις *τύπου* σόντας παγίδες είναι δυνατή η δειγματοληψία σπόρου σε διάφορα βάθη της μάζας του σιταριού. Τα έντομα παγιδεύονται σε ένα διάτρητο μεταλλικό ή πλαστικό καθετήρα που τοποθετείται μέσα στην μάζα του αποθηκευμένου προϊόντος σε διάφορα βάθη, έρχονται μέσα στις τρύπες και πέφτουν μέσα σε ένα σωλήνα συλλογής ή σε ένα συλλογέα που μπορεί να αλλαχθεί και ο οποίος είναι ειδικώς σχεδιασμένος για χρήση εντός της μάζας του σιταριού. Οι παγίδες αυτού του τύπου έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να μείνουν για αρκετό χρονικό διάστημα μέσα στην αποθήκη. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα τους είναι ότι με τις *τύπου* σόντας παγίδες είμαστε σε παρακολούθηση η διακύμανση των πληθυσμών από πολύ νωρίς, ακόμη και όταν αυτοί είναι πολύ χαμηλοί.

Τροπισμός είναι ο προσανατολισμός και στην συνέχεια η αντανάκλαστική μετατόπιση (θετική ή αρνητική) των οργανισμών (εντόμων), υπό την επίδραση κάποιου ερεθίσματος. Όταν το συγκεκριμένο ερέθισμα προέρχεται από το φως τότε γίνεται λόγος για φωτοτροπισμό.

Η χρήση των παγίδων αυτών βασίζεται στο θετικό φωτοτροπισμό, προσελκύοντας τα έντομα και ακολούθως θανατώνοντας τα μέσω της ηλεκτροπληξίας. Έντομα αποθηκών με αρνητικό φωτοτροπισμό είναι:

- ✓ *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera:Cucujidae)
- ✓ *Oryzaephilus mercator* (Fauvel) (Coleoptera:Silvanidae)

- ✓ *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera:Curculionidae)
- ✓ *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Tenabrionidae)
- ✓ *Prostephanus truncates* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae)
- ✓ *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera:Tenebrionidae)
- ✓ *Ptinus* sp. (L.) (Coleoptera:Ptinidae)
- ✓ *Tenebroides mauritanicus* (L.) (Coleoptera: Trogossitidae)
- ✓ *Araecerus fasciculata* (Aurivillius) (Coleoptera:Curculionidae)



Εικόνα 3: Παγίδα τύπου δέλτα (B.C.S.)



Εικόνα 4: Παγίδα χοάνης (B.C.S)

Φερομόνες

Οι φερομόνες είναι οργανικές πτητικές ενώσεις, χαμηλού μοριακού βάρους και ανήκουν σε διάφορες ομάδες. Είναι ορμόνες φύλου που παράγονται συνήθως το θηλυκά άτομα και ελκύουν τα αρσενικά 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 συναθροίση στη πηγή τροφής.

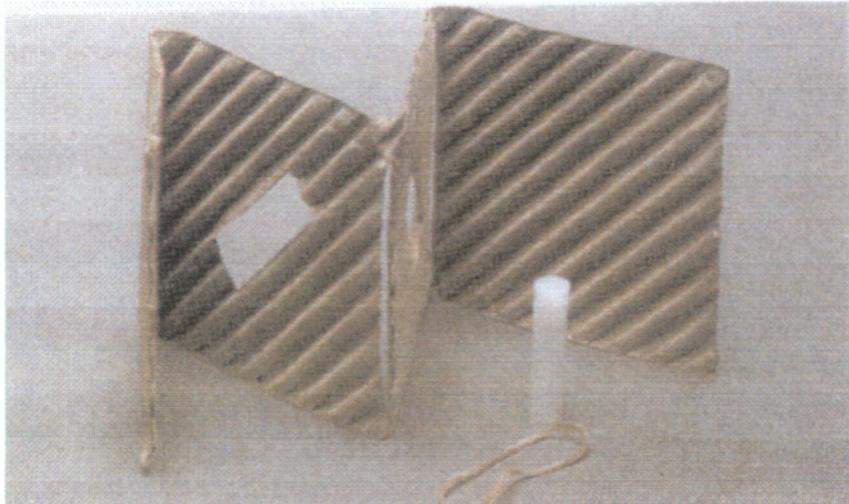
Με τη χρήση φερομονικών παγίδων ανιχνεύονται και προσδιορίζονται ταυτοχρόνως τα έντομα εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων, ενώ κατ' ευθείαν έλεγχος των πληθυσμών με φερομόνες μπορεί να επιτευχθεί με σκευάσματα που περιέχουν ελκυστικό, που ελκύει και ταυτοχρόνως θανατώνει ή αποτρέπει τη σύζευξη των εντόμων. Η καταπολέμηση στηρίζεται σε προληπτικά και θεραπευτικά μέτρα

Τα θεραπευτικά μέτρα εφαρμόζονται σε εκείνες τις περιπτώσεις που η καταπολέμηση είναι επείγουσα και επικεντρώνονται στη χρήση κυρίως χημικών ή βιολογικών μεθόδων.

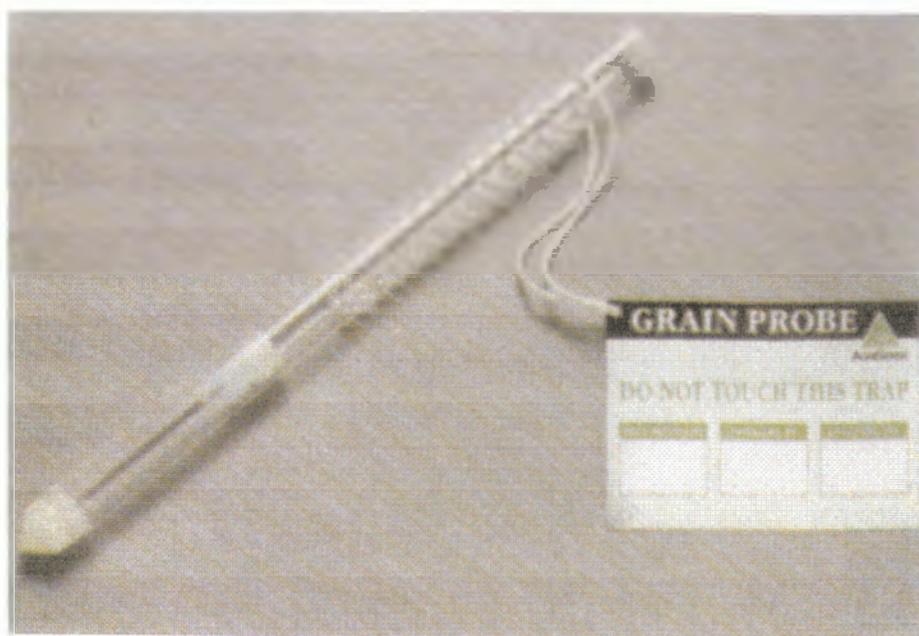
Στα προληπτικά μέτρα, εκτός από τη συντήρηση των προϊόντων σε κατάλληλα κατασκευασμένους χώρους υιάγονται: η διατήρηση των προϊόντων σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και υγρασίας, η προστασία των τροφίμων σε κατάλληλες συσκευασίες και η εφαρμογή βιοτεχνολογικών μεθόδων που βασίζονται στην εκμετάλλευση των τακτισμών των εντόμων-στόχων.

Ρυθμιστές αναπτύξεως

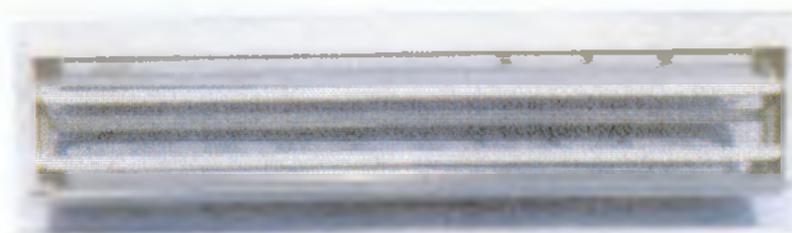
Η χρήση των ρυθμιστών αναπτύξεως στηρίχθηκε στην ιδέα της αντιμετώπισης των εντόμων εχθρών με ορμόνες νεότητας που παράγουν τα ίδια τα έντομα. Τα πλεονεκτήματα της χρήσεως ρυθμιστών αναπτύξεως στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι η εκλεκτική, επί των εντόμων, δράση τους και η μικρή πιθανότητα αναπτύξεως ανθεκτικότητας, αν και έχουν αναφερθεί ορισμένες περιπτώσεις αναπτύξεως ανθεκτικότητας των εντόμων έναντι των ρυθμιστών αναπτύξεως (Staal 1975). Σήμερα, στη λίστα των διαθέσιμων ρυθμιστών αναπτύξεως εκτός από τις ορμόνες νεότητας έχουν προστεθεί οι παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης καθώς και οι ανταγωνιστές εκδύσεως.



Εικόνα 5: Παγίδα κυματοειδούς χάρτου



Εικόνα 6: Παγίδα κυματοειδούς χάρτου



Εικόνα 7: Φωτεινή παγίδα

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* (L.) (Coleoptera :Silvanidae) και *R. dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) λόγω ανθεκτικότητας που παρουσίασαν το μεν πρώτο στα οργανοφωσφορικά το δε δεύτερο στα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα. Σύμφωνα με τους Oberlander et al., 1997 το methoprene μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με ένα ακμαιοκτόνο σκεύασμα για μια πιο αποτελεσματική και μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Άλλοι αντιπρόσωποι των ορμονών νεότητας είναι το fenoxy carb και το pyriprooxyphen που χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα επαφής.

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 παρεμποδίζοντας τον σχηματισμό γενεών με ταυτόχρονη θανάτωση των ανώριμων σταδίων. Επιπλέον οι μιμητές ορμονών νεότητας καλό θα είναι να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλα εντομοκτόνα ή με παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης, τα οποία δεν θα εξασκούν ή θα εξασκούν ήπια δράση επί των ωφελίμων εντόμων (παρρασιτοειδών-αρρακτιικών) όταν θα χρησιμοποιείται πρόγραμμα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης.

Αιθέρια έλαια

Τα κυριότερα συστατικά των αιθέριων ελαίων είναι τα μονοτερπενοειδή τα οποία είναι δευτερεύουσες χημικές ουσίες των φυτών και έχουν μικρή μεταβολική σημασία.

Τα αιθέρια έλαια των *Pogostemon heyneanus*, *Ocimum basilicum* και *Eucalyptus* sp. έδειξαν εντομοκτόνο δραστηριότητα εναντίον πολλών εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων. Επίσης σε πολλά Κολεόπτερα παρατηρήθηκε τοξική επίδραση των τερπενοειδών δ-λεμονένιο, linalool, terpineal.

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

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις βιολογικές μεθόδους αντιμετώπισης ο έλεγχος των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων γίνεται με τη χρήση φυσικών εχθρών και την ένταξή τους στο οικοσύστημα της αποθήκης. Οι φυσικοί εχθροί διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα αρρακτικά και τα παρρασιτοειδή.

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 είναι το έντομο εκείνο το οποίο έχει συνήθως, όχι πάντοτε, το ίδιο μέγεθος περίπου με τον ξενιστή του, απαιτεί έναν μόνο ξενιστή για τη συμπλήρωση της ανάπτυξης του τον οποίο τελικά θανατώνει (Λυκουρέσης 1995). Για τη χρήση των φυσικών εχθρών έτσι ώστε να υπάρχει αποτελεσματικότητα, απαιτείται καλή γνώση: α) της βιολογίας των φυτών από τα οποία θα συγκομιστεί το αποθηκευμένο προϊόν, β) των παραμέτρων που συντελούν στην διάρκεια αποθηκεύσεως του συγκομισμένου προϊόντος (συντηρησιμότητα, υγρασία προϊόντος και χώρου, θερμοκρασία χώρου) γ) του βιολογικού κύκλου των εχθρών και δ) των ανταγωνιστών των εχθρών (βιολογία, που και πως διαχειμάζουν). Έτσι μπορεί να επιτευχθεί ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα αντιμετώπισης των πιθανών εχθρών που ενδέχεται να προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα.

Οι κατηγορίες των φυσικών εχθρών διαφέρουν σημαντικά στην βιολογία και συμπεριφορά τους και ως εκ τούτου στην ικανότητα να 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 προϊόντων και το *Teretriusoma nigrescens* (Lewis) (Coleoptera: Histeridae) το οποίο είναι αρπακτικό διαφόρων οικογενειών Κολεοπτέρων 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 παρασιτοειδή ωών του γένους *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) όπως και το παρασιτοειδές *Habrobracon* (= *Bracon*) *hebetor* (L.) (Hymenoptera: Braconidae). Το τελευταίο παρασιτεί τα ατελή στάδια σχεδόν όλων των Λεπιδοπτέρων εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Για περισσότερο αποτελεσματικό έλεγχο των εχθρών, θα πρέπει

η εφαρμογή του βιολογικού τρόπου αντιμετώπισης να είναι απλή και με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος τόσο στην χρήση της όσο και στον εξοπλισμό που θα απαιτηθεί. Ένας απλός τρόπος χρησιμοποιήσεως φυσικών εχθρών τόσο σε αποθήκες εμπορίου λιανικής πώλησης όσο και σε νοικοκυριά έχει εφαρμοστεί από τους *Prozel et al.* 1995. Συμφώνως προς την μέθοδο αυτή, αναρτώνται εντός του αποθηκευτικού χώρου κάρτες που περιέχουν παρασιτισμένα από Υμενόπτερα 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 που 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: Bethyilidae) 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 *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera:Dermestidae) όπως υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό, ευκολία εκτροφής αλλά και εξαπόλυσης κάτω από τεχνητές συνθήκες (*Al-Kirshi et al.* 1996).

Αντιθέτως προς τον αγρό, όπου 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 μόνο σε πειραματικά στάδια με όχι πάντα ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Είναι πολλοί οι λόγοι που συνηγορούν σε κάτι τέτοιο. Πρώτα από όλα 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 και στην περίπτωση όπου το κόστος της ζημιάς ή των απωλειών του προϊόντος υπερβαίνει το κόστος των μέτρων που απαιτούνται για βιολογικό έλεγχο. Οι φυσικοί εχθροί επίσης δεν είναι πάντα εύκολα διαθέσιμοι στην αγορά ενώ 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 κατάσχεση ενός σχεδίου αντιμετώπισης των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί σοβαρά 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. Οι παραπάνω λόγοι σε συνδυασμό με τις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για πιο μικρές συγκεντρώσεις υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων στα αποθηκευμένα προϊόντα, ωθεί στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός βιολογικών, βιοτεχνολογικών και χημικών μεθόδων είναι ο καλύτερος τρόπος για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων.



Εικόνα 8: *Habrobracon (=Bracon) hebetor*

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις μηχανικές μεθόδους αντιμετώπισης αποσκοπείται η θανάτωση ή την αδρανοποίηση 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, στην πλειοψηφία τους απαιτούν ειδική τεχνολογία για να εφαρμοστούν αυξάνοντας το κόστος της συντηρήσεως των αποθηκευμένων προϊόντων.

Με την εφαρμογή υψηλών πιέσεων στους αποθηκευτικούς χώρους προκαλείται θανάτωση κυρίως των ακμαίων ατόμων. Επίσης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί πεπιεσμένος ξηρός αέρας για την απαλλαγή των μηχανών, σκευών, δαπέδων, τοίχων από έντομα που αναζητούν καταφύγιο σε αυτούς τους χώρους. Παράλληλα, πλήρες ή υψηλό και παρατεταμένο κενό θανατώνει πολλά είδη εντόμων. Η έλλειψη ατμοσφαιρικού αέρα προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα (αναπνοή προϊόντων και εντόμων) με αποτέλεσμα ο χώρος να γίνεται ασφυκτικός. Η μέθοδος όμως της χρήσεως του κενού, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, διότι κατά την εφαρμογή της ευνοείται ανάπτυξη ανερόβιων μικροοργανισμών ώστε να προκαλούνται από αυτούς καταστρεπτικές ζυμώσεις στα αποθηκευμένα προϊόντα. Ασφυκτικές συνθήκες στα έντομα μπορούν επίσης να δημιουργηθούν, όταν οι προσβεβλημένοι σπόροι αναμιχθούν με καθαρά γαλακτώματα ορυκτελαίων ή λευκά έλαια (παραφίνη). Καθώς το λεπτό υπόστρωμα ελαίου καλύπτει τους προσβεβλημένους σπόρους εμποδίζεται με τον τρόπο αυτό η αναπνοή των εντόμων τα οποία θανατώνονται από ασφυξία.

Κατά την απαλλαγή των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων από την πλεονάζουσα υγρασία, αυξάνεται η συντηρησιμότητά τους και εμποδίζεται με τον τρόπο αυτό η φυσιολογική βιολογική εξέλιξη των επιβλαβών εντόμων. Επίσης, άφθονο ύδωρ υπό ισχυρή πίεση, εφ' όσον δεν ζημιώνει τα προϊόντα, τα απαλλάσσει από τα έντομα. Οι μέθοδοι αυτές μπορούν να συνδυαστούν ή να συμβούν ταυτοχρόνως με άλλες μεθόδους απεντομώσεως, πριν ή κατά την επεξεργασία των προϊόντων.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι φυσικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και σήμερα για την προστασία από τους εντομολογικούς εχθρούς ορισμένων προϊόντων είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, η χρήση ηλεκτροστατικού πεδίου, η χρήση ιονιζουσών ακτινοβολιών και η χρήση της σκόνης γης διατόμων, η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη φυσική μέθοδο και θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω.

A) Μεταβολή της θερμοκρασίας

1. Θερμότητα

Η μέθοδος αυτή δίνει ασφαλή αποτελέσματα, συνήθως χωρίς δυσάρεστες συνέπειες για τα προϊόντα. Θερμοκρασίες 52-55 °C επί τρεις περίπου ώρες ή μεγαλύτερες με αντιστρόφως ανάλογες χρονικές εκθέσεις, καταστρέφουν όλα τα στάδια των εντόμων των αποθηκών προκαλώντας την πήξη των λευκωμάτων τους. Για την αποφυγή δημιουργίας τοπικώς πολύ υψηλών θερμοκρασιών προτιμάται το θερμό ρεύμα αέρα για τα προϊόντα και το θερμό ύδωρ ή ατμός (υγρά θερμότητας) για τα μεταφορικά μέσα, τα εργαλεία και τα μηχανήματα.

2. Ψύχος

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την καταπολέμηση των ατελών μορφών δίπτερων (*Ceratitis capitata*) Wiedemann (Hymenoptera:Tephritidae) σε νωπά φρούτα. Συνιστάται υποβολή σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη μεταφορά των προϊόντων σε αυτοκίνητα, βαγόνια ή πλοία-ψυγεία και διατήρησή τους σε ψυκτικούς θαλάμους. Συνήθως χρειάζεται έκθεση σε -5 ως -10 επί πολλές ημέρες (Μπουχέλος 1996).

Σε αυτή τη μέθοδο θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν τα παρακάτω:

- 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. Για παράδειγμα το

Cryptolestes ferrugineus Stephens (Coleoptera:Laemophloeidae) αν εκτεθεί στους $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ επί 72 ώρες θανατώνεται. Αν όμως επί 4 εβδομάδες υποστεί θερμοκρασίες $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, τότε ένα ποσοστό 61% ακμαίων κατορθώνει να επιβιώσει για 4 εβδομάδες στους $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Σταμόπουλος 1995).

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

B) Χρήση ηλεκτροστατικού πεδίου

Με τη διοχέτευση ρεύματος υψηλής συχνότητας και μεγάλης ισχύος, αυξάνεται σε ελάχιστα δευτερόλεπτα η θερμοκρασία των ζωικών παράσιτων στο σημείο θανατώσεώς του, χωρίς να αυξηθεί στον ίδιο βαθμό και η θερμοκρασία του απεντομούμενου προϊόντος.

Γ) Εφαρμογή ιονιζουσών ακτινοβολιών

Δύο κυρίως τύποι ακτινοβολίας έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα για απεντόμωση προϊόντων: η 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 και χρησιμοποιείται κυρίως για αποστείρωση προϊόντων για ανθρώπινη κατανάλωση (σταφίδα, σόγια, αποξηραμένα αρωματικά φυτά).

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 εφαρμόζονται απ' ευθείας στα έντομα με απώτερο σκοπό τη 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 όπως η Γερμανία. Αντιθέτως, στην Πολωνία η ακτινοβόληση διαφόρων τροφίμων για την απαλλαγή τους από έντομα και ακάρεα, όπως επίσης φρούτων και λαχανικών για προστασία από διάφορους μύκητες που προκαλούν μετασυλλεκτικές αλλοιώσεις, έχει γίνει αποδεκτή από τους καταναλωτές.

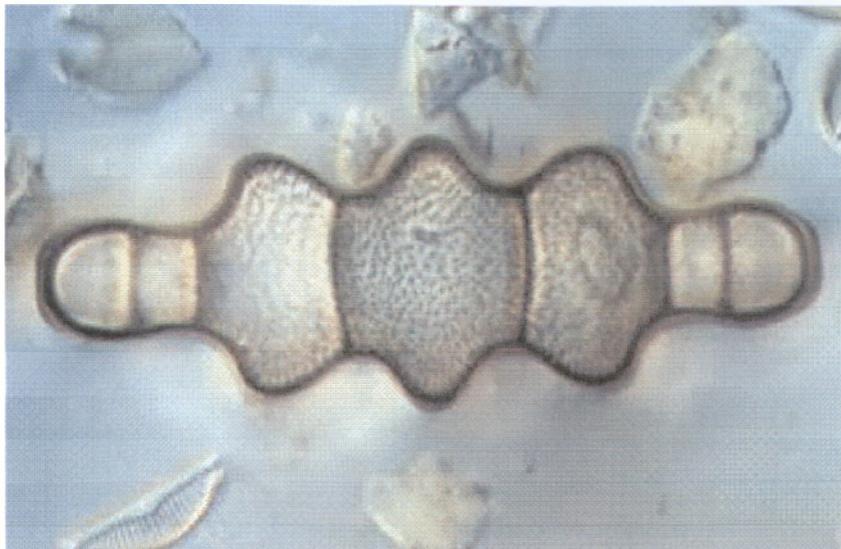
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Η ΓΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Προέλευση-Φύση της γης διατόμων

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

Η παρουσία της σκόνης γης διατόμων στο υπέδαφος, χρονολογείται από την Ηώκαινο και Μειόκαινο περίοδο του Καινοζωϊκού αιώνα δηλαδή περίπου 20 με 80 εκατομμύρια χρόνια. Καθώς τα διάτομα απορροφούσαν πυρίτιο από το νερό, με το 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).



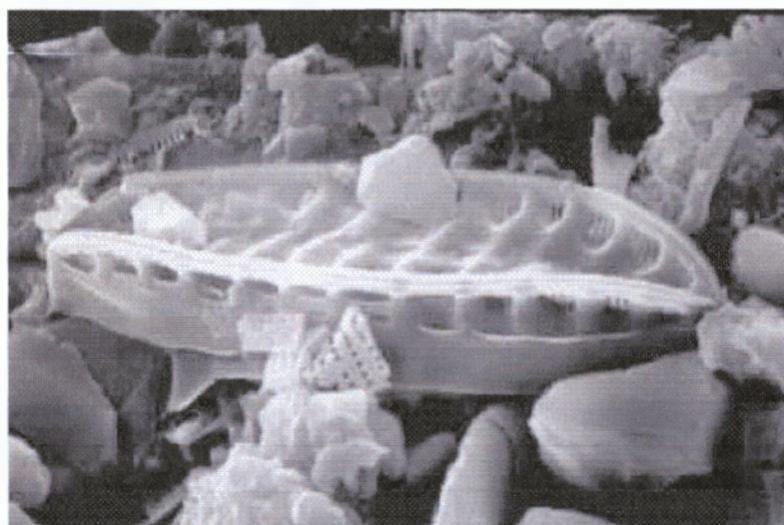
Εικόνα 9: Διάτομο όπως φαίνεται από κοινό μικροσκόπιο

Η περιεκτικότητα της γης διατόμων σε υγρασία (H_2O) είναι υψηλότερη του 50%, το 86 – 94% της στερεής 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 (σωματίδια) της, με άλεση. Μετά την επεξεργασία η περιεκτικότητα της σε υγρασία είναι 2 – 6 % ενώ το μέγεθος των κόκκων (ή σωματιδίων) λαμβάνει τιμές μεταξύ 1 και 150μm, 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. Σύμφωνα με την Εταιρεία Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency) των Η.Π.Α., η φυσική γη διατόμων περιγράφεται ως «το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου και χαρακτηρίζεται ως ασφαλές, για προσθετικό τροφοίμων» (Anonymous 1991).

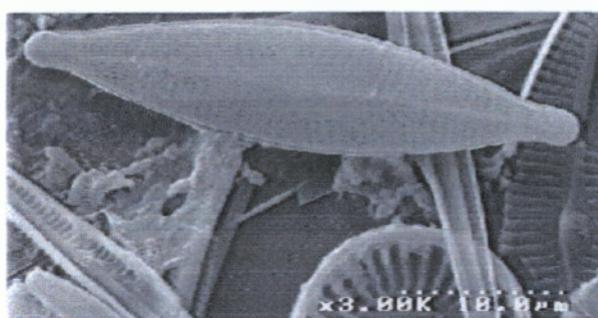
Πίνακας Ι: Είδη διατόμων, σε διάφορες τυποποιήσεις γης διατόμων διαφόρων προελεύσεων

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 seriens</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, Δημοκρατία Σκοπίων Ευρώπη	<i>Pliocaenicus undulatus</i>

DE China 15, Κίνα	<i>Pliocaenicus undulatus</i>
DE China 20, Κίνα	<i>Aulacocera (Melosira) thwaites</i>
DE China 21, Κίνα	<i>Aulacocera (Melosira) ambigua</i>



Εικόνα 10: Διάτομο όπως φαίνεται από το Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο



Εικόνα 11: Διάτομο του γένους *Navicula* sp. όπως φαίνεται από το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο

Φυσικές – Χημικές ιδιότητες

Το χρώμα της σκόνης της γης διατόμων εξαρτάται από την σύσταση της και ποικίλει (λευκό, γκρι, κίτρινο, ερυθρό). Το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων της εξαρτώνται για μεν το πρώτο από το είδος του νεκρού διατόμου από όπου προήλθε, για δε το δεύτερο από την επεξεργασία που δέχθηκε. Το δρον ουσιαστικό ή κύριο περιεχόμενο της είναι το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου. Μετά το άμορφο κρυσταλλικό πυρίτιο, το αμέσως επόμενο σε περιεκτικότητα στοιχείο είναι το ασβέστιο (Ca), ενώ περιέχονται επίσης και άλλα στοιχεία όπως 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*).

Μέχρι τώρα δεν υπάρχουν κάποιες αναφορές που να σχετίζουν την εντομοκτόνο ιδιότητα της γης διατόμων με κάποια από τα παραπάνω στοιχεία (*Korunpic 1997*). 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 και το ποσοστό υγρασίας (μετά την κατεργασία) είναι 2 – 6%. Είναι άοσμη, αδιάλυτη στο ύδωρ, 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*).

Πίνακας II: Ορισμένες από τις φυσικές ιδιότητες σκονών γης διατόμων που προέρχονται από διαφορετικές τοποθεσίες

Τυποποίηση γης διατόμων	Ειδικό βάρος σε gr/lit	pH	Περιεκτικότητα σε SiO ₂ (%)	Μέγεθος σωματιδίων		Σχήμα	Τύπος γης διατόμων
				Μέσο μέγεθος σε μm	(%) σωματίδια με μέγεθος λιγότερο από 12 μm		
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 III: Παγκόσμια παραγωγή σε γη διατόμων το έτος 1981 συμφώνως προς το Ινστιτούτο Γεωλογικών Επιστημών του Λονδίνου

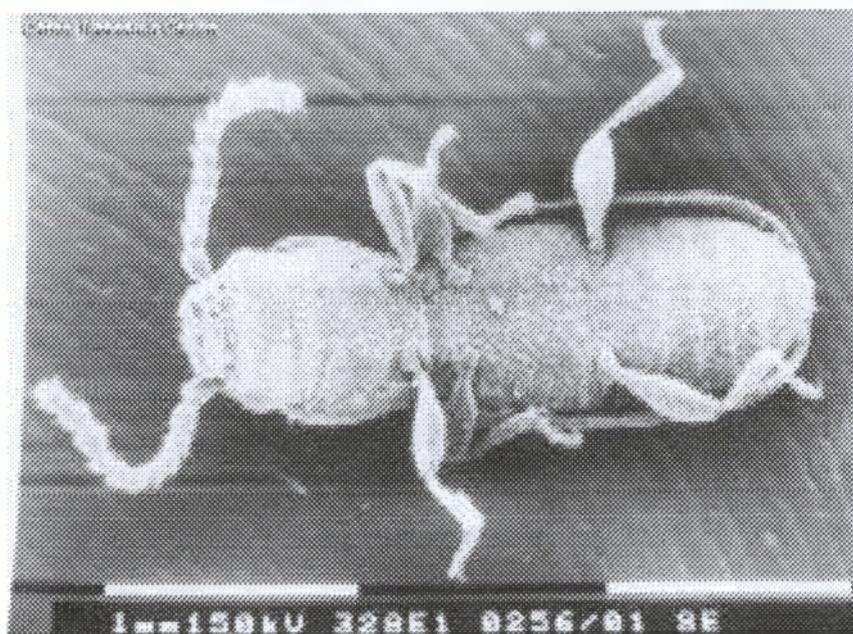
ΧΩΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Η. Π. Α.	623000	40,59
Πρώην Σοβιετική Ενωση	230000	14,99
Δανία (διατομίτες)	223192	14,54
Γαλλία	220000	14,33
Πρώην Δυτική Γερμανία	52000	3,39
Νότιος Κορέα	42000	2,74
Ρουμανία	40000	2,61

Μεξικό	40000	2,61
Ισπανία	24000	1,56
Ισλανδία	20644	1,35
Ιταλία	20000	1,30
Σύνολο	1534836	100

Εντομοκτόνες ιδιότητες

Η δράση της γης διατόμων βασίζεται στην επίδραση που έχουν τα σωματίδια επί των εντόμων τόσο κατά την επαφή όσο και κατά το βάδισμά τους επί των σωματιδίων αυτών. Η γη διατόμων είναι η αποτελεσματικότερη φυσική σκόνη εξαιτίας της ικανότητας της να δεσμεύει τα λιπίδια του κηρώδους χιτώνα των εντόμων και να τα απορροφά (Korunic 1997). Αυτή η δέσμευση των λιπιδίων εκμηδενίζει το ρόλο του κηρώδους χιτώνα ως μέσο προστασίας της ισορροπίας του ύδατος στο εσωτερικό των εντόμων. Η επίδραση της γης διατόμων προκαλεί την απώλεια υγρασίας στα έντομα σε σημεία επαφής. Αυτό οδηγεί στην εξάντληση και στη συνέχεια στο θάνατο των εντόμων (Ebeling 1971). Οι συνέπειες της δράσης της γης διατόμων δεν είναι ίδιες αλλά εξαρτώνται από το είδος των εντόμων και τις συνθήκες αποθηκείωσης.

Πέραν της δεσμεύσεως των λιπιδίων η γη διατόμων δρα και μηχανικά δημιουργώντας αμυχές επί της επιδερμίδας των εντόμων προκαλώντας επίσης συμπτώματα αφυδατώσεως. Μελέτες αναφέρουν την είσοδο της σκόνης αυτής στο εσωτερικό των εντόμων μέσω του πεπτικού συστήματος με τα ίδια αποτελέσματα (Carlson and Ball 1965, Korunic 1997). Στα αποτελέσματα της δράσεως της γης διατόμων αναφέρονται στις ίδιες μελέτες και περιπτώσεις ασφυξίας, καθώς επίσης και απωθητική δράση επί των εντόμων αυξάνοντας έτσι το ποσοστό προστασίας.



Εικόνα 12: Σωμάτια σκόνης γης διατόμων σε *Cryptolestes* sp. (Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο)

Αποτελεσματικότητα επί των εντόμων

Η αποτελεσματικότητα της γης διατόμων επί των εντόμων διαφέρει αναλόγως με την πηγή και την προέλευσή της. Σκόνες γης διατόμων από διαφορετικές περιοχές της υψήλιου διαφέρουν όσον αφορά στην αποτελεσματικότητά τους επί των εντόμων, λόγω ακριβώς των διαφορετικών φυσικών και μορφολογικών ιδιοτήτων που παρουσιάζουν τα διάτομα από τα οποία προήλθαν. Συμφώνως προς τον *Korhnic (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 έναντι των εντόμων, 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).

Άλλοι παράγοντες που επιδρούν επί της αποτελεσματικότητας της σκόνης γης διατόμων στα έντομα, είναι 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.

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 την υγρασία του σπόρου 14%. Φαίνεται ότι τα έντομα είναι σε θέση να αναπληρώσουν τις απώλειες τους σε νερό λόγω επίδρασης της σκόνης, εκμεταλλευόμενα την αυξημένη υγρασία που επικρατεί εκτός του σώματος τους (σχετική υγρασία αέρα ή σπόρου). Επίσης, σύμφωνα με 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 pusillus* (S.) (Coleoptera:Cucujidae), στο οποίο ο μηχανισμός αναπλήρωσης 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 αυξήσεως ή της μειώσεως της θερμοκρασίας δεν είναι πάντα προβλέψιμη και εξαρτάται από το είδος του εντόμου (*Arthur 2000*). Η απαραίτητη επαφή μεταξύ της σκόνης και του εντόμου πραγματοποιείται σε μεγαλύτερο ποσοστό όταν επικρατούν συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών εξαιτίας της έντονης κινητικότητας των εντόμων, με αποτέλεσμα την αύξηση της μηχανικής βλάβης της σκόνης επί της επιδερμίδας. Συμπληρωματικώς προς τα παραπάνω οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν υψηλότερους ρυθμούς αναπνοής στα έντομα ώστε μεγαλύτερα ποσά ύδατος να χάνονται μέσω των αναπνευστικών τρημάτων τους. Η απώλεια εσωτερικού ύδατος σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας μπορεί να αντισταθμιστεί λόγω της αυξημένης δραστηριότητας στη λήψη της τροφής και επομένως στην αύξηση του μεταβολικού ύδατος (*Fields and Korunic 2000*). Πρέπει να επισημανθεί ότι η γη διατόμων δεν τροποποιείται και δεν αλλοιώνεται με τις μεταβολές της θερμοκρασίας, αλλά όποιες επιδράσεις προκύπτουν αφορούν στη φυσιολογία των εντόμων. Κάτι αντίστοιχο δεν παρατηρείται στα χημικά σκευάσματα όπου είναι ευαίσθητα στις μεταβολές και ιδιαίτερος στην αύξηση της θερμοκρασίας.

Επί του εντομοκτόνου μεταβολισμού και της μεγαλύτερης παραγωγής του μεταβολικού ύδατος επιδρά και η επάρκεια της τροφής εντός του αποθηκευτικού χώρου μειώνοντας τη δράση της γης διατόμων (*Arthur 2000*).

Τα έντομα δεν αντιδρούν όλα το ίδιο στην γη διατόμων. Υπάρχουν ανατομικές και μορφολογικές διαφορές τόσο μεταξύ των ακμαίων όσο και μεταξύ των ατελών σταδίων που συνηγορούν σε αυτήν τη διαπίστωση. Η σειρά ανθεκτικότητας (από το λιγότερο στο περισσότερο ανθεκτικό) ορισμένων εντόμων στην γη διατόμων είναι η εξής: *Cryptolestes* spp., *Oryzaephilus* spp., *Sitophilus* spp., *Rhyzopertha dominica* και *Tribolium* spp. (*Korunic 1997*). Έντομα με μεγάλη σχέση επιφάνειας προς όγκο δηλαδή πλατιά και μικρά είναι πιο ευπαθή στην σκόνη γης διατόμων (*Cryptolestes* spp.). Εκτός από το σχήμα του εντόμου η ύπαρξη ή η απουσία μακριών, επιφανειακών σμηρίγγων μπορεί να επηρεάσει τη δράση της γης διατόμων. Χαρακτηριστικώς το *Oryzaephilus mercator* (Fauvel) (Coleoptera:Silvanidae) που διαθέτει κοντές, επιφανειακές σμηρίγγες, οι οποίες επιτρέπουν στη σκόνη να έρχεται σε επαφή με την επιδερμίδα του εντόμου, συγκρατεί περισσότερη ποσότητα σκόνης και έτσι είναι πιο ευαίσθητο (*Quarles 1992*). Αντιθέτως, έντομα με μακριές επιφανειακές σμηρίγγες που εμποδίζουν την επαφή της σκόνης με την επιδερμίδα, χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ανθεκτικότητα έναντι της σκόνης γης διατόμων. Σε αυτή την κατηγορία οι προνύμφες των εντόμων της οικογένειας Dermestidae (*Carlson and Ball 1962*).



Εικόνα 13: Προνύμφες της οικογένειας Dermestidae

(διακρίνονται οι μακριές σμήριγγες στο σώμα τους)

Διαφοροποίηση στην αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων παρατηρείται και μεταξύ τέλειων 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 υπάρχουν ανατομικές και μορφολογικές διαφορές που επιδρούν και αυτές με την σειρά τους στην διαφορική επίδραση της σκόνης γης διατόμων. Ως παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση του *Tenebrio molitor* του οποίου οι προνύμφες φέρουν κάποιες περιοχές στην έδρα, διαμέσου των οποίων είναι ικανές να απορροφούν υγρασία από τον περιβάλλοντα χώρο. Οι περιοχές αυτές παρατηρούνται μέχρι την προνύμφη τελευταίου σταδίου. Οι 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 and Ulrichs 2001).

Ορισμένες από τις σκόνες γης διατόμων που κυκλοφορούν στο εμπόριο ως εντομοκτόνα εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων και λιγότερο ως εντομοκτόνα οικιακής χρήσεως 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. Ορισμένες σκευάσματα συνίστανται όχι μόνο από γη διατόμων αλλά περιέχουν σε μικρό ποσοστό και ένα εντομοκτόνο συνήθως πυρεθροειδές (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. Πολλά από τα προαναφερθέντα σκευάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως ως εντομοκτόνα σε κατοικίες, κήπους και κυρίως σε αποθηκευμένα προϊόντα.



Εικόνα 14: Ατελή στάδια και ακμαίο του *Rhyzopertha dominica*



Εικόνα 15: Προσβολή από *Oryzaephilus* sp. σε σπόρους σιταριού

Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της χρήσης σκόνης γης διατόμων ως προστατευτικό αποθηκευμένων προϊόντων

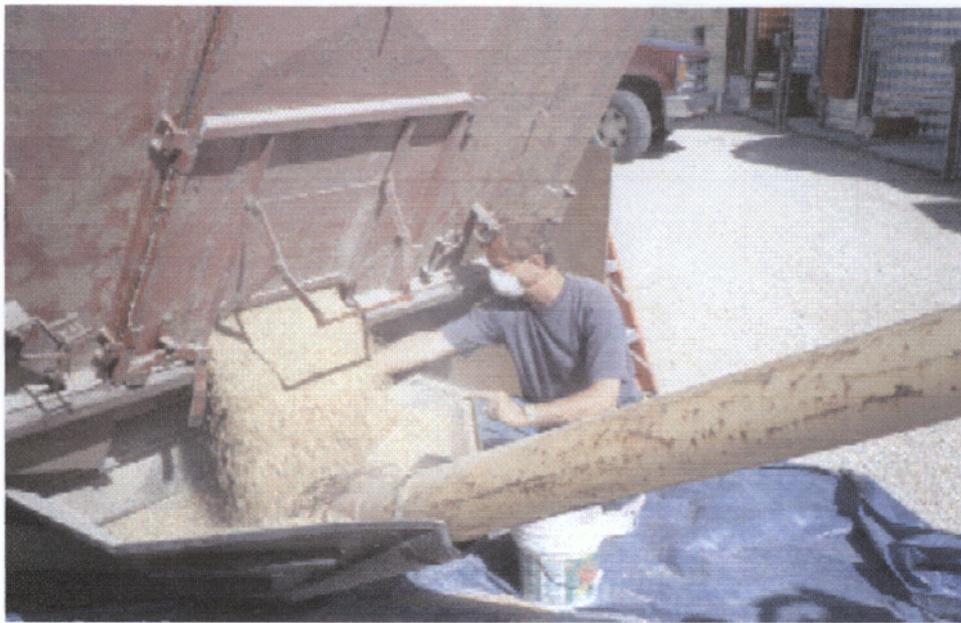
Το κυριότερο πλεονέκτημα της χρήσης σκόνης γης διατόμων σε αποθηκευμένα προϊόντα, είναι η πλήρης έλλειψη τοξικότητας στα θηλαστικά σε συνδυασμό με την μεγάλη υπολειμματική δράση της εναντίον των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Επιπλέον, είναι εύκολος ο μερικός διαχωρισμός της σκόνης από τους 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.

Από τα μειονεκτήματα της χρήσης σκόνης γης διατόμων το κυριότερο είναι η μείωση του ειδικού βάρους του σπόρου του σιταριού. Λόγω του ότι η τιμή του ειδικού βάρους αποτελεί δείκτη της εμπορικής αξίας του σιταριού, μία μείωση του ειδικού βάρους θα οδηγούσε αυτομάτως και σε υποβάθμιση της αξίας του. Πολλές φορές όμως, η μείωση της εμπορικής αξίας δεν είναι ανάλογη της υποβάθμισης του προϊόντος, ειδικότερα εάν το προϊόν δεν έχει δεχθεί την παραμικρή χημική επέμβαση, ώστε να μπορεί να χαρακτηριστεί

ως βιολογικό. Η μείωση του ειδικού βάρους του σπόρου οφείλεται στα υπολείμματα σκόνης που δεν θα απομακρυνθούν με το πλύσιμο. Επίσης ως μειονεκτήματα αναφέρεται η επίδραση της σκόνης στα αρπακτικά, παρασιτοειδή και παράσιτα των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων και η αδρανοποίηση της σε υψηλά ποσοστά υγρασίας.

Έως τώρα δεν έχει αναφερθεί κάποια περίπτωση όπου η φυσική γη διατόμων να προκαλεί καρκινогένεση ή μορφές χρόνιας ή και οξείας τοξικότητας στα θερμόαιμα, όταν τα τελευταία καταναλώσουν κάποιες ποσότητες από αυτή (Koginic 1997a, Annonymous 1986). 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 (silicosis) (Zaidi 1969). Η σιλίκωση ανήκει στην ομάδα των πνευμονοκοιλάσεων (black-lung deceases) και είναι μια χρόνια πνευμονοπάθεια που οφείλεται σε εισπνοή για μεγάλα χρονικά διαστήματα σκόνης που περιέχει πυρίτιο. Τα άτομα που κινδυνεύουν από σιλίκωση είναι κυρίως εκείνα που εργάζονται στα λατομεία ή στους χώρους εξορύξεως της γης διατόμων, διότι 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) (McDonald 1989, Miles 1990). Για τον καταναλωτή δεν υπάρχουν αρνητικές επιδράσεις, εφ' όσον τα προϊόντα μετά την αποθήκευσή τους υφίστανται περαιτέρω επεξεργασία, μέχρι να διατεθούν στο εμπόριο.

Παρά τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν, η χρήση της σκόνης γης διατόμων αποτελεί μια σχετικά νέα και πολλά υποσχόμενη μέθοδο για την αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκών, ειδικότερα στην σύγχρονη εποχή όπου το πρόβλημα της μόλυνσης του περιβάλλοντος αλλά και το φαινόμενο της αναπτύξεως ανθεκτικότητας των εντόμων στα χημικά εντομοκτόνα επιτάσσουν εναλλακτικές μεθόδους αντιμετώπισης των εντομολογικών προβλημάτων τόσο στις αποθήκες όπως και στον αγρό. Συμφώνως προς τον Ebeling (1971) αλλά και αργότερα Koginic (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 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, Καναδά, Αυστραλία, Ιαπωνία, Ινδονησία, Σαουδική Αραβία και Κροατία. Στην Ελλάδα η σκόνη γης διατόμων δεν έχει λάβει ακόμη έγκριση κυκλοφορίας ως εντομοκτόνο.



Εικόνα 16: Ένας τρόπος εφαρμογής σκόνης γης διατόμων, σε αποθηκευμένο σιτάρι στον Καναδά

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ ΠΟΥ ΣΥΜΜΕΤΕΙΧΑΝ ΣΤΙΣ ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ

Rhyzopertha dominica (F.)

Επιστημονική ονομασία : *Rhyzopertha dominica*

Κοινή ονομασία : Σκαθάρι του σιταριού

Αγγλική ονομασία : Lesser grain borer

Τάξη : Coleoptera

Υπόταξη : Polyphaga

Οικογένεια : Bostrychidae

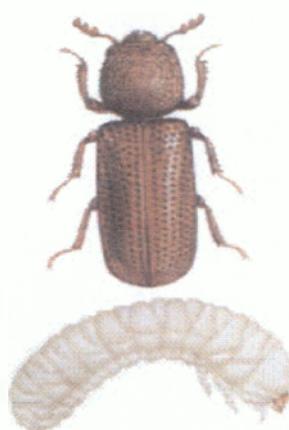
1. ΓΕΝΙΚΩΣ

Το *R. dominica* είναι ένα από τα καταστροφικότερα έντομα προκαλώντας ζημιές πολλών εκατομμυρίων ετησίως. Προσβάλλει δημητριακά παγκοσμίως και κυρίως τα σιτηρά. Έχει ελάχιστο χρόνο ζωής τις 25 ημέρες. Το έντομο αυτό είναι ένα ισχυρό ιπτάμενο και πρόσφατα έχει ανακαλυφθεί στις βόρειες περιοχές των Η.Π.Α. και στον Καναδά. Το σιτάρι μολύνεται συχνά από διάφορα είδη εντόμου σύντομα μετά από τη συγκομιδή τον Ιούνιο ή τον Ιούλιο στην Οκλαχόμα και στο Κάνσας (Hagstrum, 1987, 1989).

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Μορφολογία του εντόμου

- **Ακμαίο :** 2,5-3 mm., είναι επίμηκες, ισχνώς κυλινδρικό και ερυθροκαστανό. Η κεφαλή δεν φαίνεται από πάνω αλλά καλύπτεται από τον προθώρακα ο οποίος αποτελείται από βοθρία. Οι κεραίες είναι χαρακτηριστικές και αυτό γιατί αποτελούνται από δέκα άρθρα με τα τρία τελευταία αραιώς τοποθετημένα ώστε να σχηματίζουν ρόπαλο. Ο θώρακας στην ραχιαία επιφάνεια φέρει πυκνά χιτινώδη επάρματα (εξογκώματα). Στα έλυτρα υπάρχουν ευκρινείς κατά μήκος γραμμές από μικρά κοιλώματα.



Εικόνα 17: Ακμαίο και προνύμφη του *R. dominica*

- **Προνύμφη :** έχει μήκος 4-6 mm σε πλήρη ανάπτυξη. Είναι σκαραβαιόμορφος δηλαδή με κυρτό, παχύ και διογκωμένο προς τα εμπρός σώμα. Το χρώμα της είναι υπόλευκο με κεφαλή και πόδες καστανούς.

Βιολογία :

Διαχειμάζει στις αποθήκες σε όλα τα στάδια. Πολλαπλασιάζεται σχετικά αργώς. Η εμφάνιση μεγάλων πληθυσμών του εντόμου ευνοείται όταν οι σπόροι από τους οποίους τρέφεται μείνουν για πολύ καιρό αμετακίνητοι. Πολλές προνύμφες του μπαίνουν σε κάθε

σπόρο και καταστρέφουν το εσωτερικό του, μέσα στο οποίο νυμφώνονται. Το σκαθάρι του ρυζιού αναπτύσσεται όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 18 - 30 °C. Οι optimum συνθήκες για την ανάπτυξή του είναι οι 30 °C. Όταν η θερμοκρασία είναι 25 έως 28 °C τότε μπορεί να παρατηρηθούν μέχρι και 4 ή 6 επάλληλες γενιές το έτος. Ένα θήλυ μπορεί να γεννήσει από 200-500 ωά χρώματος λευκού κατά την διάρκεια της ζωής του.

Τα ακμαία και οι προνύμφες είναι αδηφάγα και αφήνουν τεμαχισμένους τους πυρήνες και τα κονιοροτοποιημένα υπολείμματα. Οι προνύμφες μπορούν να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους στο υπόλειμμα σιταριού. Το σιτάρι που μολύνεται έχει μια χαρακτηριστική μυρωδιά. Αυτή η μυρωδιά περιέχει την αρσενική παραχθείσα φερομόνη συναθροίσεως που έχει καταδειχθεί να είναι ένα αποτελεσματικό θέλγητρο για τη χρήση στις παγίδες.

3. ΖΗΜΙΕΣ-ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ

Τόσο το ακμαίο όσο και η προνύμφη προσβάλλουν το σιτάρι και τους σπόρους σιτηρών (κυρίως το ρύζι, αλλά και τη σίκαλη, το κριθάρι, τον αραβόσιτο και τη βρώμη), όπως επίσης και συμπαγή αμυλούχα προϊόντα (ζερός άρτος, φρυγανιές, ζυμαρικά). Μπορεί να τραφεί και με άλευρο, πίτυρα ή πλιγούρι. Προσβάλλει επίσης σε μικρότερο βαθμό όσπρια, καπνό, λαχανικά και ορισμένα άλλα τρόφιμα και ζωοτροφές. (Σταμόπουλος 1995). Το *R. dominica* είναι το πολυπληθέστερο έντομο που παρατηρείται σε αποθήκες με ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα.



Εικόνα 18: Σιτάρι προσβεβλημένο από ακμαία άτομα *R. dominica*

4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Για τη μείωση της ζημιάς που προκαλεί το *R. dominica* και για τον έλεγχο του πληθυσμού του, χρησιμοποιούνται κυρίως χημικά μέσα καταπολέμησης. Όμως η ανάγκη για πιο ασφαλή και οικολογική εφαρμογή έχει οδηγήσει στη χρησιμοποίηση και άλλων μεθόδων όπως φυσικές μέθοδοι, βιοτεχνολογικές καθώς επίσης και συνδυασμός μεθόδων.

Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης.

Η αντιμετώπιση του *R. dominica* είναι πολύ δύσκολη εξαιτίας της αναπτύξεως των νυμφών και των προνυμφών του εντός του σπόρου. Επίσης επειδή και το ακμαίο τρέφεται εντός του σπόρου, είναι δύσκολο να γίνει διάγνωση κυρίως στα αρχικά στάδια της προσβολής. Έρευνες που έχουν γίνει δείχνουν πως τα ακμαία άτομα *R. dominica* είναι από τα λιγότερο ευαίσθητα είδη κολεοπτέρων αποθηκών όταν για τη καταπολέμηση τους χρησιμοποιείται κάποιο σκεύασμα γης διατόμων (*Subramanyam end Roesli 2000, Fields end Korunic 2000*). Γενικώς το σκαθάρι του ρυζιού δεν είναι πολύ κινητικό, σε

σύγκριση με άλλα είδη της ίδιας τάξεως και έτσι η επαφή με τα μόρια της γης διατόμων είναι μειωμένη. Παρ' όλα αυτά, οι *Athanassiou and Kavallieratos (2005)* και οι *Kavallieratos et al. (2005)* αναφέρουν την ιδιαίτερη ευαισθησία του *R. dominica* στα σκευάσματα γης διατόμων *PyriSec, Insecto* και *Pyrisec*.

Βιοτεχνολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Ο βιολογικός κύκλος του *R. dominica* ολοκληρώνεται εντός του σπόρου του αποθηκευμένου προϊόντος, γεγονός που καθιστά δύσκολη την καταπολέμηση του σε άλλα στάδια αναπτύξεως, εκτός από το στάδιο του ακμαίου. Πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι πολλά έντομα έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα σε διάφορα σκευάσματα. Το *R. dominica* έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα στο malathion. Για τους παραπάνω λόγους η εφαρμογή παγίδων διαφόρων τύπων για την μείωση του πληθυσμού του στις αποθήκες είναι μια λύση. Για έντομα όπως το *R. dominica* γίνεται χρήση της ιδιότητας που έχουν να κρύβονται στις ρωγμές των τοίχων και στις σχισμές των κατασκευών των αποθηκών. Οι πιο αντιπροσωπευτικές που στηρίζονται σ' αυτήν την ιδιότητα είναι οι παγίδες από κυματοειδές χαρτόνι. Είναι εφοδιασμένες με φερομόνη για την έλκυση και είτε είναι διαποτισμένες με εντομοκτόνο επαφής για την θανάτωση, είτε με κολλητική ουσία για την ακινητοποίηση των εντόμων (*Μπουχέλος 1996*).

Χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Για την αντιμετώπιση του *R. dominica* έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς διάφορα εντομοκτόνα κυρίως οργανοφωσφορικά με βασικό αντιπρόσωπο το malathion. Το malathion έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατως και χρησιμοποιείται ακόμα. Η συνεχής χρήση του είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ανθεκτικότητας πολλών ειδών εντόμων όπως και του *R. dominica* (*Arthur 1992*). Τα τελευταία χρόνια έχουν προστεθεί και τα πυρεθρινοειδή σκευάσματα στην αντιμετώπιση του *R. dominica*. Συγκριτικώς με το malathion φάνηκε ότι τα πυρεθρινοειδή και κυρίως το permethrin έχουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα

Άλλα εντομοκτόνα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση του *R. dominica* είναι το L-cyhalothrin και τα οργανοφωσφορικά chloropyrifos-methyl. Πρόσφατη έρευνα όμως αναφέρει ότι το *R. dominica* έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα και σε

αυτά. (*Arthur 1992*). Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη αναπύξεως εναλλακτικών χημικών μεθόδων. Ο *Arthur (1992)* έδειξε ότι η εφαρμογή bioresmethint σε συνδυασμό με piperonyl butoxide είχε αποτελέσματα κατά του *R. dominica*.

Sitophilus oryzae (L.)

Επιστημονική ονομασία : *Sitophilus oryzae*

Κοινή ονομασία : Ρυγχωτό σαθάρι ρυζιού

Αγγλική ονομασία : Rice weevil

Τάξη : Coleoptera

Υπόταξη : Polyphaga

Οικογένεια : Curculionidae

1. ΓΕΝΙΚΩΣ

Το *S. oryzae* είναι ένας από τα σοβαρότερους εχθρούς του αποθηκευμένου σιταριού παγκοσμίως. Εμφανίστηκε στην Ινδία και έχει εξαπλωθεί παγκοσμίως. Είναι ανθεκτικό στα θερμά κλίματα. Επιτίθεται στο σιτάρι, στον αραβόσιτο, στη βρώμη, στη σίκαλη, στο κριθάρι, στο σόργο, στα ξερά φασόλια, στα καρύδια, τον άγριο και στα προϊόντα δημητριακών (ειδικά τα μακαρόνια).

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Μορφολογία του εντόμου

- **Ακμαίο :** είναι ρυγχοφόρο Κολεόπτερο. Το μήκος του είναι 2.5 - 3.5 mm. Μακροσκοπικώς μοιάζει με το *S. granarius* επειδή έχουν το ίδιο μέγεθος, σχήμα και χρώμα. Διαφέρει όμως στο ότι (α) έχει καλύτερα ανεπτυγμένες τις οπίσθιες (μεμβρανοειδείς) πτέρυγες και μπορεί να ίπταται, (β) έχει δύο κοκκινωπές ή κιτρινωπές κηλίδες σε κάθε

έλυτρο (μία στην ωμιαία γωνία και μια πιο πίσω από το μέσο του ελύτρου). Στο επιθωράκιο του έχει στρογγυλά κοιλώματα. Τα βοθρία του πρόνωτου είναι περίπου κυκλικά και πολύ πυκνά ακόμα και κατά μήκος του προσθίου χείλους του προνώτου. Οι κατά μήκος των ελύτρων ραβδώσεις αποτελούνται από σχετικά μεγάλα στίγματα-βοθρία ενώ οι μεταξύ τους ζώνες έχουν μεγάλα στίγματα. Τα ακμαία ζουν συχνά για 7 έως 8 μήνες και μερικά πάνω από 2 έτη, με ελάχιστο κύκλο ζωής τις 28 ημέρες. Τέλος μπορεί να πετάξει και προσελκύεται από τα φώτα, ενώ όταν πέσει στο έδαφος, τραβάει μέσα τα πόδια του και υποκρίνεται ότι είναι νεκρό.

- **Προνύμφη** : έχει μήκος 3-4mm, είναι άποδη, κοντόχονδρη και κεκαμένη, με ευδιάκριτη κάψα. Το χρώμα της είναι κιτρινωπό (αχυρόλευκο). Υφίσταται τρεις εκδύσεις. Οι προνύμφες νυμφώνονται μέσα στον πυρήνα.



Εικόνα 19: *Sitophilus oryzae*. ωό, προνύμφη, χρυσαλλίδα, ακμαίο



Εικόνα 20: Ακμαίο του *S. oryzae* μέσα στον σπόρο του αραβόσιτου



Εικόνα 21: Προσβολή αραβοσίτου από *S. oryzae*

Βιολογία :

Τα ακμαία ζουν συχνώς για 7 έως 8 μήνες και μερικά πάνω από 2 έτη με ελάχιστο κύκλο ζωής τις 28 ημέρες. Η θερμοκρασία και η υγρασία αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό των γενεών, την συνολική ανάπτυξη και τη δραστηριότητα του εντόμου. Οι ευνοϊκότερες συνθήκες είναι 27 - 30 °C για την θερμοκρασία και 75 - 90 % για την σχετική υγρασία. Τα όρια μέσα στα οποία αναπτύσσεται με επιτυχία, είναι οι θερμοκρασίες 17 - 34 °C και η σχετική υγρασία 40 - 100 %. Ο αριθμός των γενεών στην Νάπολη της Ιταλίας είναι τέσσερις ενώ στο Κάιρο της

Αιγύπτου δέκα, γεγονός που δείχνει τις διαφορές που μπορεί να προκαλέσει η διαφοροποίηση θερμοκρασίας και υγρασίας.

Τα θήλεα μπορούν να γεννήσουν από 300 έως 400 ωά, αλλά ένα ανά σε κάθε κοιλότητα. Τα θήλεα συζευγνύονται αμέσως μετά την έξοδο από τους σπόρους και δύο εβδομάδες μετά αρχίζουν να γεννούν τα ωά τους (150 - 200) με ημερήσιο ρυθμό που εξαρτάται από :

(α) τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος

(β) τη σκληρότητα των σπόρων, δεδομένου ότι το θήλυ ανοίγει με τα στοματικά μόρια του μίαν οπή στον σπόρο όπου εναποθέτει ένα ωό

Τα ωά είναι λευκά, αψιδειδή και λαμπερά, διαστάσεων 0.5 - 0.8 X 0.2 - 0.4mm.

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 έχει την ιδιότητα να στερεοποιείται όταν έρθει σε επαφή με τον αέρα. Πρέπει να αναφερθεί ότι στον αραβόσιτο μπορεί να εναποθεθούν παραπάνω από ένα ωά ανά σπόρο. Η διάρκεια της ωοτοκίας κρατά πολλούς μήνες και στην περίοδο του χειμώνα είναι μειωμένη. Για την ωοτοκία και την εκκόλαψη οι άριστες συνθήκες είναι η θερμοκρασία των 30 °C και η σχετική υγρασία 99 %. Η ωοτοκία είναι ασθενέστατη και δεν υπάρχει προνομιμική εκκόλαψη σε θερμοκρασίες 13 °C ή 35 °C και σε σχετική υγρασία κατώτερη του 30 %. Το έντομο δεν αντέχει στις χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες ορισμένων εύκρατων χωρών. Γι' αυτό όπως αναφέρεται είναι σοβαρός εχθρός των αποθηκευμένων σπόρων στις τροπικές και υποτροπικές χώρες και σε ζεστά μέρη των εύκρατων χωρών.

Οι προνύμφες εκκολάπτονται εντός 3 - 10 ημερών, αναλόγως της θερμοκρασίας και διατρέφονται από το άμυλο των σπόρων χωρίς να προσβάλλουν την κυτταρίνη. Το προνομιμικό στάδιο διαρκεί, αναλόγως της θερμοκρασίας, 18 ή περισσότερες ημέρες. Η προνύμφη όταν συμπληρώσει την ανάπτυξη της, νυμφώνεται εντός του σπόρου. Στο στάδιο της νύμφης παραμένει από 3 έως 9 ημέρες με μέσο όρο 6 ημέρες. Οι ευνοϊκότερες συνθήκες για την ανάπτυξη του εντόμου είναι για τη θερμοκρασία 27 - 30 °C και για τη σχετική υγρασία 75- 90 %.

Στην Ελλάδα ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 40 ημέρες με 3 - 4 γενεές το χρόνο (Τομάζου 1989). Το ακμαίο ζει από 3-6 μήνες και σε καμία περίπτωση παραπάνω από 8 μήνες. Αντιθέτως, το συγγενές είδος *S. granarius* ζει ένα έτος ενώ σε εξαιρετικές περιπτώσεις φθάνει τα 2,5 χρόνια.

Είναι πιθανό 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.

3. ΖΗΜΙΕΣ-ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ

Τόσο το ακμαίο όσο και η προνύμφη προσβάλλουν το ρύζι και τους σπόρους σιτηρών (σιτάρι, σίκαλη, κριθάρι, αραβόσιτο και σπανιότερα βρώμη), στους αποθηκευτικούς χώρους, όπως επίσης και συμπαγή αμυλούχα προϊόντα (ξερό ψωμί, φρυγανιές, ζυμαρικά). Μπορεί να τραφεί και με αλεύρι, πίτυρα ή πληγούρι, αλλά δεν μπορεί να αναπαραχθεί (Leresme 1944). Προσβάλλει επίσης σε μικρότερο βαθμό όσπρια, καπνό, λαχανικά και ορισμένα άλλα τρόφιμα και ζωοτροφές. Σε αντίθεση με το *S. oryzae*, το συγγενές είδος *S. granarius* δεν προσβάλλει ποτέ το αποφλοιωμένο ρύζι (Σταμόπουλος 1995).

Η ποσοτική αλλά και ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος προκαλείται εξαιτίας των στοών τις οποίες ανοίγουν με τη δράση τους τα ακμαία και οι προνύμφες. Επίσης σημαντικώς συμβάλλει και η μείωση του αμύλου του ενδοσπερμίου, το οποίο χρησιμοποιείται ως τροφή. Οι σπές διευκολύνουν τις δευτερογενείς προσβολές άλλων εντόμων π.χ. *Tribolium* sp. Εκτός από τις ανωτέρω δευτερογενείς προσβολές, είναι δυνατή η ανάπτυξη μυκήτων που και αυτοί όχι μόνο υποβαθμίζουν το προϊόν, αλλά το καθιστούν και τοξικολογικώς επικίνδυνο (μυκοτοξίνες).

Στη περίπτωση των ενσασμασμένων σπόρων που μένουν αρκετή ώρα στον ήλιο, τα ακμαία, σε αντίθεση απ' ό τι 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). Οι κηλίδες αυτές ευνοούν την ανάπτυξη μυκήτων στους είδη προσβεβλημένους σπόρους, με τελικό αποτέλεσμα να σχηματίζονται

συμπαγή συσσωματώματα του προϊόντος, που το υποβαθμίζουν τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά.

4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Για την μείωση της ζημιάς που προκαλεί το *S. oryzae* και τον έλεγχο του πληθυσμού, χρησιμοποιούνται κυρίως χημικά μέσα καταπολέμησης. Όμως η ανάγκη για πιο ασφαλή και οικολογική εφαρμογή έχει οδηγήσει στη χρησιμοποίηση και άλλων μεθόδων όπως είναι οι φυσικές μέθοδοι, οι βιοτεχνολογικές και οι βιολογικές, καθώς επίσης και συνδυασμός των μεθόδων.

Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης.

Το *S. oryzae* λόγω της αναπτύξεως των νυμφών και των προνυμφών εντός του σπόρου, είναι από τα έντομα του οποίου η αντιμετώπιση είναι δύσκολη. Το γεγονός ότι το ακμαίο τρέφεται εντός του σπόρου κάνει δύσκολη τη διάγνωση κυρίως στα αρχικά στάδια της προσβολής. Είναι δυνατόν η προσβολή να γίνει αντιληπτή πριν την έξοδο των ακμαίων από τον σπόρο, εάν μικρή ποσότητα σπόρου ριχτεί μέσα σε δοχείο με ύδωρ. Οι προσβεβλημένοι σπόροι λόγω του κενού θα ανέλθουν στην επιφάνεια, ενώ οι υγιείς βυθίζονται.

Σε πειράματα που έγιναν με το *S. oryzae* (Nelson 1972), χρησιμοποιήθηκε συσκευή που εκμεταλλεύτηκε το ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκε διάταξη, που αποτελείται από σωλήνα εντός του οποίου διοχετεύεται σιτάρι. Ο σωλήνας καταλήγει σε ένα θάλαμο ο οποίος είναι συνδεδεμένος με κύκλωμα που του παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα συχνότητας 10-100 Mhz. Εντός του θαλάμου αναπτύσσεται θερμοκρασία που φτάνει μέχρι 65 °C. Έτσι τα έντομα θανατώνονται από ηλεκτροπληξία εξαιτίας του ηλεκτρικού ρεύματος υψηλής συχνότητας και επιτυγχάνεται τελικά η απεντόμωση των σπόρων του σιταριού. Η διάταξη ολοκληρώνεται με ένα σωλήνα που μεταφέρει το σιτάρι του θαλάμου, έξω από την συσκευή. Μειονέκτημα της διάταξης αυτής είναι το υψηλό κόστος της μεθόδου.

Αποτελεσματικότητα της γης διατόμων εναντίον του S. Oryzae

Τα διάφορα σκευάσματα της σκόνης γης διατόμων επιδρούν σε διαφορετικό βαθμό έναντι του *S. oryzae* σε αποθηκευμένο σιτάρι, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Γενικώς το *S. oryzae* φαίνεται να είναι λιγότερο ανθεκτικό από το συγγενές είδος *S. granarius*.

Πίνακας IV: Αποτελεσματικότητα διαφόρων τύπων γης διατόμων επί του *S. oryzae* σε αποθηκευμένο σκληρό σιτάρι, μετά από 5 ημέρες έκθεση (Korunic 1997)

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

- Τα δεδομένα προέκυψαν με ανάλυση probits, ΔΕ= διάστημα εμπιστοσύνης.
- 25 ακμαία *S. oryzae* όλων των ηλικιών και ανεξάρτητα φύλου για κάθε επανάληψη σε σύνολο 5 επαναλήψεων.
- Θερμοκρασία 25 °C , Σ.Υ. 55% και Υγρασία σπόρου 14%.

Η σκόνη γης διατόμων έχει επίδραση μόνο στα ακμαία του *S. oryzae* αφού τα ατελή στάδια του εντόμου βρίσκονται εντός του σπόρου. Τόσο η υγρασία (σπόρου, αποθηκευτικού χώρου) όσο και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, επιδρούν στην αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων έναντι των ακμαίων του *S. oryzae*. Η αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και της υγρασίας (σπόρου, αποθηκευτικού χώρου) φαίνεται να αυξάνει την αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων (Mewis end Urlichs 2000).

Η σκόνη γης διατόμων προκαλεί αυξημένη θνησιμότητα και επί του παρασιτοειδούς *A. calandrae* (Mendoza et al 1999). Το γεγονός αυτό πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερα υπ' όψιν σε προγράμματα αντιμετώπισης, όταν συνδυάζεται η βιολογική αντιμετώπιση με τη χρήση σκόνης γης διατόμων. Σε πειράματα που διεξήχθησαν για την μελέτη της επιδράσεως της γης διατόμων στο *A. calandrae* φάνηκε ότι το ακμαίο παρασιτοειδές προτιμά να ωοτοκεί σε σπόρους που δεν φέρουν σωματίδια σκόνης. Συμφώνως προς τους Mendoza et al. (1999) ένας καλός συνδυασμός των δύο μεθόδων θα μπορούσε να επιτευχθεί με μεταχείριση του αποθηκευμένου σπόρου στα ανώτερα στρώματα (μέχρι 30

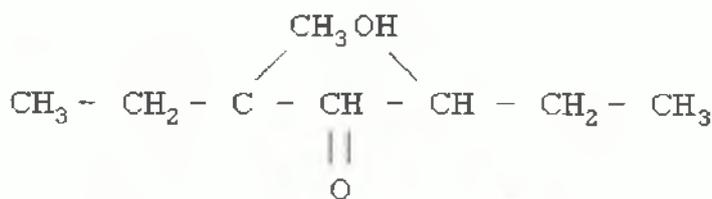
cm.) με σκόνη γης διατόμων και η εξαπόλυση του παρασιτοειδούς να πραγματοποιηθεί στα στρώματα της μάζας του αποθηκευμένου σπόρου που βρίσκονται κάτω από αυτό το ύψος.

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 τέλειου εντόμου. Πολλά έντομα έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα σε διάφορα σκευάσματα. Αναφέρεται ότι το συγκεκριμένο ανέπτυξε και στην Ελλάδα ανθεκτικότητα στη φωσφίνη. Τα παραπάνω συνηγορούν στην εφαρμογή παγίδων διαφόρων τύπων για την μείωση του πληθυσμού του *S. oryzae* στις αποθήκες. Συγκεκριμένα για το γένος *Sitophilus* εφαρμόζονται παγίδες τύπου σόντας (Σταμόπουλος 1995).

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

Το *S. oryzae* κατατάσσεται στα μακρόβια είδη (Μπουχέλος 1993). Αυτό σημαίνει όσον αφορά στην δραστηριότητα του, ότι για την σύζευξη και την αναπαραγωγή του είναι απαραίτητη η λήψη τροφής. Τα έντομα αυτά έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν κυρίως με φερομόνες συναθροίσεως, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την χρησιμοποίησή τους σε παγίδες για την σύλληψη του εντόμου. Για το *S. oryzae* καθώς επίσης και για το συγγενές είδος *S. granarius* χρησιμοποιείται ως ελκυστικό η κετόνη 4-μέθυλο, 5-υδροξύ-επτανόνη (3).



Εικόνα 22: Φερομόνη συναθροίσεως *S. oryzae*, *S. granarius*

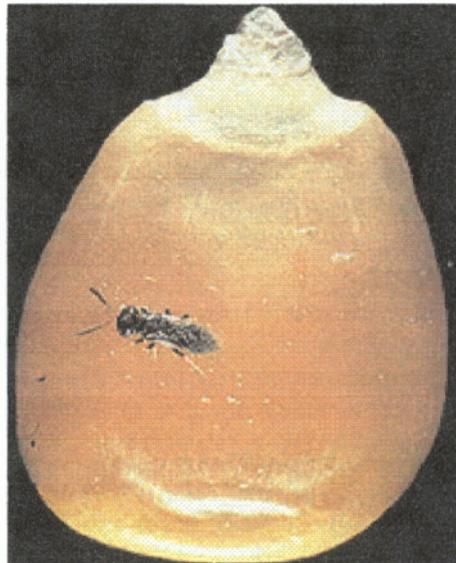
Επί του *S. oryzae* έχουν εφαρμοστεί σκευάσματα που στηρίζουν τη δράση τους σε ρυθμιστές αναπτύξεως. Συγκεκριμένως, εφαρμόστηκε ένας παρεμποδιστής συνθέσεως της χιτίνης το diflubenzuron σε αναλογία 0.2 mg /kgf σιταριού (Oberlander 1997). Η εφαρμογή αυτή είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση λίγων ακμαίων στην 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*, *Gossypium* και άλλων επί του γένους *Sitophilus*, 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/kgf 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/kgf σπόρου, η οποία μειώνει σε μεγάλο βαθμό τη 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 σιρόδου και από κέδρο.

Βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισεως

Για τη βιολογική αντιμετώπιση του *S. oryzae*, έχουν μελετηθεί τρία παρασιτοειδή ανήκοντα στην τάξη Hymenoptera. Το σημαντικότερο παρασιτοειδές του *S. oryzae* καθώς και του συγγενούς είδους *S. granarius* είναι το *A. calandrae*. Η δράση του εντοπίζεται επί της προνύμφης του *S. oryzae*. Συγκεκριμένα το θήλυ Υμενόπτερο έχει την ικανότητα να ανιχνεύει το κάλυμμα της οπής που δημιουργεί το ακμαίο *S. oryzae*, στον σπόρο, κατά την ωοτοκία. 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

ωοθήτη του θηλυκού παρασίτου 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 προνύμφη του παρασιτοειδούς τρέφεται με την παραλυμένη προνύμφη, καταστρέφοντας την. Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου του παρασιτοειδούς είναι 15 ημέρες. Έχει παρατηρηθεί (Cotton 1963) 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), τα οποία δρουν και αυτά επί των προνυμφών του *S. Oryzae* (Τόλης 1986).



Εικόνα 23: Αχμαιο *Anisopteromalus calandrae*

Χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης

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 malathion έχει χρησιμοποιηθεί ευρυτάτως στο παρελθόν και χρησιμοποιείται ακόμα. Αποτέλεσμα της συνεχούς χρήσεώς του, ήταν η ανθεκτικότητα που ανέπτυξαν σε αυτό πολλά είδη εντόμων.

Τα τελευταία 15 χρόνια περίπου, προστέθηκαν και τα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα στην αντιμετώπιση του *S. ογυζαε*. Παραλλήλως, από πειράματα αξιολογήσεως διαφόρων οργανοφωσφορικών και πυρεθρινοειδών εντομοκτόνων, συγκριτικώς με το κλασικό στην αντιμετώπιση εντόμων στις αποθήκες *malathion*, φάνηκε ότι υπάρχουν ακόμη καλύτερα 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* (Ραπαδοπούλου *end* Τομαζου 1991). Τα φάρμακα αυτά όχι μόνο θανατώνουν τα ακμαία του *S. ογυζαε*, αλλά εμποδίζουν την εμφάνιση της F_1 και των μετέπειτα γενεών. Αναφέρεται ότι το *S. ογυζαε* έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σε μερικά οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα κυρίως στο *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 τα καπνογόνα (κατά κανόνα φωσφίνη), για να απαλλαγεί το προϊόν από όλες τις μορφές εντόμων, και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται εντομοκτόνα για προστασία μακράς διάρκειας.

Tribolium confusum* Jacquelin du Val*Επιστημονική ονομασία : *Tribolium confusum*****Κοινή ονομασία :** Σκαθάρι ή φείρα των αλεύρων**Αγγλική ονομασία :** Confused flour beetle**Τάξη :** Coleoptera**Υπόταξη :** Polyphaga**Οικογένεια :** Tenebrionidae**1. ΓΕΝΙΚΩΣ**

Το *T. confusum* είναι ένα έντομο γνωστό από τους αρχαίους χρόνους για τις ζημιές του. Βρέθηκε σε τάφους των Φαραώ (Τουτανχαμών) στην Αίγυπτο το 2500 π.Χ. Είναι το αφθονότερο και πιο επιβλαβές έντομο στο Ηνωμένο Βασίλειο, στις Ηνωμένες Πολιτείες και στην Αυστραλία.

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ*Μορφολογία του εντόμου*

- **Ακμαίο :** είναι επίμηκες, πεπιεσμένο, λείο (χωρίς τρίχωμα). Έχει μήκος 3,5 - 4,5 χιλ., χρώμα στιλπνό ερυθροκαστανό, κεφαλή και επιθωράκιο με πολλά μικρά στίγματα. Οι κεραιές έχουν άρθρα που μεγεθύνονται βαθμιαίως προς το άκρο, πράγμα χαρακτηριστικό για την διάκριση από το *T. castaneum*.



Εικόνα 24: Κεφαλή ακμαίου *Tribolium confusum*



Εικόνα 25: 1^ο ζεύγος ποδών (αριστερή φωτογραφία), 2^ο (μεσαία φωτογρ.) και 3^ο (δεξιά) *Tribolium confusum*.

- **Προνύμφη** : ευκέφαλη, ολιγόποδη. Έχει σώμα επίμηκες είναι ωχροκίτρινη και το μήκος της φτάνει τα 4 – 5 mm. Έχει σμήριγγες στα πλάγια των σωματικών τμημάτων, κεφαλή σκοτεινού χρώματος και το τελευταίο κοιλιακό τμήμα έχει χιτινισμένη διχρανοειδή απόφυση (Μπουχέλος 1996). Τα αυγά είναι υπόλευκα ή άχρωμα και μικροσκοπικά στο μέγεθος, με τα μόρια τροφίμων που εμμένουν στην κολλώδη επιφάνεια και έχουν έξι πόδια.



Εικόνα 26: Ακμαία και προνύμφες *T. confusum* στο αλεύρι



Εικόνα 27: Προνύμφη ενός *T. confusum*

Βιολογία :

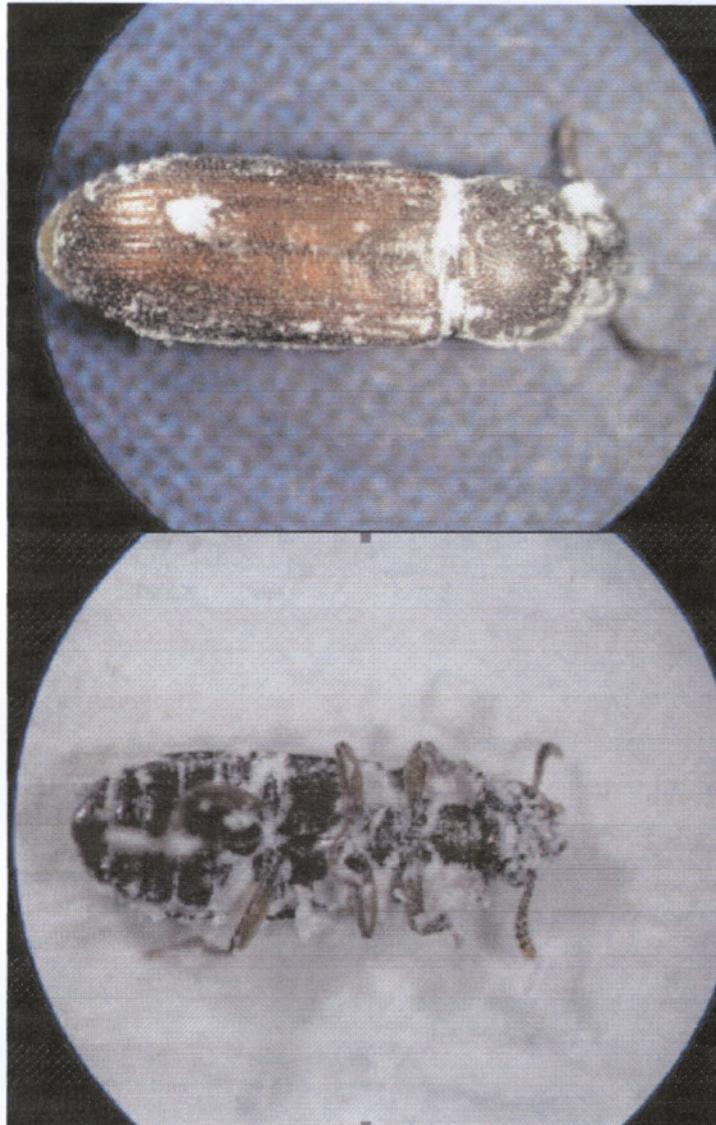
Το *T. confusum* σε ψυχρές και μη θερμαινόμενες αποθήκες αναστέλλει την δραστηριότητά του και διαχειμάζει στο στάδιο του ακμαίου στα διάφορα προϊόντα και σε ύλες της διατροφής του, καθώς και σε ρωγμές και σε άλλα καταφύγια. Προσβάλλει το σιτάρι με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία προκαλώντας του μια γκριζα απόχρωση. Τα ακμαία εκπέμπουν μια δυσάρεστη οσμή εξαιτίας των αδένων που βρίσκονται στην κοιλία και στο θώρακα. Όταν οι συνθήκες της αποθήκης γίνουν ευνοϊκές (αισθητή άνοδος της θερμοκρασίας) τα ακμαία αναλαμβάνουν δραστηριότητα, συζεύγνυνται και τα θήλεα αρχίζουν να ωοτοκούν. Είναι μακρόβια ζώντας 1 - 2 χρόνια.

Κάθε θήλυ μπορεί να γεννήσει 300 με 600 ωά περίπου, τα οποία εναποθέτει μεμονωμένως, προσκολλούμενα στα αλεύρα, στους σπόρους, στα πίτυρα, στους σάκχους και σε άλλα υποστρώματα. Τα ωά είναι μικρά, λευκά και γλοιώδη με διαστάσεις 0,6X0,3 mm.

Ο ρυθμός ωτοκίας είναι αργός και ημερησίως γίνεται μικρή εναπόθεση ωών. Η εκκόλαψη είναι επίσης βραδεία και βασικώς εξαρτάται από τη θερμοκρασία (ευνοϊκές θερμοκρασίες 30 °C - 35 °C). Οι προνύμφες εκκολάπτονται ύστερα από 1 έως 2 εβδομάδες και αρχίζουν να τρέφονται κατά προτίμηση από άλευρα και σπασμένους σπόρους ή προσβεβλημένους από άλλα έντομα.

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

Η προνύμφη φτάνει σε πλήρη ανάπτυξη, κάτω από ευνοϊκές συνθήκες, εντός 3 - 5 εβδομάδων. Έτσι, κατά τη διάρκεια των θερμών μηνών ο πλήρης βιολογικός κύκλος του εντόμου συμπληρώνεται εντός 7 - 8 εβδομάδων. Το *T. confusum* μπορεί να συμπληρώσει 3 - 5 γενεές το έτος, αναλόγως των επικρατουσών και άλλων συνθηκών στις αποθήκες.



Εικόνα 28: Εφαρμογή γης διατόμων σε *T. Confusum*

3. ΖΗΜΙΕΣ-ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ

Προσβάλλει όλα τα είδη σπόρων, άλευρα, πίτυρα, σπέρματα ψυχανθών, ξηρές ρίζες, ξηρά φρούτα, ξηρούς καρπούς, εντομολογικές συλλογές, σοκολάτα, φάρμακα, καπνό και πολλά άλλα προϊόντα.

4. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ

Φυσιικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Η μορφολογία καθώς και η φυσιολογία του συγκεκριμένου εντόμου προσδίδουν σε αυτό την ικανότητα να αντέχει περισσότερο, από ότι τα άλλα κολεόπτερα των αποθηκευμένων προϊόντων, όταν εκτίθεται σε προϊόν στο οποίο έχει προστεθεί γη διατόμων. Αυτό το γεγονός θα μπορούσε να αντιμετωπισθεί χρησιμοποιώντας μεγαλύτερες ποσότητες γης διατόμων στο προϊόν (*Mewis and Ch.Ulrichs 2001, Athanassiou et al. 2004*). Ακόμη και αν η θνησιμότητα του πληθυσμού του δεν φθάνει το 100% άμεσα, είναι δυνατό να ελέγχεται ο πληθυσμός του εντόμου εφ' όσον δεν παρατηρείται μεγάλο ποσοστό απογόνων μετά από επέμβαση με σκόνη γης διατόμων (*Athanassiou et al. 2004*). Σύμφωνα προς τον *Athanassiou et al (2003)* σε ορισμένες περιπτώσεις η παραγωγή απογόνων ήταν υψηλή σε προϊόντα που είχε προστεθεί γη διατόμων, ακόμη και όταν τα πατριικά άτομα είχαν κατασταλεί κατά 100%. Παρ' όλα αυτά, η αποτελεσματικότητα της σκόνης είναι ικανοποιητική κατά των προνυμφών του εντόμου, όπως αναφέρουν οι *Mewis and Ch.Ulrichs (2001)* οπότε ακόμη και αν είναι υψηλοί οι αριθμοί των απογόνων, δε θα είναι δυνατή περαιτέρω προσβολή.

Η χρήση της γης διατόμων ως μεθόδου αντιμετώπισης είναι δυνατή ακόμη και στους μύλους (βιομηχανίες αλεύρων) ή και στους φούρνους όπου είναι δύσκολη η χρήση χημικών φαρμάκων ή άλλων μεθόδων. Οι δυναμικές αντιδράσεις της σκόνης με τα άλευρα είναι καθοριστικής σημασίας παράγοντες που συμβάλλουν στην ικανοποιητική εντομοκτόνο δράση.

Χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Έχει διαπιστωθεί πως τα οργανοφωσφορικά σκευάσματα όπως το pyrimiphos-methyl (*Evans 1985*) και το chlorpyrifos-methyl (*Arthur 1992*) μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση του *T. confusum*. Το έντομο αυτό έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα στα σκευάσματα malathion και lindane (*Evans 1985*).

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

(πειραματικό)

Εισαγωγή

Οι γαίες διατόμων (Γ.Δ.) αποτελούν εναλλακτικά μέσα προστασίας των δημητριακών. Έχουν φυσική προέλευση, χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά και μπορούν να εφαρμοστούν με την ίδια τεχνολογία όπως και τα χημικά φυτοφάρμακα (Korunic 1998, Subramanyam and Roesli 2000). Επιπροσθέτως, η γη διατόμων μπορεί ευκόλως να αφαιρεθεί από τον σπόρο πριν την άλεση, δεν επηρεάζει τον άρτο και τα προϊόντα από αλεύρι ή σιμιγδάλι (Korunic et al. 1996, Korunic 1998) και παραμένει επί του σπόρου για μεγάλη χρονικό διάστημα (Athanassson et al. 2005b). Αρκετές διατυπώσεις των γαίων διατόμων είναι εμπορικά διαθέσιμες (Subramanyam and Roesli 2000) και πολλές μελέτες αποδεικνύουν ότι είναι λίαν αποτελεσματικές κατά ευρέως φάσματος εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημα στη χρήση των γαίων διατόμων είναι ότι πρέπει να εφαρμόζονται σε μεγάλες αναλογίες δόσεων και αυτές οι αναλογίες επηρεάζουν αρνητικώς τις φυσικές ιδιότητες των αποθηκευμένων σπόρων και προ παντός την πυκνότητα (Korunic et al. 1998). Επίσης η παρουσία υψηλής συγκέντρωσης γης διατόμων μπορεί να προκαλέσει προβλήματα αναπνοής στους εργαζομένους μετά από μακρά έκθεση. Πολλές γαίες διατόμων είναι αποτελεσματικές σε αναλογίες δόσεων 1000 ppm ή και περισσότερο (Aldryhim 1990, 1993, Fields and Korunic 2000, Fields et al. 2003, Arthur 2003, Athanassson et al. 2003, 2004 2005a) και σύμφωνα με τους Subramanyam and Roesli (2000). Αυτές οι δόσεις δεν είναι αποδεκτές για τους παραπάνω λόγους. Ως εκ τούτου, η αξιολόγηση νέων σκευασμάτων γαίων διατόμων στις μικρότερες δόσεις κρίνεται ουσιαστική.

Από τους βιοτικούς παράγοντες που επηρεάζουν την εντομοκτόνο δράση της Γ.Δ., δύο φαίνεται να είναι οι πιο ουσιαστικοί: το είδος των εντόμων και το είδος του προϊόντος (Subramanyam and Roesli 2000, Athanassson et al. 2003, Athanassson and Kavallieratos 2005, Kavallieratos et al. 2005). Οι Γ.Δ. ποικίλουν αξιοσημείωτα όσον αφορά στη δραστηριότητα τους μεταξύ διαφορετικών ειδών εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα. Για παράδειγμα σε πρόσφατη μελέτη οι Athanassson et al. (2005) βρήκαν ότι 500 ppm της γης διατόμων SilicoSec σε σιτάρι προκάλεσε περίπου 69 % θνησιμότητα σε ακμαία *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) μετά από δύο ημέρες εκθέσεως, ενώ η αντίστοιχη εικόνα για τα ακμαία *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) ήταν μόνο 7 %. Στην περίπτωση των προϊόντων, πολλές έρευνες προτείνουν ότι μία συγκεκριμένη Γ.Δ. δεν είναι το ίδιο δραστική όταν εφαρμόζεται σε όλα τα είδη (Aldryhim 1993,

Subramanyam and Roesli 2000, Athanassiou et al. 2003, 2004, Athanassiou and Kavallieratos 2005, Kavallieratos et al. 2005). Για παράδειγμα οι *Athanssion and Kavallieratos (2005)*, τεκμηρίωσαν ότι η αποτελεσματικότητα της Γ.Δ. PyriSec εναντίων των ακμαία *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) δεν ήταν η ίδια ανάμεσα σε οκτώ διαφορετικά είδη σπόρων. Συνεπώς, όταν παράγονται νέα σκευάσματα Γ.Δ., θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρώς υπ' όψιν οι συγκεκριμένες δύο παράμετροι ενώ ταυτοχρόνως θα πρέπει να γίνεται εργαστηριακός έλεγχος σε ευρύ φάσμα ειδών εντόμων και προϊόντων.

Στην συγκεκριμένη εργασία, αξιολογήθηκε η εντομοκτόνος δράση τριών νέων σκευασμάτων Γ.Δ. στο σιτάρι και στον αραβόσιτο εναντίων των ακμαίων *R. dominica*, *S. oryzae* και *T. Confusum*. Εκτός από την θνησιμότητα, εκτιμήθηκε και η ικανότητα παραγωγής απογόνων.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σκευάσματα

Στα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν 3 σκευάσματα Γ.Δ.: α) DEA-P, β) DEBBM-P, γ) DESGB-P.

Προϊόντα

Στα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν σιτάρι (ποικιλία Μεκα) και αραβόσιτος (ποικιλία Dias). Η περιεκτικότητα σε υγρασία των συγκεκριμένων προϊόντων, όπως αυτή προσδιορίστηκε από το υγρασιόμετρο *Dickey – John (Dickey-John Multigrain CAC II, Dickey-John Co, USA)* ήταν περίπου 13.2 %. Και οι δύο ποσότητες ήταν ελληνικής σοδειάς του 2004. Όλα τα έντομα που χρησιμοποιήθηκαν ήσαν ακμαία από 7 έως 21 ημερών. Οι ποσότητες των σιτηρών παρέμειναν για 14 ημέρες σε ερμητικώς κλειστά γυάλινα βάζα σε θερμοκρασία 25 °C.

Έντομα

Τα ακμαία *S. oryzae* και *R. dominica*, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα, ελήφθησαν από εκτροφή η οποία διατηρούνταν στο εργαστήριο σε ολόκληρο σκληρό σιτάρι σε θερμοκρασία 27 ± 1 °C και υγρασία 65 ± 5 % ΣΥ. Τα ακμαία *T. confusum* ελήφθησαν από εκτροφή σε σιτάλευρο με κ.β. περιεκτικότητα σε ζυθοζύμη 5% στους 28 ± 1 °C και σε υγρασία 65 ± 5 % RH.

Βιοδοκιμές

Οι βιοδοκιμές πραγματοποιήθηκαν στους 25 °C και σε ΣΥ 65 %. Για κάθε Γ.Δ. και προϊόν προετοιμάστηκαν πέντε ποσότητες των 3 Kg η κάθε μία για ισάριθμες δόσεις: 200, 400, 600, 800 και 1000 ppm. Τα προϊόντα με την γη διατόμων ανακινήθηκαν σε γυάλινα βάζα επί 3 λεπτά. Επιπροσθέτως, χρησιμοποιήθηκαν ποσότητες καθαρού σιταριού και αραβοσίτου ως μάρτυρες. Ελήφθησαν έξι δείγματα των 100 g έκαστο, από την κάθε σύστημα προϊόντος - Γ.Δ. και τοποθετήθηκαν εντός υαλίνων φιαλιδίων χωρητικότητας 200 ml έκαστο, κλεισμένα με διηθητικό χαρτί. Κατόπιν, εισήχθησαν 50 ακμαία εντός κάθε φιαλιδίου. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για το *S. oryzae* και το *T. confusum*. Στην περίπτωση του *T. confusum*, το προϊόν περιείχε 1 % σπασμένους σπόρους. Για κάθε είδος η θνησιμότητα υπολογίστηκε μετά από 7 ημέρες στα 3 φιαλίδια και μετά από 14 ημέρες στα υπόλοιπα 3.

Καταμέτρηση απογόνων

Μετά τη μέτρηση των 14 ημερών όλα τα φιαλίδια παρέμεναν στις ίδιες συνθήκες όπως περιγράφεται παραπάνω. Μετά την πάροδο 50 ημερών για το *S. oryzae* και 60 για τα άλλα δύο είδη ανοίγονταν τα φιαλίδια και καταμετρούταν ο αριθμός των νεκρών και των ζωντανών ατόμων. Στην περίπτωση του *T. Confusum* βρισκόνταν προνύμφες και νύμφες, δεδομένου ότι το είδος αυτό προσβάλλει δευτερογενώς τους σπόρους (Aitken 1975), αλλά δοθέντος ότι η πλειοψηφία των ατόμων ήταν ακμαία (> 85 % επί του συνόλου) οι απόγονοι του *T. confusum* χαρακτηρίστηκαν ως ακμαία. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου τα επίπεδα της θερμοκρασίας και της ΣΥ ήταν σταθερά και

ελέγχονταν με τη χρήση ψηφιακών καταγραφέων HOB0 (HOB0 H8, Onset Computers, USA) και με την χρησιμοποίηση κεικορεσμένων αλάτων χλωριούχου νατρίου (Greenspan 1977).

Στατιστική ανάλυση

Η θνησιμότητα στον μάρτυρα διορθώθηκε κατά Abbott (1925). Πριν από την ανάλυση όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν μετατράπηκαν σε τόξο του ημιτόνου ώστε να κανονικοποιηθούν οι διασπορές. Τα δεδομένα της θνησιμότητας και της παραγωγής απογόνων για κάθε είδος, σε κάθε Γ.Δ., σε κάθε προϊόν και για κάθε χρόνο εκθέσεως, αναλύθηκαν για κάθε δόση Γ.Δ. με τη χρήση στατιστικών πακέτων JMPIN (Sall et al. 2001). Η παραγωγή των απογόνων στους μάρτυρες δεν συμπεριλήφθηκε στην ανάλυση δεδομένου ότι προκαταρκτική ANOVA έδειξε ότι βρέθηκαν σημαντικώς περισσότεροι απόγονοι σε αυτούς παρά στα φιαλίδια με προϊόν και γη διατόμων ($P < 0.0001$). Για τη σύγκριση των μέσων χρησιμοποιήθηκε η κατά Tukey-Kramer (HSD) δοκιμασία στο 5 % (Sokal and Rohlf 1995).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Θνησιμότητα προκαλούμενη από την DEA

Στην περίπτωση του *R. dominica*, σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μόνο στις μετρήσεις των 7 ημερών στο σιτάρι (Πινάκας 1). Σε αυτή την έκθεση, με εξαίρεση τα 200 ppm, >91 ακμαία ήσαν νεκρά ενώ μετά από έκθεση 14 ημερών η θνησιμότητα ήταν >95 %. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν επίσης για τον αραβόσιτο, όπου η θνησιμότητα στα 200 ppm έφθασε στο 90 % μετά από έκθεση 7 ημερών. Για το *S. oryzae*, όλα τα ακμαία άτομα ήσαν νεκρά στο σιτάρι μετά από 7 ημέρες έκθεση σε δοσολογίες ≥ 800 ppm ενώ στις 14 ημέρες παρατηρήθηκε θνησιμότητα 100 % ακόμη και στη χαμηλότερη δόση. Εν αντιθέσει, στο καλαμπόκι η θνησιμότητα δεν υπερέβει το 41 % μετά από έκθεση 7 ημερών, αλλά μετά από 14 ημέρες εκθέσεως, η θνησιμότητα στα 200 ppm έφθασε το 72.2 %. Για το

T. confusum, η θνησιμότητα ήταν χαμηλότερη εν συγκρίσει με τα άλλα δύο είδη (Πίνακας 1). Μετά από 7 ημέρες εκθήσεως για τα δύο προϊόντα στις υψηλότερες δόσεις, περίπου τα μισά ακμαία άτομα ήταν ακόμα ζωντανά. Στις 14 ημέρες, η θνησιμότητα στην υψηλότερη δόση ήταν 93.5 % και 73.1 % για σιτάρι και τον αραβόσιτο αντιστοίχως.

Θνησιμότητα προκαλούμενη από την DEB

Στην περίπτωση του *R. dominica*, ευρέθησαν στις 7 ημέρες σημαντικώς περισσότερα νεκρά ακμαία στο σιτάρι σε δόσεις ≥ 800 ppm (Πίνακας 2). Η αύξηση του χρόνου εκθέσεως αύξησε πολύ λίγο τα επίπεδα της θνησιμότητας. Παρόμοιες θνησιμότητες σημειώθηκαν επίσης και στην περίπτωση του αραβόσιτου. Για το *S. oryzae* στο σιτάρι, όλα τα ακμαία ήταν νεκρά, με εξαίρεση τη χαμηλότερη δοσολογία, μετά από 7 ημέρες εκθέσεως, όπου η θνησιμότητα ήταν 98 %. Ομοίως, μετά από 14 ημέρες εκθέσεως όλα τα ακμαία στον αραβόσιτο ήταν νεκρά σε δόσεις ≥ 600 ppm, αλλά μόνον το 67 % πέθανε στην περίπτωση των 200 ppm. Τελικώς, σημαντικώς λιγότερα ακμαία *T. confusum* ήταν νεκρά στο σιτάρι στην χαμηλότερη δόση, σε σύγκριση με τα άλλα επίπεδα (Πίνακας 3). Μετά από 14 ημέρες εκθέσεως η θνησιμότητα ήταν ακόμη χαμηλή (16.2 %) στα 200 ppm, αλλά ήταν >95 % στα 400 ppm και 100 % στις άλλες δόσεις. Αντιθέτως, το 1/3 περίπου των εκτεθέντων ατόμων ήταν ακόμα ζωντανό μετά από 14 ημέρες εκθέσεως στον αραβόσιτο στην υψηλότερη δόση.

Θνησιμότητα προκαλούμενη από τη DESG

Στην περίπτωση του *R. dominica*, η θνησιμότητα στο σιτάρι και στον αραβόσιτο δεν υπερέβει το 65 % ακόμη και μετά από 14 ημέρες εκθέσεως, παρ' όλο που στις περισσότερες περιπτώσεις σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν ανάμεσα στις δόσεις. Για το *S. oryzae*, σημειώθηκε πολύ υψηλή θνησιμότητα (≥ 96.0 %) στο σιτάρι ακόμη και μετά από 7 ημέρες εκθέσεως και >99 % των ακμαίων πέθαναν 14 ημέρες. Αντιθέτως, αυτή η Γ.Δ. δεν είχε αποτέλεσμα στον αραβόσιτο, δεδομένου ότι η θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 5 %. Για το *T. confusum*, ευρέθησαν σημαντικώς περισσότερα ακμαία νεκρά μετά από 7 ημέρες στο σιτάρι σε δόσεις ≥ 800 ppm εν συγκρίσει με τις άλλες δόσεις. Σε αυτό το προϊόν, μετά από 14 ημέρες εκθέσεως, η θνησιμότητα έφθασε το 91 %.

Αντιθέτως, όπως στην περίπτωση του *S. oryzae*, αυτή η Γ.Δ. προκάλεσε πολύ μικρή θνησιμότητα (<15 %), ακόμη και μετά από 14 ημέρες εκθέσεως.

Παραγωγή απογόνων σε προϊόντα με DEA

Για το *R. dominica*, δεν σημειώθηκε παραγωγή απογόνων, με εξαίρεση στον κατεργασμένο αραβόσιτο (Πίνακας 4). Ομοίως, για το *S. oryzae*, η παραγωγή των απογόνων ήταν εξαιρετικώς χαμηλή στο σιτάρι (<1 ακμαίο / φιαλίδιο). Στον αραβόσιτο η παραγωγή απογόνων ήταν ≥ 1 ακμαίο / φιαλίδιο, μόνον στην περίπτωση των δύο χαμηλότερων δόσεων. Τελικώς, για το *T. confusum* δεν σημειώθηκε παραγωγή απογόνων στο σιτάρι, εκτός μίας εξαίρεσεως. Στον αραβόσιτο, η παραγωγή απογόνων ήταν σε υψηλά επίπεδα (>12 ενήλικα/ φιαλίδιο) στα 200 ppm, αλλά δεν καταγράφηκαν απόγονοι στα 1000 ppm.

Παραγωγή απογόνων σε προϊόντα με DEB

Για τα δύο προϊόντα και για τα διαστήματα εκθέσεως που εξετάστηκαν, οι απόγονοι του *R. dominica* ήσαν αυξημένοι και έφταναν τα 22.3 ακμαία / φιαλίδιο (Πίνακας 5). Εν τούτοις, η αύξηση της δόσεως μείωσε σημαντικώς τον αριθμό των απογόνων. Για το *S. oryzae*, απόγονοι εμφανίστηκαν μόνο στην περίπτωση της χαμηλότερης δόσεως και για τα δύο προϊόντα. Για το *T. confusum* στο σιτάρι, οι απόγονοι εμφανίστηκαν μόνο στα 200 ppm. Στον αραβόσιτο, οι απόγονοι ήσαν πολλοί, αλλά η αύξηση της δόσεως μείωσε σημαντικώς την παραγωγή τους.

Παραγωγή απογόνων σε προϊόντα με DESG

Για το *R. dominica*, σημειώθηκαν <1 ακμαία / φιαλίδιο στο σιτάρι, με εξαίρεση τη χαμηλότερη δόση, αλλά η παραγωγή των απογόνων ήταν υψηλή στον αραβόσιτο (Πίνακας 6). Για το *S. oryzae*, η παραγωγή ήταν εξαιρετικώς υψηλή στον αραβόσιτο, με 86-258 ακμαία / φιαλίδιο, ενώ στο σιτάρι η παραγωγή των απογόνων κυμαινόταν μεταξύ 0 και 7.7 %. Τελικώς, για το *T. confusum* η παραγωγή των απογόνων ήταν υψηλή (≥ 9.8 %) στο

σιτάρι στα 200 ppm, αλλά δε βρέθηκαν απογόνοι στην περίπτωση των 1000 ppm. Για τον αραβόσιτο, του *T. confusum* η παραγωγή των απογόνων ήταν υψηλή (34-49 ακμαία / φιαλίδιο), ενώ δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των Γ.Δ. που εξετάστηκαν.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το γεγονός ότι οι Γ.Δ. επηρεάζουν αρνητικώς την πυκνότητα του προϊόντος εκτιμάται ως το κύριο αίτιο για την περιορισμένη χρήση τους σε σπόρους (Korunic et al. 1998, Korunic 1998, Subramanyam and Roesli 2000). Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη νέων Γ.Δ. που επηρεάζουν λιγότερο τις φυσικές ιδιότητες των σπόρων είναι η μόνη λύση στο πρόβλημα (Subramanyam and Roesli 2000). Παρά το γεγονός ότι ακόμη και η περιορισμένη παρουσία της Γ.Δ. μπορεί να επηρεάσει την πυκνότητα του προϊόντος (Korunic et al. 1998), υπάρχουν πολλές Γ.Δ. από διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες στον κόσμο που έχουν υψηλή εντομοκτόνο δράση με χαμηλά ποσοστά δόσεως (Korunic 1997, 1998). Πρόσφατες έρευνες με διάφορα εμπορικά διαθέσιμα σκευάσματα Γ.Δ. έδειξαν ότι ένα ικανοποιητικό επίπεδο προστασίας σπόρων έχει επιτευχθεί με ποσοστά δόσεων >500 ppm (Subramanyam and Roesli 2000, Fields and Korunic 2000, Mewis and Ulrichs 2001, Fields et al. 2003, Athanassiou et al. 2003, 2004, 2005a, Athanassiou and Kavallieratos 2005, Kavallieratos et al. 2005). Βάσει των αποτελεσμάτων της παρούσης εργασίας, υψηλή θνησιμότητα μπορεί να επιτευχθεί κατά των ακμαίων *R. dominica*, *S. oryzae* και *T. confusum*, με ποσοστά δόσεων ≤600 ppm ή ακόμα και με 200 ppm.

Η εντομοκτόνος δράση των Γ.Δ. ποικίλουν αξιοσημείωτα ανάμεσα σε διαφορετικά είδη εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα (Subramanyam and Roesli 2000, Fields and Korunic 2000). Μεταξύ των ειδών που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, το *S. oryzae* φάνηκε να είναι το περισσότερο ευαίσθητο στην Γ.Δ., ακολουθούμενο από το *R. dominica* και από το *T. confusum* (Korunic 1998, Arthur 2000, Subramanyam and Roesli 2000, Fields and Korunic 2000, Athanassiou et al. 2005a, Kavallieratos et al. 2005). Στην περίπτωση του *R. dominica*, η DEA ήταν πολύ δραστική, ακόμη και με 200 ppm δεδομένου ότι το >80 % των εκτιθέμενων ακμαίων ήσαν νεκρά μετά από 7 ημέρες εκθέσεως. Αυτό είναι ιδιαίτερος

σημαντικό, δεδομένου ότι τα ακμαία *R. dominica* δεν είναι πολύ ευκίνητα, οπότε η πιθανότητα να έλαβαν τμήματα Γ.Δ. είναι μικρή και για αυτό τον λόγο το είδος αυτό κατατάσσεται ανάμεσα στα περισσότερων ανθεκτικά στην Γ.Δ. (*Fields and Korunic 2000*). Σε πρόσφατη έρευνα για το ίδιο είδος οι *Kavallieratos et al. (2005)* χρησιμοποίησαν 750 ppm από τις Γ.Δ. SilicoSec και Insecto για να πετύχουν παρόμοια επίπεδα θνησιμότητας για το ίδιο διάστημα εκθέσεως στο σιτάρι και στον αραβόσιτο. Ως εκ τούτου, 200 ppm DEA είναι μία επαρκής δόση για έναν ικανοποιητικό έλεγχο του είδους αυτού. Επιπροσθέτως, εξαιτίας του γεγονότος ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δόσεων της DEA, πιθανόν αυτή η Γ.Δ. να είναι αποτελεσματική σε δόσεις <200 ppm. Επίσης οι παρούσες βιοδοκιμές έδειξαν ότι οι DEB και DESG δεν ήταν τόσο αποτελεσματικές όσο η DEA, ακόμη και όταν η θνησιμότητα ήταν υψηλή με αυτές τις Γ.Δ. Κατά συνέπεια, η DEA θα μπορούσε να επιλεγεί για την καταπολέμηση του *R. dominica* στο σιτάρι και στον αραβόσιτο.

Η DEA ήταν πολύ αποτελεσματική επίσης και στην περίπτωση του *S. oryzae*, ιδιαιτέρως στο σιτάρι, όπου τα ακμαία ήσαν νεκρά μετά από 14 ημέρες εκθέσεως, ακόμη και στο μικρότερη δόση. Υψηλή θνησιμότητα παρατηρήθηκε επίσης στον αραβόσιτο, αλλά για θνησιμότητα >80 % χρειάστηκαν υψηλότερες δόσεις (400 ppm). Υψηλές θνησιμότητες σημειώθηκαν στο σιτάρι με την χρήση DEB και DESG δεδομένου ότι στα 200 ppm σχεδόν όλα τα άτομα ήσαν νεκρά (>95 %) μέσα σε 7 ημέρες από την έκθεση. Σε πρόσφατη έρευνα με 250 ppm από το SilicoSec στο σιτάρι στις ίδιες συνθήκες, οι *Athanassiou et al. (2005a)* αναφέρουν 71 % θνησιμότητα σε ακμαία *S. oryzae*. Ως εκ τούτου, όπως σημειώθηκε για το *R. dominica*, είναι πιθανόν να επιτευχθεί υψηλή θνησιμότητα σε δόσεις <200 ppm αλλά αυτή η υπόθεση απαιτεί περαιτέρω πειραματισμό. Όπως στην περίπτωση της DEA, η DEB ήταν υψηλώς αποτελεσματική στον αραβόσιτο, αλλά απαιτούνται υψηλότερες δόσεις (400 ppm) και μεγαλύτερες εκθέσεις (14 ημερών) συγκριτικώς με το σιτάρι ώστε να επιτευχθεί 100 % θνησιμότητα. Αντιθέτως, η DESG δεν ήταν τόσο αποτελεσματική εναντίων των ακμαίων *S. oryzae* στον αραβόσιτο. Οι Γ.Δ. είναι λιγότερο αποτελεσματικές στον αραβόσιτο παρά στο σιτάρι για διάφορα είδη εντόμων (*Subramanyam et al. 1994, 1998, Subramanyam και Roesli 2000*), ειδικώς κατά του *S. oryzae* (*Athanassiou et al. 2003*). Για παράδειγμα, οι *Athanassiou et al. (2003)* βρήκαν ότι η θνησιμότητα των ακμαίων *S. oryzae*, μετά από 7 ημέρες εκθέσεως στο κριθάρι και στον αραβόσιτο με 250 ppm SilicoSec, ήταν 71 και 14 % αντιστοίχως. Συμφώνως προς τους *Athanassiou and Kavallieratos (2005)* και

Kavallieratos et al. (2005) η συγκράτηση των Γ.Δ. PyriSec, SilicoSec και Insecto μειώθηκε στον αραβόσιτο εν συγκρίσει με άλλα 7 προϊόντα. Εν τούτοις, σε αυτές τις μελέτες η συγκράτηση των Γ.Δ. δεν συσχετιζόταν με την αποτελεσματικότητα των Γ.Δ. κατά των ακμαίων του *R. dominica*. Η μειωμένη αποτελεσματικότητα της Γ.Δ. στον αραβόσιτο κατά του *S. oryzae* μπορεί να αποδοθεί στις αλληλεπιδράσεις των Γ.Δ. με τα έλαια και τα λιπίδια των σπόρων του αραβόσιτου (*Subramanyam and Roesli 2000*). Παραδόξως, οι DEA και DEB ήταν αρκετά αποτελεσματικές στον αραβόσιτο και συνεπώς αυτές οι Γ.Δ. θα μπορούσαν να επιλεγούν για τον έλεγχο του *S. oryzae* σε αυτό το προϊόν.

Το *T. confusum* θεωρείται ως ένα από τα περισσότερο ανθεκτικά είδη κολεοπτέρων στη Γ.Δ. (*Arthur 2000, Mewis and Ulrichs 2001, Athanassiou et al. 2004, 2005a*). Για παράδειγμα, οι *Athanassiou et al. (2004)* βρήκαν ότι τα ακμαία *T. confusum* μπόρεσαν να επιζήσουν σε εκείνες τις δόσεις 3 Γ.Δ. επί βρώμης, σικάλεως και τριτικάλε οι οποίες προκάλεσαν 100 % θνησιμότητα στο *S. oryzae*. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας βρίσκονται σε συμφωνία με τις παραπάνω παρατηρήσεις, δεδομένου ότι η θνησιμότητα του *T. confusum* ήταν σημαντικώς χαμηλότερη σε σύγκριση με τα άλλα δύο είδη εντόμων. Γενικώς, 200 ppm δεν ήταν αποτελεσματικά κατά των ακμαίων *T. confusum*. Από τις 3 Γ.Δ. που εξετάστηκαν στο σιτάρι, η DEB ήταν η πιο αποτελεσματική, δεδομένου ότι προκάλεσε 95-100 % θνησιμότητα μετά από 14 ημέρες εκθέσεως σε δόσεις ≥ 400 ppm. Αυτό είναι ιδιαίτερος σημαντικό, δεδομένου ότι σε άλλες εργασίες με άλλες Γ.Δ. προτείνονται ότι ίδια επίπεδα θνησιμότητας μπορούν να επιτευχθούν με 1000 ppm (*Aldryhim 1990, Arthur 2000, Mewis and Ulrichs 2001, Athanassiou et al. 2004, 2005a, Vayias and Athanassiou 2004*). Στον αραβόσιτο υπολογίζεται ότι η DEA ήταν πιο αποτελεσματική από τη DEB, αλλά και για τις δύο Γ.Δ. ήταν νεκρά λιγότερα ακμαία εν συγκρίσει με την αντίστοιχη εικόνα στο σιτάρι. Αντιθέτως, η DESG δεν ήταν αποτελεσματική στον αραβόσιτο, ακόμη και στην υψηλότερη δόση.

Η παραγωγή απογόνων είναι εξ ίσου σημαντική με την θνησιμότητα των γονέων, επειδή έναν καλό προστατευτικό σπόρων μπορεί να προφυλάξει τον σπόρο για μεγάλη περίοδο (*Athanassiou et al. 2005b*). Στην παρούσα εργασία, η παραγωγή απογόνων δεν αποφεύχθηκε για τους συνδυασμούς που εξετάστηκαν. Στην περίπτωση του *R. dominica*, η παραγωγή των απογόνων ήταν πολύ χαμηλή στο σιτάρι με τις DEA και DESG, αλλά υψηλή στην DEB, παρά το γεγονός ότι οι δύο τελευταίες Γ.Δ. έδωσαν όμοια επίπεδα θνησιμότητας. Αντιθέτως, στον αραβόσιτο η παραγωγή των απογόνων ήταν χαμηλή

μόνο στην περίπτωση της DEA. Παρομοίως, για το σιτάρι η παραγωγή απογόνων του *S. oryzae* ήταν χαμηλή σε DEA και σε DEB, αλλά ήταν σημαντικώς υψηλή στον αραβόσιτο με DESG. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως άμεση συνέπεια υψηλής γονικής επιβιώσεως σε αυτόν τον συνδυασμό προϊόντος / Γ.Δ. Οι *Arthur and Throne (2003)* βρήκαν ότι οι προνύμφες *Sitophilus* spp. είναι «άτρωτες» από τις Γ.Δ, δεδομένου ότι η ανάπτυξής του λαμβάνει χώρα εντός των σπόρων. Ως εκ τούτου, εάν δεν σκοτωθούν γρήγορα, τα θήλεα *S. oryzae* μπορούν να γεννήσουν τα ωά τους εντός των σπόρων και οι προνύμφες να συνεχίσουν να προξενούν ζημιά εντός των σπόρων (*Subramanyam and Roesli 2000*). Παρομοίως, η παραγωγή απογόνων *T. confusum* στον αραβόσιτο με DEB και με DESG ήταν υψηλή. Εν τούτοις, σε αντίθεση με τα ακμαία, οι προνύμφες *T. confusum* είναι πολύ ευαίσθητες στις Γ.Δ. (*Mewis and Ulrichs 2001, Vayias and Athanassiou 2004*) και δεδομένου ότι το είδος αυτό προσβάλλει εξωτερικώς το προϊόν, η παρουσία της Γ.Δ. μπορεί να εξαλείψει αργά τον πληθυσμό.

Η παρούσα εργασία έδειξε ότι οι δοκιμασθείσες Γ.Δ. ήσαν λίαν αποτελεσματικές και πιθανώς περισσότερο αποτελεσματικές από ότι τα εμπορικώς διαθέσιμα σκευάσματα Γ.Δ. εναντίων των ακμαίων *R. dominica*, *S. oryzae* και *T. confusum* στο σιτάρι και στον αραβόσιτο. Οι καινούριες και αποτελεσματικές Γ.Δ. μπορούν να αποτελέσουν λίαν καλά εναλλακτικά μέσα καταπολεμήσεως εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων στο εγγύς μέλλον. Επιπροσθέτως, τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης θα μπορούσαν να βοηθήσουν τους γεωργούς να επιλέξουν το κατάλληλο σκεύασμα για συγκεκριμένα έντομα εχθρούς και προϊόντα.

Πίνακας 1: Μέση θνησιμότητα (% \pm SE) των ακμαίων *R. dominica*, *S. oryzae* και *T. confusum*, εκτεθέντα για 7 ή 14 ημέρες σε σιτάρι ή αραβόσιτο με DEA σε 5 δόσεις (εντός της κάθε στήλης, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς; όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές; HSD test, 5 %).

Δόσεις	<i>R. dominica</i>				<i>S. oryzae</i>				<i>T. confusum</i>			
	Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση			
	Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος	
	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.
200 ppm	80.1 \pm 5.3 ^a	95.4 \pm 2.0	90.0 \pm 3.5	91.3 \pm 1.8	58.2 \pm 3.1 ^a	100.0 \pm 0.0	18.7 \pm 2.4 ^a	72.2 \pm 6.4 ^a	20.2 \pm 5.8 ^a	27.4 \pm 1.8 ^a	9.4 \pm 1.4 ^a	30.7 \pm 2.9 ^a
400 ppm	91.1 \pm 3.0 ^b	98.5 \pm 0.7	88.7 \pm 3.0	88.9 \pm 3.1	76.7 \pm 8.4 ^b	100.0 \pm 0.0	31.4 \pm 3.7 ^b	82.4 \pm 6.2 ^a	43.4 \pm 8.8 ^{bc}	72.3 \pm 3.1 ^b	15.5 \pm 2.9 ^b	50.8 \pm 1.9 ^b
600 ppm	96.0 \pm 1.2 ^b	99.4 \pm 0.6	90.2 \pm 4.1	90.7 \pm 0.7	94.7 \pm 2.4 ^c	100.0 \pm 0.0	38.2 \pm 5.3 ^b	94.7 \pm 2.7 ^b	42.7 \pm 3.7 ^b	75.4 \pm 1.6 ^b	18.3 \pm 3.7 ^b	72.8 \pm 4.8 ^c
800 ppm	96.2 \pm 1.3 ^b	98.3 \pm 1.5	91.3 \pm 4.1	94.1 \pm 2.0	100.0 \pm 0.0 ^d	100.0 \pm 0.0	31.8 \pm 5.5 ^b	93.9 \pm 3.9 ^b	54.0 \pm 2.1 ^c	85.6 \pm 2.4 ^c	28.7 \pm 2.2 ^c	69.9 \pm 9.3 ^c
1000 ppm	96.7 \pm 1.4 ^b	99.5 \pm 0.5	90.3 \pm 3.5	94.7 \pm 1.8	100.0 \pm 0.0 ^d	100.0 \pm 0.0	40.7 \pm 4.4 ^b	98.1 \pm 1.8 ^b	54.9 \pm 2.4 ^c	93.5 \pm 1.8 ^d	45.4 \pm 1.8 ^d	73.1 \pm 3.0 ^c
<i>F</i>	6.05	1.42	0.06	1.81	17.02	-	3.97	5.53	7.25	150.96	32.17	13.25
<i>P</i>	0.0096	0.2941	0.9901	0.2033	0.0002	-	0.0349	0.0130	0.0052	<0.0001	<0.0001	0.0005

Πίνακας 2: Μέση θνησιμότητα (% \pm SE) των ακμαίων *R. dominica*, *S. oryzae* και *T. confusum*, εκτεθέντα για 7 ή 14 ημέρες σε σιτάρι ή αραβόσιτο με DEB σε 5 δόσεις (εντός της κάθε στήλης, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς; ό,που δεν υπάρχουν γράμματα, δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές; HSD test, 5 %).

Δόσεις	<i>R. dominica</i>				<i>S. oryzae</i>				<i>T. confusum</i>			
	Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση			
	Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος	
	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.
200 ppm	49.4 \pm 5.1 ^a	52.3 \pm 6.0	52.7 \pm 4.1	55.4 \pm 2.9 ^a	98.0 \pm 2.0	100.0 \pm 0.0	84.0 \pm 3.1	67.5 \pm 9.5 ^a	8.0 \pm 3.5 ^a	16.2 \pm 3.1 ^a	31.3 \pm 7.7	22.7 \pm 3.5 ^a
400 ppm	54.8 \pm 2.5 ^{ab}	54.7 \pm 4.4	51.1 \pm 2.4	56.0 \pm 3.1 ^a	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	86.3 \pm 2.1	97.7 \pm 1.9 ^b	69.7 \pm 15.5 ^b	95.6 \pm 1.8 ^b	43.4 \pm 11.8	39.3 \pm 5.9 ^b
600 ppm	55.5 \pm 8.3 ^{ab}	60.5 \pm 2.2	54.8 \pm 1.8	61.5 \pm 1.5 ^b	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	92.2 \pm 2.9	100.0 \pm 0.0 ^b	80.4 \pm 3.4 ^b	100.0 \pm 0.0 ^c	46.1 \pm 3.0	60.7 \pm 3.4 ^c
800 ppm	62.8 \pm 6.4 ^b	64.1 \pm 2.6	56.9 \pm 1.8	74.8 \pm 2.4 ^c	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	89.1 \pm 4.3	100.0 \pm 0.0 ^b	88.2 \pm 3.1 ^b	100.0 \pm 0.0 ^c	53.2 \pm 2.6	60.0 \pm 4.1 ^c
1000 ppm	67.9 \pm 6.1 ^b	69.0 \pm 5.9	61.4 \pm 2.9	81.2 \pm 1.8 ^d	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	95.5 \pm 2.4	100.0 \pm 0.0 ^b	89.1 \pm 3.9 ^b	100.0 \pm 0.0 ^c	56.6 \pm 1.9	67.6 \pm 4.0 ^c
<i>F</i>	4.24	2.98	1.93	23.01	1.01	-	2.51	11.51	18.80	553.01	2.19	20.03
<i>P</i>	0.0291	0.0733	0.1814	<0.0001	0.4516	-	0.1079	0.0009	0.0001	<0.0001	0.1433	<0.0001

Πίνακας 3: Μέση θνησιμότητα (% \pm SE) των ακμαιών *R. dominica*, *S. oryzae* και *T. confusum*, εκτεθέντα για 7 ή 14 ημέρες σε σιτάρι ή αραβόσιτο με DESG σε 5 δόσεις (εντός της κάθε στήλης, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς; ό,που δεν υπάρχουν γράμματα, δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές; HSD test, 5 %).

Δόσεις	<i>R. dominica</i>				<i>S. oryzae</i>				<i>T. confusum</i>			
	Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση			
	Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος	
	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.
200 ppm	36.8 \pm 1.8 ^a	42.9 \pm 1.3 ^a	42.1 \pm 3.1 ^a	40.7 \pm 1.9	96.0 \pm 2.3	99.3 \pm 0.7	3.3 \pm 0.7	2.6 \pm 1.3	6.3 \pm 2.1 ^a	6.7 \pm 0.9 ^a	6.3 \pm 4.0	7.3 \pm 1.8
400 ppm	52.7 \pm 1.8 ^{bc}	50.2 \pm 1.3 ^b	46.0 \pm 3.5 ^a	49.3 \pm 4.1	98.7 \pm 0.8	100.0 \pm 0.0	2.0 \pm 1.6	2.0 \pm 1.1	3.4 \pm 2.4 ^b	9.3 \pm 2.8 ^a	7.0 \pm 1.3	5.8 \pm 1.5
600 ppm	52.7 \pm 2.4 ^{bc}	51.3 \pm 1.8 ^{bc}	53.3 \pm 2.7 ^b	49.4 \pm 4.4	98.2 \pm 1.6	100.0 \pm 0.0	3.3 \pm 2.1	1.3 \pm 0.7	26.1 \pm 3.8 ^c	47.4 \pm 9.4 ^b	10.4 \pm 1.8	6.0 \pm 2.0
800 ppm	57.3 \pm 1.3 ^{cd}	55.6 \pm 1.9 ^c	57.4 \pm 2.4 ^b	50.8 \pm 1.8	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	4.6 \pm 2.9	2.2 \pm 2.0	72.2 \pm 15.4 ^d	48.1 \pm 4.2 ^b	11.3 \pm 4.4	12.7 \pm 2.1
1000 ppm	60.9 \pm 1.0 ^d	64.3 \pm 3.1 ^a	62.7 \pm 1.8 ^c	54.9 \pm 1.8	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	4.7 \pm 1.3	2.5 \pm 1.2	74.9 \pm 14.4 ^d	90.7 \pm 2.8 ^c	13.6 \pm 4.1	14.4 \pm 6.1
<i>F</i>	29.84	16.36	9.36	2.91	1.40	1.01	0.24	0.1250	13.52	18.39	0.73	1.61
<i>P</i>	<0.0001	0.0002	0.0021	0.0777	0.2998	0.4516	0.9084	0.9701	0.0005	0.0001	0.5897	0.2457

Πίνακας 4: Μέση παραγωγή απογόνων των *R. dominica*, *S. oryzae* και *T. confusum* (ζωντανά ακμαία/ φιαλίδιο \pm SE) στο σιτάρι ή στον αραβόσιτο με DEA σε 5 δόσεις, 79 ημέρες μετά την εισαγωγή των γονικών ακμαίων [η γονική θνησιμότητα ελέγχθηκε μετά από 7 ή 14 ημέρες εκθέσεως; εντός της κάθε στήλης, οι μέσα που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς; ό,που δεν υπάρχουν γράμματα δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές; οι πάλυες υποδηλώνουν ότι δε βρέθηκαν απόγονοι. (HDS test, 5 %)].

	<i>R. dominica</i>				<i>S. oryzae</i>				<i>T. confusum</i>			
	Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση			
	Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος	
Δόσεις	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.
200 ppm	-	-	-	0.3 \pm 0.3	0.7 \pm 0.7	0.0 \pm 0.0	2.1 \pm 1.7	3.5 \pm 2.5)	-	4.6 \pm 2.1 ^a	13.5 \pm 3.4 ^a	12.6 \pm 4.2 ^a
400 ppm	-	-	-	1.3 \pm 1.0	0.0 \pm 0.0	0.3 \pm 0.3	1.0 \pm 0.6	3.1 \pm 1.9	-	0.0 \pm 0.0 ^b	6.2 \pm 2.3 ^b	1.3 \pm 0.9 ^b
600 ppm	-	-	-	1.0 \pm 0.7	0.0 \pm 0.0	0.6 \pm 0.3	0.3 \pm 0.3	0.0 \pm 0.0	-	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^c	0.3 \pm 0.3 ^b
800 ppm	-	-	-	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	-	0.0 \pm 0.0 ^b	2.3 \pm 0.7 ^d	0.0 \pm 0.0 ^b
1000 ppm	-	-	-	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	-	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^c	0.0 \pm 0.0 ^b
<i>F</i>	-	-	-	0.63	1.00	2.00	2.03	2.01	-	5.29	6.75	87.21
<i>P</i>	-	-	-	0.6482	0.4516	0.1705	0.1650	0.1695	-	0.0149	0.0067	<0.0001

Πίνακας 5: Μέση παραγωγή απογόνων των *R. dominica*, *S. oryzae* και *T. confusum* (ζωντανά ακμαία/ φιαλίδιο \pm SE) στο σιτάρι ή στον αραβόσιτο με DEB σε 5 δόσεις, 79 ημέρες μετά την εισαγωγή των γονικών ακμαίων [η γονική θνησιμότητα ελέγχθηκε μετά από 7 ή 14 ημέρες εκθέσεως; εντός της κάθε στήλης, οι μέσα που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς; όπου δεν υπάρχουν γράμματα δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές; οι παύλες υποδηλώνουν ότι δε βρέθηκαν απόγονοι. (HDS test, 5 %)].

Δόσεις	<i>R. dominica</i>				<i>S. oryzae</i>				<i>T. confusum</i>			
	Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι wheat		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος	
	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.
200 ppm	22.3 \pm 5.6 ^a	20.8 \pm 1.9 ^a	15.2 \pm 1.7 ^a	19.9 \pm 7.1 ^{ab}	-	2.0 \pm 1.2	-	33.4 \pm 14.3 ^a	30.8 \pm 2.9 ^a	32.2 \pm 5.6 ^a	22.7 \pm 2.2 ^a	23.9 \pm 4.7 ^a
400 ppm	16.5 \pm 4.1 ^a	19.2 \pm 3.5 ^{ah}	15.5 \pm 2.5 ^a	20.4 \pm 5.5 ^a	-	0.0 \pm 0.0	-	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	18.5 \pm 4.4 ^{ab}	14.5 \pm 5.4 ^{ab}
600 ppm	14.4 \pm 5.4 ^{ab}	16.3 \pm 3.6 ^{abc}	15.1 \pm 2.2 ^a	16.5 \pm 6.9 ^{ab}	-	0.0 \pm 0.0	-	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	16.0 \pm 2.1 ^b	10.7 \pm 2.4 ^b
800 ppm	12.8 \pm 4.4 ^{ab}	12.7 \pm 3.6 ^{bc}	13.0 \pm 3.2 ^a	8.4 \pm 3.8 ^{bc}	-	0.0 \pm 0.0	-	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	11.8 \pm 1.7 ^{bc}	8.2 \pm 2.7 ^{bc}
1000 ppm	8.3 \pm 2.4 ^b	10.3 \pm 2.8 ^c	3.3 \pm 2.1 ^b	4.3 \pm 2.3 ^c	-	0.0 \pm 0.0	-	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	9.2 \pm 1.5 ^c	4.6 \pm 0.9 ^c
<i>F</i>	15.81	8.69	8.06	26.26	-	3.00	-	5.53	126.32	33.75	4.80	5.10
<i>P</i>	0.0003	0.0027	0.0036	<0.0001	-	0.0723	-	0.0130	<0.0001	<0.0001	0.0201	0.0167

Πίνακας 6: Μέση παραγωγή απογόνων των *R. dominica*, *S. oryzae* και *T. confusum* (ζωντανά ακμαία/ φιαλίδιο \pm SE) στο σιτάρι ή στον αραβόσιτο με DESG σε 5 δόσεις, 79 ημέρες μετά την εισαγωγή των γονικών ακμαίων [η γονική θνησιμότητα ελέγχθηκε μετά από 7 ή 14 ημέρες εκθέσεως; εντός της κάθε στήλης, οι μέσα που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς; όπου δεν υπάρχουν γράμματα δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές; οι παύλες υποδηλώνουν ότι δε βρέθηκαν απόγονοι. (HDS test, 5 %)].

	<i>R. dominica</i>				<i>S. oryzae</i>				<i>T. confusum</i>			
	Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση				Προϊόν/Εκθεση			
	Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος		Σιτάρι		Αραβόσιτος	
Δόσεις	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.	7 ημ.	14 ημ.
200 ppm	1.0 \pm 1.0	2.5 \pm 0.9 ^a	24.3 \pm 3.2 ^a	14.4 \pm 4.6	5.6 \pm 1.8	0.5 \pm 0.5 ^{ab}	253.2 \pm 7.9 ^a	249.3 \pm 36.4 ^a	9.8 \pm 5.9	14.5 \pm 1.8 ^a	49.5 \pm 5.5	36.4 \pm 4.6
400 ppm	0.0 \pm 0.0	0.3 \pm 0.3 ^b	20.7 \pm 2.9 ^{ab}	8.5 \pm 3.2	7.7 \pm 2.5	2.7 \pm 0.6 ^b	258.5 \pm 9.3 ^a	191.5 \pm 23.6 ^a	5.4 \pm 4.7	10.2 \pm 2.0 ^a	40.3 \pm 1.8	40.2 \pm 4.2
600 ppm	0.3 \pm 0.3	0.7 \pm 0.7 ^{ab}	16.2 \pm 2.8 ^{bc}	5.4 \pm 3.9	7.2 \pm 3.5	1.4 \pm 0.5 ^{ab}	207.8 \pm 10.6 ^b	131.4 \pm 13.8 ^b	0.0 \pm 0.0	0.4 \pm 0.3 ^b	45.1 \pm 2.4	40.8 \pm 5.3
800 ppm	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0 ^b	14.1 \pm 2.1 ^c	7.8 \pm 2.6	1.6 \pm 0.9	1.0 \pm 0.7 ^{ab}	192.3 \pm 7.8 ^b	201.4 \pm 30.4 ^a	0.6 \pm 0.3	2.1 \pm 1.2 ^b	44.2 \pm 4.4	34.3 \pm 3.6
1000 ppm	0.6 \pm 0.6	0.0 \pm 0.0 ^b	6.6 \pm 1.4 ^d	9.1 \pm 3.2	1.3 \pm 1.0	0.0 \pm 0.0 ^a	154.2 \pm 23.3 ^c	86.6 \pm 6.9 ^c	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0 ^b	41.4 \pm 5.2	39.6 \pm 2.9
<i>F</i>	0.60	3.54	16.83	0.94	1.81	3.76	8.93	6.55	2.48	40.05	0.91	0.68
<i>P</i>	0.6677	0.0477	0.0002	0.4788	0.2019	0.0458	0.0240	0.0074	0.1113	<0.0001	0.4936	0.6192

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbot, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Aitken, A. D., 1975. *Insect Travelers, I: Coleoptera*. Technical Bulletin 31. H. M. S. O. London.
- Aldryhim, Y. N. 1990. Efficacy of the amorphous silica dust, Dryacide, against *Tribolium confusum* Duval (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.* 26: 207-210.
- 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.
- Anonymous., 1986. Silica and some silicates. *IARC Monograph Series: 42*, WHO, Lyons, 289.
- Anonymous.,1991. EPA R.E.D. FACTS: Silicon dioxide and silica gel; 21T-1021, 1-4, Semptember 1991.
- Arthur, F.H., 1992. Recidual efficacy of chlorpyrifos methyl + bioresmethrin and chlorpyrifos methyl + resmethrin for controlling lesser grain borers (Coleoptera: Bostrychidae), rice weevils (Coleoptera:Curculionidae) in stored wheat. *J. Econ. Entomol.* 85, 570-575.
- Anonymous, 1994. Official United states standards for grain. *USDA Federal Grain Inspection Service* page 47.

- Arthur, F. H., 1996. Grain protectants: current status and prospects for the future. *J. Stored Prod. Res.* 32: 293-302.
- 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. 2003. Optimization of inert dusts used as grain protectants as residual surface treatments. pp. 629-634. *In* P. F. Credland, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan and E. Highley [eds.], *Proceedings of the 8th International Conference on Stored-Product Protection*, 22-26 July 2002, York, UK. CAB International, Wallingford, Oxon.
- Arthur, F. H., Throne J. E., 2003. Efficacy of diatomaceous earth to control internal infestations of rice weevil and maize weevil (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 96: 510-518.
- 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., and N.G. Kavallieratos. 2005. Insecticidal effect and adherence of PyriSec in different grain commodities. *Crop Prot.* 24: 703-710.
- Athanassiou, C. G., B. J. Vayias, C. B. Dimizas, N. G. Kavalieratos, A. S. Papagregoriou, and C. Th. Buchelos. 2005a. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval. *J. Stored Prod. Res.* 41: 47-55.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N G., Economou, L. P., Dimizas, C. B., Vayias, B. J., 2005b. Persistence and efficacy of three diatomaceous earth formulations against

Sitophilus oryzae (Coleoptera: Curculionidae) on wheat and barley. J. Econ. Entomol. (in press).

Carlson S.D. and Ball H.J., 1962. Mode of action and insecticidal value of a diatomaceous earth as a grain protectant. *Journal of Economic Entomology* Volume 55 No. 6 pages 964-969.

Ebeling W., 1971. Sorptive dust for pest control. *Annual Review of Entomology* Volume 16, pages 123-158.

Evans N.J (1985). The effectiveness of various insecticides on some resistant beetle pests of stored products from Uganda. *J. Stored Product* Volume 21 105-109.

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, A. McLaughlin, and T. Stathers. 2003. Standardised testing for diatomaceous earth. pp. 779-784. *In* P. F. Credland, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan and E. Highley [eds.], *Proceedings of the 8th International Conference on Stored-Product Protection, 22-26 July 2002, York, UK.* CAB International, Wallingford, Oxon.

Greenspan, L. 1977. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *J. Res. N. Bur. Stand. A. Phys. Chem.* 81, 89-96.

Hagstrum D.W., 1989. Infestation by *Cryptolestes ferrugineus* (Col. Cucujidae) of newly harvested, wheat stored on three Kansas farms. *Journal of Economic Entomology* 82, pages 655-659.

Kavallieratos, N.G., C.G. Athanassiou, F.G. Paschalidou, N.S. Andris, and Z. Tomanovic. 2005. Influence of grain type on the insecticidal efficacy of two diatomaceous earth formulations against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest Manag. Sci.* (in press).

- Korunic Z., 1997. Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 33 No. 3 pages 219-229.
- Korunic, Z., P. G. Fields, M. I. P. Kovacs, J. S. Noll, O. M. Lukow, C. J. Demianyk, and K. J. Shibley. 1996. The effect of diatomaceous earth on grain quality. *Posthar. Biol. Technol.* 9: 373-387.
- Korunic, Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J. Stored Prod. Res.* 34: 87-97.
- Le Patourel G.N.J., 1986 The Effect of grain Moisture content on the toxicity of a sorptive silica dust to four species of grain beetle. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 22 No. 2 pages 63-69.
- Loschiavo S.R., 1988. Safe method of using silica aerogel to control stored-product beetles in dwellings. *Journal of Economic Entomology* Volume 81 No.4 pages 1231-1240.
- Mewis, I., and Ch. Ulrichs. 2001. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *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. *Journal of Economic Entomology* 69, pages 479-480.
- 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. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 33 No 1 pages 1-6.
- Papadopoulou, Moulkidou E. and T. Tomazou., 1991. Persistence and activity of permethrin in stored wheat and its residues in wheat milling fraction. *Journal of Stored Products Pests Research.* Volume 27 No 4 pages 249-254.

- Prozell S., M. Schöller, C. Reichmuth, S.A. Hassan and B. Wührer, 1995. Akzeptanz von *Trichogramma*- Freilassungen im Einzelhandel- Monitoring und Erfolgskontrolle. [Acceptance of *Trichogramma* releases in retail trade-monitoring and efficacy]. *Deutsche gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie Nachrichten* 2, 121.
- Quarles W., 1992. Diatomaceous earth for pest control. *IPM Practitioner* Volume 14, pages 1-11.
- Quarles W. and Winn P., 1996. Diatomaceous earth and stored-product pests. *IPM Practitioner* Volume 18, pages 1-10.
- Rigaux, M., E. Haubruge, and P. G. Fields. 2001. Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Entomol. Exp. Appl.* 101: 33-39.
- Round F. E., Crawford R. M. and Mann D.G., 1992. The Diatoms. Biology & Morphology of the genera. *Cambridge University Press*, New York, USA.
- Sá-Fischer A. and M. Schöller, 1994. Nachweis der Parasitierung von *Dermestes maculatus* durch *Trichogramma evanescens*. [Record of the parasitisation of *Dermestes maculatus* by *Trichogramma evanescens*]. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 2, 161-164.
- SAS Institute, 1995. SAS user's guide: statistics. SAS Institute. Gary, NC.
- Shayya E., M.Kostjukovski, J.Eilberg and C. Sukprakarn, 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 33 No 1 pages 7-15.
- Smet HJ, Rans M and De Loof A, 1989. Activity of new juvenil hormone analogues on a stored food insect, *Tribolium confusum*. *Journal of Stored Products Research* Volume 25, pages 165-169.
- Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1995. *Biometry* (3rd Edition). Freedman and Company, New York.
- Staal G.B., 1975. Insect growth regulators with juvenile hormone activity. *Annual Review of Entomology* Volume 20 pages 417-460.

- Subramanyam B., 1993. Chemical composition of Insecto. *Report of Department of Entomology. University of Minnesota, St. Paul: M.N. Sept. 1993;4.*
- Subramanyam, Bh., C. L. Swanson, N. Madamanchi, and S. Norwood. 1994. Effectiveness of Insecto, a new diatomaceous earth formulation in suppressing several stored-grain insect species. pp. 650-659. *In* E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks and B. R. Champ [eds.], *Proceedings of the 6th International Conference on Stored-Product Protection, 17-23 April 1994, CABI International, Canberra, Australia.*
- Subramanyam, B., N. Madamanchi, and S. Norwood. 1998. Effectiveness of Insecto applied to shelled maize against stored-product insect larvae. *J. Econ. Entomol.* 91: 280-286.
- Subramanyam, Bh., and R. Roesli. 2000. Inert dusts. pp. 321-380. *In* Subramanyam, Bh. and D. W. Hagstrum [eds.], *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Vayias, B. J., and C. G. Athanssiou. 2004. Factors affecting efficacy of the diatomaceous earth formulation SilicoSec against adults and larvae of the confused beetle *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). *Crop Prot.* 23: 565-573.
- Zaidi, S.H., 1969. *Experimental Pneumoconiosis.* Johns Hopkins Press, Baltimore, MD.
- Λυκουρέσης Δ.Π., 1995. Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση Εντόμων-Εχθρών Καλλιερχειών. (Πανεπιστημιακές παραδόσεις) σελίδες 69, 77.
- Μπουγέλος Κ., 1996. Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων (Πανεπιστημιακές παραδόσεις).
- Ορφανίδης Π.Σ., 1968. Γεωργική Φαρμακολογία τόμος Α'. Σελίδες 67-68
- Ορφανίδης Π.Σ., 1968. Γεωργική Φαρμακολογία τόμος Β'. Σελίδες 65- 68
- Σταμόπουλος Δ.Κ., 1995. Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιερχειών & λαχανικών. Σελίδες 8-13.

Τομάζου Τ., 1989. Υπολειμματική δράση εντομοκτόνων εναντίον του *Sitophilus oryzae* σε αποθηκευμένα σιτηρά. Β' Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο. Ανακοινώσεις. Σελίδες 185-199.

Τόλης Ι. Δ., 1986. Βαμβάκι, Εχθροί Ασθένηες Ζιζάνια. Σελίδες 383-386.